

# Project Noordvoort

## Monitoring Geomorfologie 2013-2017 Eindrapport

Bas Arens





# **Project Noordvoort**

## **Monitoring Geomorfologie 2013-2017 Eindrapport**

**Bas Arens**

ARENS BSDO  
RAPPORTNUMMER RAP2018.05  
In opdracht van Waternet  
April 2018

---

## **COLOFON**

### **Project**

Monitoring van ingrepen in de zeereep bij Noordvoort

### **Opdrachtgever**

Waternet

### **Uitvoering**

Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek en Waternet

### **Samenstelling rapport**

Bas Arens

### **Projectbegeleiding**

Maaïke Veer, Luc Geelen, Mark van Til, Waternet

### **Projectleiding landmeten**

Leo Harren, Waternet

### **Landmeter**

Arjan Plaisier, Waternet

### **Versie**

Definitief, 8 juni 2018

### **Rapportnummer**

Arens BSDO RAP2018.05

### **Foto omslag**

Kuil 5, 5 december 2017

## INHOUD

COLOFON	II
INHOUD	III
SAMENVATTING	V
1 INLEIDING	1
2 METHODEN	3
2.1 Luchtfoto 's	3
2.2 Kartering dynamiek	3
2.3 Veldkartering overstuiving	5
2.4 Laseraltimetrie	5
2.5 Hoogtemetingen veld	5
2.6 Kartering bedekking	6
3 RESULTATEN METINGEN 2016	9
3.1 Luchtfoto 's	9
3.2 Kartering dynamiek	10
3.3 Veldkartering overstuiving	12
3.4 Hoogtemetingen veld	13
3.5 Hoogtemetingen laseraltimetrie	14
3.6 Veranderingen per kuil of cluster van kuilen	14
3.7 Kartering bedekking	26
4 BEHANDELING MONITORINGS- EN EVALUATIEVRAGEN	27
5 NABEHEER	35
6 CONCLUSIES	37
7 AANBEVELINGEN	39
8 REFERENTIES	41
BIJLAGE A. KARTERINGEN DYNAMIEK	A.1
BIJLAGE B. VELDKARTERING OVERSTUIVINGSZONES	B.1
BIJLAGE C. HOOGTELIKKING 2013 EN 2017	C.1
BIJLAGE D. HOOGTEVERSCHILKAARTEN LASERALTIMETRIE	D.1
BIJLAGE E. VELDKARTERING WORTELBEDEKKING	E.1
BIJLAGE F. PROFIELEN	F.1
BIJLAGE G. BESCHRIJVING PROFIELEN	G.1



## SAMENVATTING

Waternet streeft naar een verbetering van natuur- en belevingswaarden in het plangebied tussen Rijksstrandpalen 70 en 73, Noordvoort gedoopt. Het doel van het project is om door middel van gerichte ingrepen, namelijk de aanleg van stuifkuilen, te komen tot een verbetering van de landschappelijke diversiteit, de geomorfologische vormen en processen in de zeereep en de ecologische waarden van zeereep en direct achterliggende duinen. Uit berekeningen is gebleken dat kleinschalige ingrepen geen effect op de veiligheid hebben.

De ingrepen zijn in maart 2013 uitgevoerd. Daarna is vanwege snelle stabilisatie in een deel van de kuilen opnieuw gegraven. In de meeste kuilen is daarna intensief of minder intensief nabeheerd, deels met paard en ploeg.

In het begin van de monitoringsperiode van 2013-2018 zijn enkele grotere stormen, waarvan de Sinterklaasstorm van 2013 en de storm van 22 oktober 2014 de belangrijkste waren, opgetreden die voor afslag, en daarmee voor een goede trigger voor het op gang komen van eolische dynamiek in de stuifkuilen hebben gezorgd.

Voor twaalf kuilen ( met nummers 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14) zijn de ingrepen tot op dit moment succesvol, waarbij kuilen als succesvol worden beschouwd als de mate van dynamiek zodanig is dat over de monitoringsperiode de hoeveelheid erosie en depositie in de orde van meters ligt. Voor drie kuilen ( met nummers 10, 16, 17) zijn de ingrepen minder succesvol en voor twee kuilen (met nummers 2 en 15) geheel niet. Kuilen 4, 5, 8, 9, 11 en 12 kennen een extreme ontwikkeling, met meer dan 4m erosie in 3 jaar. Van de kuilen die alleen geplagd zijn is alleen kuil 1 flink in beweging, de overige zijn niet of nauwelijks dynamisch. Voor kuilen 15, 16 en 17 bestaat, ook vanwege het veelvuldig voorkomen van Klein hoefblad) het vermoeden dat hier onbekende factoren, mogelijk nutriënten, een rol spelen in de snelle stabilisatie. Deze kuilen zijn in 2014 nog een keer zijn uitgegraven, met weinig positief effect.

In kuilen 11 t/m 13 was de mate van dynamiek in het begin groter dan in de andere kuilen. Vanaf 2015 bleek er echter in de andere kuilen (1, 3, 5, 8, 9) een versnelde ontwikkeling op te treden en bleven kuilen 11 t/m 13 (waar alleen met vrijwilligers is nabeheerd) daar enigszins bij achter.

Bij kuilen 4 en 5, bij 8, 9, 10 en bij 12 en 13 overlappen de overstuivingszones. Sommige overstuivingszones rondom stuifkuilen worden beïnvloed door overstuivingen vanaf strand/zeereep. Bij kuilen 1, 3, 4, 5 en 6 speelt instuiving vanuit de zeereep in de erosieve zone (en doorvoer verder landwaarts) mee, bij de andere kuilen speelt instuiving vanaf aanvoer vanaf het strand mee. Er is meer beïnvloeding vanuit de zeereep of door de zeereepontwikkeling. Over het gehele traject is sprake van soms forse aanzanding tegen de duinvoet met een gradiënt toenemend van noord naar zuid. Bij kuilen 11-17 is de overstuiving tegen helling en op de top het duidelijkst. Er is na 2016 geen afslag geweest, maar de afslag van 2014 en 2015 heeft wel gezorgd voor een deels kaal zeereepfront, waar de wind hier en daar vat op heeft. Daardoor speelt winderosie aan de bovenkant van de helling bij een aantal kuilen, namelijk kuilen 3-6 en 7-9.

Een aantal kuilen ontwikkelt tot kerf en is verbonden met het strand ( 1, 3, 4 en 8) waarbij 1 en 3 in 2016 verbonden zijn, de andere kuilen al eerder. Betreding zal hierbij geholpen hebben, omdat de verbindingen soms paadjes zijn voor toegang naar het strand of naar de duinen. 5 en 9 hebben niet echt een verbinding met het strand maar kunnen potentieel wel uitgroeien tot kerven. Vanaf het strand is hun opening ook te zien.

Vaak fungeren de plagvlakken, achter de vlakken waar gegraven is om een stuifkuil te ontwikkelen, als transportvlakken, dat wil zeggen ze laten zand door maar vangen geen zand in of eroderen niet en ze blijven kaal. Depositie vindt plaats op de oostelijke grens van deze vlakken, dus daar waar de vegetatie weer begint. Er zijn ook verschillende kale vlakken ontstaan door sterke overstuiving, bij kuil 1 en 8/9 is dit het meest duidelijk, bij kuilen 3, 4, 5, 7, 11, 12, en 13 treedt het ook op, maar in mindere mate.

Het oppervlak van de stuifkuilen zelf verandert weinig. Er is wel sprake van een verbreding in de erosieve zone en een sterke uitdieping, maar de contouren van de ingrepen zijn nog steeds min of meer de contouren van de erosieve zones van de actieve stuifkuilen, met uitzondering van de kuilen waar een verbinding met het strand is ontstaan. Een uitbreiding van depositiezones zorgt wel hier en daar voor een forse toename van kaal of grotendeels bedekt oppervlak.

In vergelijking tot een aantal referentiekuiten die ook gemonitord worden is de ontwikkeling per jaar niet helemaal vergelijkbaar. Overigens zijn de referentiekuiten aanmerkelijk kleiner dan de aangelegde kuilen. Belangrijk verschil is dat de meeste referentiekuiten aan de achterzijde van de zeereep liggen, waardoor de dynamiek waarschijnlijk geringer is. Bij de gemaakte kuilen is nog geen evenwichtssituatie bereikt, wanneer de verhouding omtrek en diepte wordt beschouwd. Daarom gaat de ontwikkeling waarschijnlijk ook sneller dan in de referentiekuiten.

Het blijkt dat de oorspronkelijke hoogte aan de zeewaartse zijde van de kuil, de positie op top of helling, de positie voor of na de top, de ingreepdiepte en de afstand t.o.v. de duinvoet gecorreleerd zijn met de mate van erosie en depositie. Hoogte, positie op de helling en afstand t.o.v. de duinvoet zijn allen aan elkaar gerelateerd. Belangrijk is dat de mate van erosie in kuilen die laag in het profiel liggen (met dus een geringere hoogte aan het begin van de kuil, een geringere afstand vanaf de duinvoet en een positie ruim voor de top) meer erosie en depositie hebben ondergaan dan kuilen die hoog in het profiel liggen, dus bovenaan de helling of in of achter de top. Diepte van de ingreep is ook duidelijk gecorreleerd met de mate van erosie en depositie, maar de steekproef voor ondiepe ingrepen is erg klein. Hiermee kunnen enkele globale richtlijnen worden afgeleid: een positie laag op de helling met een ingreepdiepte van meer dan 30cm geeft meer kans op succes. Bij het onderzoek naar kleinschalige dynamiek (Aggenbach et al., 2018) bleek dat autonome kuilen juist hoog op de hellingen ontstonden. Dit geldt voor binnenduinsituaties, voor de zeereep die volop de wind is geëxponeerd, is de situatie blijkbaar anders.

Het volgen van recreatie kan een nuttige (of misschien noodzakelijke) aanvulling zijn. Er zijn nu geen gegevens bekend over de waardering voor het project bij recreanten.

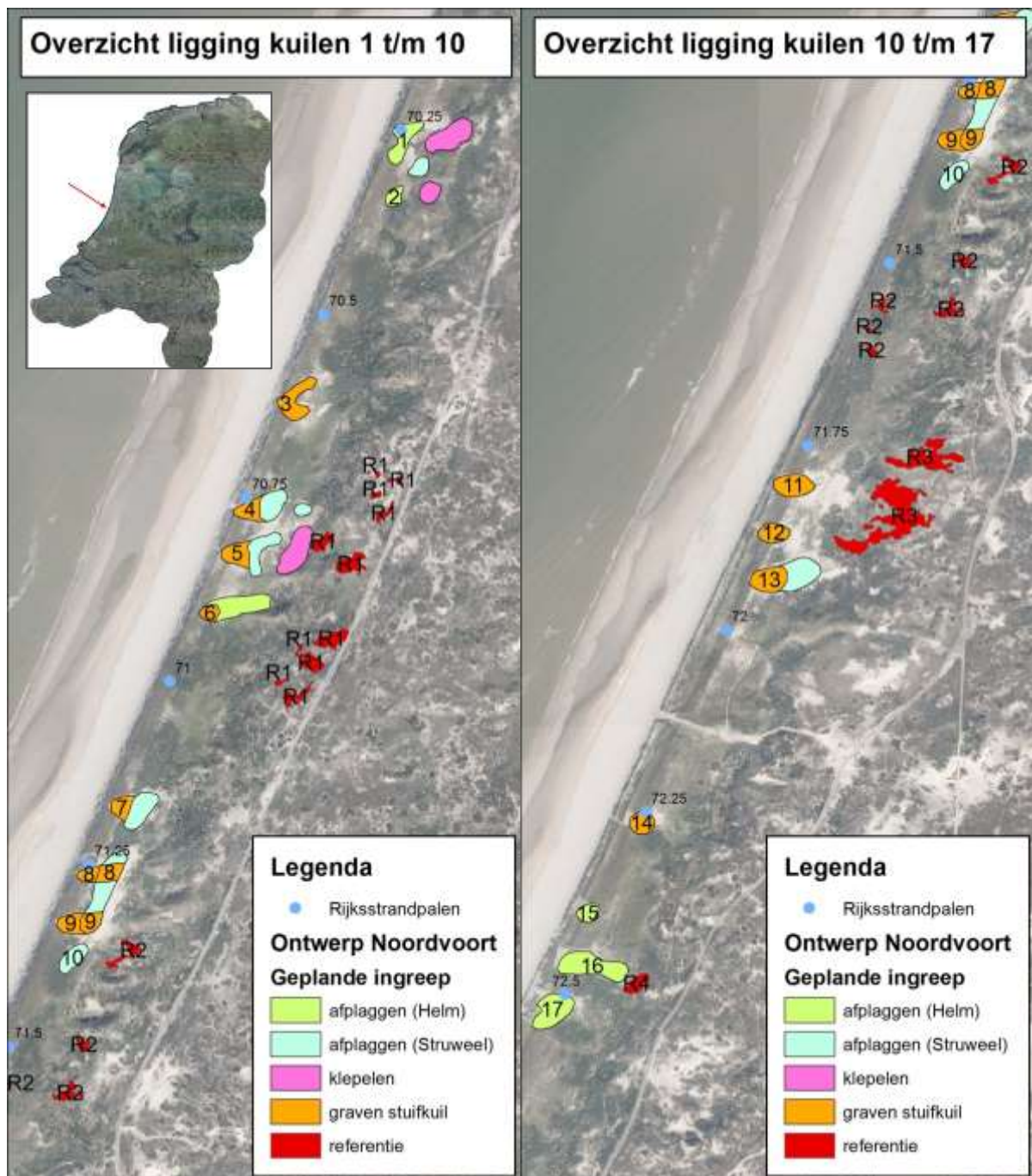
Er moeten criteria worden vastgesteld om de mate van succes te kunnen bepalen. Mogelijke criteria zijn differentiatie in het reliëf, mate van activiteit van processen, of percentage van het landschap wat beïnvloed wordt door dynamische processen. Voor het vaststellen van het succes van de ingrepen is geen geomorfologische monitoring noodzakelijk. Het ligt voor de hand om over een aantal jaren wel de vegetatie-inventarisatie te herhalen. Om te leren over het proces van stuifkuilontwikkeling is het wel nuttig om de geomorfologische monitoring te continueren, zij het misschien op een andere, minder intensieve manier.

De resultaten van dit onderzoek zouden ter beschikking gesteld kunnen worden aan andere beheerders die, bijvoorbeeld in het kader van de PAS, overwegen om zeereepdynamiek te herstellen.



# 1 INLEIDING

Met het project Noordvoort streeft Waternet naar een verbetering en herstel van natuur- en belevingswaarden in het plangebied tussen Rijksstrandpalen 70 en 73. De zeereep in dit gebied was weinig dynamisch en morfologisch sterk beïnvloed door voormalig zeereeponderhoud. Er was geen interactie tussen het strand, de zeereep en het achterland. Onderdeel van de planvorming is het natuurlijker maken van de zeereep en herstellen van dynamische processen middels enkele ingrepen.



Figuur 1.1. Overzicht ligging projectgebied (inzet) en ligging kuilen Noordvoort.

Het doel van het pilot project wordt hier gedefinieerd als: door middel van gerichte ingrepen te komen tot een verbetering van de landschappelijke diversiteit, de geomorfologische vormen en processen in de zeereep en de ecologische waarden van zeereep en direct achterliggende duinen. Door Alkyon (2009) zijn veiligheidsberekeningen uitgevoerd, waaruit is gebleken dat kleinschalige ingrepen geen effect op de veiligheid hebben. De ingrepen zijn in maart 2013 uitgevoerd en opgeleverd. De ingrepen betroffen het verwijderen van vegetatie, het afplaggen van de bodem met aanzet tot stuifkuil(en) en lokaal het klepelen van vegetatie om de verspreiding van stuifzand te bevorderen. Vanwege snelle stabilisatie in een aantal kuilen door uitlopen van achtergebleven Helmwortels is in de zomer van 2014 een aantal kuilen opnieuw opengemaakt met verschillende beheertechnieken. In een aantal kuilen (14 t/m 17) is intensief (machinaal) ingegrepen. Bij een aantal andere kuilen was geen nabehoer nodig (11 t/m 13) en gaat de ontwikkeling van de ingreep voorspoedig. In de overige kuilen (1 t/m 10) is met behulp van paarden geploegd en hebben vrijwilligers vegetatie en wortels verwijderd. De effecten van de ingrepen worden gemonitord. In deze rapportage worden de resultaten van de geomorfologische monitoring gepresenteerd voor 2017 en wordt de ontwikkeling tussen 2013 en 2017 geëvalueerd.

Figuur 1.1 geeft een overzicht van de ligging van de kuilen met kuilnummering en de initiële ingrepen die hebben plaatsgevonden. In de figuur zijn ook enkele referentiekuiten aangegeven waarvan de ontwikkeling tegelijkertijd wordt onderzocht. De beoogde klepelvlakken achter kuilen 1, 2 en 5 zijn uiteindelijk niet geklepeld in verband met het voorkomen van de Nauwe korfslak.

## 2 METHODEN

Voor de monitoring wordt gebruik gemaakt van verschillende gegevens. Deels worden deze betrokken uit standaardmonitoringsprogramma, zoals het Jarkus-programma van Rijkswaterstaat, deels worden deze in het kader van het project vergaard. Het betreft metingen via Remote Sensing, directe veldmetingen, veldkarteringen en observaties.

### 2.1 Luchtfoto's

Luchtfoto's worden jaarlijks gevlogen, zo mogelijk aan het eind van het stormseizoen, om de maximale impact van dynamiek vast te kunnen stellen. Detail van de luchtfoto's moet zodanig zijn dat bij inzoomen tot op een schaal van 1:1500 nog scherpe vormen zijn te onderscheiden. Zowel false colour als full colour beelden zijn geschikt voor de monitoring. In 2013 is een eigen fotovlucht voor het project uitgevoerd, vliegdatum was 1 april 2013. In 2014, 2015, 2016 en 2017 is gebruik gemaakt van landelijk beschikbare luchtfoto's. Voor 2014 was de vliegdatum 29 maart 2014. Voor 2015 zijn twee vluchten beschikbaar, uit voorjaar en zomer. De zomervlucht is gebruikt voor de kartering van dynamiek, omdat de voorjaarsbeelden niet op tijd beschikbaar waren. Ook voor 2016 zijn zomerbeelden gebruikt en zijn later foto's uit het voorjaar beschikbaar gekomen. Op de zomerfoto's is de overstuiving uit de winterperiode minder goed herkenbaar, en is de vegetatieontwikkeling al ver op gang gekomen. Dit veroorzaakt een discrepantie tussen de veldkartering van overstuiving en de dynamiekkartering met behulp van luchtfoto's. In 2015 is het verschil tussen voorjaars- en zomeropname groot, in 2016 is het zelfs extreem. De voorjaarsfoto van begin april laat een zeer sterke overstuiving zien, rondom de stuifkuilen, maar ook van de zeereep. In de zomerbeelden is de meest extreme overstuiving rondom de stuifkuilen nog wel te herkennen, maar de minder sterke overstuiving rondom de stuifkuilen en over de zeereep is nauwelijks of niet zichtbaar. Als de ontwikkeling van dynamiek wordt beschouwd, geeft het zomerbeeld van 2016 een geringere overstuiving te zien dan die van 2015. Als de voorjaarsbeelden worden bekeken is duidelijk dat de overstuiving in voorjaar 2016 juist veel groter is dan in 2015. Dit bemoeilijkt de interpretatie behoorlijk. Op grond van de zomerbeelden zou namelijk geconcludeerd moeten worden dat de dynamiek in het gebied is afgenomen. Van 2017 zijn opnieuw alleen de zomerbeelden beschikbaar ten tijde van de kartering. Voorjaarsfoto's bestaan wel, maar zijn (nog) niet voor het onderzoek beschikbaar. Het zo laat beschikbaar komen van goede luchtfoto's is een probleem bij deze vorm van monitoring, omdat rapportages daardoor steeds behoorlijk achterlopen bij de werkelijkheid. Er zou veel winst te behalen zijn als er meer flexibele methoden worden gebruikt om snel en op het gewenste tijdstip luchtfoto's te maken die ook snel beschikbaar zijn voor analyse. Dit zou mogelijk met behulp van een RPAS-monitoring (Remotely Piloted Aircraft System of wel Drone-monitoring) kunnen.

### 2.2 Kartering dynamiek

Aan de hand van de luchtfoto's wordt de mate van dynamiek en/of stabilisatie in kaart gebracht. Hiermee wordt onderzocht hoe het landschap door de ingrepen verandert, wat het effect is op de overstuiving en winderosie en in hoeverre er sprake is van stabilisatie en, meer algemeen, wat het succes is van de ingrepen. Gekarteerd wordt met een uitgebreide legenda die ook in andere projecten wordt toegepast (o.a. bij de monitoring van de Van Limburg Stirumduinen). De legenda is weergegeven in Tabel 2.1. Opeenvolgende karteringen worden vergeleken, waarbij veranderingen in oppervlaktes worden gekwantificeerd. In de Tabel is een kolom toegevoegd met het aantal voorkomens van iedere legenda-eenheid in de laatste karteringen. Daaruit blijkt dat niet alle in de tabel opgenomen eenheden voorkomen. De eenheid O/S0 is toegevoegd voor die delen waar het oppervlak net niet meer 100% kaal is, maar waar te weinig vegetatie op staat om van beginnende

duinvorming te spreken. Eenheid S2/A is toegevoegd voor eenheden die al in meerdere mate gestabiliseerd waren, maar opnieuw zijn overstoven (vergelijk S1/A).

**Tabel 2.1. Legenda Dynamiekkartering.**

Label	Omschrijving	Generalisatie	Aantal voorkomens 2015	Aantal voorkomens 2016	Aantal voorkomens 2017
A1	actieve overstuiving, vegetatie niet meer herkenbaar	Aa	6	5	11
A1/2	complex van A1 en A2	Aa	19	18	17
A2	actieve overstuiving, vegetatie herkenbaar	Aa	53	51	42
A2/3	complex van A2 en A3	Ab	35	28	27
A3	geringe overstuiving, strooizone	Ac	28	9	23
B	stuifkuil	O	25	30	30
Bs	afstortingen binnen stuifkuil	O	n.g.	n.g.	6
O	onbegroeid, actief, overwegend erosief	O	38	23	27
O2	onbegroeid, beperkte activiteit	Sb	4	3	2
O/S0	bijna onbegroeid, actief	O	2	1	-
S0	actieve duinvorming in pioniervegetatie	Sa	-	2	4
S0/1	complex van S0 en S1	Sa	5	-	-
S1	beginnende stabilisatie	Sb	5	1	4
S1/A	beginnende stabilisatie en opnieuw (licht) overstoven	Ac	3	6	-
S1/2	complex van S1 en S2	Sb	5	2	-
S2	grotendeels gestabiliseerd, nog niet volledig begroeid	Sc	4	3	3
S2/A	grotendeels gestabiliseerd, opnieuw overstoven	Sb	2	3	-
S2/3	complex van S2 en S3	Sc	-	-	2
S3	volledig gestabiliseerd en begroeid	Sc	1	-	-
V1	uitgestoven tot op het grondwater, vochtig, geen vegetatie	V	-	-	-

n.g. = niet gekarteerd

**Tabel 2.2. Generalisatie van dynamiekeenheden tot dynamiekklassen.**

Code	omschrijving
Aa	sterke overstuiving
Ab	matige overstuiving
O	kaal zand (vaak erosief)
Sa	embryonale duinen / nebkha's
Sb	beginnende stabilisatie, nog niet geheel begroeid
Sc	gestabiliseerd, geheel dichtgegroeid
V	vochtig of nat, niet begroeid
X	antropogeen beïnvloed

*De detailkartering wordt gegeneraliseerd tot een aantal algemenere klassen van dynamiek volgens*

Tabel 2.2. Ook hieraan worden oppervlakteveranderingen bepaald. Oppervlakteveranderingen kunnen in perspectief geplaatst worden door de resultaten te vergelijken met resultaten van andere

gebieden waar is ingegrepen (bijvoorbeeld het van Limburg Stirumgebied en de PWN projecten in Zuid-Kennemerland).

### 2.3 Veldkartering overstuiving

Om een duidelijk beeld te krijgen van de effectiviteit van de verschillende ingrepen zijn overstuivingszones ook in het veld gekarteerd, voor deze rapportage in april 2017 en als laatste in maart 2018. In het veld zijn met behulp van luchtfoto's van 2017 en een hand-GPS de voor het oog zichtbare overstuivingszones afgegrensd en ingetekend. Voor het karteren van het gebied is alleen gebruik gemaakt van de overstuivingseenheden met verschillende mate van overstuiving. De ingrepen zijn aangegeven als O (Kaal oppervlak), hoewel deze oppervlakken in veel gevallen al gedeeltelijk of geheel begroeid zijn. In Tabel 2.3 staat de legenda van de eenheden die gebruikt zijn bij de kartering van de overstuivingszones.

*Tabel 2.3. Legenda voor de eenheden gebruikt in de overstuivingskartering.*

Label	Omschrijving
A1	Actieve overstuiving, vegetatie niet meer herkenbaar
A1/2	Complex van A1 en A2
A2	Actieve overstuiving, vegetatie herkenbaar
A2/3	Complex van A2 en A3
A3	Geringe overstuiving
O	Kaal oppervlak
OX	Kaal oppervlak door uitschuiven vanuit kuil

### 2.4 Laseraltimetrie

Met behulp van de jaarlijks gevlogene laseraltimetriegegevens (Jarkus) van Rijkswaterstaat kan de hoogteontwikkeling binnen het landschap worden gevolgd. De data van Rijkswaterstaat zijn vanaf 2013 beschikbaar in een 2x2 m<sup>2</sup> grid. Behalve deze gegevens zijn ook het AHN2 en AHN3 beschikbaar, met een gridgrootte van 0.5x0.5m<sup>2</sup>, opgenomen in 2008 en circa 2014. Van de Jarkusgegevens zijn drie verschilkaarten gemaakt die inzicht geven in de hoogteveranderingen in het gebied van 2014-2015, 2015-2016 en 2014-2016.

In kaal zand, zoals op het strand, maar ook in stuifkuilen, levert laseraltimetrie de meest nauwkeurige resultaten en zijn hoogteverschillen vanaf circa 10cm toe te schrijven aan werkelijke veranderingen. Op begroeide delen wordt de methode minder nauwkeurig en zijn hoogteverschillen van tenminste 20cm nodig om betrouwbare uitspraken te doen. Alleen bij duidelijke trends in ontwikkelingen zijn kleinere hoogteverschillen af te leiden. Wanneer bijvoorbeeld een zone door overstuiving ieder jaar enkele cm's ophooft, dan zijn hier na verloop van een aantal jaren betrouwbaardere uitspraken over te doen.

### 2.5 Hoogtemetingen veld

Enerzijds als controlemiddel voor de laseraltimetriegegevens, anderzijds als extra detailmeting om de ontwikkelingen in het terrein te volgen wordt een groot aantal profielen in het veld opgemeten. Het inmeten gebeurt door landmeters van Waternet (begeleiding Leo Harren). De landmeters kunnen op hun display zien waar zij zich ten opzichte van het te meten profiel bevinden. Hiermee kan jaarlijks dezelfde lijn worden opgemeten, waarna de profielontwikkeling geanalyseerd kan worden. Door verschuivingen binnen het profiel kunnen ontwikkelingen buiten de oorspronkelijke meetrange gaan plaatsvinden. Daarom wordt in de aanbevelingen per profiel aangegeven of de

meetrange verlengd moet worden. De meetgegevens worden geïnterpoleerd naar vaste onderlinge afstanden, om ook hoogteverschillen tussen de verschillende metingen te kunnen berekenen.

## 2.6 Kartering bedekking

Om de mate van succes van de ingrepen te bepalen, maar ook om richtlijnen op te stellen voor nabeheer werd in het veld een kartering gemaakt van de bedekking binnen de kaal gemaakte locaties. Het gaat dan om bedekking van wortels en vegetatie. Wortels kunnen zowel dood als levend zijn. Dode wortels bedekken in de loop van de tijd door uitstuiwing een steeds groter deel van het oppervlak en hebben daarmee een negatieve invloed op verstuiwing. Levende wortels kunnen uitlopen en een kaal gemaakt oppervlak weer snel stabiliseren. Ook de nieuwe vestiging van vegetatie kan leiden tot stabilisatie. Voor de kartering van de bedekking werd gebruik gemaakt van de legenda in Tabel 2.4. Omdat in 2017 het wortelprobleem zodanig was verminderd dat er geen verder nabeheer nodig werd geacht is deze kartering in 2017 niet uitgevoerd, maar heeft alleen een veldinspectie plaatsgevonden t.b.v. eventuele aanbevelingen voor nabeheer.

*Tabel 2.4. Legenda kartering bedekking.*

Code	omschrijving	mate van bedekking
0	Kaal	<1%
1	Beginnende bedekking met Dauwbraam	1-5%
2	Matige bedekking met Dauwbraam	5-15%
3	Dichte bedekking met Dauwbraam	>15%
4	Lichte wortelbedekking	1-5%
5	Matige wortelbedekking	5-15%
6	Beginnende bedekking met Helm	1-5%
7	Matige bedekking met Helm	5-15%
8	Dichte bedekking met Helm	>15%
9	Begroeid met overige vegetatie	specificeren



*Figuur 2.1. Illustratie van het “wortelprobleem”.*

De klasse-indeling in Tabel 2.4 is gebaseerd op het effect op zandtransport. Beneden 1% is er geen negatief effect, tussen 1 en 5% gaat de bedekking een rol spelen, tussen 5 en 15% is er een stabiliserend effect door serieuze belemmering van de verstuiwing en boven 15% is de bedekking zodanig dat er nog nauwelijks verstuiwing mogelijk is.

Tabel 2.5 geeft een overzicht van alle belangrijke data voor de monitoring.

**Tabel 2.5. Tijdslijn gebeurtenissen, ingrepen en metingen.**

Datum	Omschrijving
2008	Opname laseraltimetrie AHN2
mrt-2013	Initiële ingreep
14-1-2013	Opname laseraltimetrie Jarkus 2013
1-4-2013	Opname luchtfoto 2013-1
28-5-2013	Opname luchtfoto 2013-2
5-9-2013	Hoogtemetingen 2013
5-9-2013	Kartering bedekking 2013
5-12-2013	Storm met impact
Dec 2013	Steken van helm door Hoek Hoveniers (diverse kuilen)
18-1-2014	Opname laseraltimetrie Jarkus 2014
29-3-2014	Opname luchtfoto 2014
28-4-2014	Kartering overstuiwing 2014
Mei 2014	Nabeheer vrijwilligers, kuilen 11 tm 13
jul-2014	Nabeheer met paard en ploeg, 1 t/m 10
2014	Opname laseraltimetrie AHN3
Sept 2014	Nabeheer vrijwilligers, kuilen 11 tm 13
30-9-2014	Tweede ingreep, graven 14 t/m 17
okt-2014	Hoogtemetingen 2014
14-10-2014	Kartering bedekking 2014
22-10-2014	Storm met impact
10-1-2015	Storm met impact
14-4-2015	Opname luchtfoto 2015-1
8-3-2015	Opname laseraltimetrie Jarkus 2015
20-4-2015	Kartering overstuiwing 2015
jun-2015	Nabeheer vrijwilligers, kuilen 7 t/m 13
4 en 11-6-2015	Opname luchtfoto 2015-2
jul-2015	Nabeheer vrijwilligers, kuilen 1, 3, 6, 7, 18 (deel van R1)
okt-2015	Hoogtemetingen 2015
okt-2015	Veldkartering bedekking 2015
nov-2015	Nabeheer vrijwilligers, kuilen 11, 12 en 13
30-11-2015	Storm met impact
16-2-2016	Opname laseraltimetrie Jarkus 2016
11-4-2016	Opname luchtfoto's 2016-1
25-4-2016	Veldkartering overstuiwing 2016



*Tabel 2.5. Vervolg.*

zomer 2016	Opname luchtfoto's 2016-2
Okt-2016	Hoogtemetingen 2016
19-1-2017	Opname laseraltimetrie Jarkus 2017
19-4-2017	Veldinspectie overstuiving 2017
Dec-2017	Veldinspectie beworteling
Dec-2017	Hoogtemetingen 2017
03-01-2018	Storm met impact
18-01-2018	Storm met impact
30-3-2018	Veldinspectie overstuiving 2018



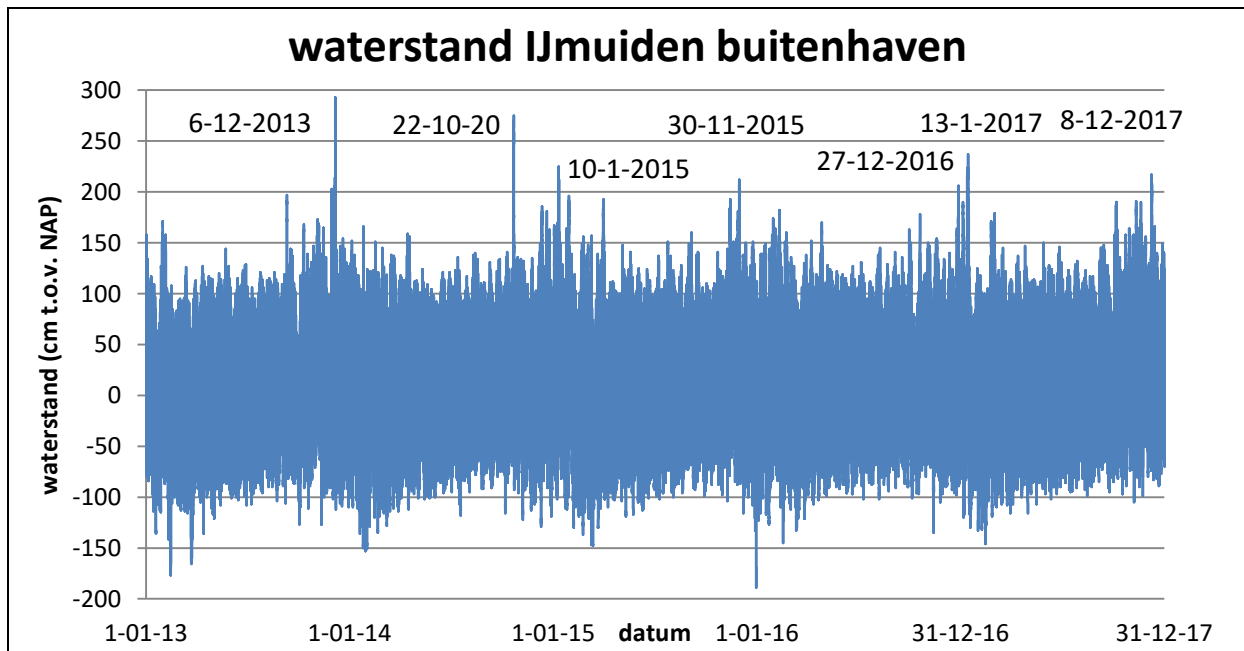
*Figuur 2.2. Het complex bij kuilen 8 en 9 vanaf het noorden (onder) en het oosten (boven) gefotografeerd.*



### 3 RESULTATEN METINGEN 2016

In dit hoofdstuk komen de resultaten van de monitoringsactiviteiten aan bod. Een bespreking van monitorings- en evaluatievragen volgt in Hoofdstuk 4. In 2014 zijn opnieuw enkele ingrepen uitgevoerd, waardoor voor enkele kuilen een nieuwe nul-situatie is ontstaan. Dit betreft kuilen 14 t/m 17, die opnieuw zijn uitgegraven. Kuilen 1 t/m 10 zijn wel behandeld, maar hier is de bodem los gemaakt met paard en ploeg en is vegetatie en wortels verwijderd. In feite is hier dus geen sprake van een nieuwe nulsituatie, maar van een “opschoning” van de bestaande situatie. De ingrepen zijn wel van invloed geweest op de ontwikkeling van de kuilen.

Waterstandsgegevens van Rijkswaterstaat (Figuur 3.1) zijn gebruikt om eventuele hoogwaters met mogelijke afslag af te leiden. Bij een waterstand voor IJmuiden buitenhaven van boven de 2.5m NAP kan afslag opgetreden. Deze waterstanden zijn bereikt bij de Sinterklaasstorm van 2013 en de storm van 22 oktober 2014, daarna niet meer. Op 10 januari 2015 is de waterstand ruim boven 2.0m NAP geweest, en waarschijnlijk heeft dit voor enige afslag in het gebied gezorgd. Op 30 november 2015, 27 december 2016, 13 januari 2017 en 8 december 2017 hebben zich nog vier gebeurtenissen met een waterstand hoger dan 2.0m NAP voorgedaan. Deze hebben voor zover bekend geen afslag veroorzaakt, het water heeft wel tegen de duinvoet gestaan.



*Figuur 3.1. Waterstanden voor IJmuiden buitenhaven (gegevens RWS, live.waterbase.nl) met data van waterstanden boven 2.0m NAP..*

#### 3.1 Luchtfoto's

De foto's zijn aangeleverd in full colour, met een variërende pixelgrootte van 0.1x0.1m<sup>2</sup> tot 0.25x0.25m<sup>2</sup>. Met de hoogste resolutie is een zeer gedetailleerde kartering mogelijk, met een schaal van circa 1:800. De lagere resolutie geeft vanzelfsprekend minder detail. Een kartering op schaal 1:1.500 is hiermee nog mogelijk. Een overzicht van de gebruikte luchtfoto's en de opnamedata staan in Tabel 3.1.

De luchtfoto's van 2013 geven een goed beeld van de uitgangssituatie, direct na oplevering van het project. Alle ingrepen zijn goed zichtbaar, de oppervlakken zijn nog volledig onbegroeid. Ook de sporen van het werk zijn nog duidelijk zichtbaar. Daarnaast is in de winter van 2013, tijdens en vlak

na de uitvoering, vooral onder invloed van oostenwind veel zand uit de kaal gemaakte oppervlakken gestoven. Ook dit is goed zichtbaar op de luchtfoto's.

De luchtfoto's van 2014 geven de situatie een jaar na de ingreep. Na deze opname is in 2014 nabehoor uitgevoerd, waarbij in enkele kuilen opnieuw is ingegrepen.

Voor 2015 zijn twee vluchten beschikbaar. De eerste, met hoge resolutie is gevlogen in het vroege voorjaar van 2015. De tweede, met lage resolutie is gevlogen in de zomer van 2015. Helaas waren voor het onderzoek alleen de lage resolutie-foto's met het zomerbeeld ter beschikbaar. Op deze foto's is de overstuiving uit de winterperiode al minder goed herkenbaar, en is de vegetatie-ontwikkeling al ver op gang gekomen. Van de voorjaarsbeelden zijn screenshots beschikbaar gesteld door Waternet. Een beperkte vergelijking van zomerbeelden met die van het vroege voorjaar laat zien dat de vegetatiebedekking op de zomerbeelden groter is dan op de voorjaarsbeelden en de mate van overstuiving in de voorjaarsbeelden veel groter is.

Luchtfoto's voor 2016 zijn ook in de zomer gevlogen. Deze foto's zijn beschikbaar via PDOK (Publieke Dienstverlening op de Kaart). Ook voor 2016 zijn later voorjaarsfoto's beschikbaar gekomen, met opnamedatum 11 april 2016. Deze zijn niet voor de kartering gebruikt, maar voor de eindevaluatie wel ingezien.

Ook voor 2017 zijn foto's beschikbaar via PDOK, opnieuw zomerfoto's, vliegdatum onbekend.

*Tabel 3.1. Overzicht gebruikte luchtfoto's voor karteringen van dynamiek*

Type	Bron	datum	Detail
Full colour	Waternet	1-4-2013	10x10 cm <sup>2</sup>
Full colour	RWS	29-3-2014	10x10 cm <sup>2</sup>
Full colour	Waternet	Juli 2015	25x25 cm <sup>2</sup>
Full colour	Waternet	Voorjaar 2015	screenshots
Full colour	ESRI/PDOK	Zomer 2016	25x25 cm <sup>2</sup>
Full colour	PDOK	Zomer 2017	25x25 cm <sup>2</sup>

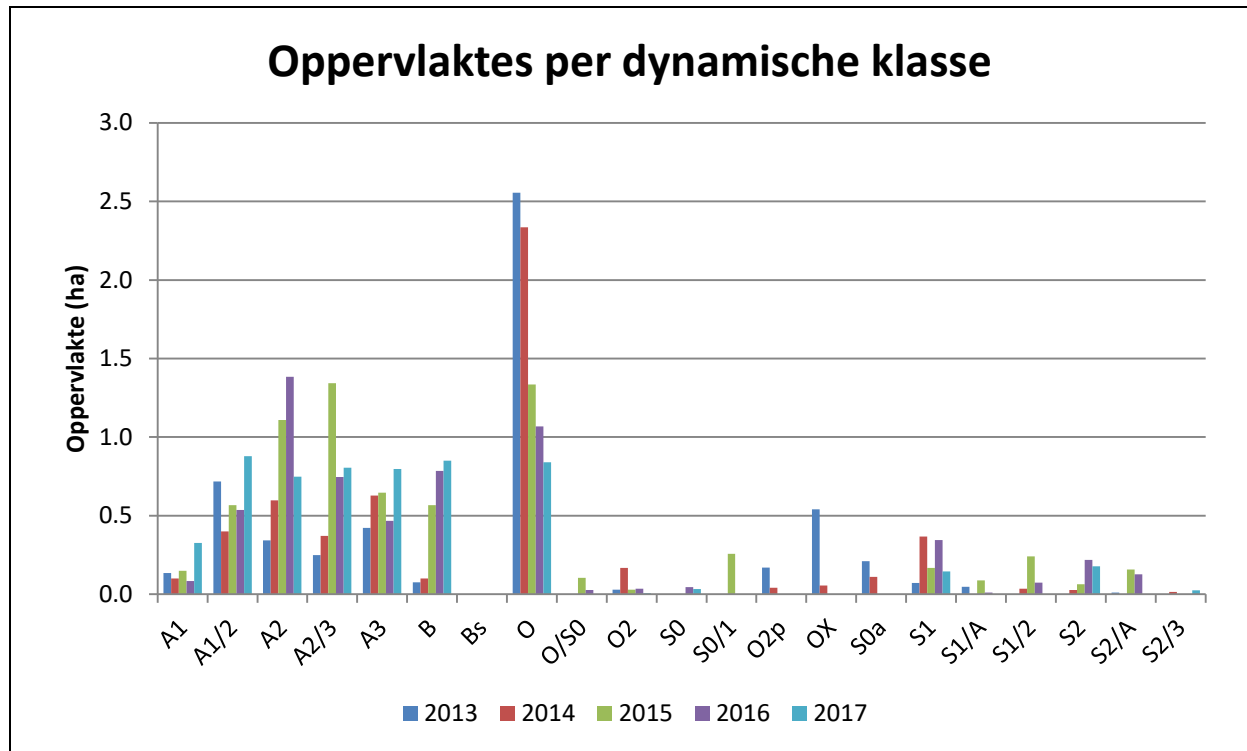
### 3.2 Kartering dynamiek

Met behulp van de luchtfoto's zijn dynamiekkarteringen voor 2013 t/m 2017 gemaakt. Daarbij is gebruik gemaakt van de legenda in Tabel 2.1. De karteringen voor 2013-2017 zijn opgenomen in Bijlage A. Behalve de oppervlakken van de ingrepen zijn ook verschillende autonome stuifplekken gekarteerd ter vergelijking (referentie). Voor zowel 2015, 2016 als 2017 is de kartering gebaseerd op zomerbeelden. Omdat in 2013 en 2014 gekarteerd is van voorjaarsbeelden (respectievelijk 1 april en 29 maart), is er sprake van een verschil in resultaten voor 2013 en 2014 enerzijds en 2015 t/m 2017 anderzijds. Op de laatste drie karteringen is de mate van overstuiving relatief onderschat. D.w.z. als de overstuiving op voorjaarsbeelden was gekarteerd zouden de karteringen van 2015 t/m 2017 een grotere mate van dynamiek hebben weergegeven. Dit zal tot uiting komen in een verschil tussen de kartering vanaf luchtfoto's en de veldkartering.

In deze paragraaf worden alleen de algemene resultaten besproken. In paragraaf 3.5 wordt per kuil een overzicht gegeven van de resultaten van dynamiekkartering, veldkartering en profielmetingen.

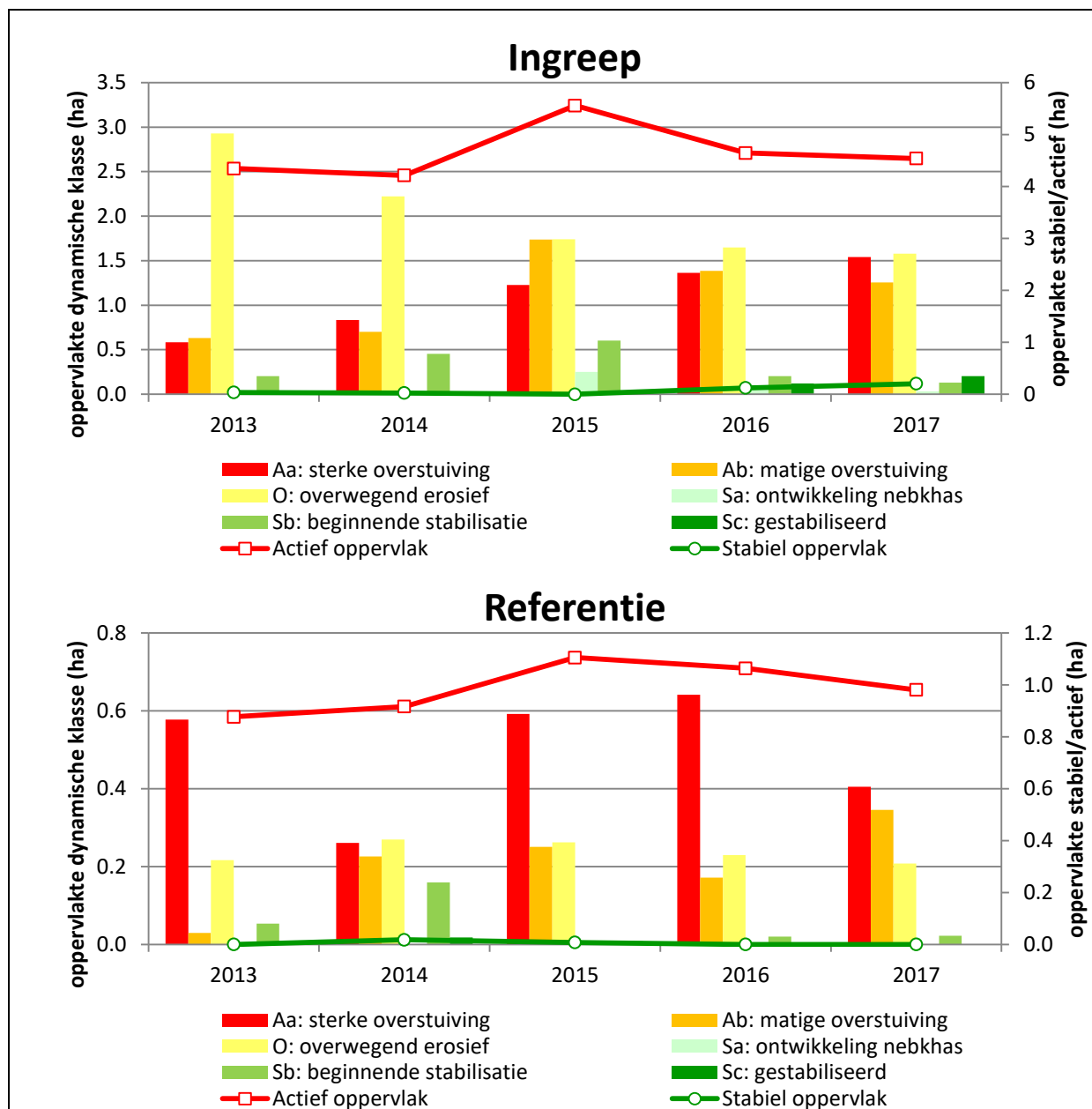
In Figuur 3.2 zijn de resultaten van de dynamiekkartering weergegeven in een staafdiagram. Ten opzichte van 2016 is de verdeling van overstuivingsklassen iets gewijzigd, met in 2017 iets meer sterke en iets minder matige en iets meer zwakke overstuiving. In zijn totaliteit is het areaal aan

overstoven oppervlak afgenomen. Bij deze observatie wordt nogmaals de kanttekening geplaatst dat de kartering is gebaseerd op zomerbeelden en dat de overstuiving op de voorjaarsbeelden in 2016 veel groter was dan in 2015. De hoeveelheid kaal oppervlak is iets afgenomen van 1.9 naar 1.7 ha, met net als vorig jaar een iets andere verdeling in gewoon kaal oppervlak (O, afgenomen van 1.1 naar 0.8 ha) en stuifkuilvormig oppervlak (B, toegenomen van 0.8 naar 0.9). De stabielere klassen S1, S1/A, S2 en S2/A zijn min of meer gelijk gebleven.



Figuur 3.2. Staafdiagram met oppervlaktes dynamiekeenheden in 2013 t/m 2017.

In Figuur 3.3 zijn de gegeneraliseerde dynamiekklassen weergegeven voor de behandelde kuilen en de referenties. In de figuren zijn alle klassen waar van enige dynamiek sprake is samengevoegd tot “actief oppervlak”, weergegeven met de rode lijn. In feite is dit het totaal van alle eenheden met uitzondering van Sc, het stabiele oppervlak. De vergelijking tussen de behandelde kuilen en de referenties geeft enkele opvallende resultaten. Bij de behandelde kuilen is het totale dynamische oppervlak in 2017 zeer licht afgenomen van 4.68 naar 4.54 ha (-3%), met name door een afname van het overstoven oppervlak. Voor de referenties is er ook sprake van een afname ten opzichte van 2015 van 1.06 naar 0.98 ha (-8%), absoluut gezien een kleinere afname, maar relatief gezien een grotere. De veranderingen voor ingreep en referenties laten dit jaar wel een verschillende ontwikkeling zien. Bij de referentiekuiten is sprake van een sterke afname van sterke overstuiving en een sterke toename van zwak tot matige overstuiving, bij de ingreep kuilen niet. De verandering in kaal overwegend erosief oppervlak is wel gelijk. Opvallend verschil is dat het sterk overstoven oppervlak voor de referentiekuiten relatief gezien veel groter is dan voor de behandelde kuilen en de verhouding tussen overstoven (Aa en Ab) en min of meer erosief (O) dus anders is. Een oorzaak kan zijn dat bij de behandelde kuilen de (grote) geplagde oppervlakken achter de gegraven kuilen als transportoppervlak fungeren. Bij de behandelde kuilen is de sterkste depositie daarom vaak op enige afstand van de kuil af te vinden, en is er van gescheiden door een vaak uitgestrekte transportzone. Bij de referentiekuiten liggen de depositiezones meteen tegen de kuilen aan. Een andere oorzaak zou kunnen zijn dat de grootte van de kuilen zelf bij de ingreep veel groter is dan bij de referentiekuiten.



Figuur 3.3. *Gegeneraliseerde klassen van dynamiek voor behandelde kuilen (boven) en referenties (onder).*

### 3.3 Veldkartering overstuiving

Om een duidelijker beeld te krijgen van de ontwikkeling van de kuilen, en de dynamiekarteringen vanaf luchtfoto's te verifiëren, zijn overstuivingszones ook in het veld gekarteerd. In het veld zijn voor het oog zichtbare overstuivingszones afgegrensd. Voor het karteren van het gebied is alleen gebruik gemaakt van de overstuivingseenheden met verschillende mate van overstuiving. De ingrepen zijn aangegeven als O (Kaal oppervlak), hoewel deze oppervlakken in veel gevallen al gedeeltelijk of geheel begroeid zijn. De nauwkeurigheid van de kartering is in een aantal gevallen minder nauwkeurig dan de luchtfoto-kartering, omdat delen van het gebied ontoegankelijk zijn door de enorme dichte duindoorn.

De karteringen van 2014-2017 zijn opgenomen in Bijlage B.

Tabel 3.2. Oppervlakte per eenheid en het aantal eenheden uit de veldkartering overstuiving. NB de veldkartering 2016 maakt officieel geen deel uit van deze rapportage, maar omdat deze gegevens al beschikbaar zijn, zijn ze toegevoegd.

Labels	Opp. Veld 2015	Aantal veld 2015	Opp. Luchtfoto 2015	Aantal luchtfoto 2015	Opp. Veld 2016	Aantal veld 2016	Opp. Luchtfoto 2016	Aantal luchtfoto 2016
A1	0.84	35	0.14	4	0.91	31	0.08	3
A1/2	1.24	33	0.37	9	0.78	24	0.50	14
A2	0.58	35	0.71	27	0.84	23	0.79	24
A2/3	0.21	10	1.22	27	0.33	8	0.59	20
A3	0.59	21	0.52	20	0.25	13	0.47	9
<b>Totaal sterke overstuiving</b>	<b>2.66</b>	<b>103</b>	<b>1.22</b>	<b>40</b>	<b>2.53</b>	<b>78</b>	<b>1.37</b>	<b>41</b>
<b>Totaal matige overstuiving</b>	<b>0.80</b>	<b>31</b>	<b>1.74</b>	<b>47</b>	<b>0.55</b>	<b>21</b>	<b>1.06</b>	<b>29</b>
<b>Totaal overstuiving</b>	<b>3.46</b>	<b>141</b>	<b>2.96</b>	<b>87</b>	<b>3.08</b>	<b>99</b>	<b>2.43</b>	<b>70</b>

Sterke overstuiving: totaal van A1, A1/2 en A2

Matige overstuiving: totaal van A2/3 en A3.

Labels	Opp. Veld 2017	Aantal veld 2017	Opp. Luchtfoto 2017	Aantal luchtfoto 2017	Opp. Veld 2018	Aantal veld 2018	Opp. Luchtfoto 2018	Aantal luchtfoto 2018
A1	1.24	8	0.32	10	1.36	12	-	-
A1/2	1.18	3	0.83	15	0.63	5	-	-
A2	0.35	11	0.39	20	0.62	12	-	-
A2/3	0.23	2	0.60	18	1.28	9	-	-
A3	0.12	4	0.66	16	1.49	8	-	-
<b>Totaal sterke overstuiving</b>	<b>2.77</b>	<b>22</b>	<b>1.54</b>	<b>45</b>	<b>2.61</b>	<b>29</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>Totaal matige overstuiving</b>	<b>0.35</b>	<b>6</b>	<b>1.26</b>	<b>34</b>	<b>2.77</b>	<b>17</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>Totaal overstuiving</b>	<b>3.12</b>	<b>28</b>	<b>3.80</b>	<b>79</b>	<b>6.38</b>	<b>46</b>		

In Tabel 3.2 is een vergelijking gemaakt tussen de veld- en luchtfotokarteringen van 2015 t/m 2017/2018. In alle gevallen is de veldkartering in maart/april uitgevoerd en is de luchtfotokartering gebaseerd op zomerbeelden. Het verschil is overduidelijk en het gevolg van het feit dat later in het groeiseizoen door vegetatieontwikkeling de mate van overstuiving veel minder goed te schatten is dan in april, aan het einde van het stuif- en begin van het groeiseizoen. Daardoor is de mate van overstuiving op de zomerbeelden altijd veel minder dan op de voorjaarsbeelden.

### 3.4 Hoogtemetingen veld

In september 2013, oktober 2014, 2015 en 2016 en december 2017 zijn door Waternet hoogtemetingen uitgevoerd in het veld. Door jaarlijks exact dezelfde lijn tussen 2 vastgestelde profielpunten te meten kan de verandering in reliëf als gevolg van de ingrepen worden gemonitord. De ingemeten profielen zijn opgenomen in Bijlage F en worden besproken in Bijlage G. In paragraaf 3.6 worden de resultaten per kuil besproken en de conclusies op basis van profiel- en hoogteveranderingen behandeld. De profielen in Bijlage F geven een goede illustratie van de ontwikkelingen en van de mate van veranderingen.

### 3.5 Hoogtemetingen laseraltimetrie

Met de Jarkusgegevens van Rijkswaterstaat zijn hoogteverschilkaarten gemaakt. Voor deze rapportage zijn hoogteverschillen voor 2014-2015, 2015-2016, 2016-2017 en 2014-2017 bepaald. De afgeleide kaarten zijn weergegeven in Bijlage D. De kaarten geven een zeer goed, illustratief beeld van de ontwikkelingen, omdat de mate van erosie en depositie in en rondom stuifkuilen en op strand en zeereep onmiddellijk duidelijk wordt. Door een goede kleurstelling te kiezen ontstaat zo snel een gedetailleerd inzicht in de ruimtelijke patronen van veranderingen. Zie paragraaf 3.6 voor de verdere bespreking.

### 3.6 Veranderingen per kuil of cluster van kuilen

In deze paragraaf worden per kuil of cluster van kuilen de resultaten samengevat. Een meer gedetailleerde beschrijving op basis van luchtfotokartering, veldkartering en profielmetingen is opgenomen in Bijlage G. De resultaten van de dynamiekkartering worden zowel in grafiek als in tabelvorm weergegeven. Tabel 3.3 geeft per kuil de oppervlaktes van de gegeneraliseerde dynamiekklassen, voor 2013 t/m 2017. Met een lichtroze arcering is in de tabel voor de meest dynamische klassen (Aa, O en Sa) aangegeven of het oppervlak in 2015 is toegenomen, met een donkerroze een toename in 2016, een nog donkerdere een toename in 2017. Op dezelfde wijze is met een groene arcering voor de stabiele klasse aangegeven of er sprake is van een toename.

**Tabel 3.3. Verandering in oppervlakte per dynamische klasse en per kuil of cluster van kuilen, inclusief referenties. Oppervlaktes in m<sup>2</sup>. Oranje kolom: kuilen uitgegraven; groene kolom: kuilen afgeplagd; niet gearceerde kolom: referenties. Overige arcering: zie tekst.**

	1+2	3	4+5+6	R4+5+6	7+8+9+10	R7+8+9+10
Aa 2013	804	545	1255	1545	564	693
Aa 2014	824	789	1046	1140	1158	574
Aa 2015	680	701	2892	1792	2264	857
Aa 2016	1021	1397	2563	2346	3774	863
Aa 2017	2186	782	2873	1513	5153	222
Ab 2013	613	860	1974	49	1825	246
Ab 2014	1045	778	1090	640	1403	357
Ab 2015	2305	2172	4500	601	2151	29
Ab 2016	1493	1221	3564		1584	519
Ab 2017	1176	1436	4588	641	2506	486
O 2013	2389	1688	6659	790	7199	506
O 2014	1438	1329	5463	1090	6568	647
O 2015	1772	1245	3702	991	5890	625
O 2016	1615	1137	3627	814	5302	447
O 2017	1020	1098	3430	860	5772	370
Sa 2013						
Sa 2014						
Sa 2015			603			
Sa 2016						
Sa 2017			28			
Sb 2013	101		222	523	807	11
Sb 2014	95		365	80	480	21
Sb 2015		753	817		1187	4
Sb 2016					471	203
Sb 2017	237					222
Sc 2013	59	140	135		9	
Sc 2014			45		164	
Sc 2015						
Sc 2016			732			
Sc 2017						

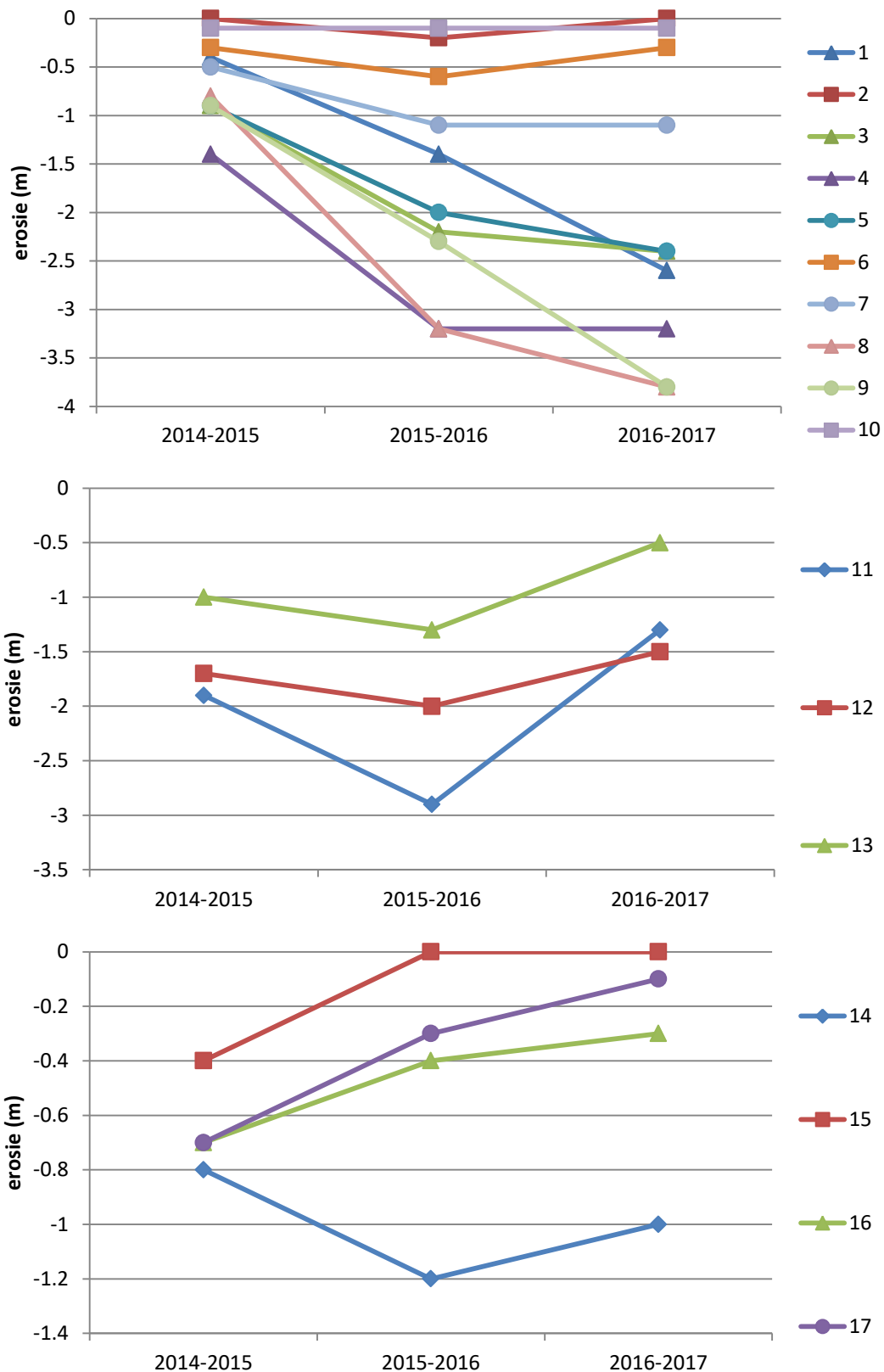
Tabel 3.3. vervolg

	11+12+13	R11+12+13	14	15	16+17	R16+17
Aa 2013	1681	3301	288	173	518	237
Aa 2014	3369	704	579		588	194
Aa 2015	4523	3107	429		768	160
Aa 2016	4762	2990	127			214
Aa 2017	3935	2314	473			
Ab 2013	504		232		321	
Ab 2014	1571	1132	684	47	394	67
Ab 2015	3320	1642	1207	210	1520	234
Ab 2016	2803	1199	573		2621	
Ab 2017	2115	2331			747	
O 2013	4847	810	819	503	5172	57
O 2014	4416	859	842	516	1649	101
O 2015	3908	910	629		248	97
O 2016	4185	910	494		123	128
O 2017	3979	739	280		208	107
Sa 2013						
Sa 2014						
Sa 2015	210				1694	
Sa 2016	446					
Sa 2017	311					
Sb 2013	850		46			
Sb 2014	517	1494			3071	
Sb 2015	390			575	2303	
Sb 2016					1553	
Sb 2017					1063	
Sc 2013						
Sc 2014		182		40		
Sc 2015		79				
Sc 2016				479		
Sc 2017				442	1597	

Zowel uit de laseraltimetriegegevens (voorjaar 2016-voorjaar 2017) als uit de profielmetingen (oktober 2016-december 2017) blijkt dat de meeste kuilen een dynamisch jaar achter de rug hebben. Gemiddeld genomen lijken de ingrepen daarmee nu succesvol. De veranderingen tussen 2016 en 2017 zijn vaak groot, ook groter dan de jaren daarvoor. Voor enkele kuilen is duidelijk sprake van een versnelling.

De mate van erosie per jaar vanaf 2014 is uitgezet in Figuur 3.4. Er is in veel kuilen (1, 3, 4, 5, 8, 9) sprake van een versnelling in de ontwikkeling. De meest extreme erosie is gemeten in kuilen 4 en 8 en 9 met een verlaging van 3m in één jaar. Bij 4 en 8 was dit vorig jaar ook al. Over de totale periode is de maximale gemeten erosie 5.8m zowel in kuil 4 als in kuil 8. De meest extreme depositie bedraagt 3.5m over de periode 2014-2017, achter kuil 9, dus op de zeereep. Kuilen 3, 4, 7, 8, 9, 11 en 12 hebben allen aan de lizijde van de kuil een maximale hoogtoename van meer dan 2m. De maximale erosie is dus aanmerkelijk hoger dan de maximale depositie, wat logisch is, omdat de erosie geconcentreerd op een klein oppervlak, binnen in de kuil plaatsvindt, terwijl de depositie over een veel groter oppervlak verspreid wordt. Als er een zandbalans van de zeereep gemaakt zou worden, zou deze sluitend moeten zijn, tenzij er zand vanaf het strand naar binnen stuift, of juist door afslag verdwijnt.

De meest opvallende ontwikkeling van het afgelopen jaar is dat in kuilen 1, 3, 4, 5, 7, 8 en 9 de dynamiek fors is toegenomen, terwijl in kuilen 11 t/m 13, die zich aanvankelijk sterk ontwikkelden, de dynamiek in vergelijking tot voorgaande jaren is afgenomen.



*Figuur 3.4. Maximum erosie per jaar in de verschillende kuilen. Kuil 1 t/m 10 zijn na de ingreep nog een keer bewerkt met paard en ploeg, kuilen 11 t/m 13 zijn alleen bij de eerste ingreep bewerkt, kuil 14 t/m 17 zijn na de eerste ingreep nogmaals uitgegraven. In de bovenste grafiek geven de vierkantjes de kuilen die in de top liggen, de driehoekjes de kuilen die als kerf doorlopen naar het strand en de rondjes de kuilen die niet als kerf doorlopen naar het strand.*



De verschilkaarten in Bijlage D laten goed zien wat de patronen van erosie en depositie rondom de kuilen zijn, en hoe de ontwikkeling verschilt. Bij kuilen 4, 5 en 6 en bij 8, 9, 10 en bij 12 en 13 overlappen de overstuivingszones. Er zijn geen kuilen waar erosie of overstuiving in de ene kuil de ontwikkeling van de andere kuil beïnvloedt. Alleen het overlappen van overstuivingszones komt voor. In 2018 werd overigens bij de veldkartering geconstateerd dat de gehele zeereep flink overstoven was, door overstuiving vanaf het strand of het zeereepfront. Op luchtfoto's van voorjaar 2016 is dit ook te zien.

Vanaf kuil 11 naar het zuiden speelt instuiving vanuit de zeereep (en doorvoer verder landwaarts) een rol. Er is meer beïnvloeding vanuit de zeereep of door de zeereepontwikkeling. Over het gehele traject is sprake van soms forse aanzanding tegen de duinvoet met een gradiënt toenemend van noord naar zuid. Bij kuilen 11-17 is de overstuiving tegen helling en op de top het duidelijkst. Er is geen afslag geweest, maar de afslag van 2014 en 2015 heeft wel gezorgd voor een deels kaal zeereepfront, waar de wind hier en daar vat op heeft. Er was in 2015 een gradiënt in afslagschade, met een maximale achteruitgang aan de noordkant, tot kuil 6. Bij deze kuilen vindt nu actieve winderosie op het afslagklif plaats, waardoor de zeewaartse helling verder uitholt. Van kuil 1 tot 9 vindt erosie op het zeereepfront plaats, het sterkst rondom kuilen 3 t/m 6. Vanaf kuil 7 zuidwaarts is de afslagschade kleiner en vindt inmiddels weer invulling van het klif plaats door aanstuiving. Hier is ook nauwelijks sprake van winderosie op het afslagklif, de winderosie beperkt zich hier echt tot de stuifkuilen.

Kuilen 1, 4 en 8, en in mindere mate 3 en 5 zijn verbonden met het strand. Betreding zal hierbij geholpen hebben, omdat de verbindingen soms paadjes zijn voor toegang naar het strand of naar de duinen. De verbinding met het strand komt duidelijk tot uiting in de hoogteligging, zie Bijlage C.

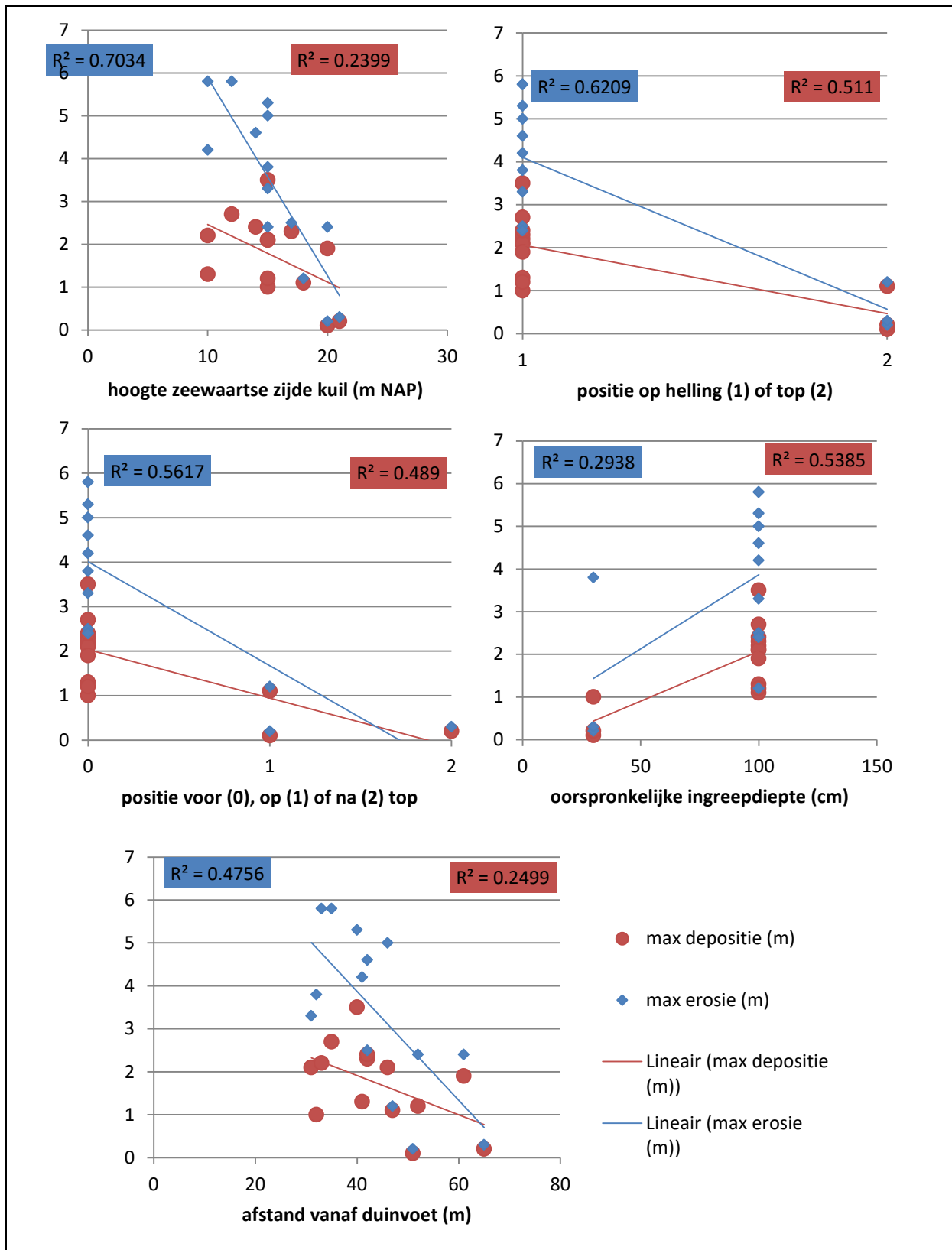
Vaak fungeren de plagvlakken achter de vlakken waar gegraven is om een stuifkuil te ontwikkelen als transportvlakken, dat wil zeggen ze laten zand door maar vangen geen zand in of eroderen niet. Ze blijven kaal. Depositie vindt plaats op de oostelijke grens van deze vlakken, dus daar waar de vegetatie weer begint. Er zijn maar een paar kale vlakken ontstaan door sterke overstuiving, bij kuil 1 is dit het meest duidelijk, bij kuilen 9, 11, 12, 13 treedt het ook op.

Concluderend kunnen we stellen dat voor twaalf kuilen (1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14) de ingrepen op dit moment succesvol zijn, voor vijf kuilen minder (2, 10) of geheel niet (15, 16 en 17). Kuilen 4, 5, 8, 9, 11 en 12 kennen een extreme ontwikkeling, met meer dan 4m erosie in 3 jaar. Van de kuilen die alleen geplagd zijn is alleen kuil 1 flink in beweging, de overige zijn niet of nauwelijks dynamisch. Voor kuilen 15, 16 en 17 bestaat, ook vanwege het veelvuldig voorkomen van Klein hoefblad) het vermoeden dat hier onbekende factoren, mogelijk nutriënten, een rol spelen in de snelle stabilisatie. De uiteindelijke mate van succes kan natuurlijk pas bepaald worden over een langere periode. Vooralsnog lijkt het erop dat alleen afplaggen geen goede maatregel is voor het op gang brengen van dynamiek, maar dat afgraven in combinatie met nabeheer op maat wel succesvol is.

Het is de vraag of de in een aantal kuilen (1, 3, 5, 8 en 9) gemeten versnelling in erosie doorzet of dat een evenwichtssituatie wordt bereikt.

Voor verschillende parameters zijn regressievergelijkingen opgesteld voor de correlatie met maximum erosie en depositie. Daaruit blijkt dat enkele parameters een duidelijke relatie hebben met de maximale erosie en depositie, andere geheel niet. Voor de regressieanalyse zijn kuilen 15 t/m 17 buiten beschouwing gelaten, omdat deze een afwijkende ontwikkeling hebben t.o.v. de andere kuilen. Parameters die een hoge correlatie geven zijn (van hoog naar laag): oorspronkelijke

hoogte aan de zeewaartse zijde van de kuil; positie op top of helling; positie voor of na de top; ingreepdiepte; afstand t.o.v. de duinvoet. Parameters die een geringe correlatie hebben zijn: breedte van de ingreep; wel of geen afplagvlak achter de ingreep; oorspronkelijke hoogte aan de landwaartse zijde van de kuil; oppervlakte van de kuil na ingreep.



Figuur 3.5. Regressievergelijkingen tussen erosie-depositie en enkele parameters.

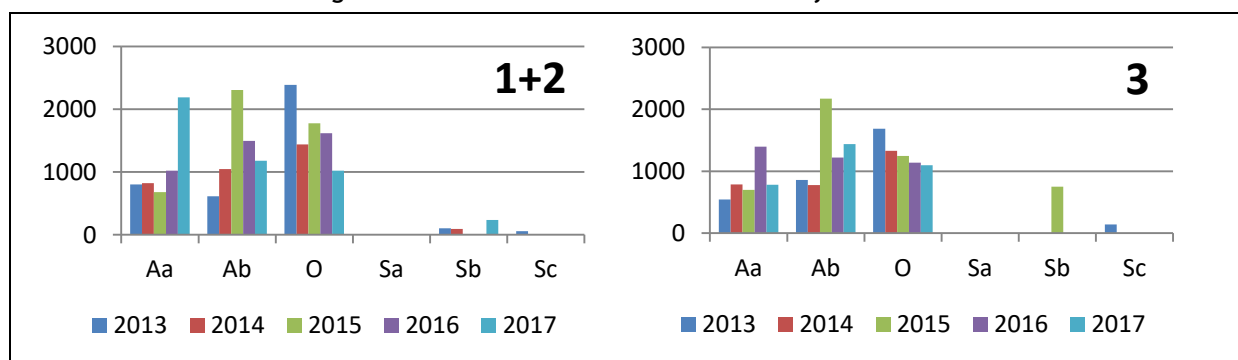
Alleen voor oorspronkelijke hoogte aan de zeewaartse zijde en afstand vanaf de duinvoet is de spreiding van de data goed. Voor ingreepdiepte en voor positie op helling of top is dat minder. Desondanks kunnen enkele globale richtlijnen uit de correlaties worden afgeleid. Kuilen doen het beter wanneer de oorspronkelijke hoogte aan de zeewaartse zijde laag in het profiel is en de afstand tot de duinvoet klein (het één impliceert eigenlijk het ander), wanneer de positie op de zeewaartse helling is, ruim vóór de top (volgt ook uit het voorgaande), en wanneer de ingreepdiepte groter is. Samenvattend: een positie laag op de helling met een ingreepdiepte van meer dan 30cm geeft meer kans op succes. Bij het onderzoek naar kleinschalige dynamiek (Aggenbach et al., 2018) bleek juist dat autonome kuilen juist hoog op de hellingen ontstonden. Dit geldt voor binnenduinsituaties, voor de zeereep die volop de wind is geëxponeerd, is de situatie blijkbaar anders.

### Kuil 1 en 2

In deze kuilen is het met Helm begroeide oppervlak afgeplagd. Er is niet verder gegraven. De geplande klepelvlakken achter de kuilen zijn bij de ingreep niet meegenomen in verband met de aanwezigheid van Nauwe korfslak. Deze kuilen liggen naast elkaar waarbij de overstuivingszones aanvankelijk overlappen. Beide kuilen zijn in 2015 door afslag aangetast. In beide kuilen is in 2014 nabehoor uitgevoerd met paard en ploeg, in 2015 met vrijwilligers.



Figuur 3.6. Kuilen 1 en 2 in 2017. Bron luchtfoto: PDOK.



Figuur 3.7. Staafdiagram met oppervlaktes van gegeneraliseerde dynamiek voor de ingreep. Alle oppervlaktes (Y-as) in m<sup>2</sup>.

De dynamiek van kuil 1 is groot, die van kuil 2 zeer beperkt. Kuil 1 heeft verbinding gekregen met het strand, waarbij betreding geholpen zal hebben. De overstuivingszone van kuil 1 is uitgebreid, en strekt zich aan de noordoostkant nu tot 45m vanaf de rand van de ingreep uit, waarbij de eerste zone kaal is maar de hele zone aanzienlijk is opgehoogd. De sterke overstuiving is in 2017 sterk toegenomen, meer dan verdubbeld ten opzichte van 2016. De bovenkant van de zeereephelling ondergaat enige winderosie. De erosie tussen 2015 en 2016 bedraagt maximaal 1.4m, tussen 2016 en 2017 2.6m. Kuil 1 is de enige kuil waar is afgeplagd (niet gegraven) en waar de dynamiek goed op gang is gekomen.

### **Kuil 3**

Kuil 3 is bij de ingreep gegraven. In 2014 is nabeheer uitgevoerd met paard en ploeg, in 2015 met vrijwilligers. Er is sprake van een forse erosie in twee armen die aan de westkant verbonden zijn, met aan beide uiteinden een duidelijke depositielob die aanzienlijk is uitgebreid. De kuil loopt door tot in het voormalige klif. De bovenkant van de zeereephelling ondergaat enige winderosie. De verdieping bedraagt ruim 2m per jaar in 2016 en 2017. De depositie op de lobben bedraagt ruim 2m over de gehele periode 2014-2017.



*Figuur 3.8. Kuil 3 in 2017. Bron luchtfoto: PDOK.*

### **Kuil 4, 5 en 6**

Deze kuilen zijn allen gegraven. Aan de landwaartse zijde is bovendien een vlak afgeplagd om de doorstuiving te bevorderen. De kuilen vormen een cluster waarbij de overstuivingszones overlappen. Van noord naar zuid liggen de kuilen hoger op de zeereep, waarbij kuilen 4 en 5 nu doorlopen tot het strand. De bovenkant van de zeereephelling ondergaat enige winderosie. De mate van dynamiek neemt van noord naar zuid af. In alle kuilen is in 2014 nabeheer uitgevoerd met paard en ploeg, in 2015 met vrijwilligers. De depositiezone is met name aan de noordkant flink uitgebreid en strekt zich tot ruim 40m vanaf de grens van de ingreep uit. Tussen de depositiezone en erosie zone ligt een kaal oppervlak dat vooral als transportoppervlak fungeert. De landwaartse grens hiervan schuift zeewaarts, zodat dit vlak geleidelijk aan ook depositiezone wordt. Aan de oostkant van kuil 6 is een langgerekt vlak met Helm geplagd. Het oostelijke deel hiervan is inmiddels weer geheel begroeid. Landwaarts van kuil 4 ligt een kleine kuil waar struweel is afgeplagd, landwaarts van kuil 5 een vlak waar alleen geklepeld is. Dit is weer dichtgegroeid. De kuil aan de oostkant van kuil 4 stuift vooral vol. De overstuivingszones overlappen, met name die van kuil 4 en 5, maar er is ook enige interactie tussen kuil 5 en 6.

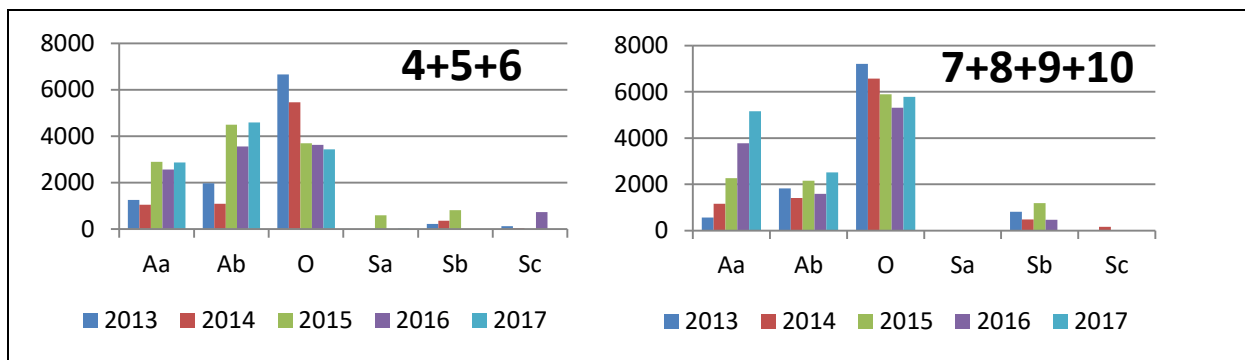
De erosie in kuil 4 is in 2016 sterk toegenomen en is in 2017 van hetzelfde niveau. Bijna de hele helling aan de zeereepkant is sterk erosief met 3m erosie in één jaar. De erosie loopt door tot een hoogte van 8m NAP, hier is dus duidelijk sprake van een kerfontwikkeling. Ook de erosie in kuil 5 is

toegenomen, maar minder sterk dan in kuil 4, maar toch nog met meer dan 2m in 2016 en 2017. Kuil 6 is minder dynamisch, met matige erosie van enkele tientallen cm's per jaar. Profiel A17 zou verder doorgemeten moeten worden om de depositiezone goed in kaart te brengen.

Aangrenzend aan de landwaartse zijde van de kuilen liggen enkele referentiekuiten, behorende tot complex R1.



Figuur 3.9. Kuil 4, 5 en 6 in 2017. Bron luchtfoto: PDOK.



Figuur 3.10. Staafdiagram met oppervlaktes van gegeneraliseerde dynamiek voor de ingreep. Alle oppervlaktes in m².

### Referentie 1 (R4+5+6)

De mate van dynamiek is in deze referentiekuiten een stuk lager dan in de stuifkuilen ten westen en vrij constant. De kuilen hebben ook een veel kleiner formaat.

### Kuil 7, 8, 9 en 10

Kuilen 7, 8 en 9 zijn gegraven, kuil 10 alleen geplagd (struweel). Achter kuilen 7 t/m 9 is ook een strook struweel afgeplagd. Dit fungeert nu als transportoppervlak en is nog steeds kaal. Deze kuilen vormen een cluster, waarbij de overstuivingszone van kuil 7 los ligt van die van 8, 9 en 10. Kuilen 8



en 9 ondergaan de grootste dynamiek, met de sterkste erosie en de duidelijkste overstuivingszones, waarbij kuil 8 inmiddels doorloopt tot in de zeereep. Tussen de depositiezone en erosie zone ligt een kaal oppervlak dat vooral als transportoppervlak fungeert. De grenzen hiervan komen grofweg overeen met de vlakken waar struweel is afgeplagd. In alle kuilen is met paard en ploeg nabeheerd. Er is waarschijnlijk enige beïnvloeding met overstuiving vanuit de zeereep. De bovenkant van de zeereephelling ondergaat enige winderosie. De dynamiek in kuil 10, die het hoogst op de zeereep ligt, is verreweg het kleinst. De kuil is bezaaid met wortels. Ondanks de geringe dynamiek lijkt er toch wat te gebeuren, omdat bij veldbezoek aan het oppervlak windribbels zijn waargenomen. Er vindt enige overstuiving vanuit kuil 9 naar de noordkant van kuil 10 plaats. Bij het veldbezoek in 2018 lag er aan de westkant van de kuil een randje met verse depositie als gevolg van een periode met sterke oostenwind. Dit geeft ook aan dat er toch van enige dynamiek in de kuil sprake is.

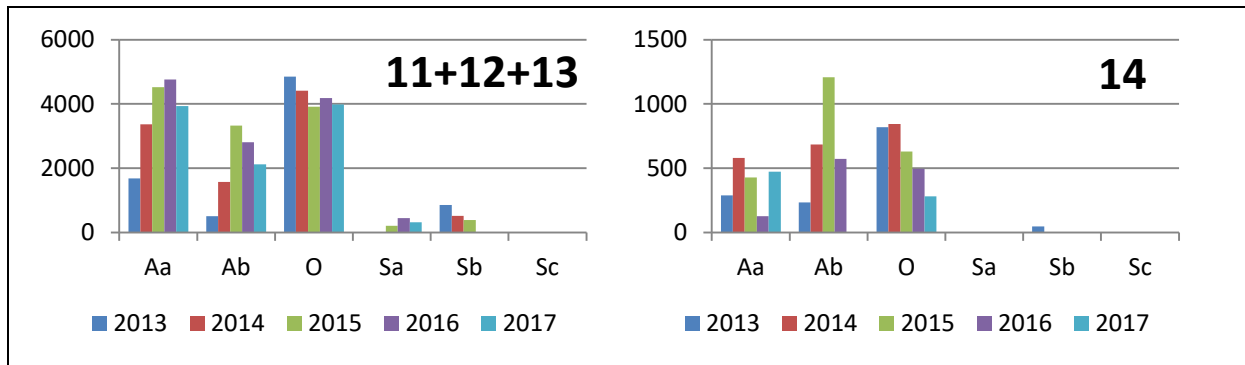
Kuil 7 erodeert ruim 1m per jaar in 2016 en 2017. In kuilen 8 en 9 is de erosie veel sterker, meer dan 3m in 2017. De depositie is ook fors, met lokaal een hoogtetoename van 2.7m achter kuil 8 en 3.5m achter kuil 9. De depositiezone is circa 30m breed, de strooizone zal zich nog veel verder uitstrekken, volgens de dynamiekkartering tot meer dan 60m. In 2017 is het oppervlak met sterke overstuiving fors toegenomen. In kuil 10 zijn de verschillen alleen zichtbaar in het totaal verschil, dus tussen eerste en laatste meting, circa 0.3m.



*Figuur 3.11. Kuilen 7 t/m 10 in 2017. Bron luchtfoto: PDOK.*

#### **Referentie 2 (R7+8+9+10)**

De mate van activiteit, omvang van erosie en overstuivingszones zijn vrij constant. De dynamiek is matig, groter dan die van kuil 10, maar veel kleiner dan die van kuil 7.



**Figuur 3.12. Staafdiagram met oppervlaktes van gegeneraliseerde dynamiek voor de ingreep. Alle oppervlaktes in m<sup>2</sup>.**

**Kuil 11, 12 en 13**

Kuilen 11, 12 en 13 zijn gegraven. Hun formaat is groot in vergelijking tot de andere kuilen. In deze kuilen kwam de dynamiek direct goed op gang, en is alleen nabehoor uitgevoerd met vrijwilligers, wat bestond uit het trekken van Helm en rapen van uitgestoven wortels. Over de zeereepelling is sprake van forse aanstuiving, hier treedt geen winderosie op. Deze kuilen zijn vanaf het begin sterk dynamisch. De erosie in 2015-2016 is fors, 1.3 tot 2.9m, maar is in 2017 afgenomen, 0.5 tot 1.5m. De depositiezone met forse depositie strekt zich uit tot 65m vanaf de rand van de ingreep. Er zijn verschillende depositiezones herkenbaar die achter elkaar liggen, de zone direct aangrenzend aan kuilen 11 en 12 is opvallend onregelmatig, met enorme helmbulten. In kuil 13 bevindt zich een zone met veel uitgestoven wortels. Aan de landwaartse zijde stuift een bunker bloot. De depositiezones van de kuilen overlappen. De totale depositie bedraagt maximaal 2.4m, jaarlijks varieert dit tussen 0.5 en 1m.



**Figuur 3.13. Kuilen 11 t/m 10 in 2017. Bron luchtfoto: PDOK.**

Dichtbij het uitzichtspunt is in de loop van 2014 een spontane stuifkuil ontstaan die inmiddels ruim 10m lang is.

### Referentie 3 (R11+12+13)

De activiteit van deze referentiekuiten is hoger dan die van R2 en R1. De kuiten zijn veel kleiner en onregelmatiger dan de gegraven kuiten. Enkele kuiten tonen duidelijke erosie en depositie, maar op iets kleinere schaal dan de aangrenzende gegraven stuifkuiten. Zowel de mate van, als de omtrek is geringer dan die van kuil 11 t/m 13.

### Kuil 14 (profielen A36 & A37)

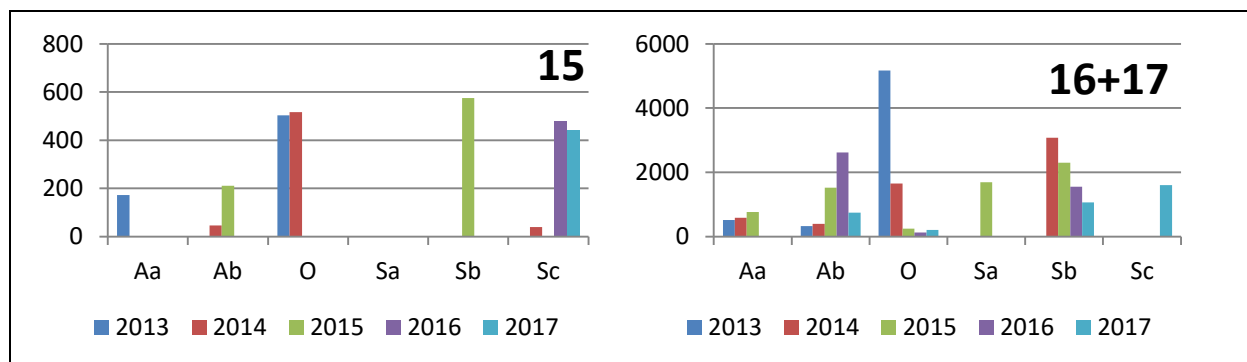
Kuil 14 is gegraven, maar was dermate snel gestabiliseerd dat hier opnieuw het oppervlak is afgegraven, net als in kuiten 15 t/m 17. De dynamiek is nu goed op gang gekomen, met een redelijk forse erosie in het centrale deel en smalle depositiezones, zowel aan de oostkant als aan de westkant. De erosie is gelijkmatig in de tijd, met een hoogteverandering van circa 1m per jaar en een opvallend vlak, hellende bodem. Depositie bedraagt over de gehele periode maximaal 1.2m en strekt zich over een zone van 30m uit.



Figuur 3.14. Kuil 14 in 2017. Bron luchtfoto: PDOK.

### Kuil 15, 16 en 17

In deze kuiten is bij de eerste ingreep alleen geplagd. Ook deze kuiten waren echter zo snel gestabiliseerd dat ze opnieuw zijn uitgegraven. Deze tweede ingreep heeft echter ook nauwelijks effect gehad. Het vermoeden bestaat dat de bodem hier nutriëntrijker is dan elders, waardoor de vegetatieontwikkeling sneller gaat. Ook staan hier abnormaal grote hoeveelheden aan Hoefblad op de zeereep, een verstoringsindicator die normaal gesproken niet het zeereepmilieu thuis hoort. Kuil 15 is geheel gestabiliseerd, kuiten 16 en 17 hebben nog wel enige erosie ondergaan. Binnen de contouren van de ingreep bevinden zich in kuil 16 nu twee kleine erosieve kernen van 5-10m, in het midden en aan de noordkant. Ook in kuil 17 bevindt zich een erosieve kern, aan de uiterste noordkant.



Figuur 3.15. Staafdiagram met oppervlaktes van gegeneraliseerde dynamiek voor de ingreep. Alle oppervlaktes in m<sup>2</sup>.

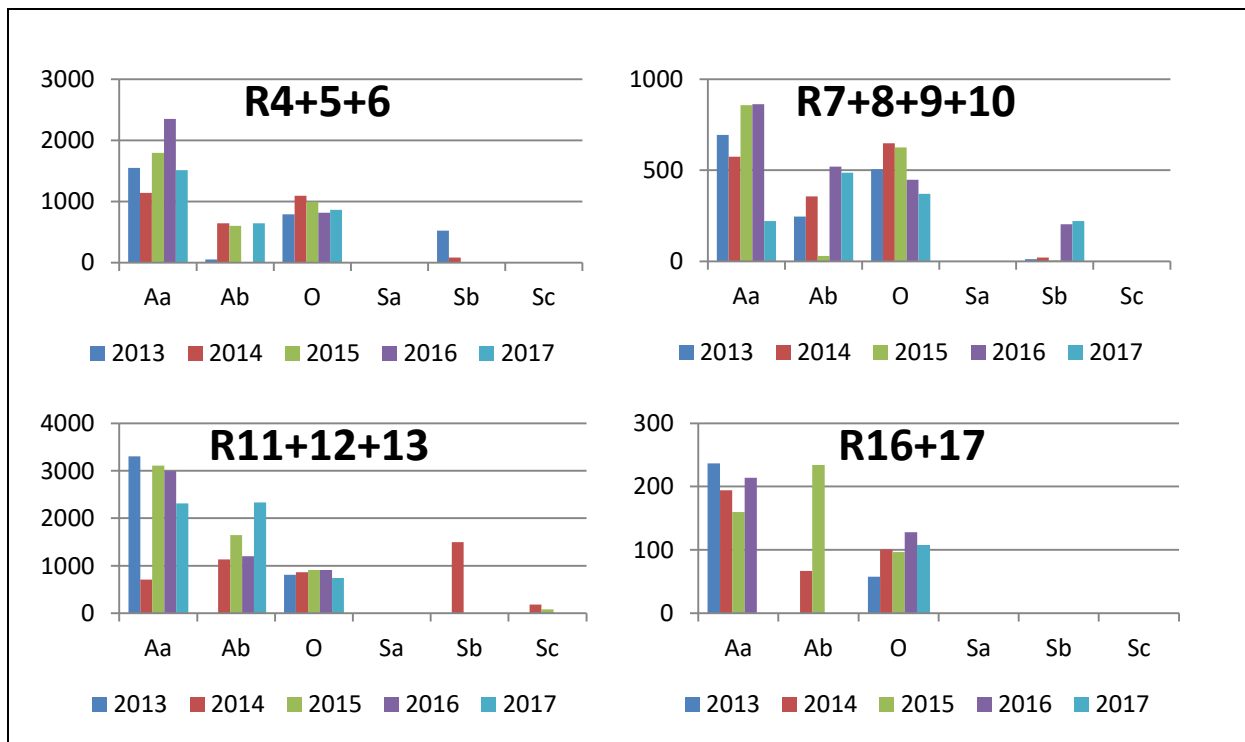




Figuur 3.16. Kuilen 15 t/m 17 in 2017. Bron luchtfoto: PDOK.

#### Referentie 4 (R16=17)

Deze referentiekuiten zijn het meest actief van alle referentiekuiten en veel dynamischer dan kuil 15 t/m 17, vergelijkbaar met kuil 14. Voor wat betreft de mate van dynamiek in de referentiekuiten is er een duidelijke gradiënt met toenemende dynamiek van noord naar zuid. In de behandelde kuiten is deze gradiënt niet zo terug te vinden, in 2017 is dit eerder andersom.



Figuur 3.17. Staafdiagram met oppervlaktes van gegeneraliseerde dynamiek voor de referenties.

### 3.7 Kartering bedekking

Tijdens het veldbezoek in september 2013 bleek dat een groot deel van de kaal gemaakte oppervlakken alweer bedekt was, veelal met Dauwbraam, maar ook hier en daar met Helm en met uitlopende Duindoorn. Tijdens dit veldbezoek is een inventarisatie gemaakt van de toestand per kuil, en is per kuil een kartering gemaakt van de aanwezige bedekking door vegetatie en/of (dode en levende) wortels. Van het veldbezoek is een verslag gemaakt (zie Arens & Neijmeijer, 2013). De bedekkingskaart is opgenomen in Bijlage E. In de zomer van 2014 is bij de meeste kuilen opnieuw ingegrepen. De minst actieve kuilen 14 t/m 17 zijn op 30 september 2014 opnieuw uitgegraven. Het uitgegraven zand is aan de zeezijde in een groot depot terecht gekomen. Bij kuilen 1 t/m 10 is in juli met behulp van paarden geploegd, en met vrijwilligers wortels en helm getrokken op andere tijdstippen. Bij de meest actieve kuilen 11 t/m 13 is niets gedaan.

Na de nieuwe ingrepen is in oktober 2014 opnieuw een kartering van de bedekking gemaakt (Bijlage E.2). De meest actieve kuilen 11 t/m 13 zijn, met uitzondering van wat Helm en in de meest zuidelijke kuil wat dauwbraam, nog steeds open. De opnieuw uitgegraven kuilen 14 t/m 17 zijn op het moment van de kartering pas opengemaakt, dus hier is op wat losse Helm na niks te vinden. In alle andere kuilen worden veel uitgestoven wortels gevonden, met name in de meest zeewaarts helft van de kuil. Verder naar achter groeien de kuilen verder dicht met helm en dauwbraam.

Ruim een jaar na de ingrepen is in oktober 2015 wederom een kartering van de bedekking gemaakt (Bijlage E.3). Tussen najaar 2014 en najaar 2015, na de laatste ingreep, is in veel kuilen de activiteit verder toegenomen. Dit heeft geleid tot grotere kale vlakken bij forse uitstuiving. Op de meeste plekken neemt de dichtheid met uitgestoven wortels af, terwijl op andere plekken de wortels juist zijn blootgelegd door uitstuiving. Langs de randen staat soms Helm in de kuil. De meest Dauwbraam is verdwenen. Kuil 2 toont nog steeds zeer weinig activiteit en is vrijwel geheel bedekt met dauwbraam. De 4 meest zuidelijke kuilen (14 t/m 17) zijn in 2014 opnieuw afgegraven, maarna een jaar, alweer grotendeels begroeid.

In 2016 werd geconstateerd dat geen aanvullende nabeheer noodzakelijk was. Daarom zijn geen verdere veldkarteringen van de bedekking uitgevoerd. Er zijn verschillende vlakken met een forse bedekking door uitgestoven wortels aanwezig, vaak aan de oostrand van de kuilen, maar het blijkt dat dit geen enkel beperkend effect op de verstuiving heeft.

## 4 BEHANDELING MONITORINGS- EN EVALUATIEVRAGEN

In dit laatste rapport wordt de effectiviteit van de ingrepen geëvalueerd. In Tabel 4.1 is een aantal zaken op een rijtje gezet, waarmee een enigszins kwantitatieve beoordeling mogelijk is. Op grond van de ontwikkeling over de gehele periode, van 2013-2018 zijn onderstaande vragen zo veel mogelijk beantwoord.

***M1: is er als gevolg van de ingreep sprake van een verbetering van de landschappelijke diversiteit, de geomorfologische vormen en processen in de zeereep en direct achterliggende duinen?***

***M1.1: Hoe ontwikkelt de variatie in reliëf?***

Op de verschilkaart is een duidelijk patroon van erosie en depositie te zien. De erosie in de stuifkuilen is flink toegenomen en op sommige plekken heeft extreme verdieping plaatsgevonden. Enkele kuilen groeien tegen de wind in, richting strand. Achter de meeste kuilen ontstaan reliëfveranderingen door depositie. De hoogtekaart van 2017 is duidelijk anders dan die van 2013, toont het reliëf van stuifkuilen en overstuivingszones en kent daarmee meer variatie. Vanuit de verte zijn op de zeereep nu verschillende witte koppen zichtbaar. Vanuit dit oogpunt kunnen de ingrepen als geslaagd worden beschouwd. Alleen bij kuilen 15 t/m 17 is het reliëf nauwelijks veranderd.



***Figuur 4.1. Kuil 9, 5 december 2017.***

***M1.2: Hoe ontwikkelt de kwantiteit erosie en sedimentatie?***

Op de verschilkaart 2013-2014 zijn de meeste verschillen het gevolg van de ingrepen. Op de verschilkaarten van 2014-2015, 2015-2016 en 2016-2017 zijn de meeste verschillen het gevolg van natuurlijke processen, hoewel wel gestimuleerd door nabehoor. Verschillen door overstuiving zijn in 2014-2015 aanmerkelijk groter dan in 2013-2014, in 2015-2016 over het algemeen nog groter en in 2016-2017 voor een aantal kuilen zelfs nog groter. Er is dus sprake van een toename van intensiteit van processen. In een aantal kuilen is er een aanzienlijke versnelling in de erosieesignaleerd.

Tabel 4.1. Mogelijk relevante parameters voor evaluatie effectiviteit ingreep per stuifkuil.

kuil	dynam.	hoogte 1 (m)	hoogte 2 (m)	max erosie (m)	max depositie (m)	afstand duinvoet (m)	initiële ingreep diepte (cm)		breedte ingreep (m)	combi afplag erachter	schotel kerf	top helling	voor/ na top	afslag	wind erosie klif	zr depo.
1	4	15	20	3.8	1	32	30	helm	25	0	k	h	0	veel	weinig	matig
2	1	20	20	0.2	0.1	51	30	helm	19	0	s	t	1	veel	weinig	matig
3	4	15	20	3.3	2.1	31	100		25	0	k	h	0	veel	matig	veel
4	4	10	19	5.8	2.2	33	100		31	1	k	h	0	veel	matig	veel
5	4	10	19	4.2	1.3	41	100		34	1	s/k	h	0	veel	matig	veel
6	3	18	19	1.2	1.1	47	100		26	1	s	t	1	veel	weinig	veel
7	3	17	19	2.5	2.3	42	100		27	1	s	h	0	weinig	weinig	veel
8	4	12	19	5.8	2.7	35	100		26	1	k	h	0	weinig	weinig	veel
9	4	15	21	5.3	3.5	40	100		30	1	s/k	h	0	weinig	weinig	veel
10	2	21	19	0.3	0.2	65	30	struweel	25	0	s	h	2	weinig	nee	veel
11	4	15	20	5.0	2.1	46	100		50	0	s	h	0	weinig	nee	veel
12	4	14	20	4.6	2.4	42	100		37	0	s	h	0	weinig	nee	veel
13	4	20	18	2.4	1.9	61	100		44	1	s	h	0	weinig	nee	veel
14	3	15	20	2.4	1.2	52	100		31	0	s	h	0	weinig	nee	matig
15	0	15	20	0.3	0.1	35	30	helm	23	0	s	h	0	weinig	nee	matig
16	2	17	20	0.9	0.4	56	30	helm	47	1	s	h	0	weinig	nee	veel
17	2	18	20	0.9	0.5	47	30	helm	40	0	s	h	0	weinig	nee	veel

Dynamiek: 0=geen, 4=extreem

Hoogte 1: hoogte profiel aan zeevaartse zijde stuifkuil; Hoogte 2: hoogte profiel aan landwaartse zijde van de stuifkuil

Max erosie: maximale erosie gemeten over totale periode; Max depositie: maximale depositie gemeten over totale periode

Initiële ingreep diepte: dikte afgeplagde of afgegraven laag, met in geval van afplaggen oorspronkelijke vegetatie

Breedte dwars: breedte van de stuifkuil dwars op de zeereep

Combi afplag erachter: 0= geen afplagvlak achter de ingreep, 1=wel afplagvlak achter de ingreep

Schotel/kerf: s=schotelvormige stuifkuil, k=kerfvormige stuifkuil, loopt door in zeevaartse helling zeereep

Top/helling: t= stuifkuil ligt op de top, h= stuifkuil ligt in de helling

Voor/na top: 0= stuifkuil ligt voor de top, 1= stuifkuil ligt in de top, 2= stuifkuil ligt achter de top

Afslag: aangegeven is of afslag is opgetreden die de ontwikkeling van de kuil beïnvloed heeft

Winderosie klif: aangegeven is of winderosie in het voormalige afslagklif voorkomt

Depositie zeereep: aangegeven is of depositie van zand vanaf het strand over de zeereep ook tot in de stuifkuil doorloopt; gebaseerd op luchtfoto april 2016

*M1.3: Hoe ontwikkelt het oppervlak en aantal winderosievormen?*

De omtrek van de kuilen verandert niet heel veel, maar het oppervlak dat daadwerkelijk als erosieve stuifkuil wordt gekarteerd en niet meer als kaal oppervlak is flink toegenomen, van 0.08ha direct na aanleg, tot 0.57ha in 2015, 0.78ha in 2018 en 0.95ha in 2017. De kuilen veranderen vooral sterk in de diepte. Aan de oostzijde van de stuifkuilen zijn duidelijk depositiezones te zien, in maart 2018 ook aan de westzijde van enkele kuilen na een periode met stevige oostenwind. In alle kuilen met uitzondering van 2 en 15 is sprake van duidelijke stuifkuil ontwikkeling. Kuilen 2 en 15 zijn vrijwel dichtgegroeid. Kuilen 1, 3, 4, 5 en 8 liggen het dichtst tegen de afslagzone aan, hebben verbinding met het afslagklif en hebben het meest baat bij de opgetreden afslag. Kuilen 1, 3, 4 en 8 ontwikkelen zich tot kerf, kuilen 5 en 9 potentieel ook.

*M1.4: Hoe ontwikkelt het oppervlak en aantal overstuivingsvormen en oppervlak overstuivingszones?*

Het oppervlak met sterke overstuiving is toegenomen van 1.1ha in 2014 tot 1.96 ha in 2017. Aangezien de kartering van 2017 gebaseerd is op een zomerbeeld is dit een onderschatting. Uit de veldkartering komt een oppervlak van 2.77 ha in 2017, 2.61 ha in maart 2018. Het totaal overstoven oppervlak neemt toe van 2.1ha in 2014 tot 3.56 ha in 2017. Veel van de overstuiving heeft zich uitgebreid in noordoostelijke richting, maar na een periode met oostenwind in voorjaar 2018 ook bij sommige kuilen naar het westen.



*Figuur 4.2. Aan de lijzijde van kuil 8, 30 maart 2018.*

*M1.5: Hoe ontwikkelt de afstand overstuiving ten opzichte van de zeereep, mate van doorstuiving?*

De mate van doorstuiving kan met de huidige vorm van monitoring niet worden bepaald. Dit zou gemeten moeten worden met behulp van zandvangsters. Aan de depositievormen achter de stuifkuilen is af te leiden dat er hoogstwaarschijnlijk wel sprake zal zijn van enige doorstuiving verder landwaarts. De strooizones strekken zich ver uit, waarschijnlijk zijn deze ook in de veldkartering nog onderschat. Een deel van de strooizones ligt in volstrekt ontoegankelijke, dichte duindoorn.

*M1.6: hoe ontwikkelt de verhouding kaal zand en begroeiing?*

In kuilen 2, 15, 16 en 17 is de begroeiing sterk toegenomen, 2 en 15 zijn zelfs vrijwel dichtgegroeid. In de andere kuilen blijft het kale oppervlak min of meer gelijk. Opvallend is

ook dat de plagvlakken achter enkele kuilen grotendeels kaal blijven en als doorvoerzone fungeren. Dit geldt voor kuilen 4, 5, 7, 8, 9 en 13 en in mindere mate voor 6. Achter kuilen 1, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 12, 13 zijn door sterke overstuiving ook kale (volledig onder zand bedekte) oppervlakken ontstaan.

Vraag M1 kan positief beantwoord worden. Door de huidige erosie en depositie is er sprake van een toename, en daarmee verbetering van de landschappelijke diversiteit. De geomorfologische processen zijn grotendeels op gang gekomen, en daarmee ontstaan nieuwe vormen die de diversiteit van het landschap verhogen, zowel qua reliëf als qua processen. Dit geldt alleen niet voor kuilen 2 en 15 t/m 17, hier is het reliëf door natuurlijke processen na de ingreep weinig veranderd (afgezien van enige verhoging door instuiving vanaf strand/zeereep) en zijn de processen van stuifkuilvorming niet (2 en 15) of nauwelijks op gang gekomen (16 en 17).

**M2: leerdoelen:**

**M2.1: wat is per ingreep het effect op de verstuing (erosie, depositie)?**

- Alleen afplaggen van Helm heeft een zeer onzekere uitkomst. Van de geplagde kuilen 1,2, 15 t/m 17 is alleen kuil 1 actief geworden, overigens mede dankzij nabeheer.
- Alleen afplaggen van Duindoorn heeft ook een onzekere uitkomst. Dit is alleen toegepast in kuil 10, die weinig dynamisch is, maar ondanks de geringe dynamiek niet stabiliseert. Waarschijnlijk spelen hier ook andere factoren een rol, want kuil 10 ligt op de zeereep, en de kuilen op de zeereep (2, 6 en 10) zijn allen minder of niet dynamisch. Bovendien wordt kuil 10 geheel omringd door duindoornstruweel en ligt daarmee waarschijnlijk luwer dan de andere kuilen.
- Direct graven van een stuifkuil tot circa 1m diep heeft een iets zekere uitkomst, maar biedt nog steeds geen garantie voor succes. Kuilen 11 t/m 13 zijn direct na de ingreep sterk actief geworden, hier is alleen op kleine schaal met vrijwilligers nabeheer gepleegd. Voor de overige kuilen die gegraven zijn, kuilen 3 t/m 9 en 14 was nabeheer nodig om de activiteit te stimuleren. Overigens is de ontwikkeling in deze kuilen daarna enorm versneld, en zijn ze nu dynamischer dan kuilen 11 t/m 13.
- Zonder nabeheer waren alleen kuilen 11 t/m 13 actief geworden. Nabeheer is daarmee cruciaal.

**M2.2: zijn er verschillen tussen ingrepen en zijn deze te verklaren?**

- De ingrepen waar alleen Helm is afgeplagd tonen met uitzondering van kuil 1 een lage dynamiek, terwijl de combinatie van afplaggen en het aanzetten van een stuifkuil een veel grotere dynamiek oplevert. Dit hangt hoogstwaarschijnlijk samen met de afgraafdiepte. Afplaggen is een oppervlakkige ingreep waar wortels snel weer kunnen uitgroeien tot nieuwe planten. Bij het graven van een stuifkuil zijn meer van de wortels verwijderd, waardoor dynamiek een betere kans krijgt. Kuilen 2 en 10 tonen nauwelijks dynamiek. Kuilen 15 t/m 17 zijn vrijwel gestabiliseerd door vegetatie.
- Een aantal kuilen ontwikkelt tot schotel (2, 5, 6, 7, 9 t/m 17), een aantal tot kerf (1, 3, 4, 8). Waarschijnlijk speelt afstand tot het strand/positie op de zeewaartse helling en de mate van afslag hierbij een rol. Vanzelfsprekend ontwikkelen kuilen die op of achter de top van de zeereep liggen niet op korte termijn tot kerf. Bij de kuilen die zich tot kerf ontwikkelen is de erosiesnelheid over het algemeen hoger. Kuilen die in de top liggen (2, 6, 10) zijn minder dynamisch dan kuilen op de zeewaartse helling.

**M2.3: waar is nabeheer nodig en waar niet en is dit te verklaren?**

- Kuilen 2 en 15 t/m 17 zijn alweer vrijwel dichtgegroeid. Het is de vraag of het zinvol is hier opnieuw in te grijpen. Blijkbaar is de lokale situatie hier zodanig dat vegetatie extreem makkelijk het oppervlak bedekt. Er is in kuilen 15 t/m 17 geen nabeheer meer gepleegd.



- In de overige kuilen bestond het nabeheer in 2015 uit het handmatig verwijderen van vegetatie (trekken van Helm, schoffelen van Dauwbraam) en ruimen (trekken en rapen) van wortels. Vanaf 2016 is geen nabeheer uitgevoerd, omdat dit niet nodig was.
- In kuilen 11 t/m 13 was geen nabeheer nodig. Het is niet duidelijk waarom deze kuilen gelijk actief werden en de anderen niet. Het is wel opvallen dat dit een bij elkaar liggend cluster is, dus hoogstwaarschijnlijk spelen onbekende factoren hier een rol. Het lijkt onwaarschijnlijk dat dit door toeval komt, net als de afwijkende ontwikkeling bij kuilen 15 t/m 17.



*Figuur 4.3. Kuil 1, 30 maart 2018.*

*M2.4: welke ingreep is het meest succesvol?*

- De combinatie van afplaggen en het aanzetten tot een stuifkuil lijkt het meest succesvol, op een locatie waar ook afslag nog enig effect heeft. Van alle kuilen zijn 11, 12 en 13 succesvol zonder substantieel nabeheer. Kuilen 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8 en 9 zijn succesvol met nabeheer, waarbij de dynamiek in kuil 6 lager is dan in de andere kuilen. Kuilen 2 en 10 doen weinig. Beide kuilen zijn, net als overigens kuil 6, hoog op de zeereep gelegen. Kuilen 2 en 10 zijn bovendien niet gegraven maar afgeplagd. Kuilen 14 t/m 17 zijn opnieuw afgegraven (na aanvankelijk alleen afgeplagd te zijn) maar lijken met uitzondering van kuil 14 opnieuw snel te stabiliseren. Kuil 15 is vrijwel gestabiliseerd, kuilen 16 en 17 hebben binnen de contouren van de ingreep nog kleinere, enigszins actieve kernen. De kuilen die gegraven zijn vóór de top met een kans op kerfontwikkeling na afslag zijn het meest succesvol. Kuilen die lager in de zeereep worden aangelegd hebben een grotere kans om bij afslag aangesneden te raken, wat de kans op versterkte dynamiek weer vergroot. Daarnaast speelt schaal mogelijk ook een rol. Kuilen 11 t/m 13 waren vanaf het begin actief en zijn relatief groot. Alleen kuilen 16 en 17 zijn van eenzelfde formaat, maar niet succesvol.
- Uiteindelijk is waarschijnlijk ligging op de zeewaartse helling het belangrijkste criterium. Lager gelegen kuilen ontwikkelen zich eerder tot kerf, maar ook de hoger gelegen kuilen zijn uiteindelijk succesvol.
- De grootste garantie op succes is de ingreep te laten volgen door nabeheer. Dit biedt gelijk mogelijkheden voor een flexibelere aanpak. Wanneer bij ingrepen het vrijkomende zand

een probleem is, omdat er geen afzet voor is, kan ingezet worden op een zo beperkt mogelijke ingreep, gevolgd door intensief nabeheer. Wanneer juist wel een afzetmarkt voor het zand beschikbaar is, kan ingezet worden op een zo groot mogelijke ingreep, en is het waarschijnlijk dat minder intensief nabeheer nodig is.

***Evaluatievragen geomorfologie:***

***E1.1: Is de landschappelijke variatie toegenomen?***

De landschappelijke variatie is toegenomen door afwisseling in sterk en minder sterk overstoven oppervlakken rondom de kuilen en doordat de kuilen zelf het eenvormige reliëf doorbreken. Door uitstuiving beginnen vlakken zich meer tot een ketelvorm te ontwikkelen. De mate van erosie is soms zo sterk dat geprononceerde stuifketels ontstaan. Vanuit de verte zijn inmiddels duidelijk witte toppen herkenbaar. Ook vanaf het strand zijn verschillende kuilen nu zichtbaar en bieden een doorkijkje.

***E1.2: Is de variatie in reliëf toegenomen?***

De variatie in reliëf is door aanleg van de stuifkuilen toegenomen. Door uitstuiven ontstaan ketelvormen, door overstuiving ontstaan ook topjes, waardoor het reliëf op de zeereep meer variatie vertoont, zie ook de vorige punt.



***Figuur 4.4. Stuifkuilen 4 en 5 gezien vanaf het strand, 30 maart 2018.***

***E1.3: Is de dynamiek in de zeereep toegenomen?***

De dynamiek in de zeereep is toegenomen doordat er afslag is opgetreden. In 2015 is er een sterkere toename dan in 2014. In 2016 is er geen afslag geweest maar is er juist sprake van sterke aanstuiving. Langs het gehele traject heeft dit geleid tot een sterke depositie tegen onderkant van de helling, maar ook daarboven en soms op de top. Bij een aantal kuilen is zand waarschijnlijk vanaf het strand naar binnen gestoven. De kuilen zorgen daarmee voor een doorvoermogelijkheid van zand vanaf het strand naar de achterliggende duinen. De dynamiek van de stuifkuilen is sterk toegenomen, waarmee de algemene zeereepdynamiek ook is vergroot.



*E1.4: Zijn processen zodanig geactiveerd dat ook in de komende jaren de landschappelijke diversiteit zal toenemen?*

De ontwikkeling van overstuiving is zodanig op gang gekomen na het nabeheer van 2014 (en in kuilen 11 t/m 13 na de eerste ingreep) en geconsolideerd, dat de verwachting is dat dit in ieder geval de komende jaren doorzet. De mate van doorstuiving verder landwaarts is onbekend, maar effecten van de overstuiving op de omgeving zullen ook nog jaren aanhouden. Overigens is in maart 2018 bij de veldkartering een redelijk forse overstuiving van de zeereep zelf waargenomen, wat verklaart waarom er op veel plaatsen Duinsterretje groeit<sup>1</sup>. Rondom de stuifkuilen zal het effect van overstuiving verder landwaarts merkbaar zijn. Analyse van de vegetatie (Kruijzen et al., 2018) zal moeten uitwijzen of er inderdaad ecologische effecten zijn.

*E1.5: Is het aantal actieve stuifkuilen toegenomen?*

Het aantal actieve stuifkuilen in de zeereep is toegenomen door de ingrepen. De nieuwe kuilen zijn actiever dan de al bestaande kuilen, die overigens vrijwel allemaal aan de landwaartse zijde van de zeereep liggen. De nieuwe kuilen zijn ook allemaal aanmerkelijk groter dan de bestaande kuilen. Ze hebben het formaat van de enige spontane stuifkuil aan de voorzijde van de zeereep in Rijnland bij RSP95.9 (zie Arens & Neijmeijer, 2015).

*E1.6: Is er sprake van een duurzame ontwikkeling?*

Op het moment van schrijven van dit rapport, voorjaar 2018, is er in ieder geval voorlopig geen aanvullend nabeheer nodig. De activiteit van de meeste kuilen is dermate groot dat niet verwacht wordt dat deze op korte termijn zullen stabiliseren. De hierboven genoemde stuifkuil bij RSP95.9 is vanuit het niets gevormd waarbij omtrek en diepte van de kuil in de eerste jaren snel toenamen, daarna langzaam, waarbij de laatste twee jaar van de metingen de kuil niet meer dieper werd maar de omvang nog wel iets toenam. Ondanks dat de veranderingen de laatste jaren klein waren, bleek er toch een aanzienlijke hoeveelheid zand uit de kuil te stuiven. De kuilen bij Noordvoort zijn begonnen met een groot oppervlak en een geringe diepte. De verhouding omtrek en diepte is waarschijnlijk nog niet in evenwicht. De maximale erosie in kuil 4 en 8 bedraagt 5.8m. In vergelijking tot de stuifkuil bij RSP95.9, waar de totale erosie tussen 1994 en 2015 ruim 8m bedroeg, zou dit betekenen dat, bij gelijke omtrek, de uiteindelijke diepte van de kuilen bij Noordvoort nog aanzienlijk kan toenemen.

*E1.7: Is het oppervlak met matige tot sterke overstuiving toegenomen?*

De veranderingen in overstuiving lopen in de gemaakte kuilen niet helemaal parallel met de referentiekuiten. De referentiekuiten tonen in 2017 een forse afname van het sterk overstoven oppervlak en een toename van het zwak tot matig overstoven oppervlak, terwijl de gemaakte kuilen een lichte toename van het sterk overstoven oppervlak laten zien, en een geringe afname van het zwak tot matig overstoven oppervlak.

*E1.8: Is de mate van doorstuiving vanaf de zeereep landinwaarts toegenomen?*

De mate van doorstuiving kan met de huidige vorm van monitoring niet worden bepaald. Dit zou gemeten moeten worden met behulp van zandvangsters. Gezien de overstuiving van de zeereep die tot enige depositie in een aantal kuilen heeft geleid, lijkt het echter wel waarschijnlijk dat er meer zand over de zeereep is geblazen en dat doorvoer door stuifkuilen hierbij een rol speelt. Er is tot op heden geen overlast van stuifzand op het achterliggende fietspad geconstateerd en in de komende jaren wordt dit ook niet verwacht. De strooizones aan de landwaartse zijde van de kuilen strekken zich ver uit, waarschijnlijk

---

<sup>1</sup> Opmerking van Mark van Til: Duinsterretje groeit al enige jaren bovenop de zeereep, maar lijkt in de monitoringsperiode te zijn toegenomen. Dat zal deels te maken hebben met overstuiving, maar deels ook met een ontwikkeling die in gang is gezet t.g.v. toename van konijnen, waardoor de helmruigte bovenop de zeereep op grote stukken is veranderd in een open, mosrijke kortgrazige duingraslandbegroeiing. Dat geldt ook voor het gedeelte onder Zandvoort.

zijn deze ook in de veldkartering nog onderschat. Een deel van de strooizones ligt in volstrekt ontoegankelijke, dichte duindoorn.

*E1.9: Is de doorvoer van zand vanaf het strand naar de boven- en achterkant van de zeereep toegenomen?*

In een aantal gevallen is er via een klif een verbinding ontstaan tussen strand en kuilen (kuilen 4, 5 en 8). Hierdoor zal de doorvoer van strandzand naar de zeereep zeker zijn toegenomen. De overstuiving van de zeereep is een zeer onregelmatig proces en het ene jaar sterker dan het andere. In 2017 werd bij de veldkartering een geringe overstuiving van de zeereep geconstateerd, in 2018 leek echter vrijwel de gehele zeereep overstoven. Dat de overstuiving van de zeereep groter is dan in eerste instantie blijkt (zeker op basis van zomerfoto's) blijkt ook uit het voorkomen van Duinsterretje (zie Kruijzen et al., 2018).

#### **Evaluatievragen randvoorwaarden voor ecologie:**

*E2.1: Zijn de randvoorwaarden voor de ontwikkeling van Witte duinen verbeterd?*

Gezien de toegenomen overstuiving op de zeereep, het voorkomen van grote vlakken met kaal zand, omringd door vitale Helm, is de conclusie dat de randvoorwaarden voor Witte duinen zijn verbeterd.

*E2.2: Zijn de randvoorwaarden voor de ontwikkeling van Grijze duinen verbeterd?*

Gezien de toegenomen overstuiving op de zeereep is de conclusie dat de randvoorwaarden voor Grijze duinen zijn verbeterd. Volgens Kruijzen et al. (2018) is dit echter nog niet duidelijk in de flora terug te vinden.

#### **Evaluatievragen succes ingreep:**

*E3.1: Is de ingreep succesvol geweest?*

Op dit moment is in een groot deel van de kuilen sprake van een dynamische ontwikkeling met processen die voorheen in het gebied werden onderdrukt. In twee kuilen is er geen dynamische ontwikkeling (2 en 15), in drie kuilen is er een zeer geringe dynamische ontwikkeling (10, 16 en 17), in drie kuilen is er een matige dynamische ontwikkeling (6, 7 en 14) en in de rest (kuilen 1, 3, 4, 5, 8, 9, 11, 12, 13) is sprake van een sterk tot zeer sterk dynamische ontwikkeling. Dat betekent dat in 12 van de 17 kuilen (70%) de dynamiek matig tot sterk op gang is gekomen. Daarmee is zowel de dynamiek als de landschappelijke diversiteit binnen het gebied toegenomen, wat één van de doelstellingen van het project is. De dynamiek in de meeste kuilen is zodanig groot dat gesproken kan worden van een succesvolle ingreep voor een termijn van 5-10 jaar. Of dit ook voor de langere termijn geldt zal nog moeten blijken.

*E3.2: Wat vindt het publiek ervan?*

Er zijn geen gegevens bekend.

*E3.3: Is er aanleiding de ingrepen uit te breiden?*

Gezien de ontwikkelingen in het gebied en de eisen voor het uitbreiden van verstuingen in het kader van de PAS zou overwogen kunnen worden vergelijkbare ingrepen te plannen voor aangrenzende gebieden. De lessen uit dit project kunnen daarbij gelijk toegepast worden.

*E3.4: Is er aanleiding de ingrepen ook op andere locaties toe te gaan passen?*

In het kader van de PAS zullen dit soort ingrepen op andere plaatsen toegepast gaan worden. Het is daarom zinvol om de conclusies uit dit project met andere beheerders te delen. De resultaten tot nu toe zijn bemoedigend, en toepassing van de uitkomsten zullen de effectiviteit van toekomstige ingrepen kunnen vergroten.

## 5 NABEHEER

Aanvankelijk was het de bedoeling het nabeheer met behulp van vrijwilligers uit te voeren. In de eerste jaren na uitvoering bleek dit onhaalbaar en bleek ook extra intensief en machinaal nabeheer nodig om de boel op gang te krijgen. In 2014 zijn daarom verschillende nieuwe ingrepen uitgevoerd. Kuilen 11 t/m 13 zijn alleen door beheervrijwilligers behandeld op 7 mei en 17 en 22 september 2014. Kuilen 14 t/m 17 zijn op 30 september 2014 opnieuw uitgegraven, waarbij het afgegraven zand in een depot aan de zeezijde van de kuilen is gestort. Kuilen 1 t/m 10 zijn in juli 2014 met behulp van paarden geploegd, om het oppervlak los te maken en wortels te verwijderen en daarna uitgeharkt door beheervrijwilligers. Deze werkzaamheden hebben plaatsgevonden op 30 juli, 06 augustus, 11 augustus en 10 september 2014.

Na de winter van 2014 lijkt dit nabeheer zijn vruchten afgeworpen te hebben. De dynamiek is aanmerkelijk toegenomen. In 2015 is het nabeheer aanzienlijk beperkter geweest en was het wel mogelijk dit geheel met vrijwilligers uit te voeren. Het nabeheer heeft plaats gevonden op de volgende tijdstippen:

- 17 juni 2015: kuilen 11, 12 en 13
- 24 juni 2015: kuilen 8, 9 en 10
- 29 juni 2015: kuilen 7 en 8
- 1 juli 2015: kuilen 6 en 7
- 8 juli 2015: kuilen 1, 3 en 18 (= deel van R1)
- 16 november 2015: kuil 13
- 18 november 2015: kuil 12

Het nabeheer bestond uit het trekken van Helm, het schoffelen van Dauwbraam en het trekken en rapen van wortels. Vanwege de huidige positieve ontwikkeling is er voor 2016 geen nabeheer gepland. In kuilen 14 t/m 17 is niets meer gedaan, omdat iedere inspanning hier zinloos is gebleken.

Vanaf 2016 is geheel geen nabeheer uitgevoerd, omdat de ontwikkelingen zodanig waren dat nabeheer niet nodig bleek. Er komen nu verschillende vlakken voor met een redelijke bedekking van uitgestoven wortels, maar deze remmen de ontwikkeling niet, voorkomen misschien zelfs dat de veranderingen te snel gaan.



## 6 CONCLUSIES

De ontwikkelingen die na het optreden van afslag in 2014 en 2015 in gang zijn gezet gaan onverminderd door. De dynamiek ontwikkelt zich voorspoedig, en in verschillende kuilen is de mate van erosie in de periode 2015-2016 zelfs aanzienlijk toegenomen in vergelijking tot het jaar daarvoor en in de periode 2016-2017 nog verder toegenomen. Kuilen 1, 3, 4, 5, 8, 9, 11, 12, 13 kennen een sterke tot extreme dynamiek, kuilen 6, 7, 14 een matig sterke dynamiek. Voor kuilen 10, 16, 17 is de dynamiek laag en voor kuil 2 zelfs verwaarloosbaar. Kuil 15 is volledig gestabiliseerd. In 2016 heeft er geen nabeheer plaatsgevonden, dit was gezien de ontwikkelingen niet nodig.

Er is in veel kuilen (1, 3, 5, 8, 9) sprake van een versnelling in de ontwikkeling. De meest extreme erosie is gemeten in kuilen 4 en 8 met een verlaging van 5.8m tussen 2014 en 2017, waarvan respectievelijk 3.2 en 3.8m in het laatste jaar. De meest extreme depositie bedraagt 2m in één jaar, achter kuil 9, dus op de zeereep. Er zijn meer profielen met een jaarlijkse hoogtoename van 2m, maar dit is dan bij de duinvoet, als gevolg van aanstuiving tegen de duinvoet, in respons op de afslag van 2014 en 2015.

Opvallend is dat in kuilen 11 t/m 13, die zich aanvankelijk snel ontwikkelden, en waar geen nabeheer is gepleegd, in 2017 de ontwikkelingen juist langzamer zijn gegaan dan in de nabeheerde kuilen, maar ook in vergelijking tot de ontwikkelingen in 2016.

Bij kuilen 4 en 5 en bij 8, 9, 10 en bij 12 en 13 overlappen de overstuivingszones. Er zijn geen kuilen waar erosie of overstuiving in de ene kuil de ontwikkeling van de andere kuil beïnvloedt. Alleen het overlappen van overstuivingszones komt voor. Er zijn wel overstuivingszones rondom stuifkuilen die ook beïnvloed worden door overstuivingen vanaf strand/zeereep.

Bij kuilen 1, 3, 4, 5 en 6 speelt instuiving vanuit de zeereep in de erosieve zone (en doorvoer verder landwaarts) mee, bij de andere kuilen speelt instuiving vanaf aanvoer vanaf het strand mee. Er is meer beïnvloeding vanuit de zeereep of door de zeereepontwikkeling. Over het gehele traject is sprake van soms forse aanzanding tegen de duinvoet met een gradiënt toenemend van noord naar zuid. Bij kuilen 11-17 is de overstuiving tegen helling en op de top het duidelijkst. Er is na 2016 geen afslag geweest, maar de afslag van 2014 en 2015 heeft wel gezorgd voor een deels kaal zeereepfront, waar de wind hier en daar vat op heeft. Daardoor speelt winderosie aan de bovenkant van de helling bij een aantal kuilen, namelijk kuilen 3-6 en 7-9.

Een aantal kuilen is verbonden met het strand, 1, 3, 4 en 8 waarbij 1 en 3 in 2016 verbonden zijn, de andere kuilen al eerder. Betreding zal hierbij geholpen hebben, omdat de verbindingen soms paadjes zijn voor toegang naar het strand of naar de duinen. 5 en 9 hebben niet echt een verbinding met het strand maar kunnen potentieel wel uitgroeien tot kerven. Vanaf het strand is hun opening ook te zien.

Vaak fungeren de plagvlakken achter de vlakken waar gegraven is om een stuifkuil te ontwikkelen als transportvlakken, dat wil zeggen ze laten zand door maar vangen geen zand in of eroderen niet. Ze blijven kaal. Depositie vindt plaats op de oostelijke grens van deze vlakken, dus daar waar de vegetatie weer begint. Er zijn ook verschillende kale vlakken ontstaan door sterke overstuiving, bij kuil 1 en 8/9 is dit het meest duidelijk, bij kuilen 3, 4, 5, 7, 11, 12, en 13 treedt het ook op, maar in mindere mate.

Het oppervlak van de stuifkuilen zelf verandert weinig. Er is wel sprake van een verbreding in de erosieve zone en een sterke uitdieping, maar de contouren van de ingrepen zijn nog steeds min of meer de contouren van de erosieve zones van de actieve stuifkuilen, met uitzondering van de kuilen waar een verbinding met het strand is ontstaan. Een uitbreiding van depositiezones zorgt wel hier en daar voor een forse toename van kaal of grotendeels bedekt oppervlak.

In vergelijking tot een aantal referentiekuiten die ook gemonitord worden is de ontwikkeling per jaar niet helemaal vergelijkbaar. Overigens zijn de referentiekuiten aanmerkelijk kleiner dan de aangelegde kuilen. Belangrijk verschil is dat de meeste referentiekuiten aan de achterzijde van de zeereep liggen, waardoor de dynamiek waarschijnlijk geringer is. Bij de gemaakte kuilen is nog geen evenwichtssituatie bereikt, wanneer de verhouding omtrek en diepte wordt beschouwd. Daarom gaat de ontwikkeling waarschijnlijk ook sneller dan in de referentiekuiten.

Een vergelijking van de actieve en minder actieve kuilen met het type ingrepen lijkt erop te wijzen dat alleen afplaggen op hogere delen van de zeereep de minste activiteit oplevert. De combinatie van afplaggen en het aanzetten tot een stuifkuil lijkt daarentegen een goede combinatie, zeker in combinatie met enig nabeheer tot de processen goed op gang zijn gekomen. De grotere afgraafdiepte draagt bij aan het verwijderen van meer wortels, waardoor vegetatie een kleinere kans tot terug groeien krijgt. De afplagdiepte is dus van invloed op de mate van succes van de ingreep. Daarnaast lijkt schaal en afstand vanaf het strand een rol te spelen. Zeker wanneer afslag optreedt kan door een verbinding tussen stuifkuil en strand de ontwikkeling aanmerkelijk versnellen.

Concluderend kunnen we stellen dat voor twaalf kuilen (1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14) de ingrepen op dit moment succesvol zijn, voor vijf kuilen niet (2, 10, 15, 16, 17). Dit betekent een positieve score van 70%. Voor kuilen 15, 16 en 17 bestaat, ook vanwege het veelvuldig voorkomen van Klein hoefblad) het vermoeden dat hier onbekende factoren, mogelijk nutriënten, een rol spelen in de snelle stabilisatie. De uiteindelijke mate van succes kan natuurlijk pas bepaald worden over een langere periode.

Het volgen van recreatie kan een nuttige (of misschien noodzakelijke) aanvulling zijn. Er zijn nu geen gegevens bekend over de waardering voor het project bij recreanten.

Ook dit jaar is de kartering van dynamiek gebaseerd op zomerbeelden. Voor een vergelijking met de situatie in 2015 en 2016 is het voordeel dat de mate van overstuiving (waarschijnlijk) op dezelfde manier onderschat wordt. Veldkartering van overstuiving geeft noodzakelijke aanvullende informatie. Zaak is wel om de veldkartering op tijd uit te voeren, aan het eind van het stuifseizoen en vóór de echte start van het vegetatieseizoen (uiterlijk begin mei).

Bij de hoogtemetingen zouden de volgende profielen verlengd moeten worden:

- A21, A22, A23, D05, A24, A26, D06, D07, A35, D08
- A08, A09, A11, A12, D01, D04

De reden van verlenging is dat de depositiezone zich inmiddels verder uitstrekt dan de gemeten profielen.

Profielen A38, A39, D09 en D10 zouden achterwege gelaten kunnen worden, omdat de verschillen hier niet noemenswaardig zijn en de verwachting is dat de kuilen hier verder stabiliseren.

## 7 AANBEVELINGEN

Er moeten criteria worden vastgesteld om de mate van succes te kunnen bepalen. Mogelijke criteria zijn differentiatie in het reliëf, mate van activiteit van processen, of percentage van het landschap wat beïnvloed wordt door dynamische processen.

Het volgen van recreatie kan een nuttige (of misschien noodzakelijke) aanvulling zijn. Er zijn nu geen gegevens bekend over de waardering voor het project bij recreanten.

Voor het vaststellen van het succes van de ingrepen is geen geomorfologische monitoring noodzakelijk. Het ligt voor de hand om over een aantal jaren wel de vegetatie-inventarisatie te herhalen. Om te leren over het proces van stuifkuilontwikkeling is het wel nuttig om de geomorfologische monitoring te continueren, zij het misschien op een andere, minder intensieve manier. Het steeds zo laat beschikbaar komen van luchtfoto's frustriert het onderzoek, en het feit dat dan steeds zomerbeelden beschikbaar zijn en niet de voorjaarsbeeld kan zelfs tot foute conclusies leiden. Wellicht kan gekozen worden voor een monitoring met drones (RPAS), waarbij de inzet veel flexibeler is en de verwerkingstijd kort. Met één vlucht kunnen meerdere gegevens worden ingewonnen, zoals kleurenbeelden, false colourbeelden en zelfs hoogte met lidar. Hoogtemetingen d.m.v. profielen zouden dan achterwege kunnen blijven.

Er kunnen enkele globale richtlijnen uit het onderzoek worden afgeleid. Kuilen doen het beter wanneer de oorspronkelijke hoogte aan de zeewaartse zijde laag in het profiel is en de afstand tot de duinvoet klein (het één impliceert eigenlijk het ander), wanneer de positie op de zeewaartse helling is, ruim vóór de top (volgt ook uit het voorgaande), en wanneer de ingreepdiepte groter is. Samenvattend: een positie laag op de helling met een ingreepdiepte van meer dan 30cm geeft meer kans op succes. Bij het onderzoek naar kleinschalige dynamiek (Aggenbach et al., 2018) bleek juist dat autonome kuilen juist hoog op de hellingen ontstonden. Dit geldt voor binnenduinsituaties, voor de zereep die volop de wind is geëxponeerd, is de situatie blijkbaar anders.

Vergelijking met andere projecten zoals de ontwikkelingen in de Noordwestkern bij Bloemendaal en de ontwikkelingen van ingrepen in de zereep bij Meyendel en Berkheide kan meer inzicht verschaffen in de ontwikkeling van de mate en aard van dynamiek in relatie tot het type ingreep.

De resultaten van dit onderzoek zouden ter beschikking gesteld kunnen worden aan andere beheerders die, bijvoorbeeld in het kader van de PAS, overwegen om zereepdynamiek te herstellen.





## 8 REFERENTIES

- Arens, S.M., 2010. Project Noordvoort; ontwerp ingrepen ter bevordering van een natuurlijke zeereep. Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek, RAP2010.06 in opdracht van Waternet.
- Arens, S.M. & T. Neijmeijer, 2013a. Inventarisatie toestand verstuivingsingrepen Noordvoort ten behoeve van nabehoor. Verslag veldbezoek Noordvoort 13 september 2013. Notitie Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek.
- Arens, S.M. & T. Neijmeijer, 2013b. Project Noordvoort, Monitoringsplan geomorfologie. Rapport Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek RAP 2013.06 in opdracht van Waternet.
- Arens, S.M. & T. Neijmeijer, 2014. Project Noordvoort, Monitoring geomorfologie 2014. Rapport Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek RAP 2015.03 in opdracht van Waternet.
- Arens, S.M. & T. Neijmeijer, 2015. De stuifkuil bij Wassenaar; Hoogtemetingen december 2014. Rapport Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek RAP 2015.08 in opdracht van Hoogheemraadschap van Rijnland.
- Arens, S.M. & T. Neijmeijer, 2016. Project Noordvoort, Monitoring geomorfologie 2015. Rapport Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek RAP 2016.05 in opdracht van Waternet.
- Arens, S.M., 2017. Project Noordvoort, Monitoring geomorfologie 2016. Rapport Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek RAP 2017.04 in opdracht van Waternet.
- Kruijzen, B.W.J.M., 2010. Voortoets project Noordvoort. Ontwikkeling van een dynamische zeereep tussen Noordwijk en Zandvoort. Ecologisch Adviesbureau B. Kruijzen in opdracht van Waternet.
- Kruijzen, B.J.W.M., C. ten Haaf en M. van Til, 2013. Ontwikkeling flora en vegetatie 1995-2011 in project Noordvoort. Rapport Witteveen+Bos, Ecologisch adviesbureau B. Kruijzen, Ten Haaf en Bakker ecologisch en hydrologisch adviesbureau en Waternet.
- Kruijzen, B.J.W.M., C. ten Haaf en M. van Til, 2018. Verslag ontwikkelingen in flora en vegetatie binnen het project Noordvoort in de periode 2011-2017; Eindrapport. Rapport Witteveen+Bos, Ecologisch adviesbureau B. Kruijzen, Ten Haaf en Bakker ecologisch en hydrologisch adviesbureau en Waternet.

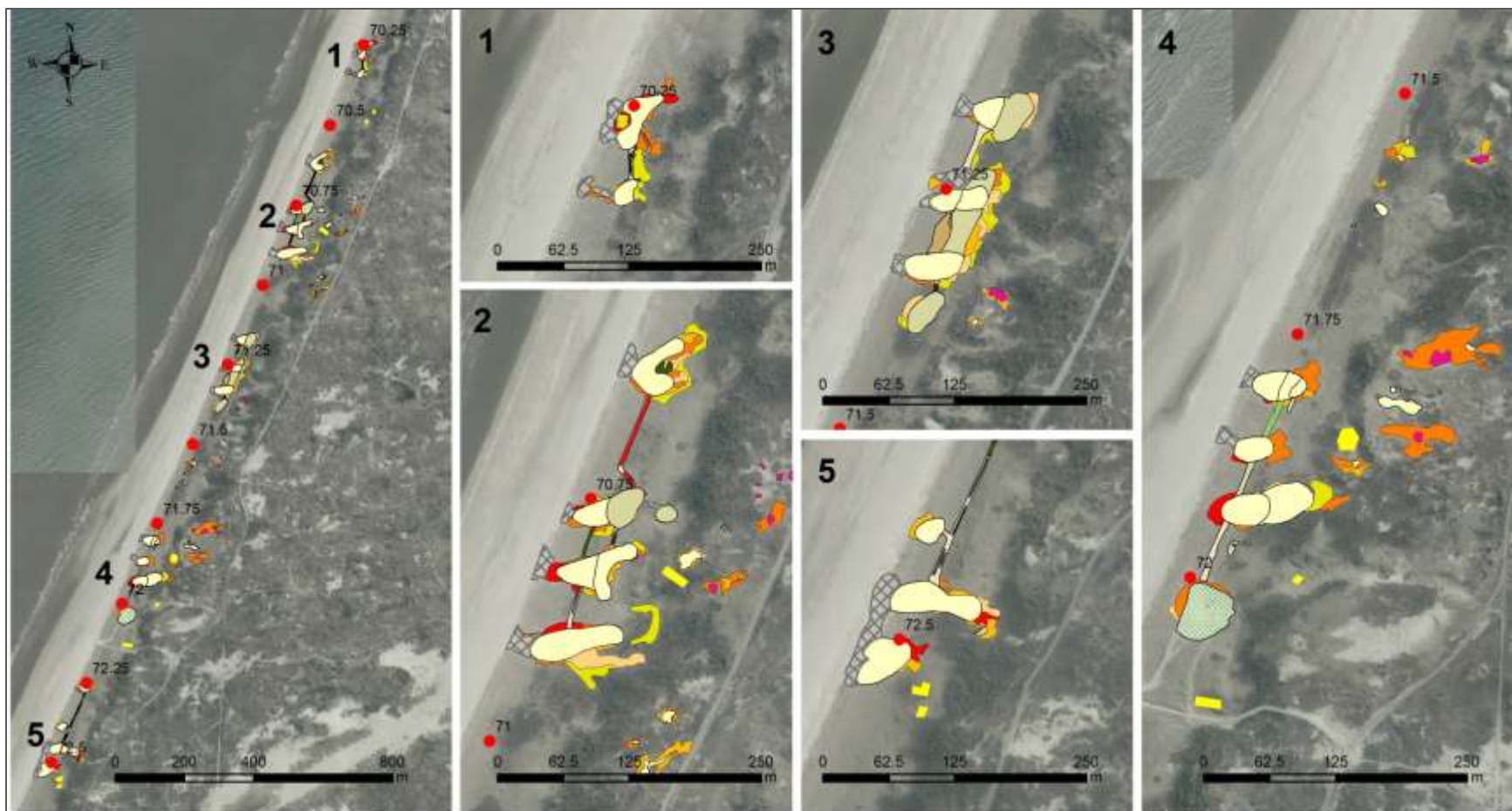


## BIJLAGEN

- A: Dynamiekkarteringen
- B: Veldkarteringen overstuiving
- C: Hoogteligging 2013 en 2017
- D: Verschilkaarten laseraltimetrie
- E: Veldkarteringen bedekking
- F: Profielen
- G: Detailbeschrijving per kuil



## BIJLAGE A. KARTERINGEN DYNAMIEK



**Project Noordvoort - monitoring ontwikkeling geomorfologie  
Kartering dynamiek 2013**

**Legenda**

<span style="color: red;">●</span> Rijkstrandpalen	<span style="background-color: red; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span> A1	<span style="background-color: orange; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span> A2	<span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span> A3	<span style="background-color: lightyellow; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span> O	<span style="background-color: lightorange; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span> O2p	<span style="background-color: lightgreen; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span> S0a	<span style="background-color: brown; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span> S1/A	<span style="background-color: cyan; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span> V1
<span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span> bunkers	<span style="background-color: orange; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span> A1/2	<span style="background-color: lightorange; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span> A2/3	<span style="background-color: magenta; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span> B	<span style="background-color: lightgreen; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span> O2	<span style="border: 1px dashed black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span> OX	<span style="background-color: green; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span> S1	<span style="background-color: darkgreen; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span> S3	<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 15px;"></span> W1

Opdrachtgever: Watermet  
 Uitvoering: Bureau voor Strand- en  
 Duinonderzoek  
 Status: Definitief  
 Datum: 8 november 2013  
 Projectleiding: Maaïke Veer  
 Kartering: Bas Arens & Tessa Neijmeijer

**water**net





**Project Noordvoort - monitoring ontwikkeling geomorfologie  
Kartering dynamiek 2014**

**Legenda**

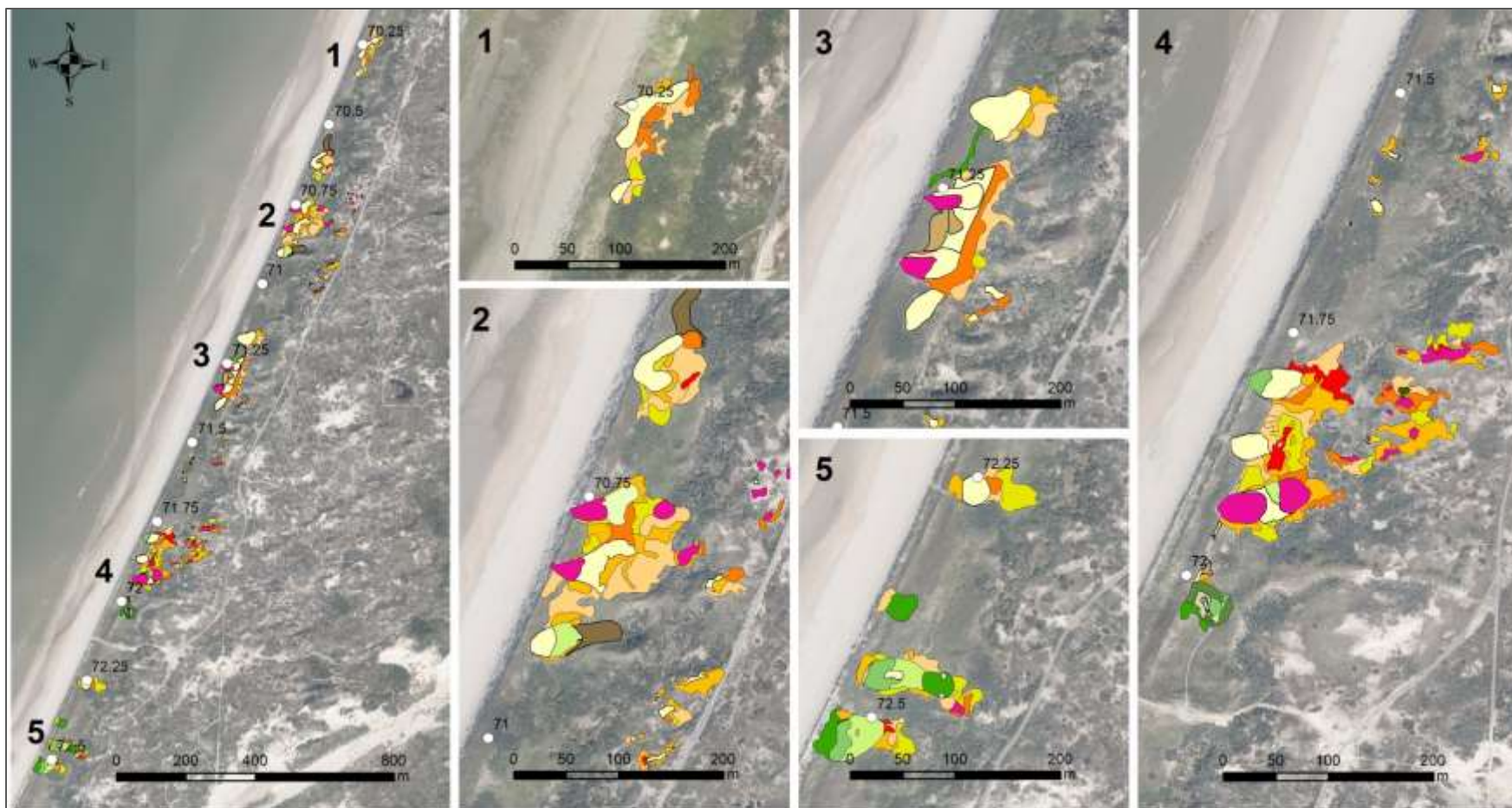
- |   |  |   |  |  |  |   |   |  |
|---|--|---|--|--|--|---|---|--|
| <span style="color: red;">●</span> Rijksstrandpalen | <span style="color: red;">■</span> A1      | <span style="color: orange;">■</span> A2        | <span style="color: yellow;">■</span> A3 | <span style="color: lightyellow;">■</span> O | <span style="color: lightorange;">■</span> O2p   | <span style="color: lightgreen;">■</span> S0a | <span style="color: brown;">■</span> S1/A   | <span style="color: cyan;">■</span> V1 |
| <span style="color: yellow;">■</span> bunkers       | <span style="color: orange;">■</span> A1/2 | <span style="color: lightorange;">■</span> A2/3 | <span style="color: magenta;">■</span> B | <span style="color: lightgreen;">■</span> O2 | <span style="border: 1px dashed black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span> OX | <span style="color: green;">■</span> S1       | <span style="color: darkgreen;">■</span> S3 | <span style="color: blue;">■</span> W1 |

Opdrachtgever: Waternet  
 Uitvoering: Bureau voor Strand- en  
 Duinonderzoek  
 Status: Definitief  
 Datum: 10 maart 2015  
 Projectleiding: Maaïke Veer  
 Kartering: Bas Arens & Tessa Neijmeijer

**water**net







**Project Noordvoort - monitoring ontwikkeling geomorfologie  
Kartering dynamiek 2015**

**Legenda**

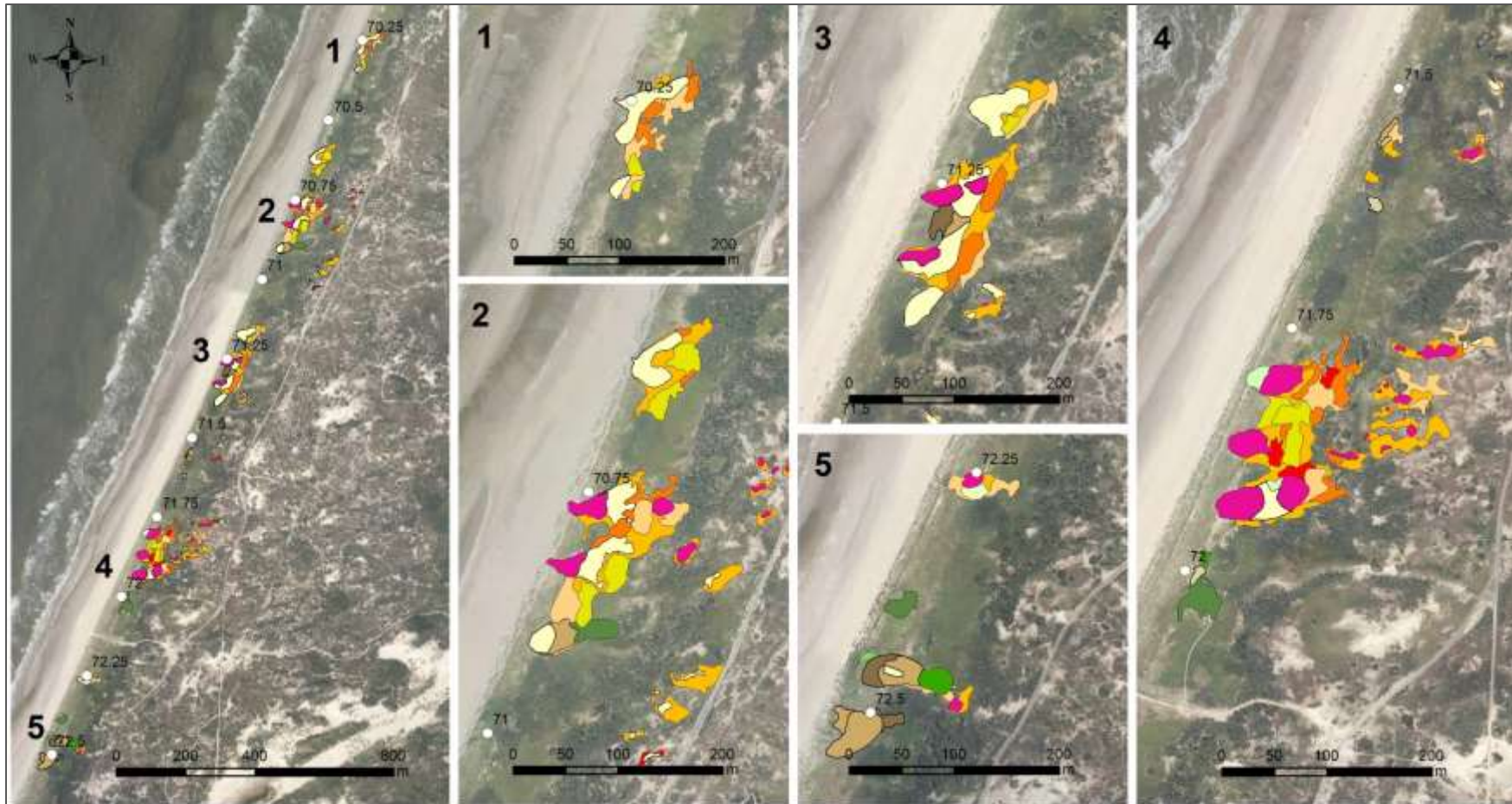
○ Rijksstrandpalen	<span style="color: red;">■</span> A1	<span style="color: orange;">■</span> A2/3	<span style="color: yellow;">■</span> O	<span style="color: lightgreen;">■</span> S0	<span style="color: green;">■</span> S1/2	<span style="color: darkgreen;">■</span> S2/3	<span style="color: cyan;">■</span> V1
	<span style="color: orange;">■</span> A1/2	<span style="color: yellow;">■</span> A3	<span style="color: lightgreen;">■</span> O/S0	<span style="color: lightgreen;">■</span> S0/1	<span style="color: brown;">■</span> S1/A	<span style="color: brown;">■</span> S2/A	<span style="color: blue;">■</span> W1
	<span style="color: yellow;">■</span> A2	<span style="color: magenta;">■</span> B	<span style="color: grey;">■</span> O2	<span style="color: green;">■</span> S1	<span style="color: darkgreen;">■</span> S2	<span style="color: darkgreen;">■</span> S3	<span style="border: 1px dashed black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span> X

Opdrachtgever: Waternet  
 Uitvoering: Bureau voor Strand- en  
 Duinonderzoek  
 Status: Definitief  
 Datum: 16 juni 2016  
 Projectleiding: Maaïke Veer  
 Kartering: Bas Arens

**water**net







**Project Noordvoort - monitoring ontwikkeling geomorfologie  
Kartering dynamiek 2016**

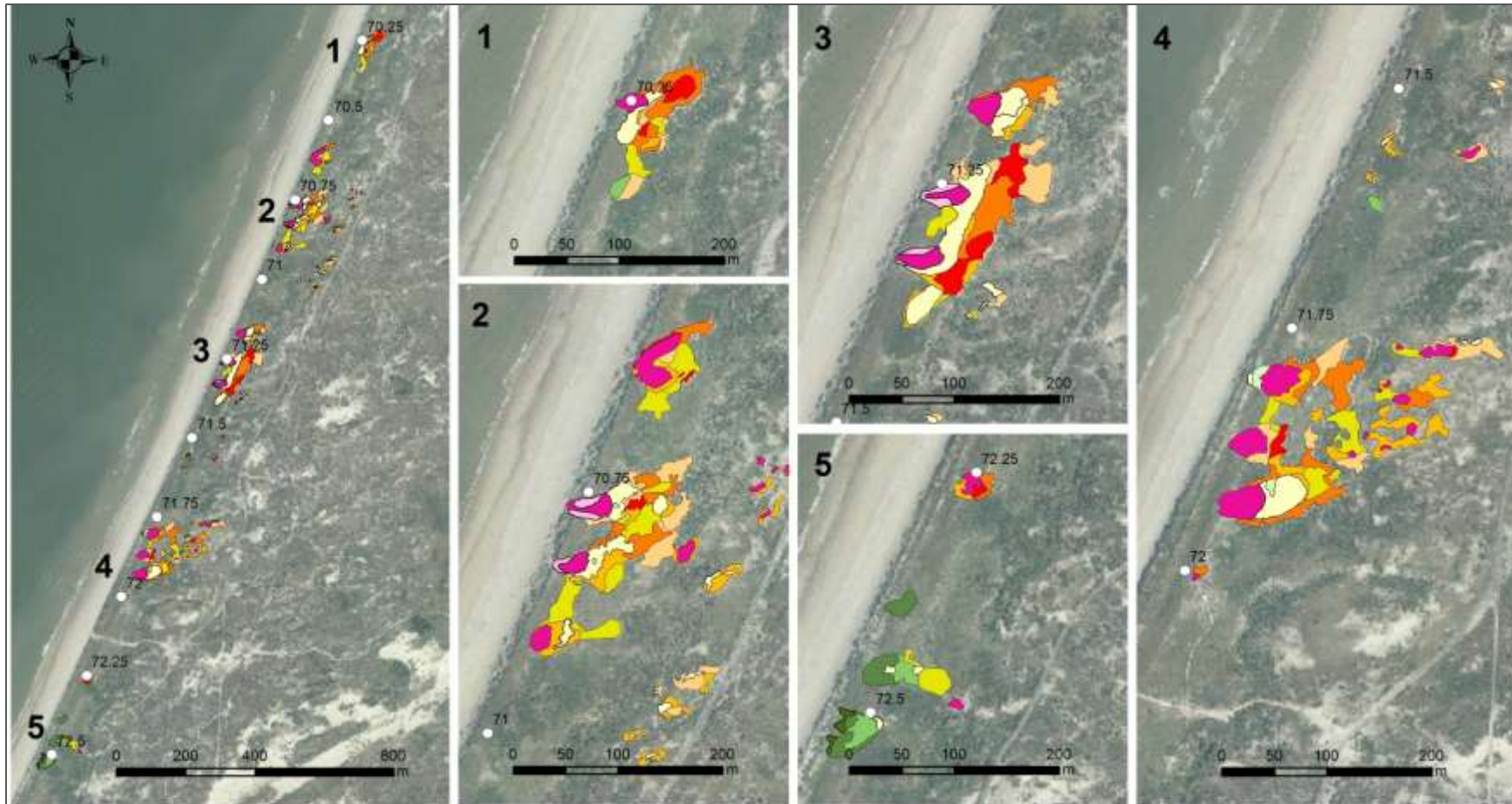
**Legenda**

○ Rijksstrandpalen	<span style="color: red;">■</span> A1	<span style="color: orange;">■</span> A2/3	<span style="color: yellow;">■</span> O	<span style="color: lightgreen;">■</span> S0	<span style="color: green;">■</span> S1/2	<span style="color: brown;">■</span> S2/A
	<span style="color: orange;">■</span> A1/2	<span style="color: yellow;">■</span> A3	<span style="color: lightgreen;">■</span> O/S0	<span style="color: lightgreen;">■</span> S0/1	<span style="color: brown;">■</span> S1/A	<span style="color: darkgreen;">■</span> S3
	<span style="color: yellow;">■</span> A2	<span style="color: magenta;">■</span> B	<span style="color: tan;">■</span> O2	<span style="color: green;">■</span> S1	<span style="color: darkgreen;">■</span> S2	<span style="border: 1px dashed black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span> X

Opdrachtgever: Waternet  
 Uitvoering: Bureau voor Strand- en  
 Duinonderzoek  
 Status: Definitief  
 Datum: 29 maart 2017  
 Projectleiding: Maaike Veer  
 Kartering: Bas Arens

**water**net





**Project Noordvoort - monitoring ontwikkeling geomorfologie  
Kartering dynamiek 2017**

**Legenda**

○ Rijksstrandpalen	<span style="color: red;">■</span> A1	<span style="color: orange;">■</span> A2/3	<span style="color: pink;">■</span> Bs	<span style="color: lightgrey;">■</span> O2	<span style="color: lightgreen;">■</span> S1	<span style="color: green;">■</span> S2	<span style="color: darkgreen;">■</span> S3
	<span style="color: orange;">■</span> A1/2	<span style="color: yellow;">■</span> A3	<span style="color: lightyellow;">■</span> O	<span style="color: lightgreen;">■</span> S0	<span style="color: green;">■</span> S1/2	<span style="color: darkgreen;">■</span> S2/3	<span style="border: 1px dashed black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span> X
	<span style="color: yellow;">■</span> A2	<span style="color: magenta;">■</span> B	<span style="color: lightgreen;">■</span> O/S0	<span style="color: lightgreen;">■</span> S0/1	<span style="color: brown;">■</span> S1/A	<span style="color: brown;">■</span> S2/A	

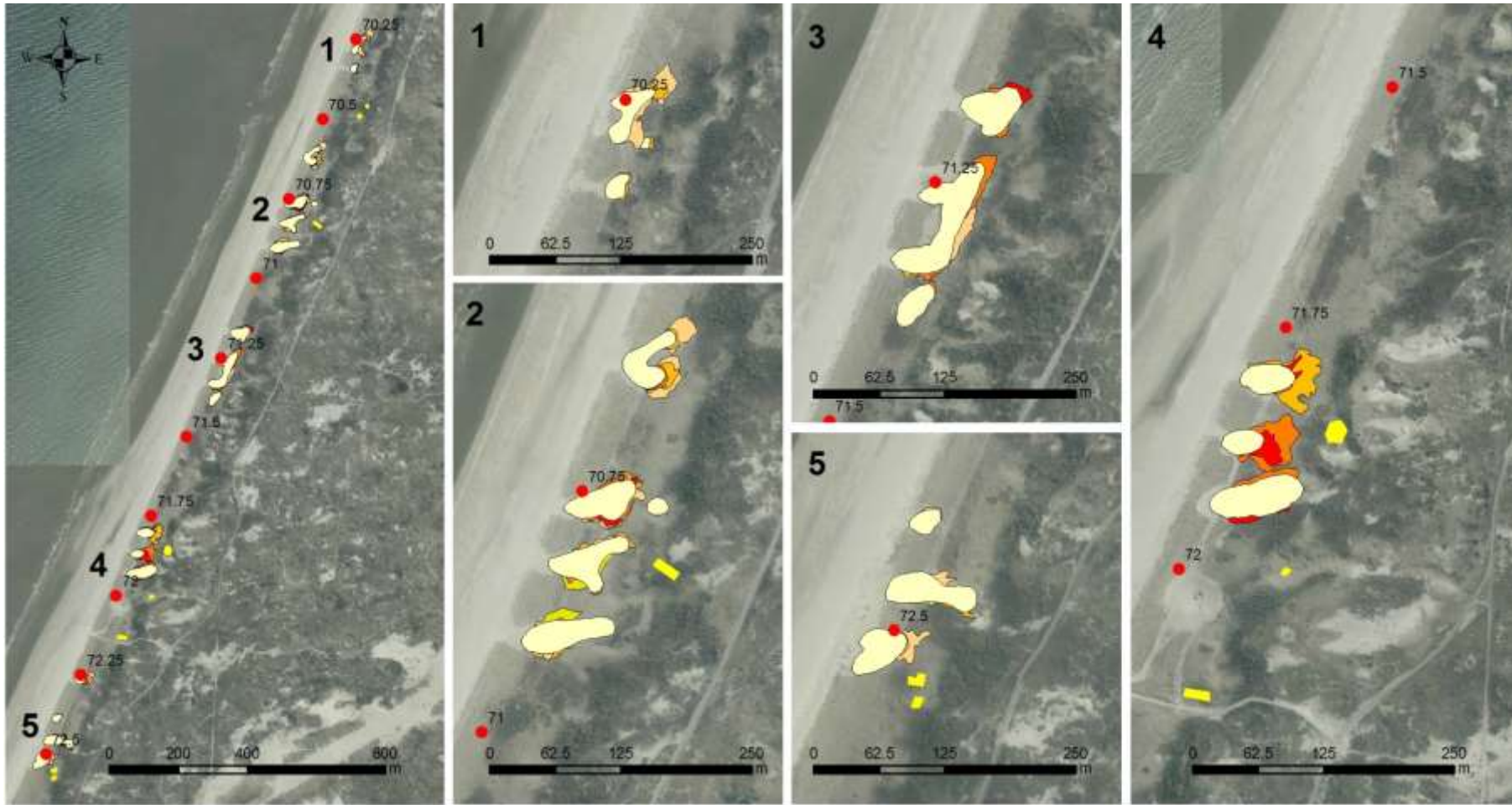
Opdrachtgever: Waternet  
 Uitvoering: Bureau voor Strand- en  
 Duinonderzoek  
 Status: Definitief  
 Datum: 6 april 2018  
 Projectleiding: Maaike Veer  
 Kartering: Bas Arens

**water**net



## BIJLAGE B. VELDKARTERING OVERSTUIVINGSZONES





**Project Noordvoort - monitoring ontwikkeling geomorfologie  
Kartering overstuivingszones 2014**

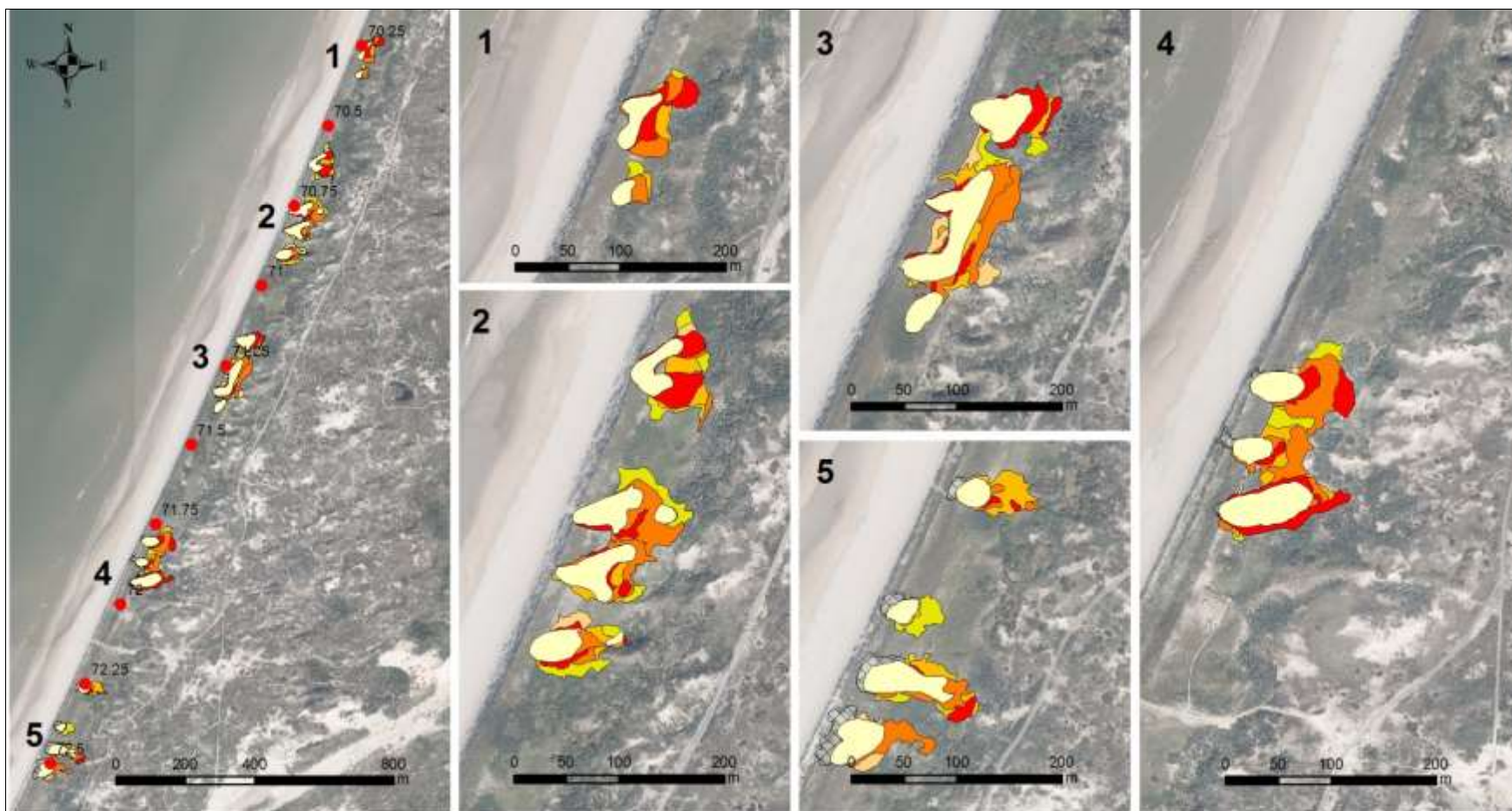
**Legenda**



Opdrachtgever: Waternet  
 Uitvoering: Bureau voor Strand- en  
 Duinonderzoek  
 Status: Definitief  
 Datum: 16 mei 2014  
 Projectleiding: Maaike Veer  
 Kartering: Bas Arens & Tessa Neijmeijer

**water**net





**Project Noordvoort - monitoring ontwikkeling geomorfologie  
Kartering overstuivingszones 2015**

**Legenda**

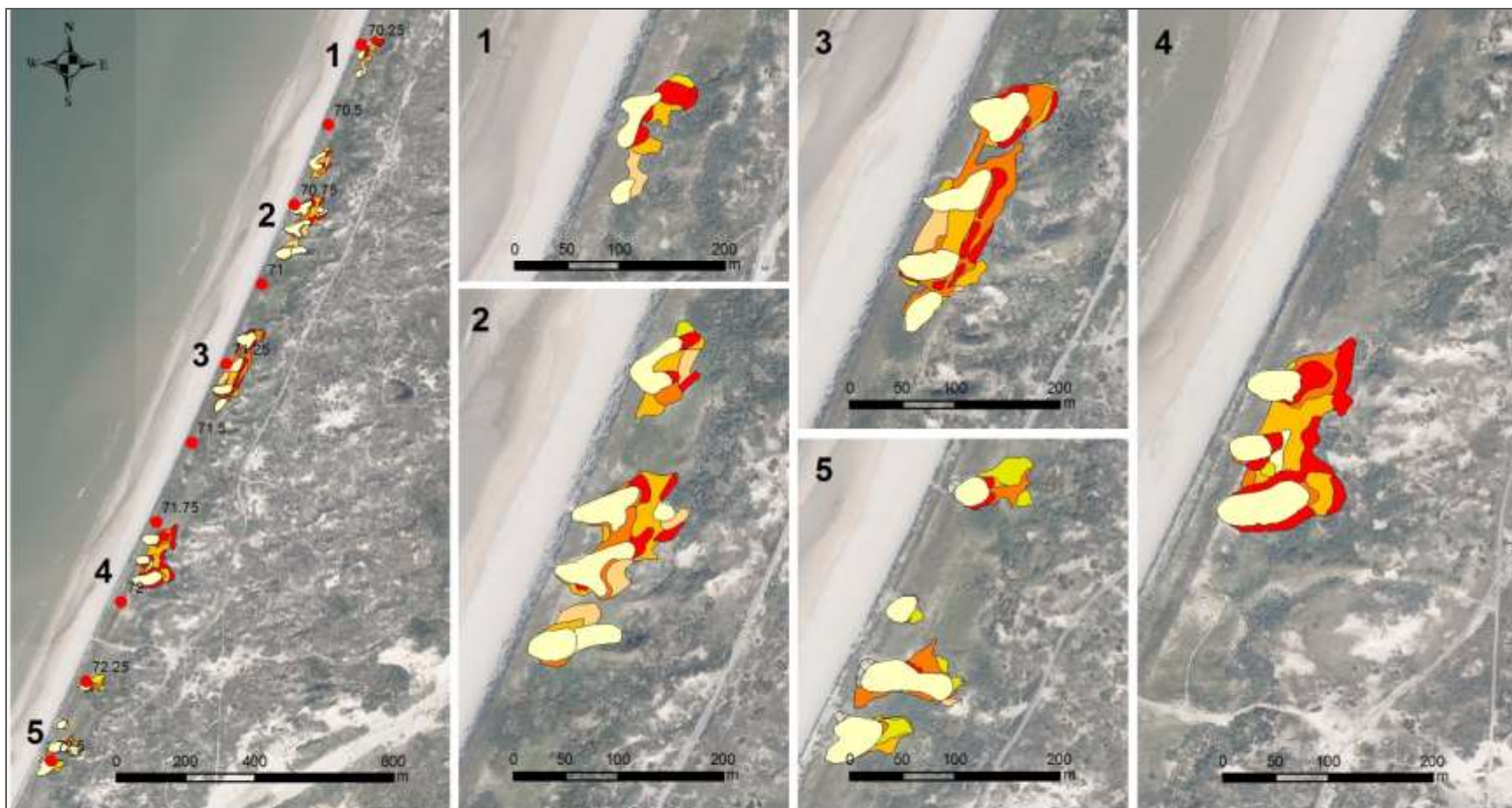


Opdrachtgever: Watermet  
 Uitvoering: Bureau voor Strand- en  
 Duinonderzoek  
 Status: Definitief  
 Datum: 21 april 2015  
 Projectleiding: Maaike Veer  
 Kartering: Bas Arens & Tessa Neijmeijer

**wateronet**







**Project Noordvoort - monitoring ontwikkeling geomorfologie  
Kartering overstuivingszones 2016**

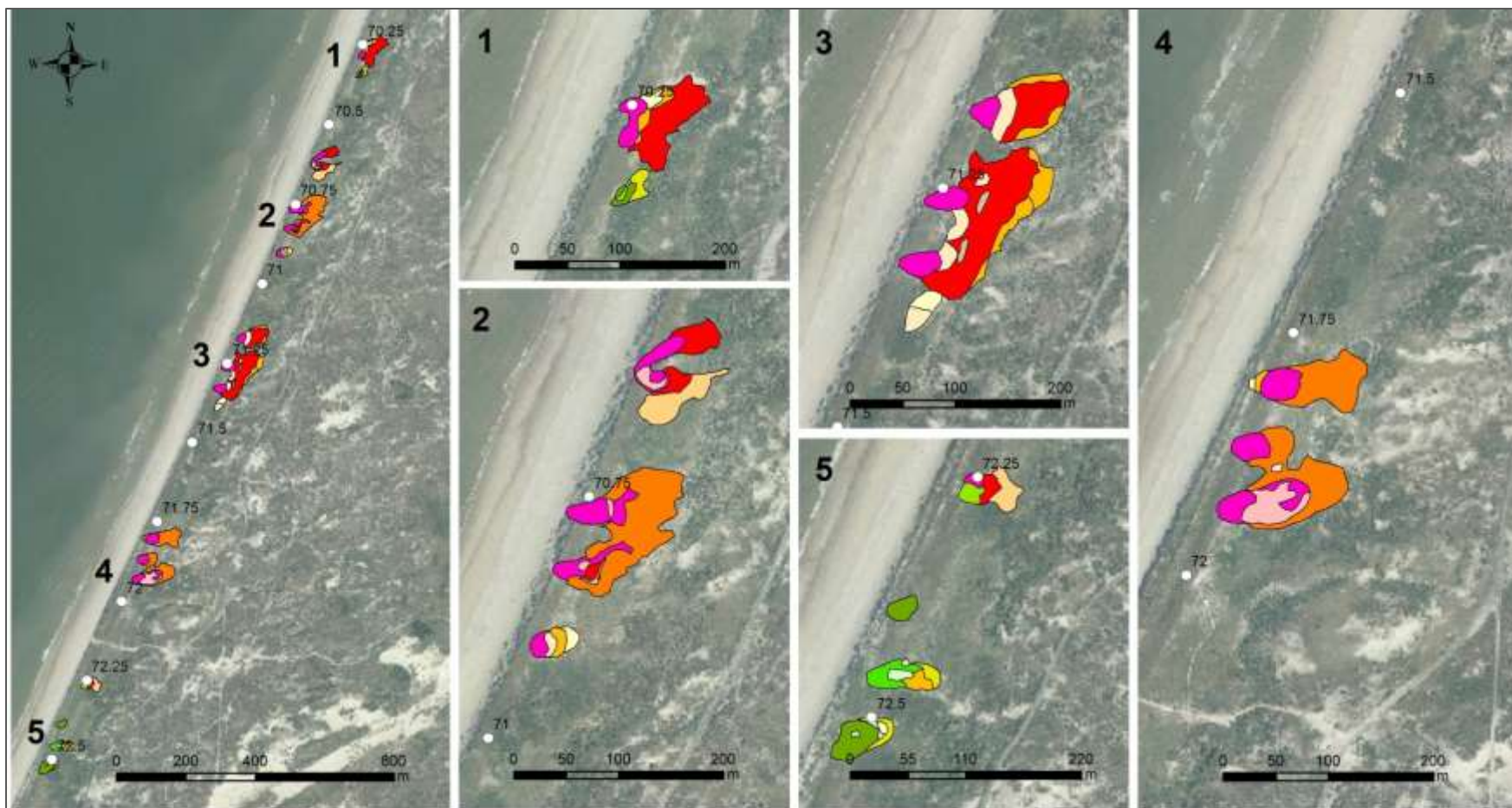
**Legenda**



Opdrachtgever: Watemet  
 Uitvoering: Bureau voor Strand- en  
 Duinonderzoek  
 Status: Definitief  
 Datum: 26 april 2016  
 Projectleiding: Maaike Veer  
 Kartering: Bas Arens & Tessa Neijmeijer

**water**net





**Project Noordvoort - monitoring ontwikkeling geomorfologie  
Kartering overstuivingszones 2017**

**Legenda**

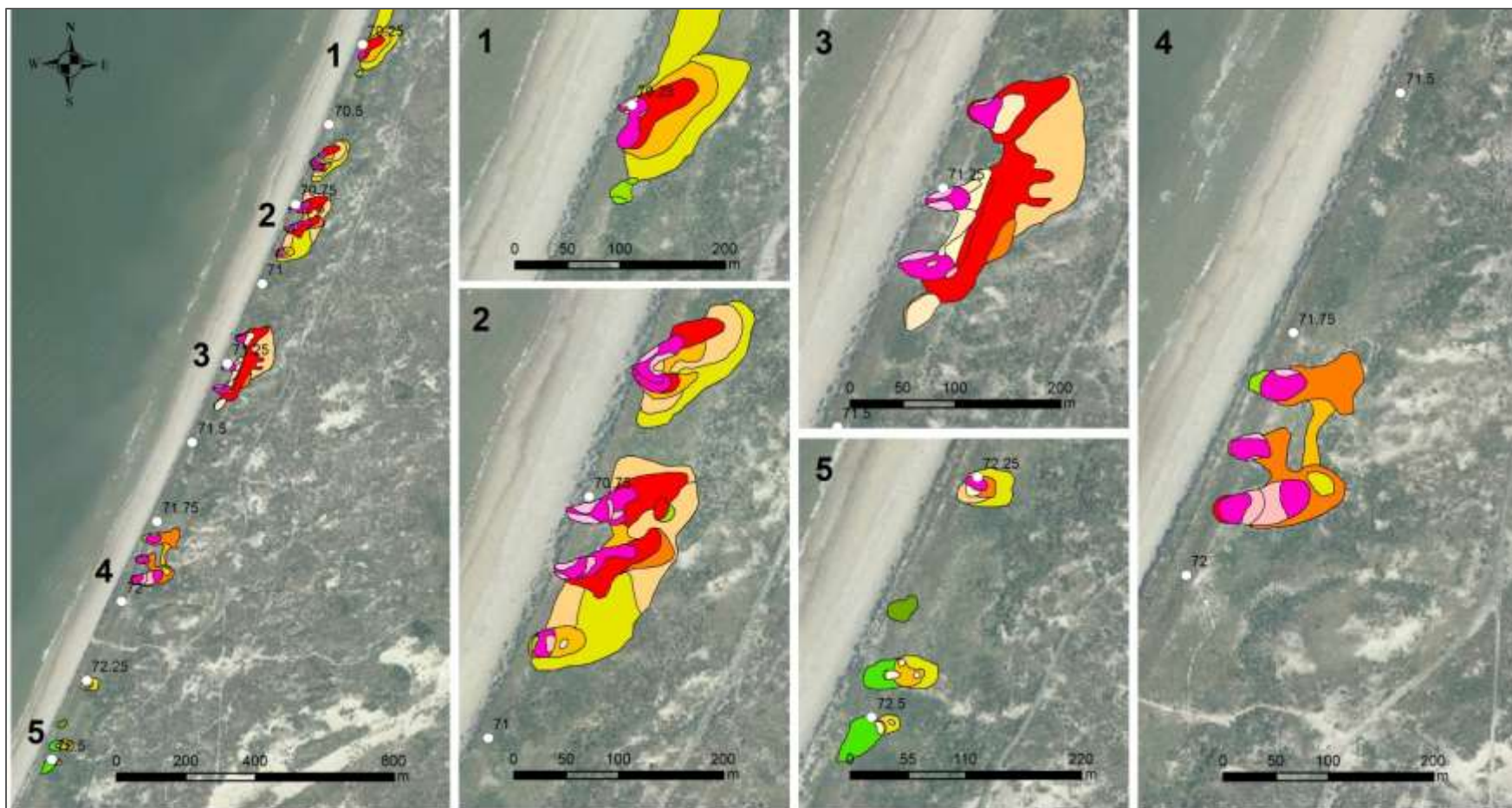
- Rijksstrandpalen
- A1
- A2
- A3
- B
- O
- Ow
- S1/2
- A1/2
- A2/3
- Aw
- Bw
- O2
- S1
- S2

Opdrachtgever: Waternet  
 Uitvoering: Bureau voor Strand- en  
 Duinonderzoek  
 Status: Definitief  
 Datum: 6 april 2018  
 Projectleiding: Maaïke Veer  
 Kartering: Bas Arens

**water**net







**Project Noordvoort - monitoring ontwikkeling geomorfologie  
Kartering overstuivingszones 2018**

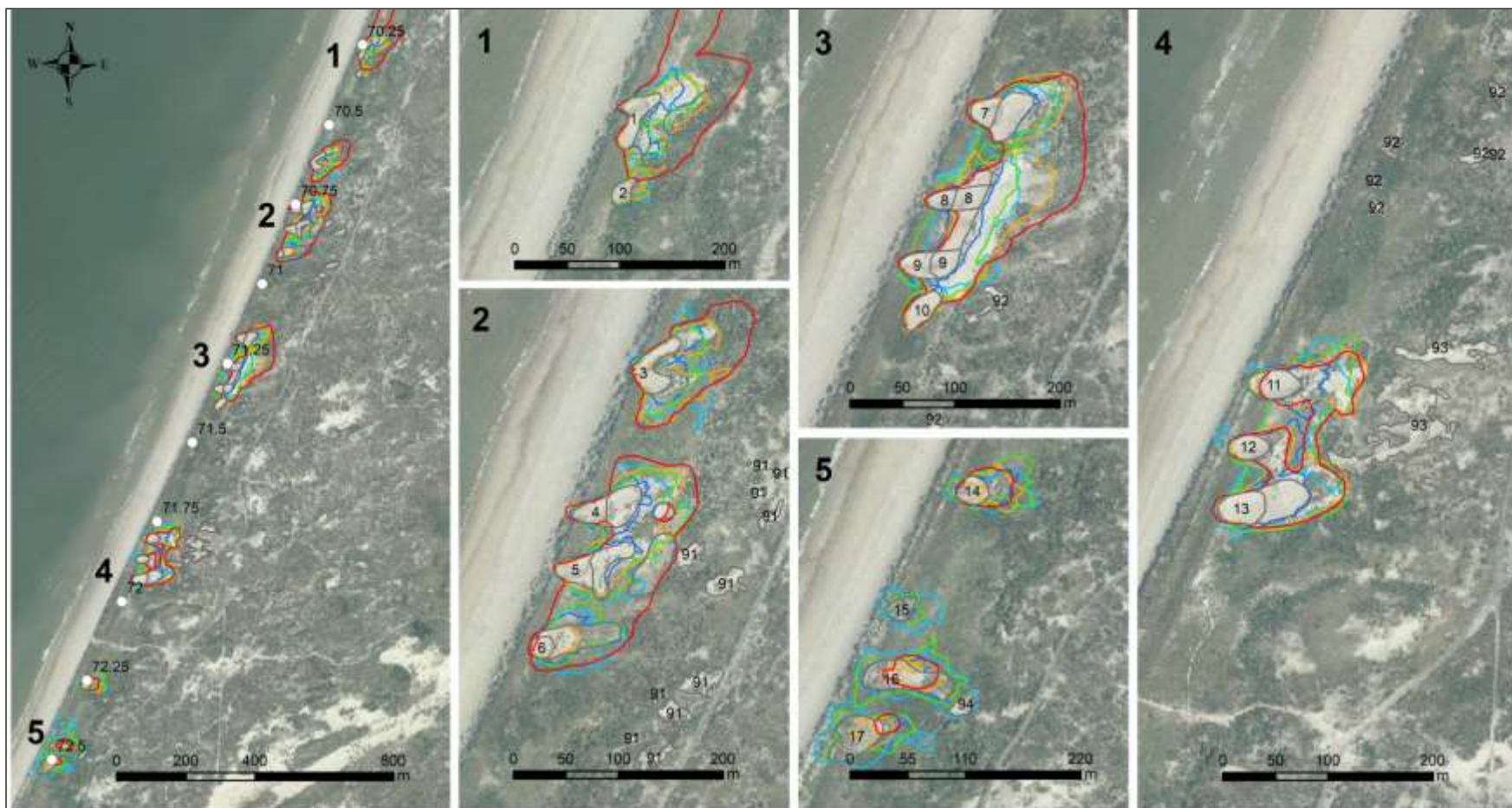
**Legenda**

- Rijksstrandpalen
- 
 A
- 
 A1/2
- 
 A2/3
- 
 B
- 
 Bw
- 
 Ow
- 
 S1/2
- 
 A1
- 
 A2
- 
 A3
- 
 Bs
- 
 O
- 
 S1
- 
 S2

Opdrachtgever: Waternet  
 Uitvoering: Bureau voor Strand- en  
 Duinonderzoek  
 Status: Definitief  
 Datum: 6 april 2018  
 Projectleiding: Maaïke Veer  
 Kartering: Bas Arens

**water**net





**Project Noordvoort - monitoring ontwikkeling geomorfologie**  
**Ontwikkeling overstuwingszones**

**Legenda**

- |                   |                   |                   |
|-------------------|-------------------|-------------------|
| Contouren ingreep | Overstuiving 2018 | Overstuiving 2015 |
| Rijksstrandpalen  | Overstuiving 2017 | Overstuiving 2014 |
|                   | Overstuiving 2016 |                   |

Opdrachtgever: Waternet  
 Uitvoering: Bureau voor Strand- en  
 Duinonderzoek  
 Status: Definitief  
 Datum: 20 april 2018  
 Projectleiding: Maaïke Veer  
 Kartering: Bas Arens

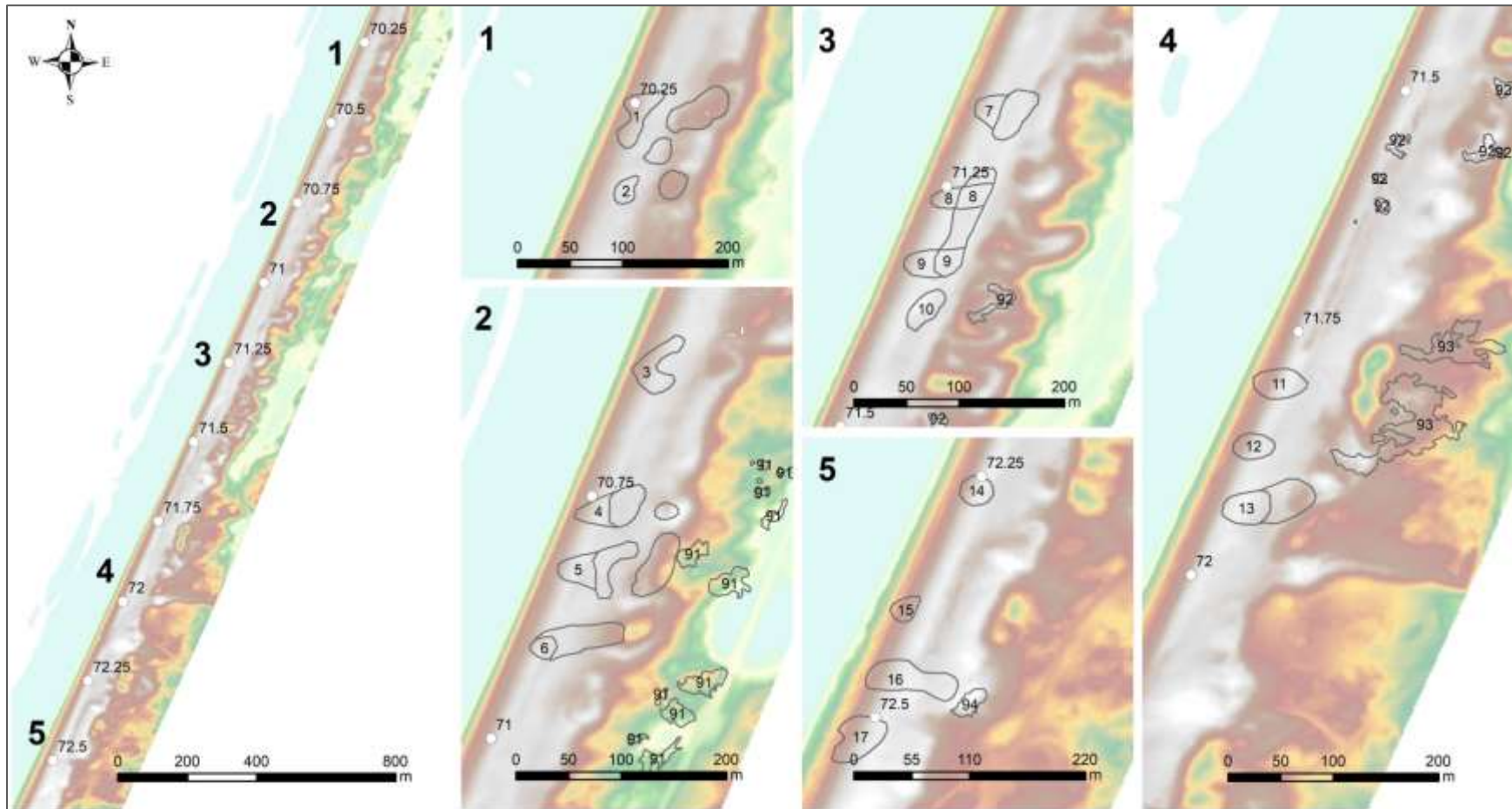
**waternet**





## BIJLAGE C. HOOGTELIKKING 2013 EN 2017





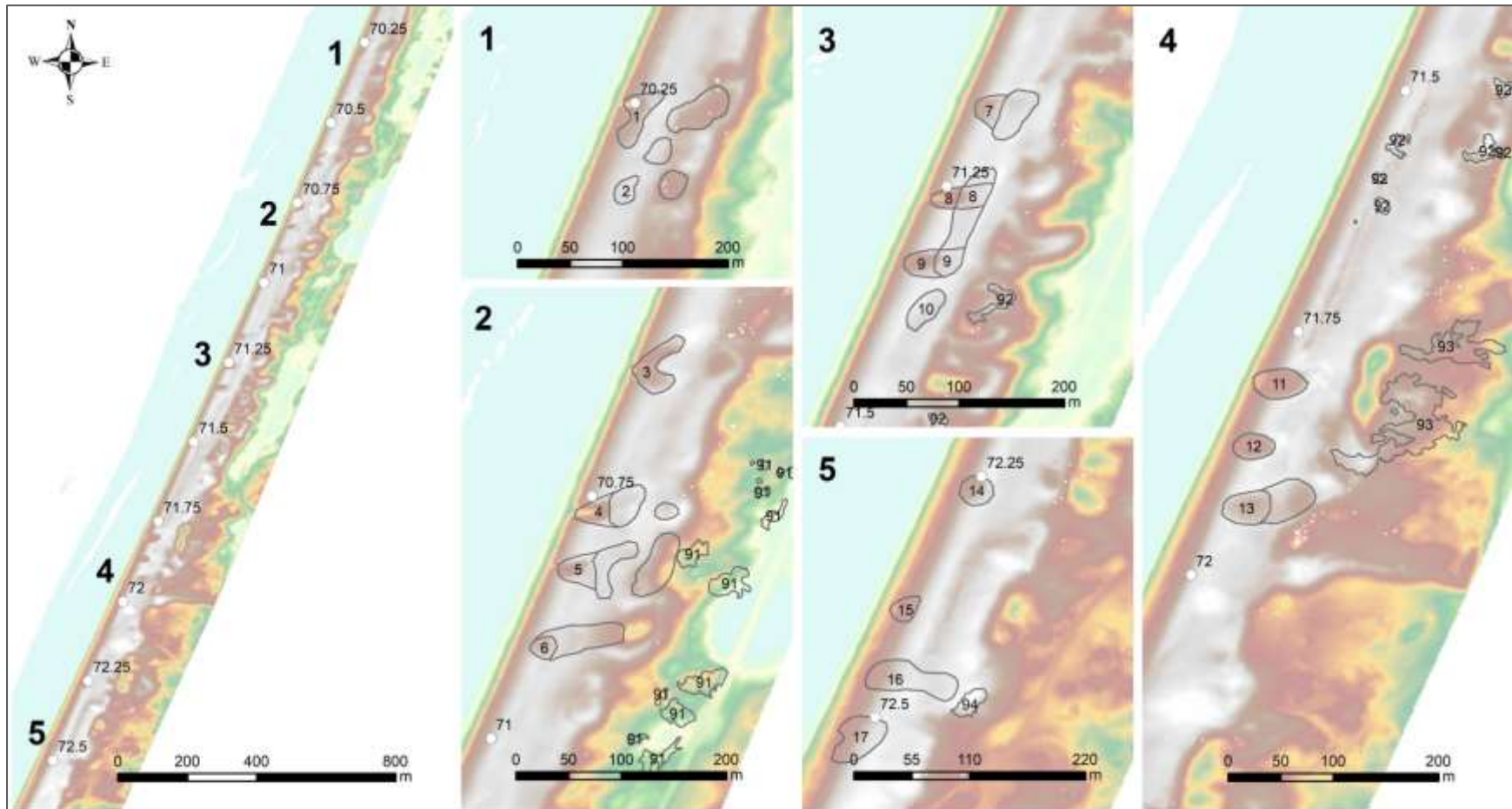
**Project Noordvoort - monitoring ontwikkeling geomorfologie  
Hoogteligging 2013**

**Legenda**

- Rijsstrandpalen
- High : 22
- Low : 3

Opdrachtgever: Waternet  
 Uitvoering: Bureau voor Strand- en  
 Duinonderzoek  
 Status: Definitief  
 Datum: 19 april 2018  
 Projectleiding: Maaïke Veer  
 Kartering: Bas Arens





**Project Noordvoort - monitoring ontwikkeling geomorfologie  
Hoogteligging 2017**

**Legenda**

- Rijsstrandpalen
- High : 22
- Low : 3

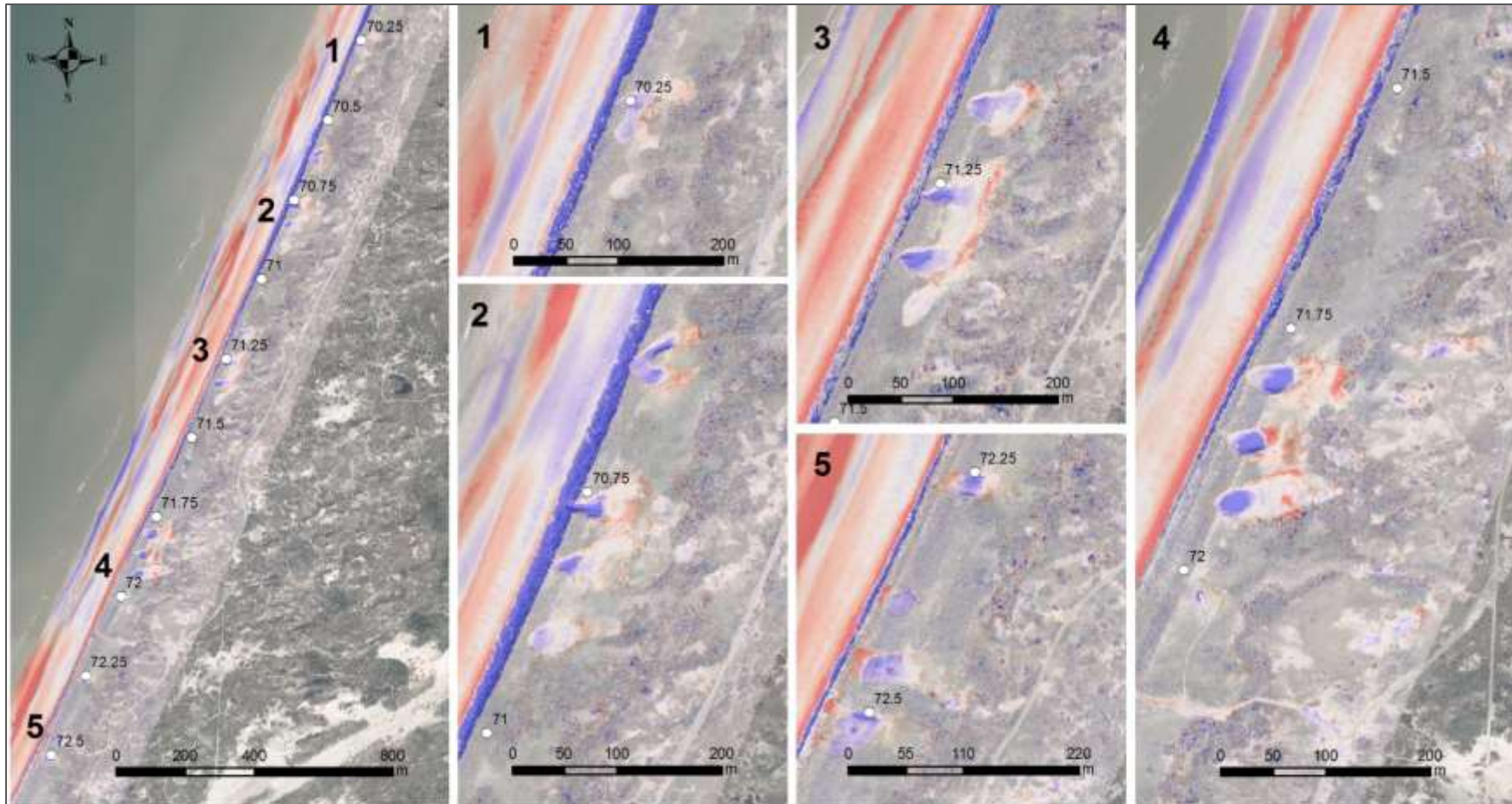
Opdrachtgever: Waternet  
 Uitvoering: Bureau voor Strand- en  
 Duinonderzoek  
 Status: Definitief  
 Datum: 19 april 2018  
 Projectleiding: Maaïke Veer  
 Kartering: Bas Arens







## BIJLAGE D. HOOGTEVERSCHILKAARTEN LASERALTIMETRIE



**Project Noordvoort - monitoring ontwikkeling geomorfologie  
Hoogteveranderingen 2014-2015**

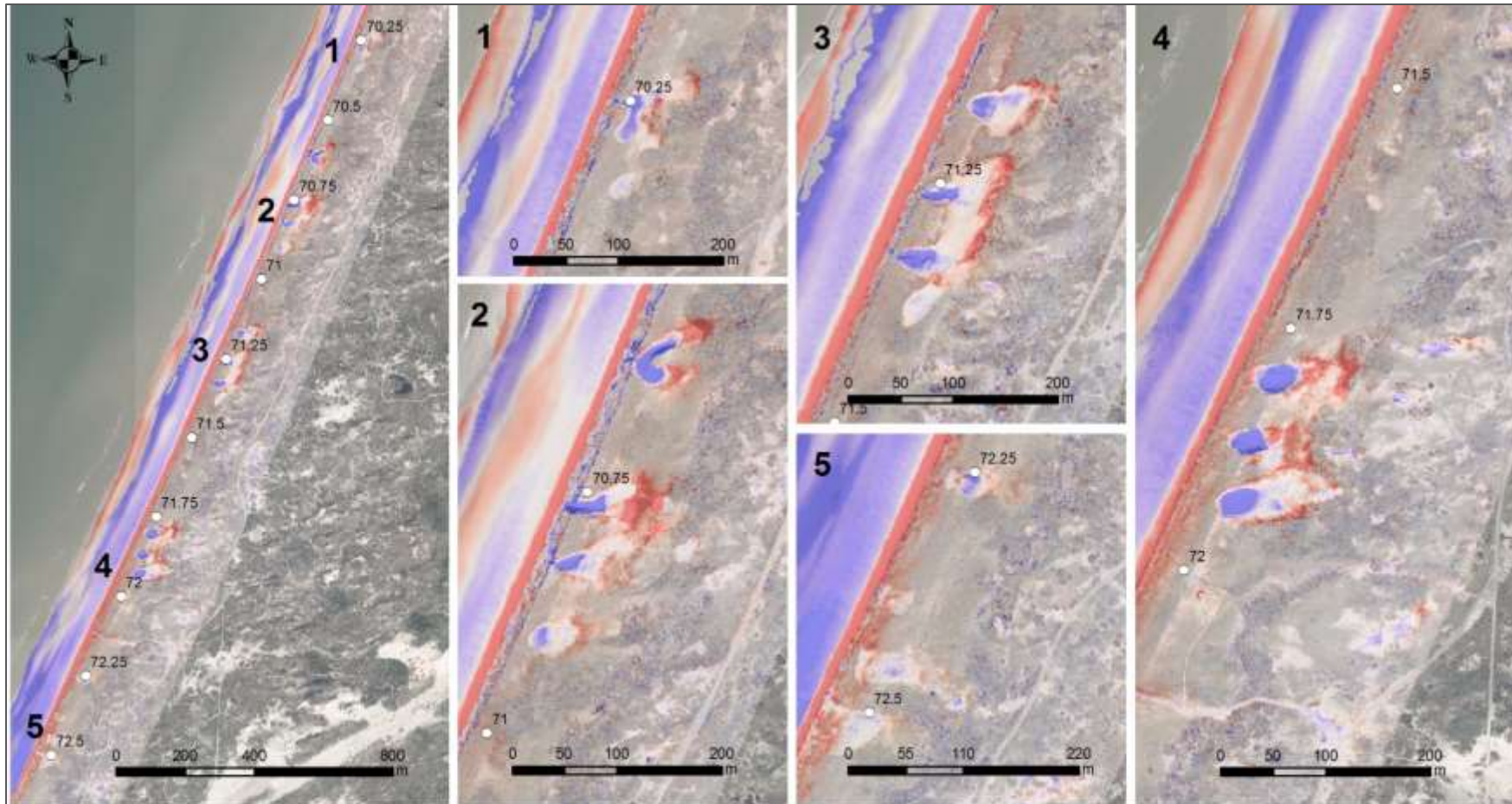
**Legenda**

- Rijksstrandpalen
- Depositie: 0.5m
- Erosie: -0.5m

Opdrachtgever: Watermet  
 Uitvoering: Bureau voor Strand- en  
 Duinonderzoek  
 Status: Definitief  
 Datum: 29 maart 2017  
 Projectleiding: Maaike Veer  
 Kartering: Bas Arens

**water**net





**Project Noordvoort - monitoring ontwikkeling geomorfologie  
Hoogteveranderingen 2015-2016**

**Legenda**

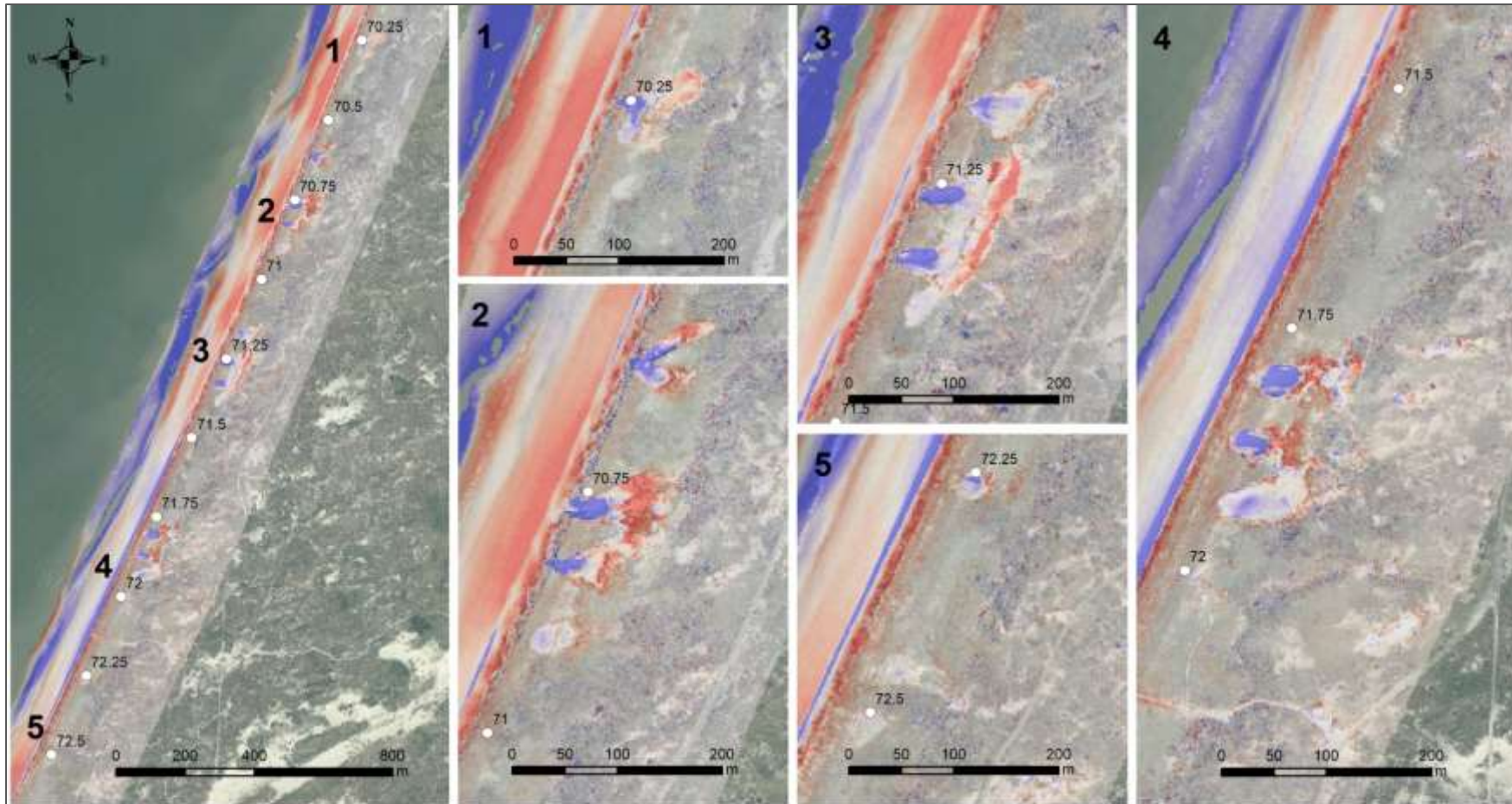
- Rijksstrandpalen
- Depositie: 0.5m
- Erosie: -0.5m

Opdrachtgever: Watermet  
 Uitvoering: Bureau voor Strand- en  
 Duinonderzoek  
 Status: Definitief  
 Datum: 29 maart 2017  
 Projectleiding: Maaike Veer  
 Kartering: Bas Arens

**water**net







**Project Noordvoort - monitoring ontwikkeling geomorfologie  
Hoogteveranderingen 2016-2017**

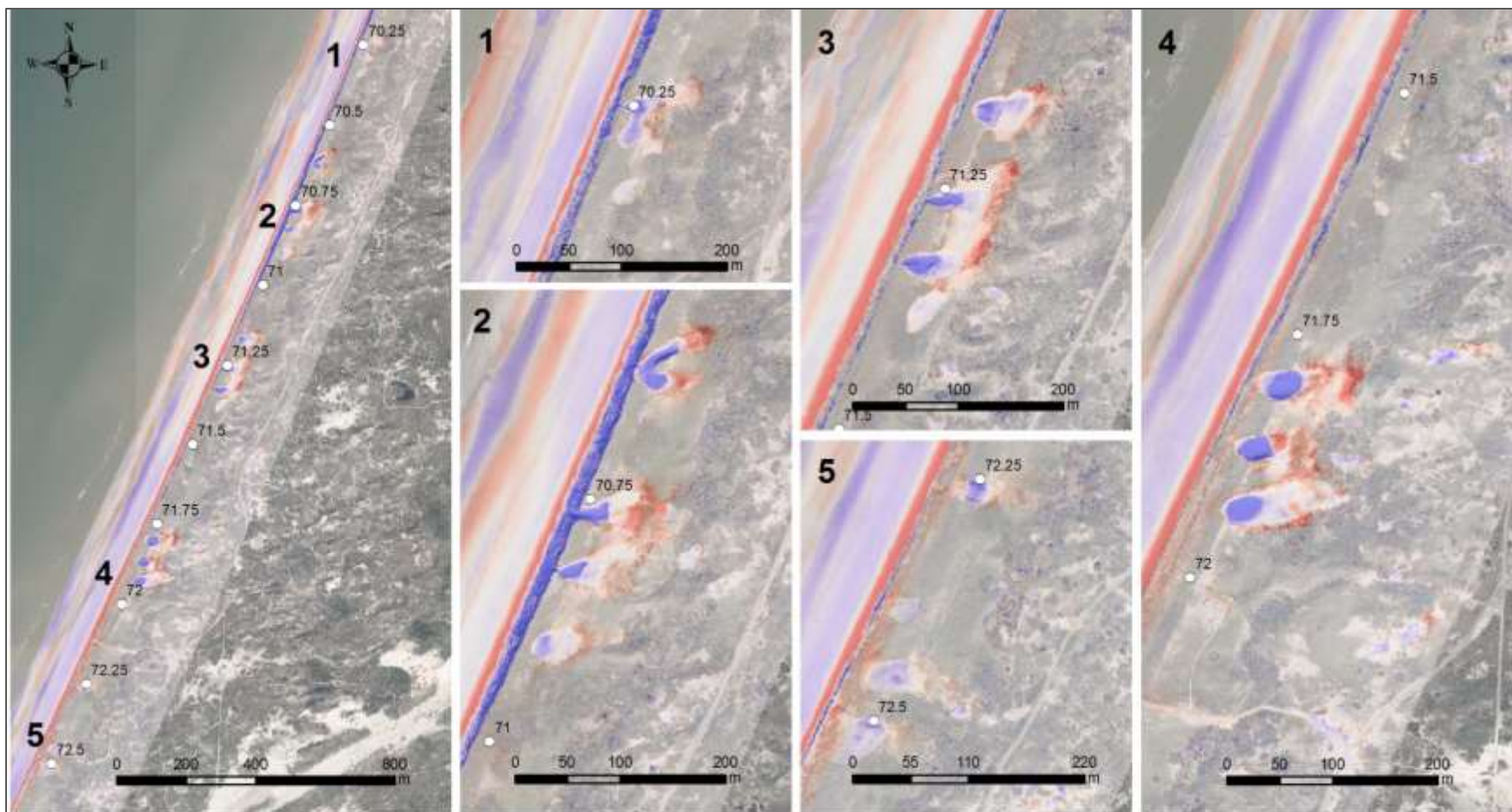
**Legenda**

- Rijksstrandpalen
- Depositie: 0.5m
- Erosie: -0.5m

Opdrachtgever: Waternet  
 Uitvoering: Bureau voor Strand- en  
 Duinonderzoek  
 Status: Definitief  
 Datum: 6 april 2018  
 Projectleiding: Maaike Veer  
 Kartering: Bas Arens

**water**net





**Project Noordvoort - monitoring ontwikkeling geomorfologie  
Hoogteveranderingen 2014-2016**

**Legenda**

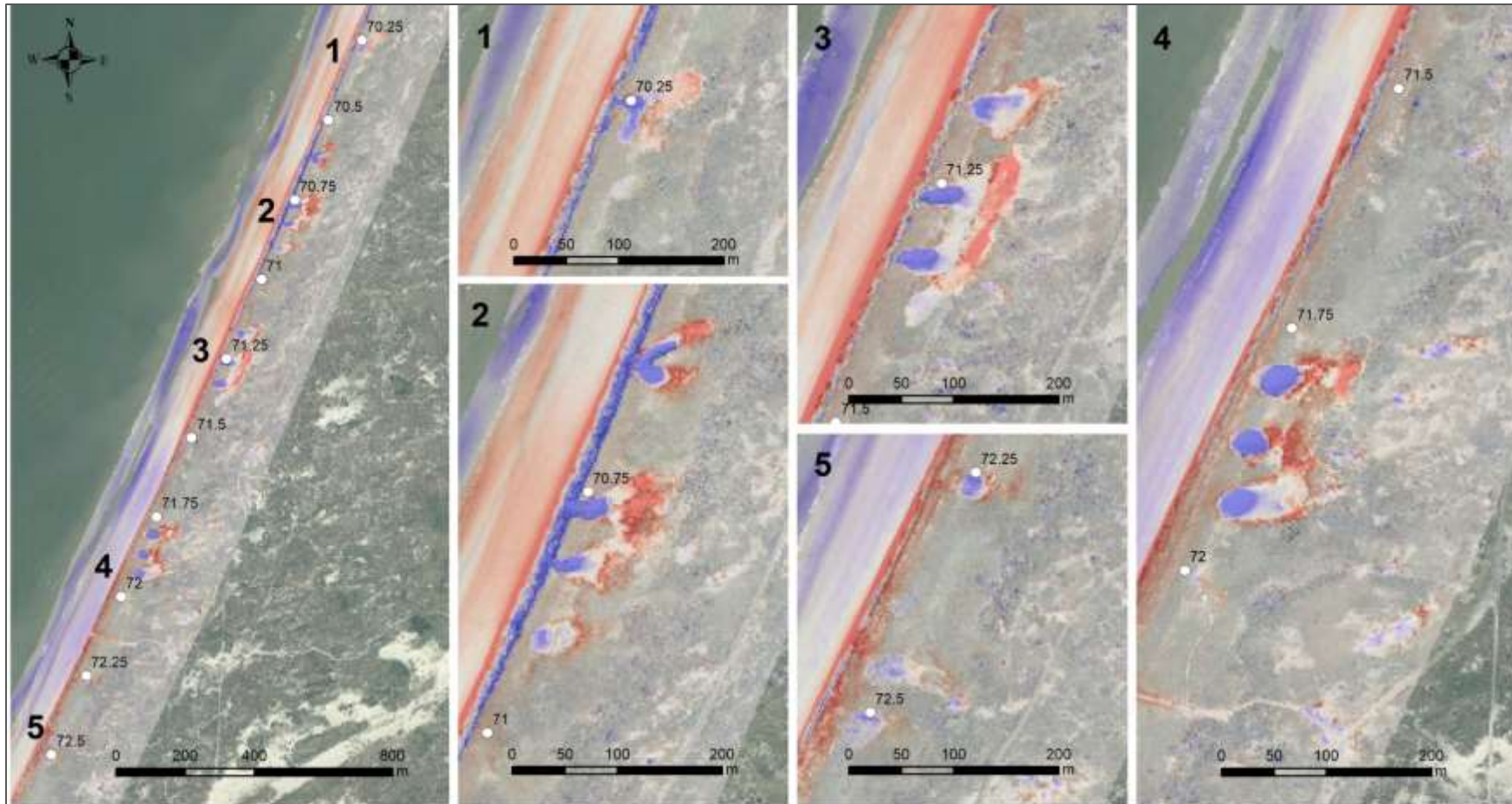
- Rijksstrandpalen
- Depositie: 1m
- Erosie: -1m

Opdrachtgever: Watermet  
 Uitvoering: Bureau voor Strand- en  
 Duinonderzoek  
 Status: Definitief  
 Datum: 29 maart 2017  
 Projectleiding: Maaike Veer  
 Kartering: Bas Arens

**water**net







**Project Noordvoort - monitoring ontwikkeling geomorfologie  
Hoogteveranderingen 2014-2017**

**Legenda**

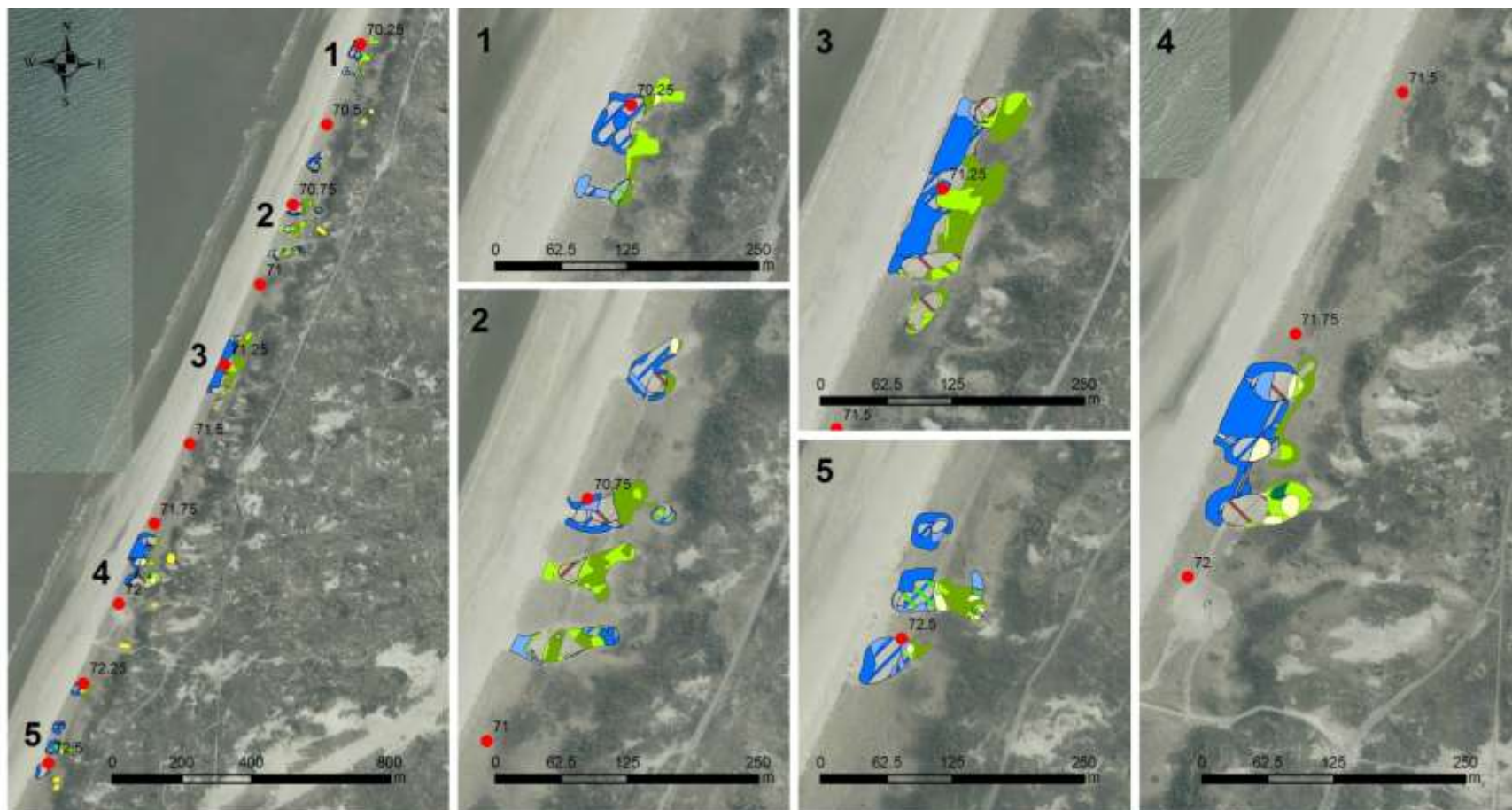
- Rijksstrandpalen
- Depositie: 1m
- Erosie: -1m

Opdrachtgever: Waternet  
 Uitvoering: Bureau voor Strand- en  
 Duinonderzoek  
 Status: Definitief  
 Datum: 6 april 2018  
 Projectleiding: Maaike Veer  
 Kartering: Bas Arens

**water**net



## BIJLAGE E. VELDKARTERING WORTELBEDEKKING



**Project Noordvoort - monitoring ontwikkeling geomorfologie  
Kartering bedekking 2013**

**Legenda**

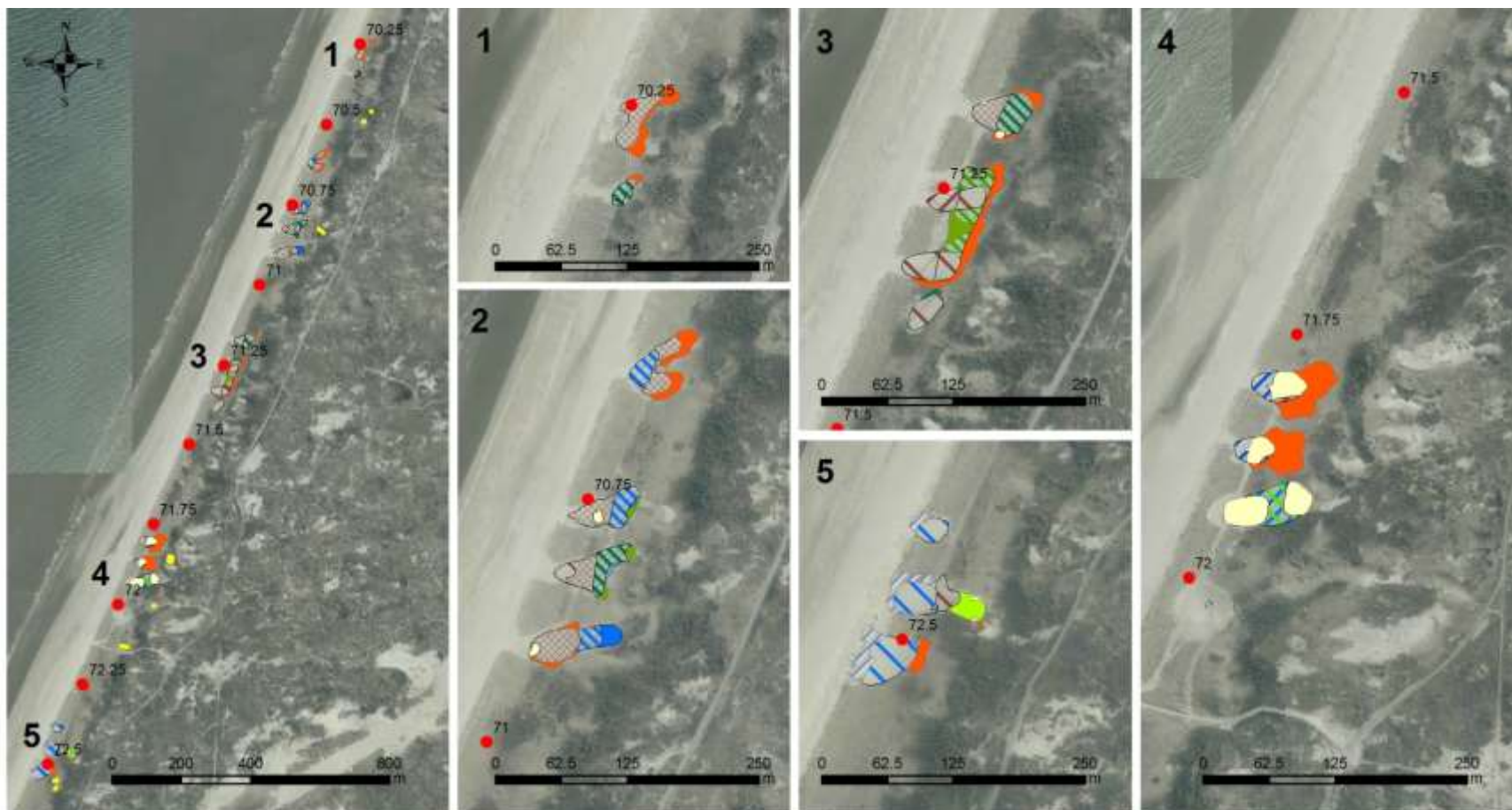
Rijkstrandpalen	kaal	dichte wortels	dichte wortels + ov	helm dauwbraam 15%	matige dauwbraam
<b>classificatie</b>	lichte wortels	dichte wortels + h	helmeortels 5%	matige helm	dichte dauwbraam
depot	matige wortels	dichte wortels + dd	helmeortels 5-10%	dichte helm	dicht begroeid ov
				overstulving	

Opdrachtgever: Watermet  
 Uitvoering: Bureau voor Strand- en  
 Duinonderzoek  
 Status: Definitief  
 Datum: 14 oktober 2014  
 Projectleiding: Maaike Veer  
 Kartering: Bas Arens & Tessa Neijmeijer

**water**net







**Project Noordvoort - monitoring ontwikkeling geomorfologie  
Kartering bedekking 2014**

**Legenda**

● Rijkstrandpalen	■ kaal	▨ dichte wortels + h	▨ helmwortels 5-10%	■ matige dauwbraam
■ bunkers	▨ lichte wortels	▨ dichte wortels + dd	▨ helm dauwbraam 15%	■ dichte dauwbraam
classificatie	▨ matige wortels	▨ dichte wortels + ov	■ matige helm	■ dicht begroeid ov
▨ depot	▨ dichte wortels	▨ helmwortels 5%	■ dichte helm	■ overstuiving

Opdrachtgever: Watermet  
 Uitvoering: Bureau voor Strand- en  
 Duinonderzoek  
 Status: Definitief  
 Datum: 14 oktober 2014  
 Projectleiding: Maake Veer  
 Kartering: Bas Arens & Tessa Neijmeijer

waternet





**Project Noordvoort - monitoring ontwikkeling geomorfologie  
Kartering bedekking 2015**

**Legenda**

Rijkstrandpalen	kaal	dichte wortels	dichte wortels + ov	matige helm	dichte dauwbraam
Bunkers	lichte wortels	dichte wortels + h	helmwortels 5%	dichte helm	licht begroeid ov
<b>classificatie</b>	lichte wortels + db	dichte wortels + db	helmwortels 5-10%	lichte dauwbraam	dicht begroeid ov
puin	matige wortels	dichte wortels + dd	helm dauwbraam 10%	matige dauwbraam	overstulping
depot					

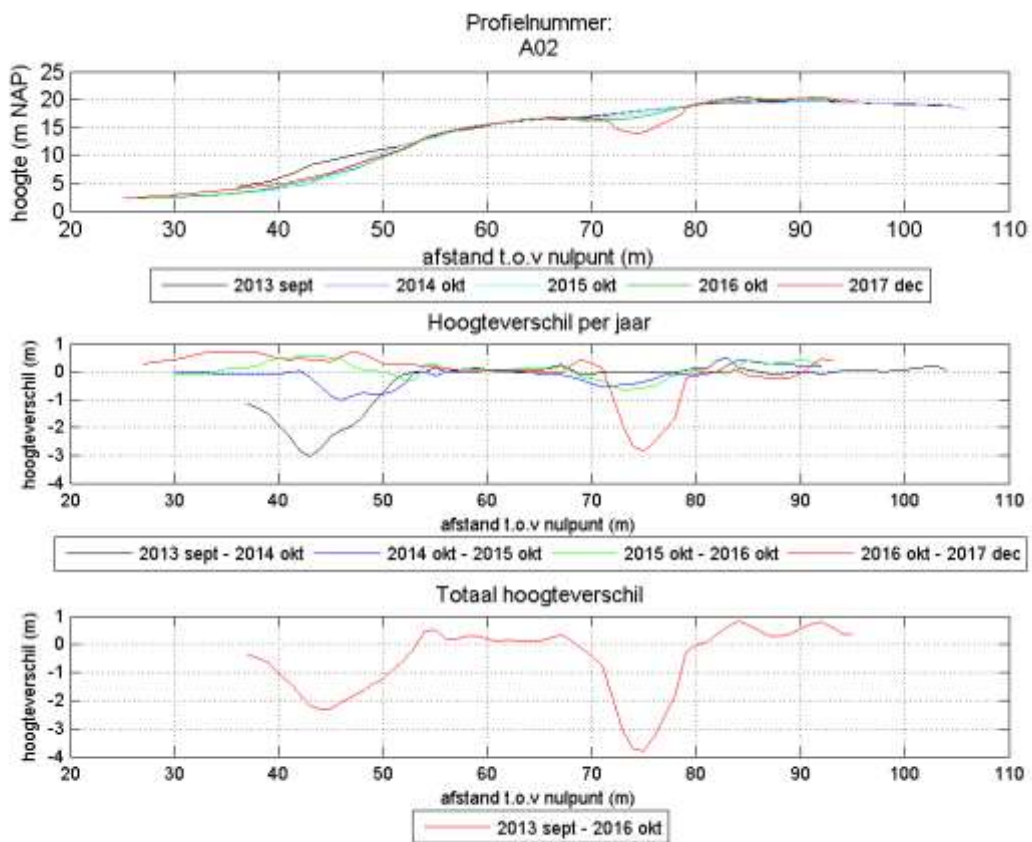
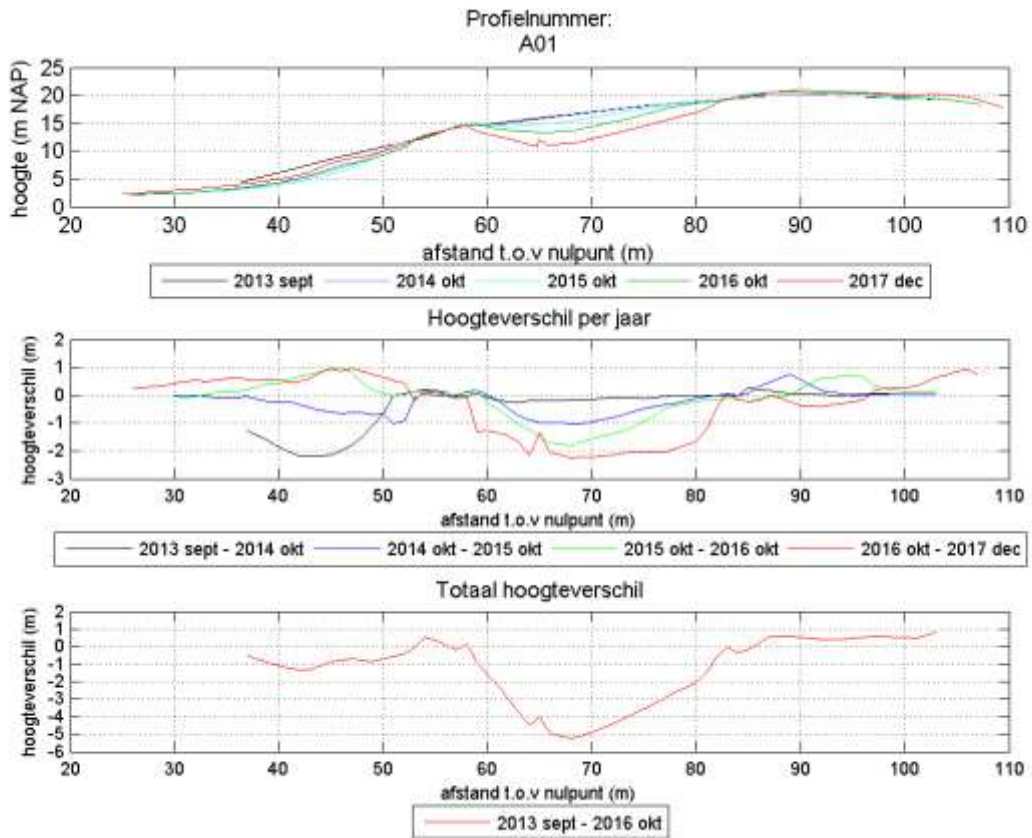
Opdrachtgever: Waternet  
 Uitvoering: Bureau voor Strand- en  
 Duinonderzoek  
 Status: Definitief  
 Datum: 18 april 2016  
 Projectleiding: Maaike Veer  
 Kartering: Bas Arens & Tessa Neijmeijer

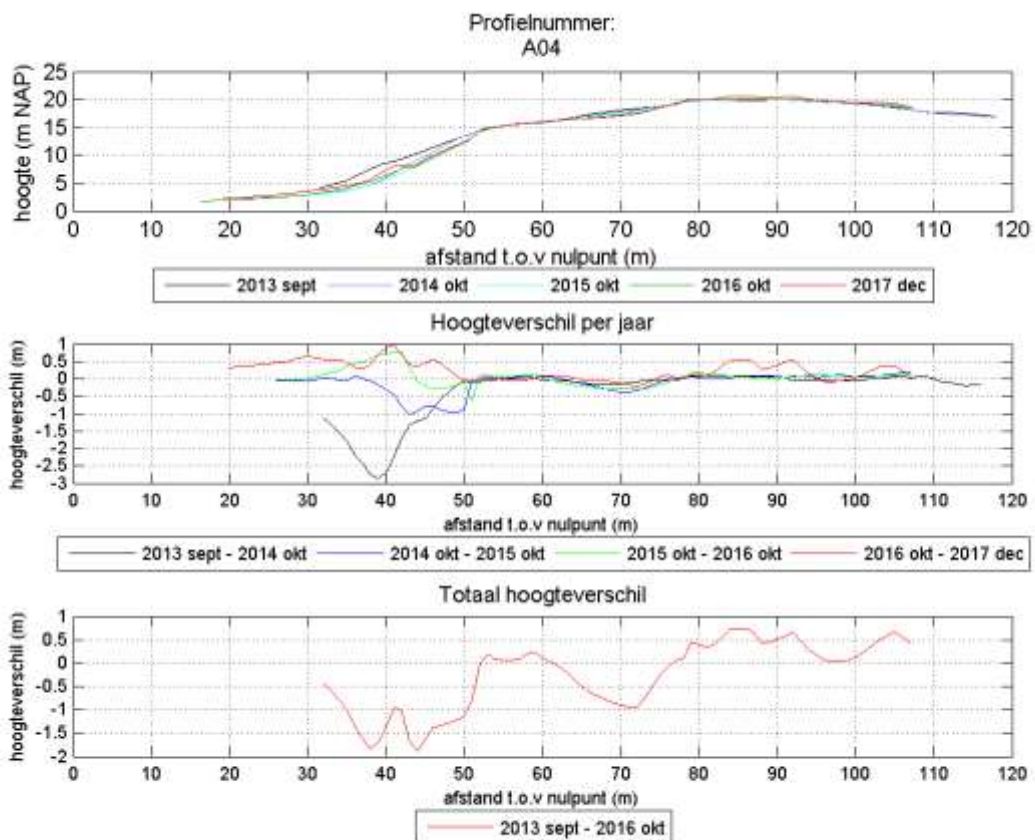
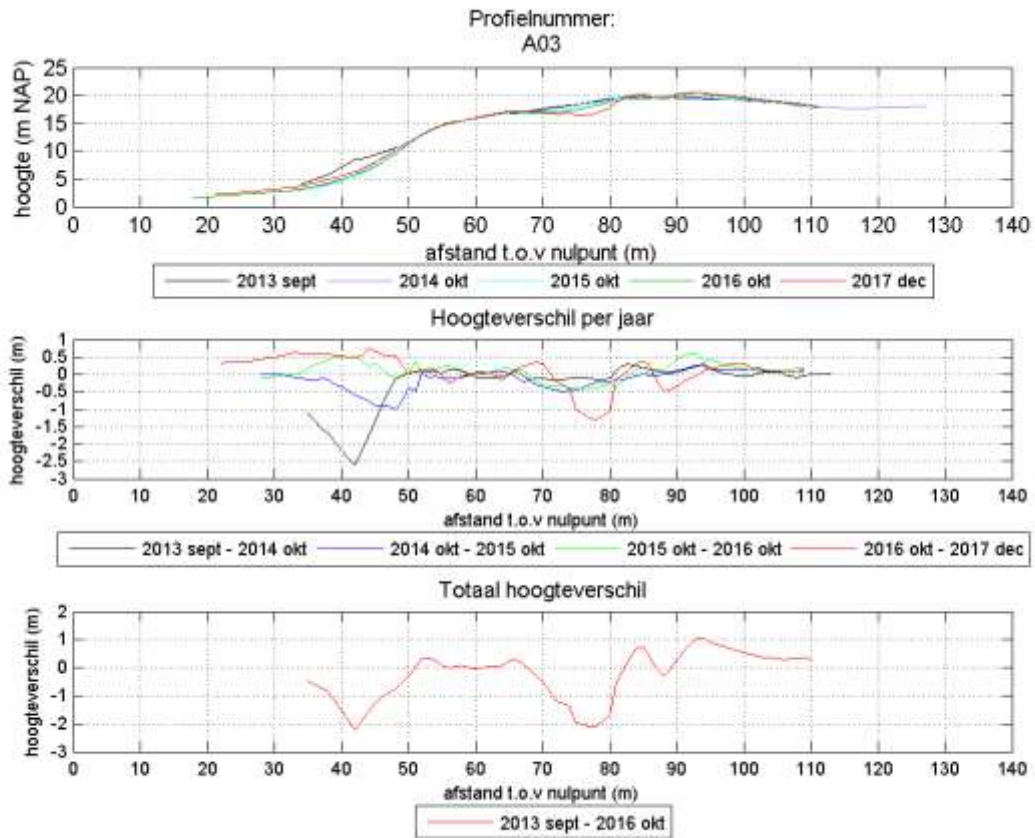
waternet





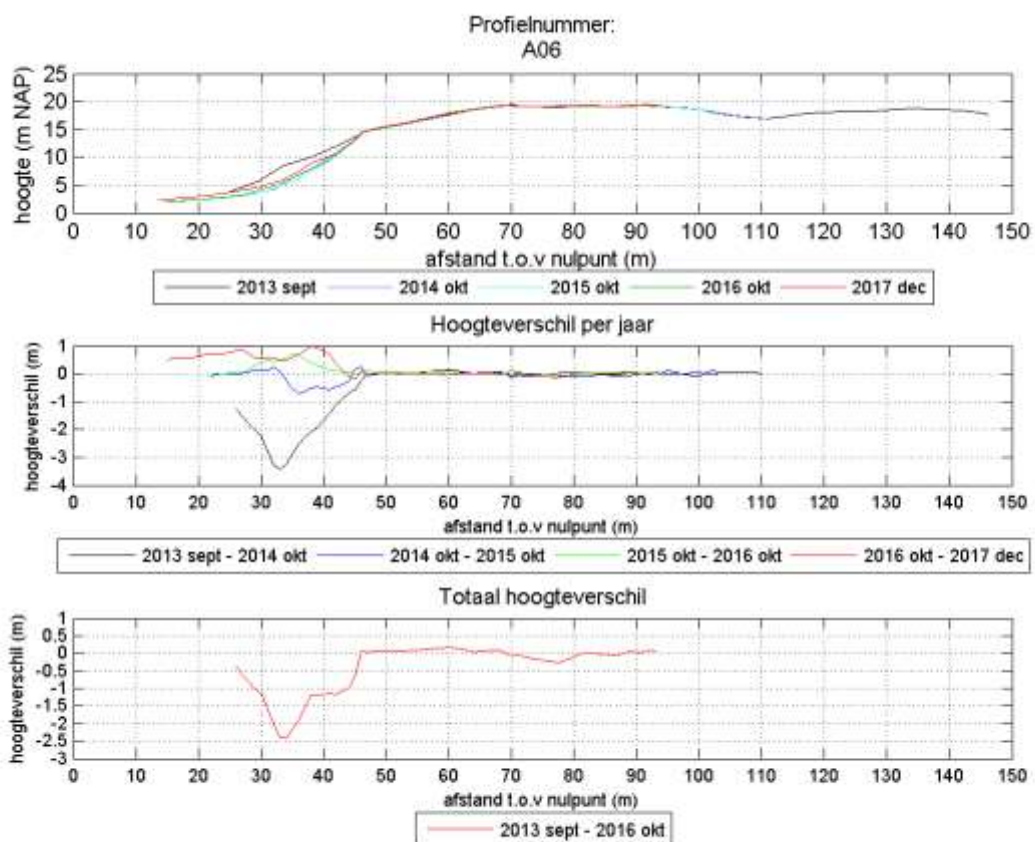
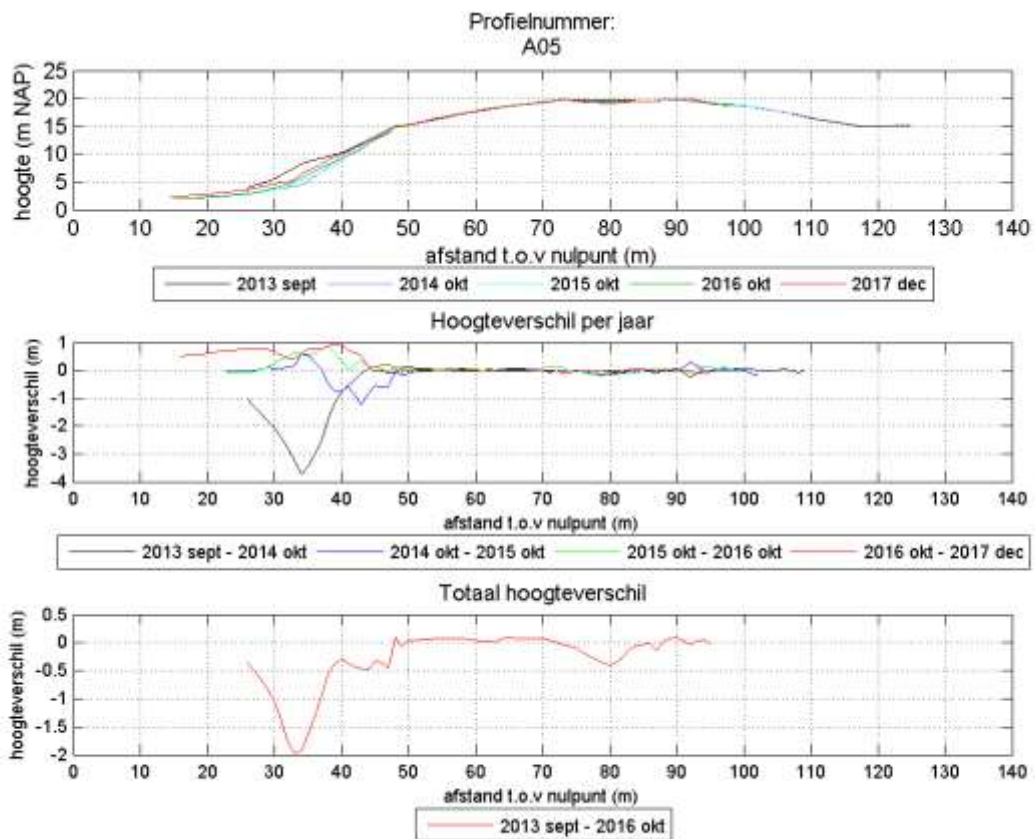




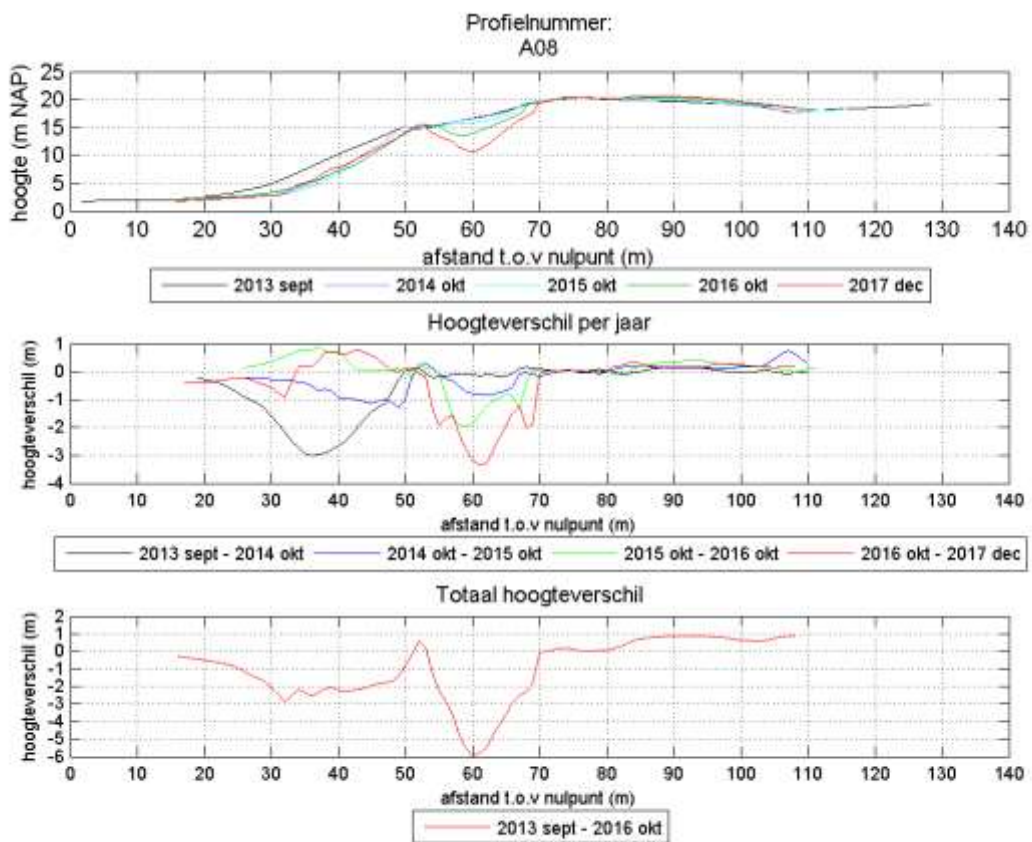
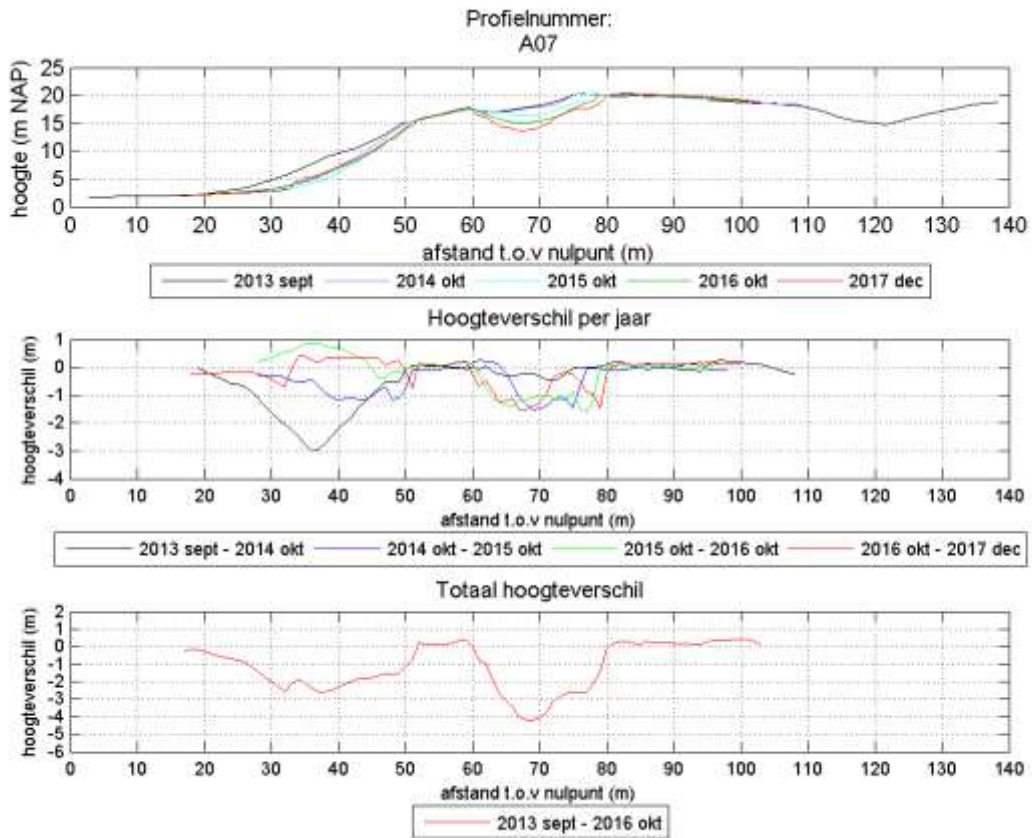


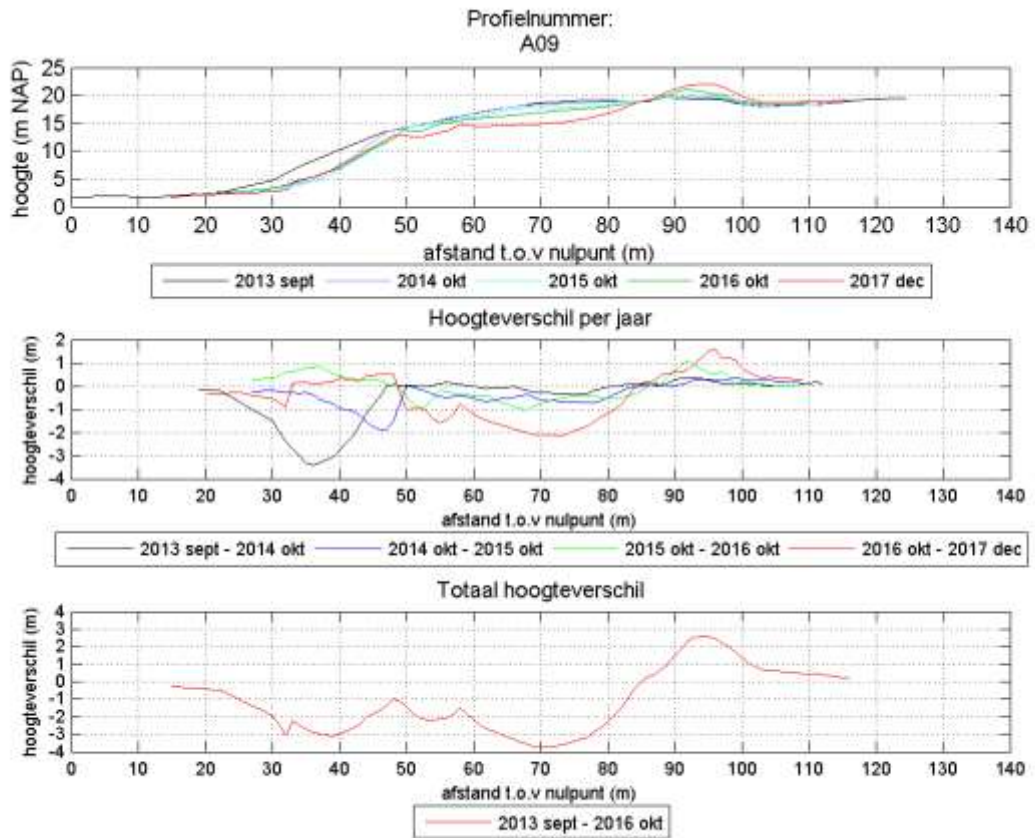
## Kuil 1





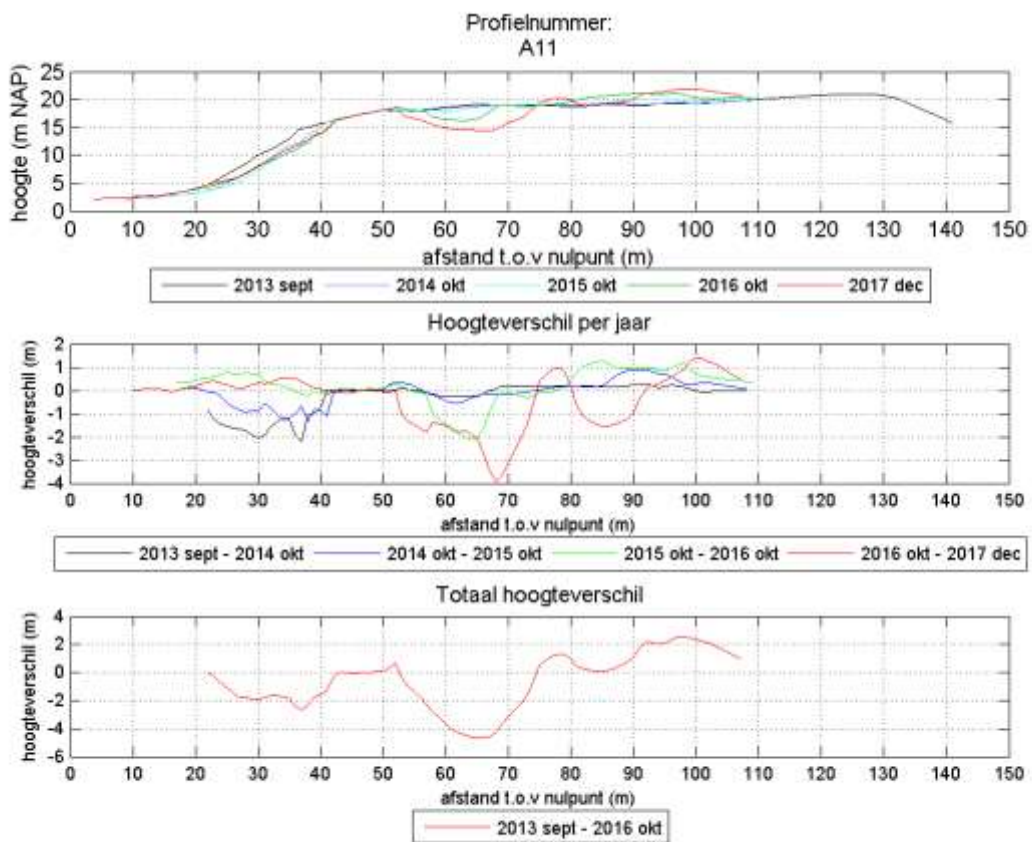
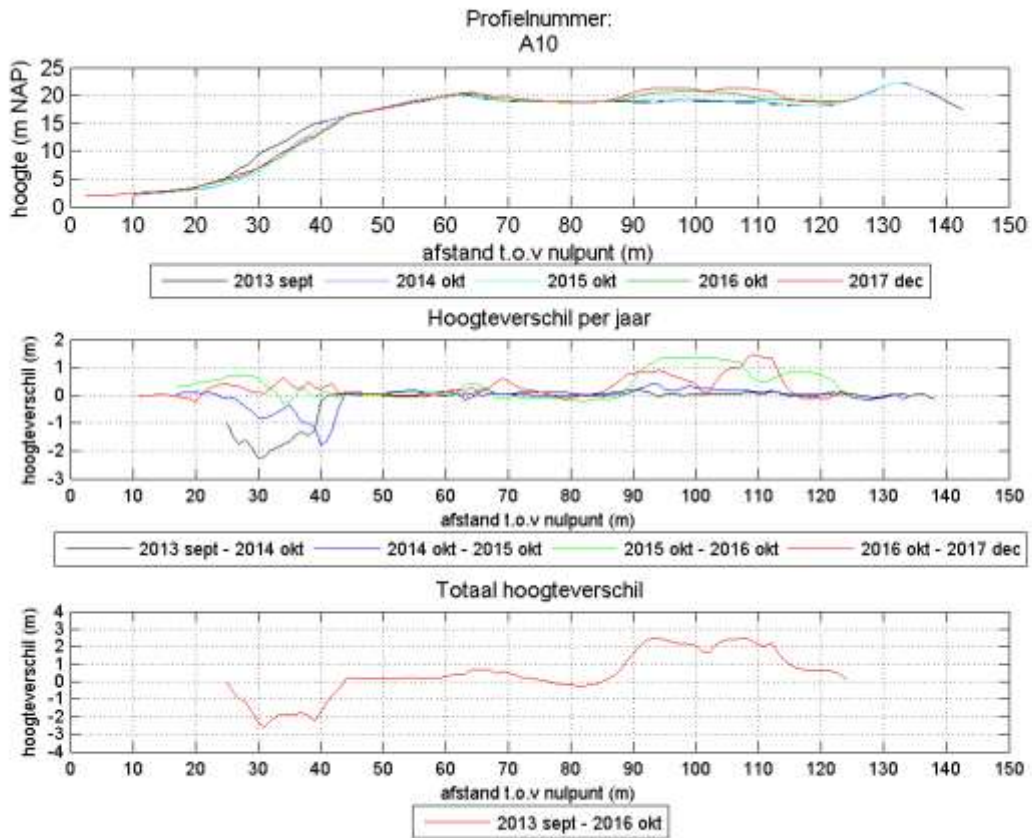
## Kuil 2

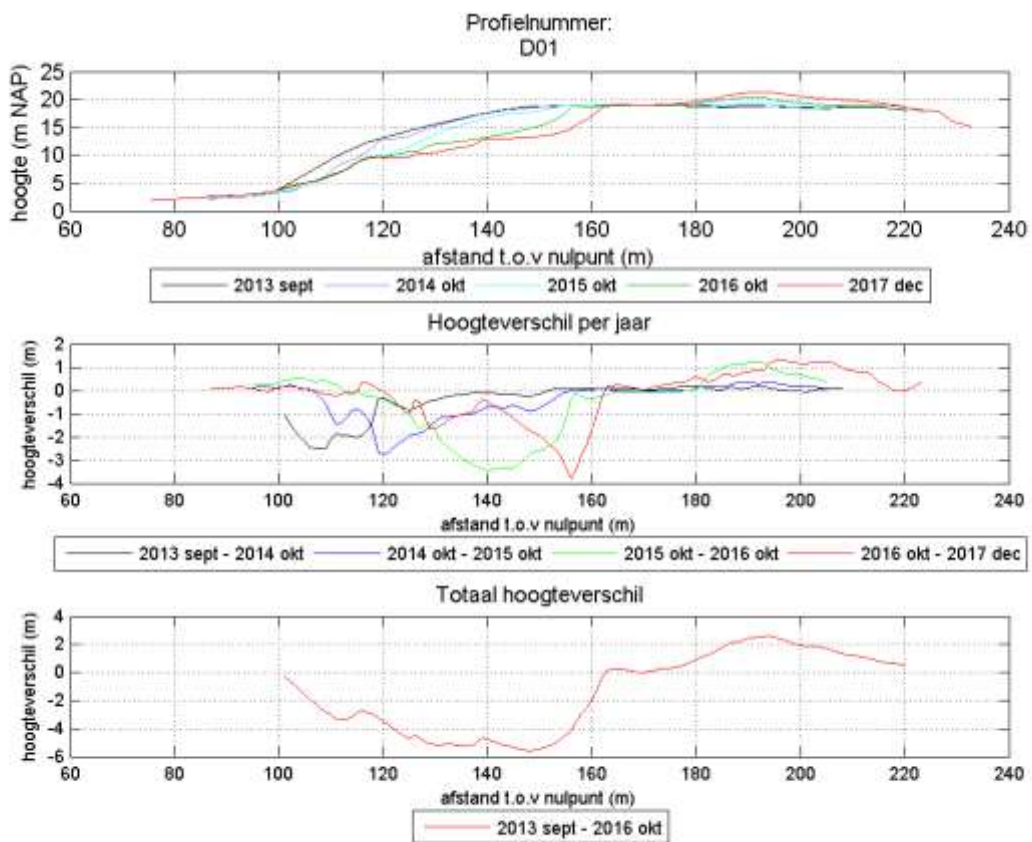
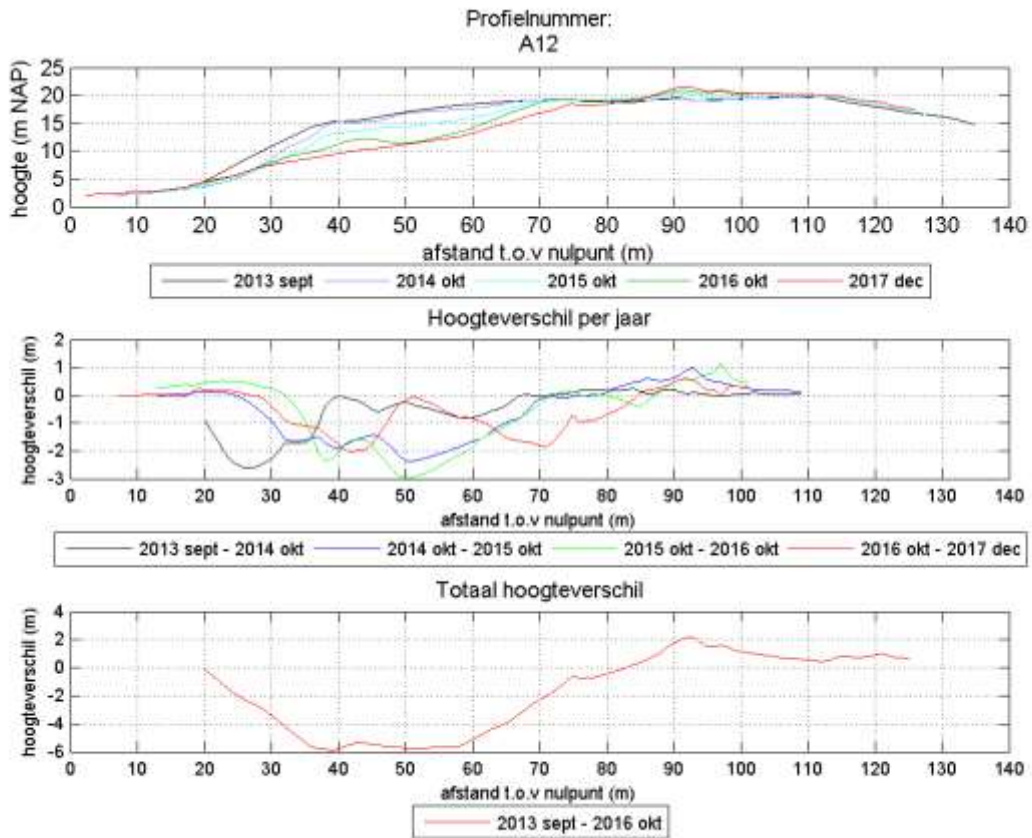




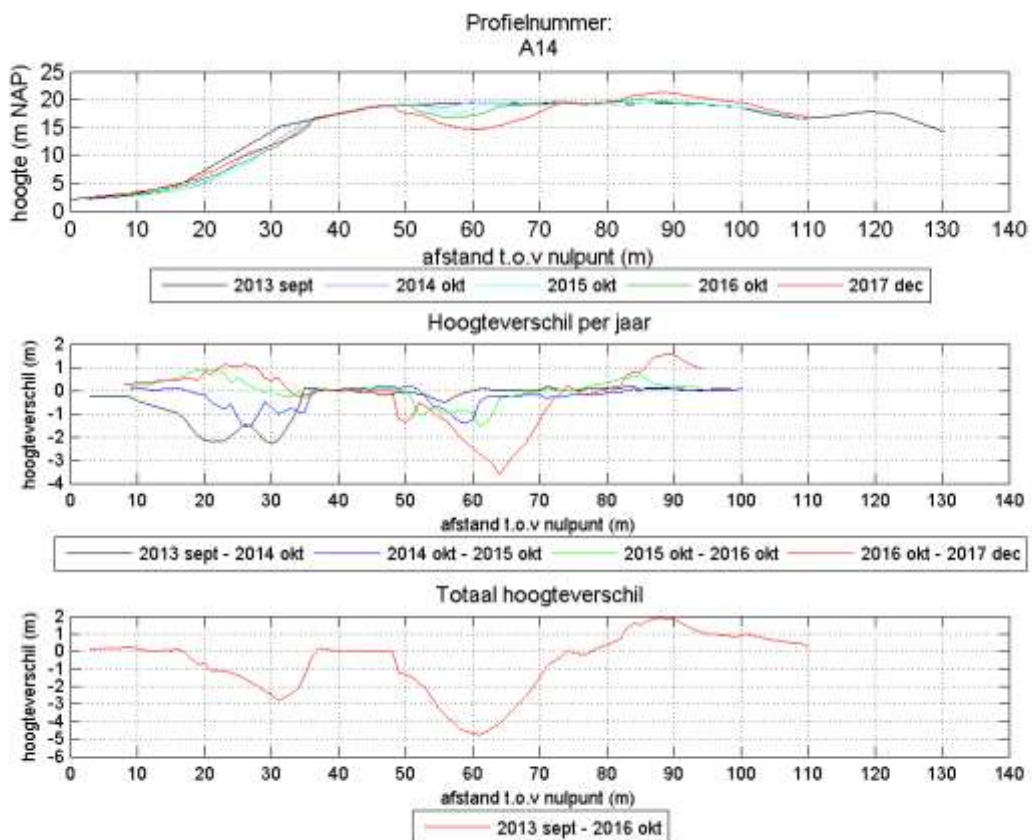
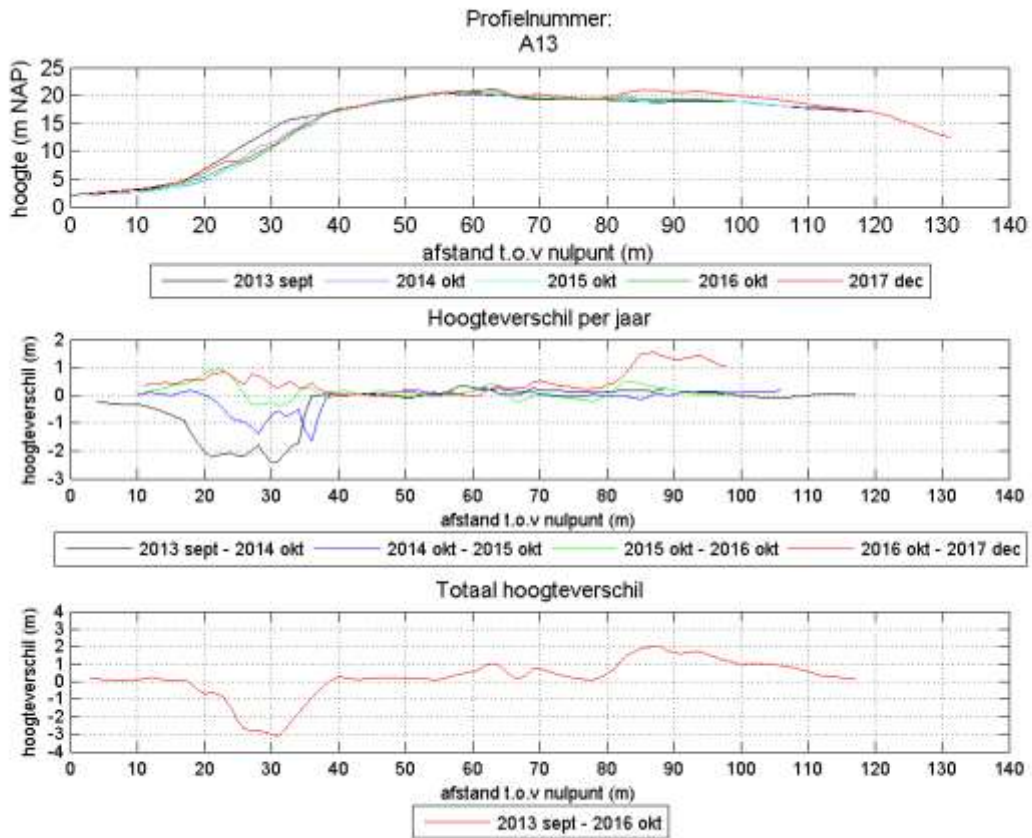
### Kuil 3



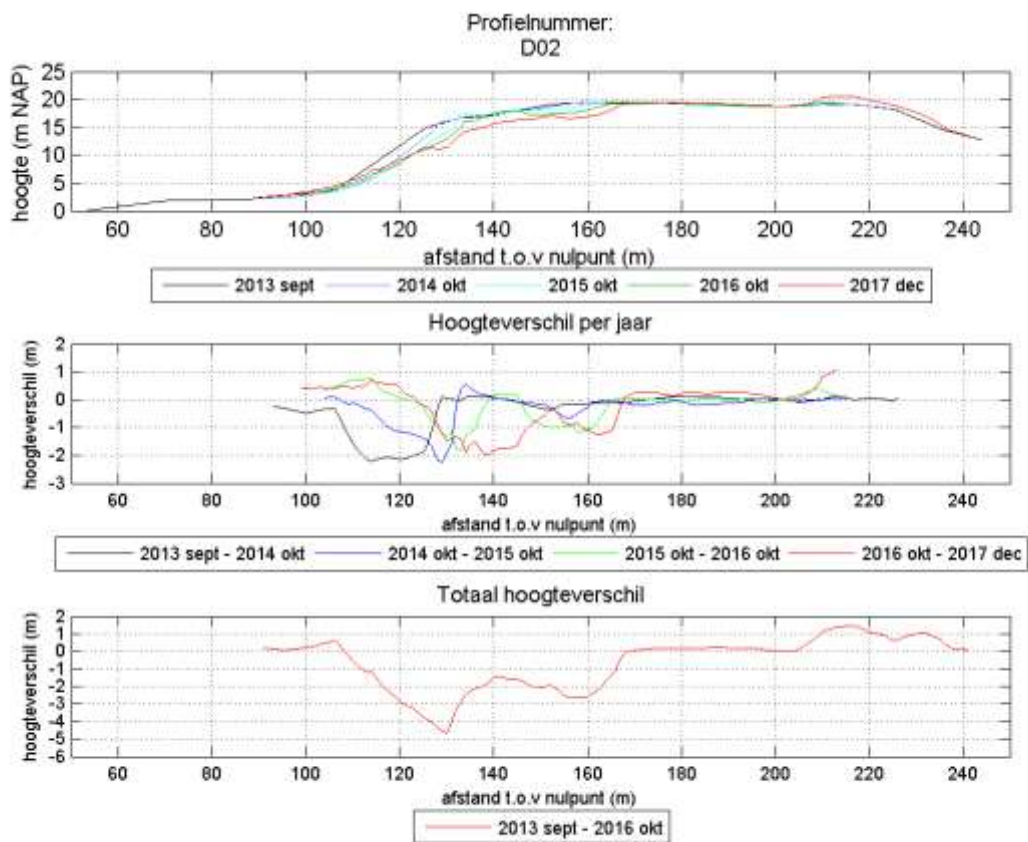
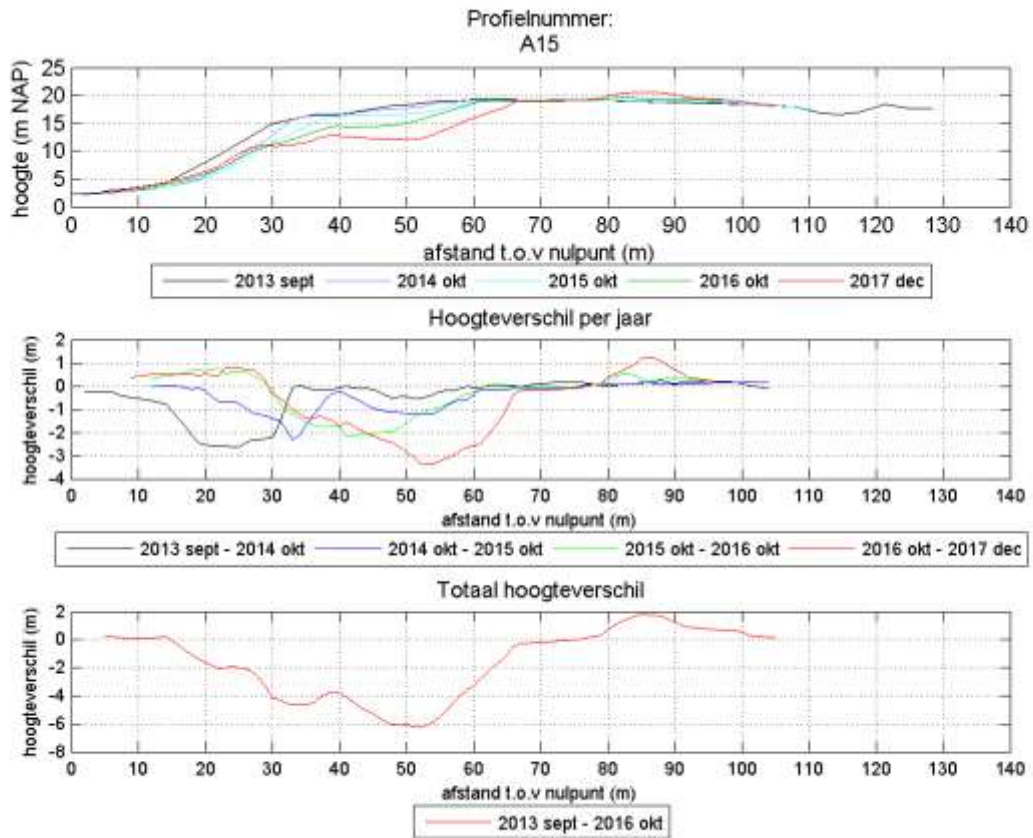




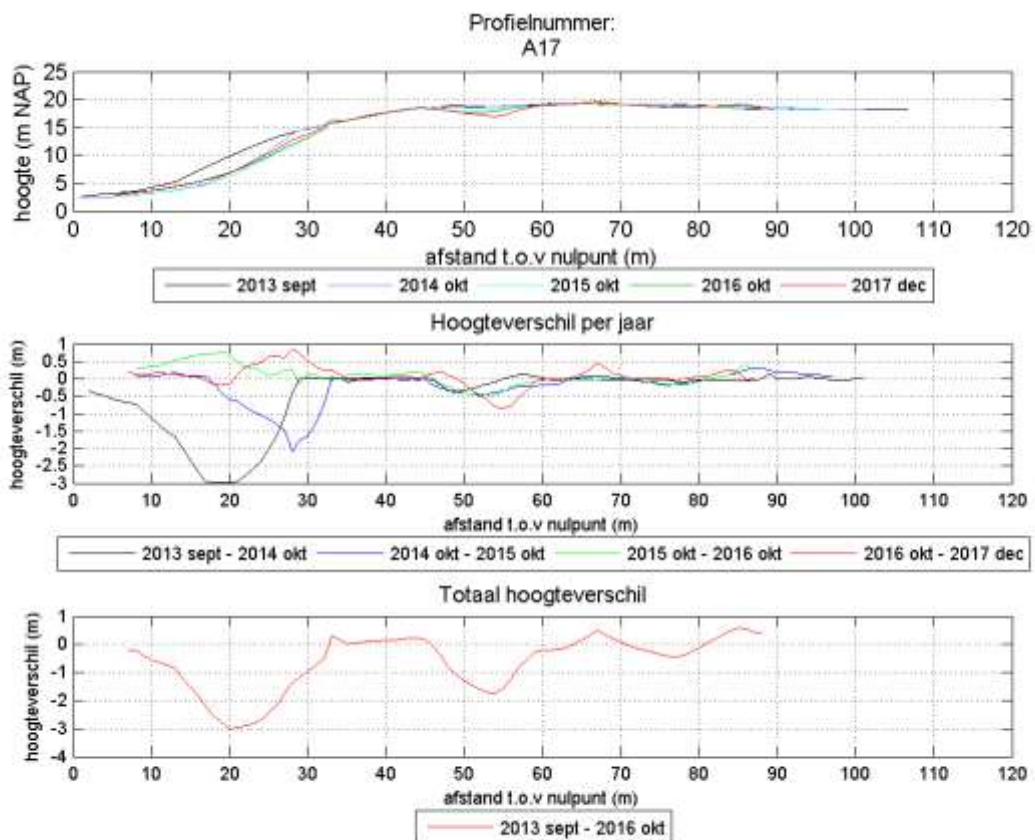
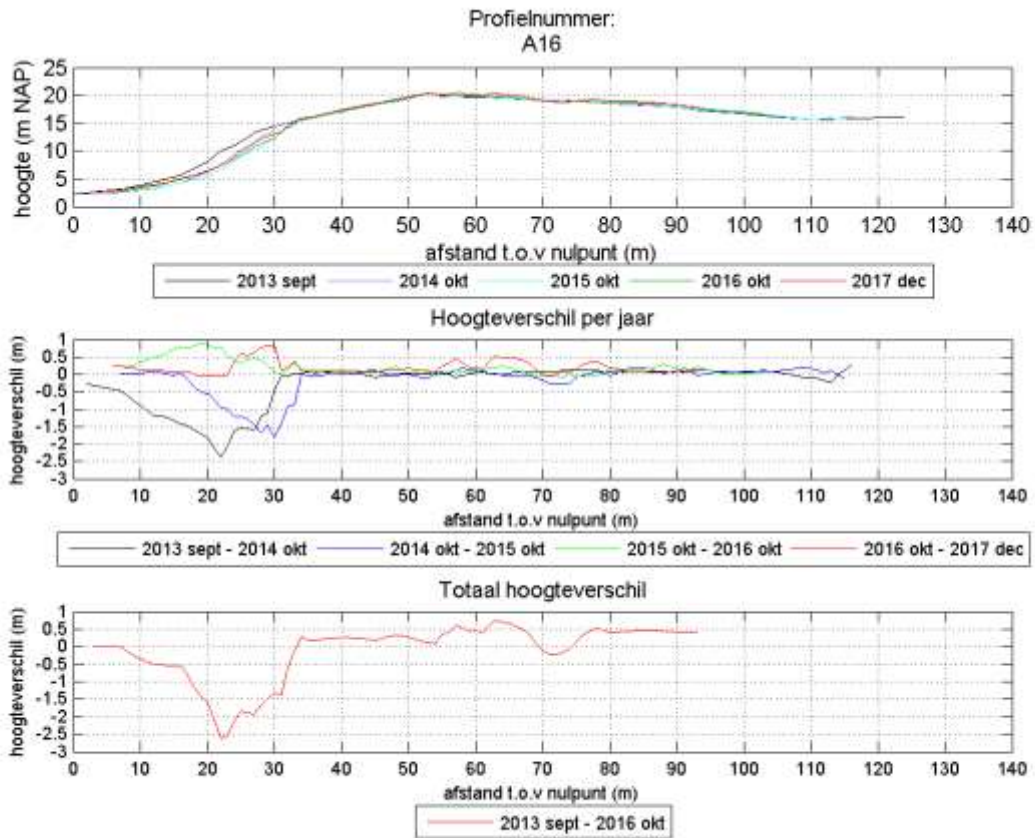
## Kuil 4

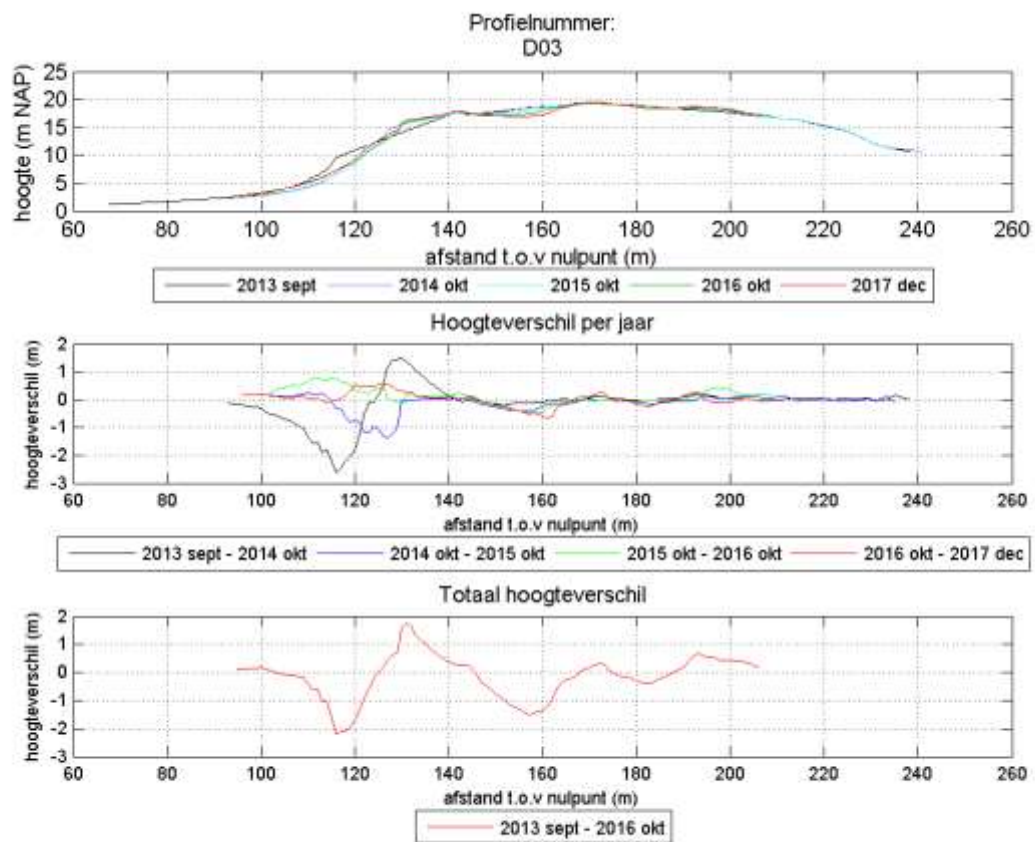
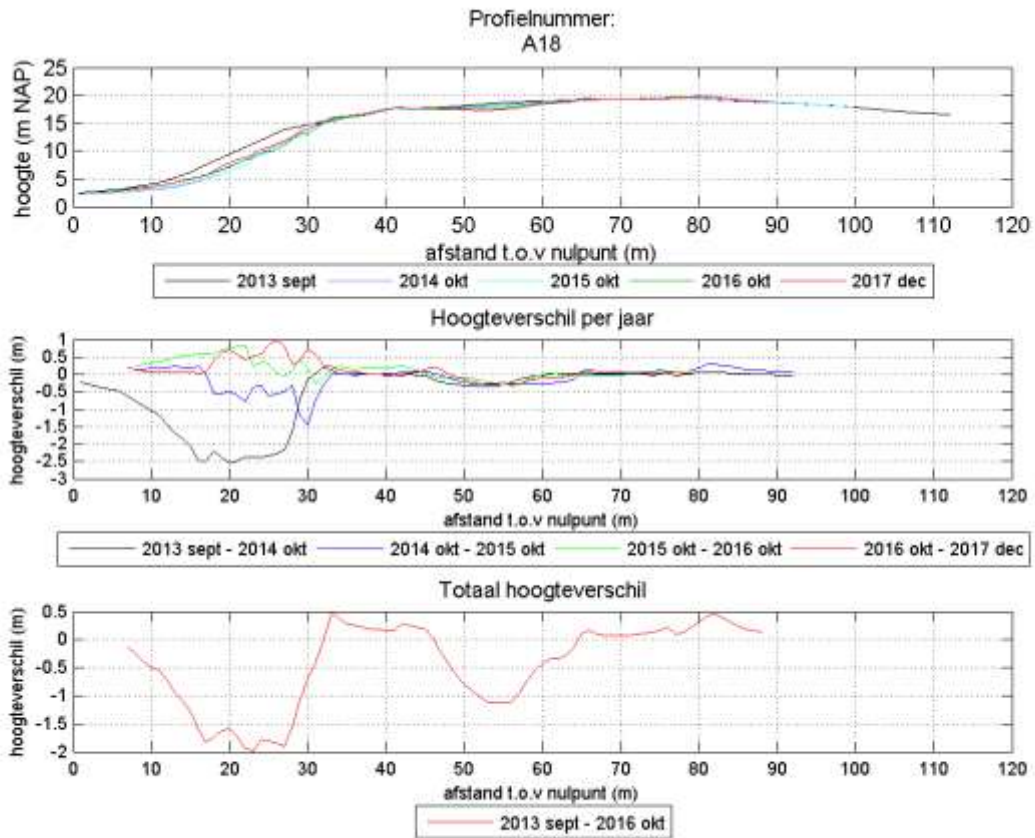






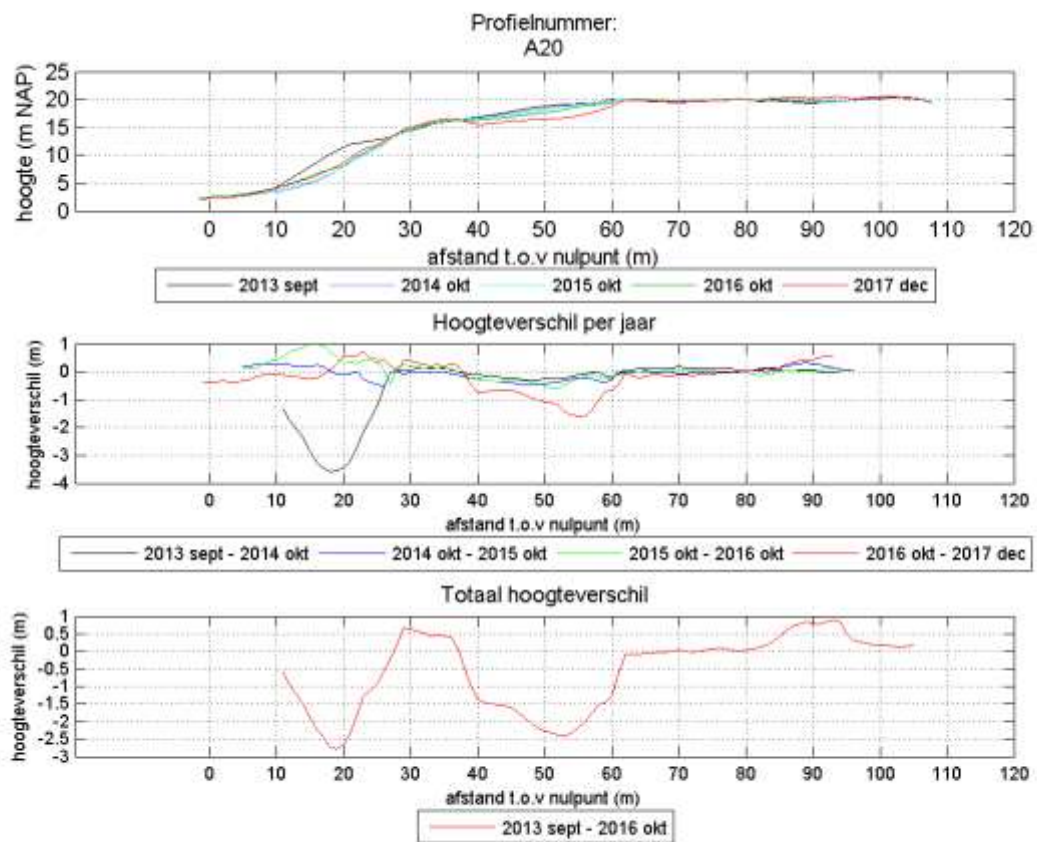
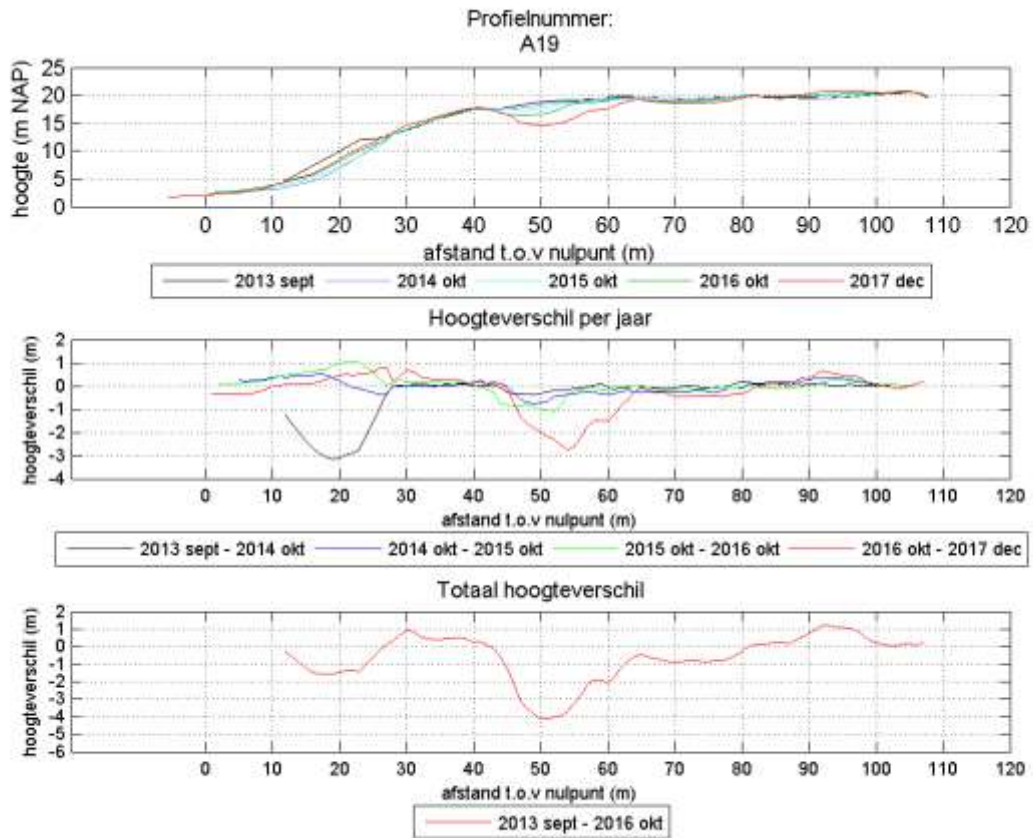
## Kuil 5



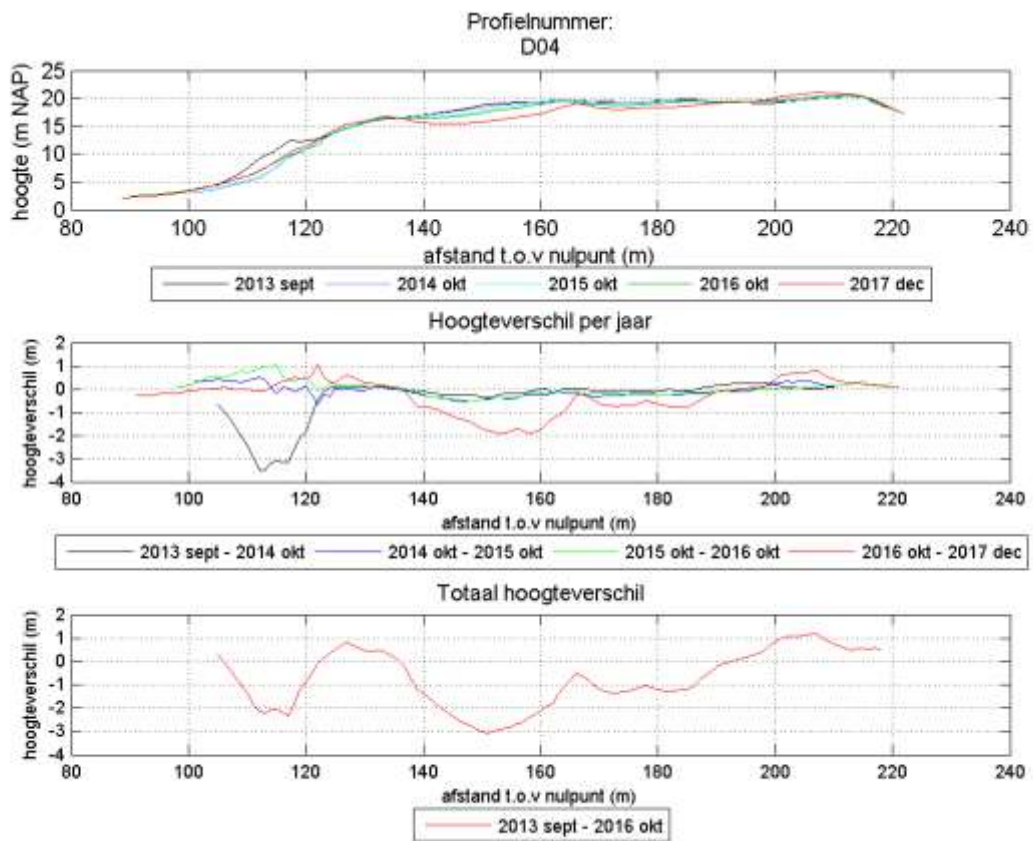


## Kuil 6

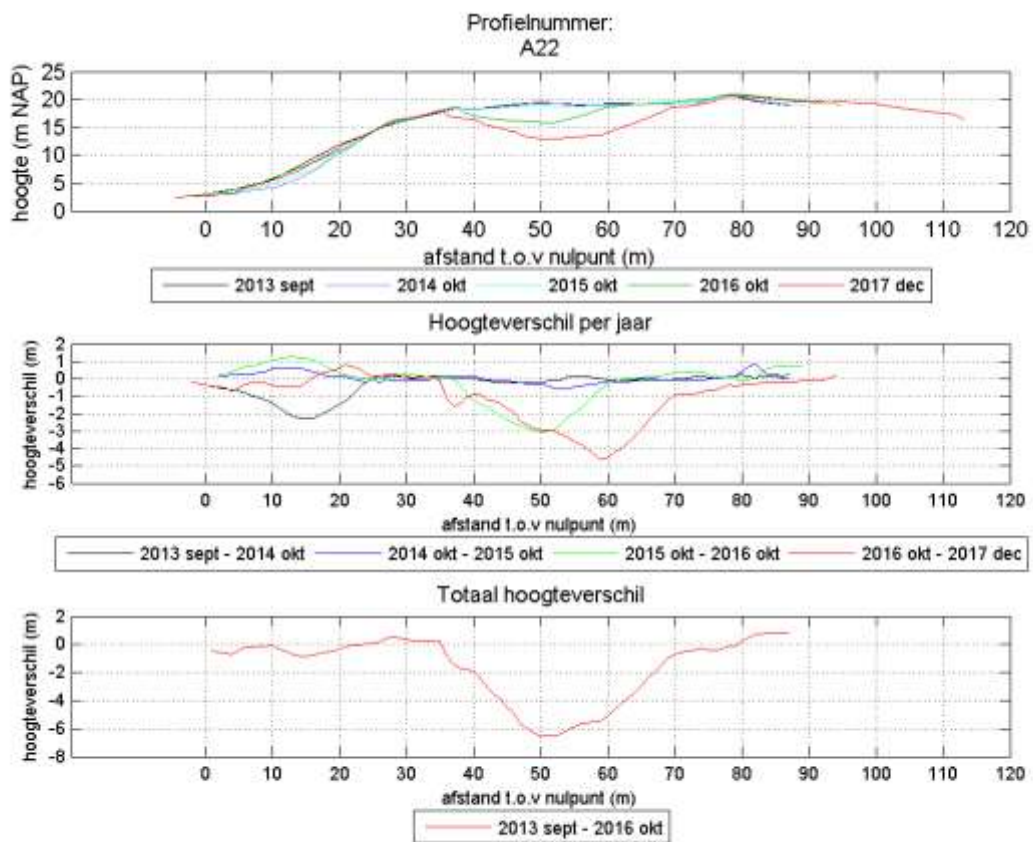
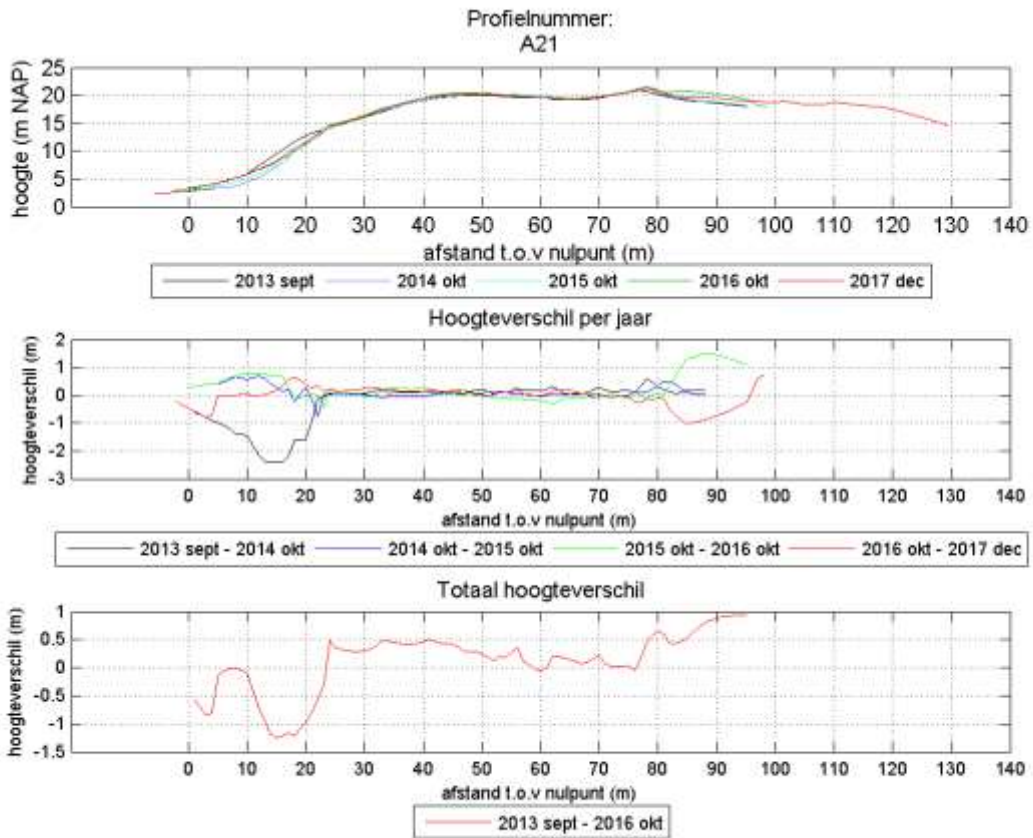


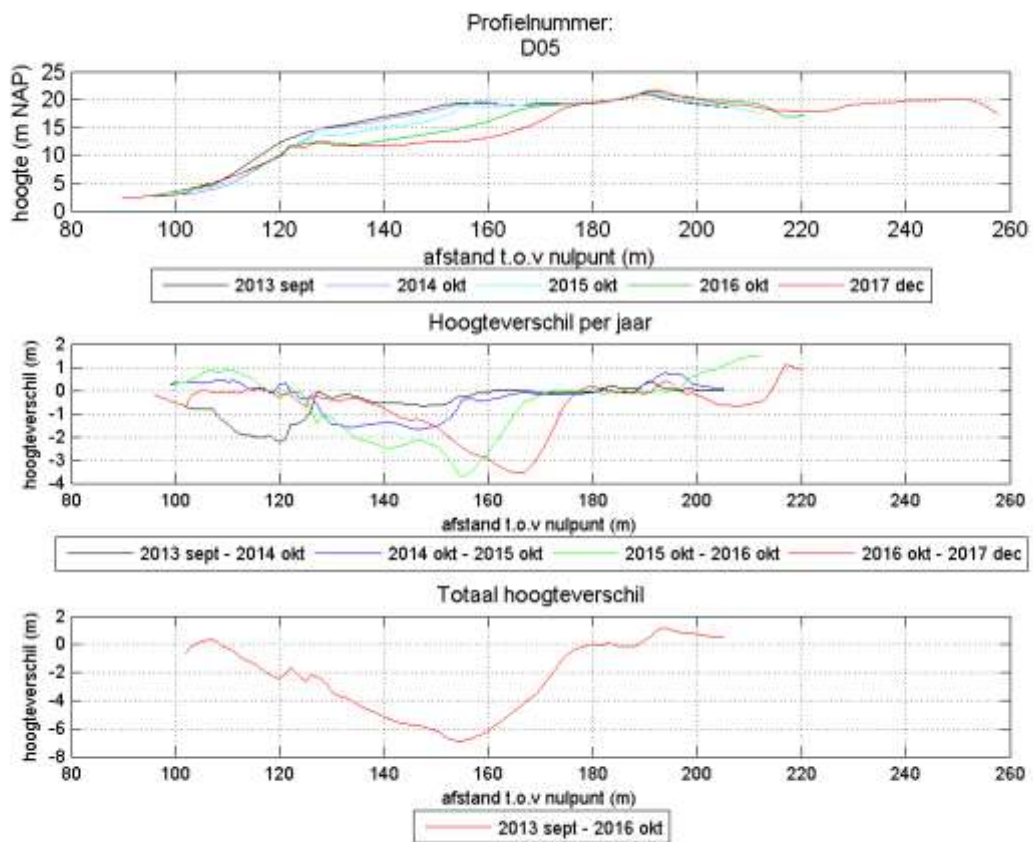
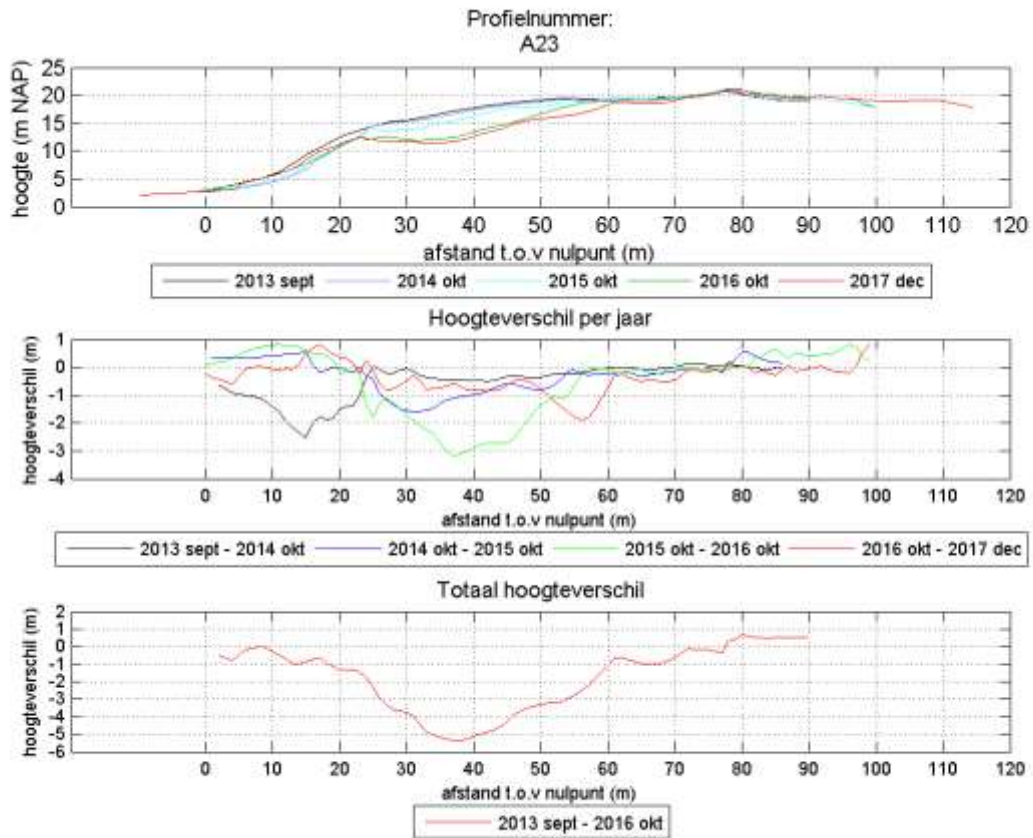




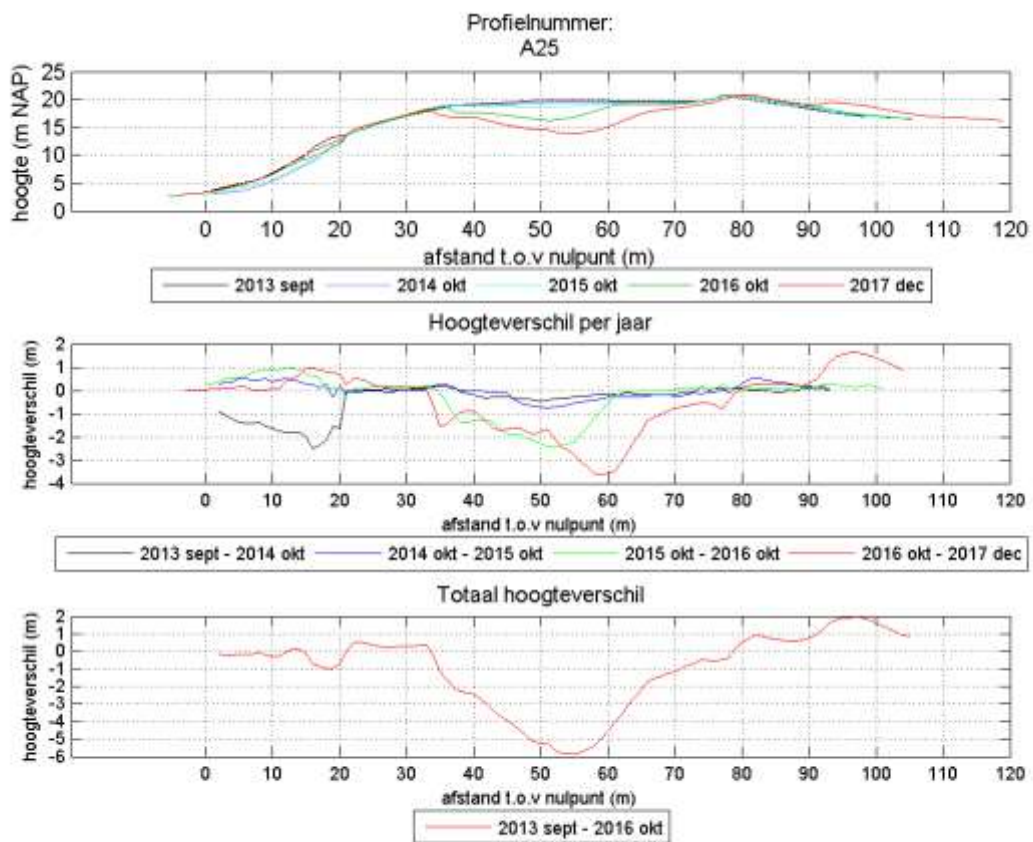
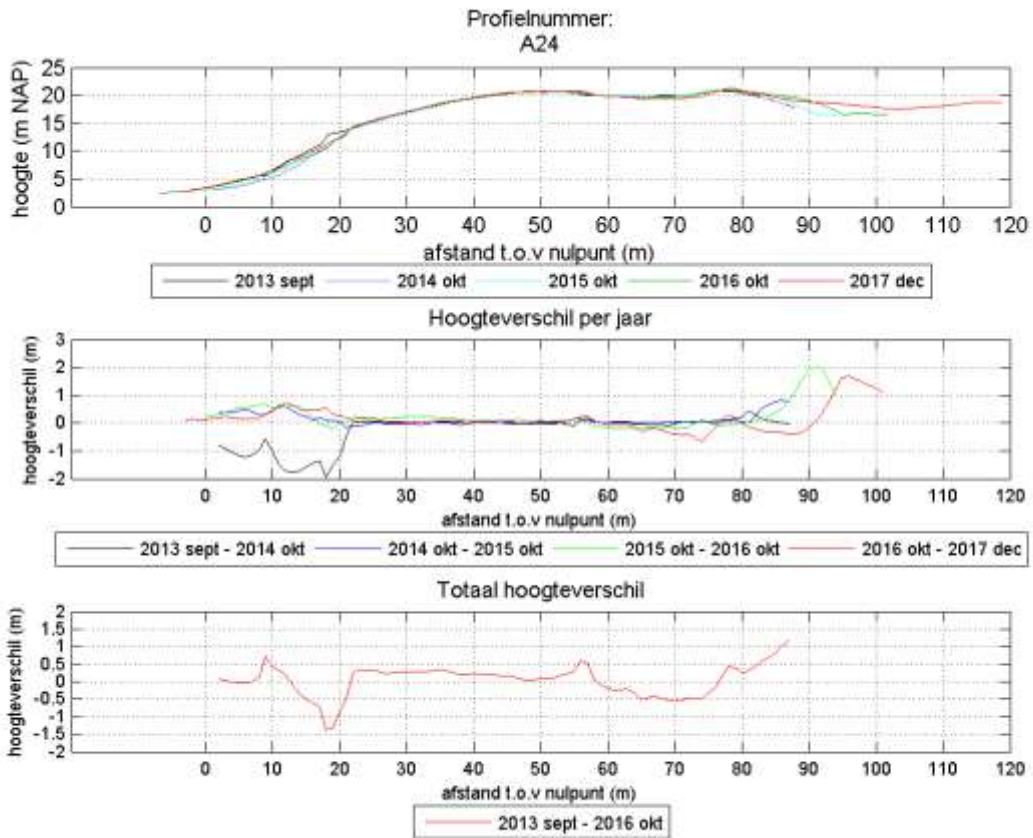


Kuil 7

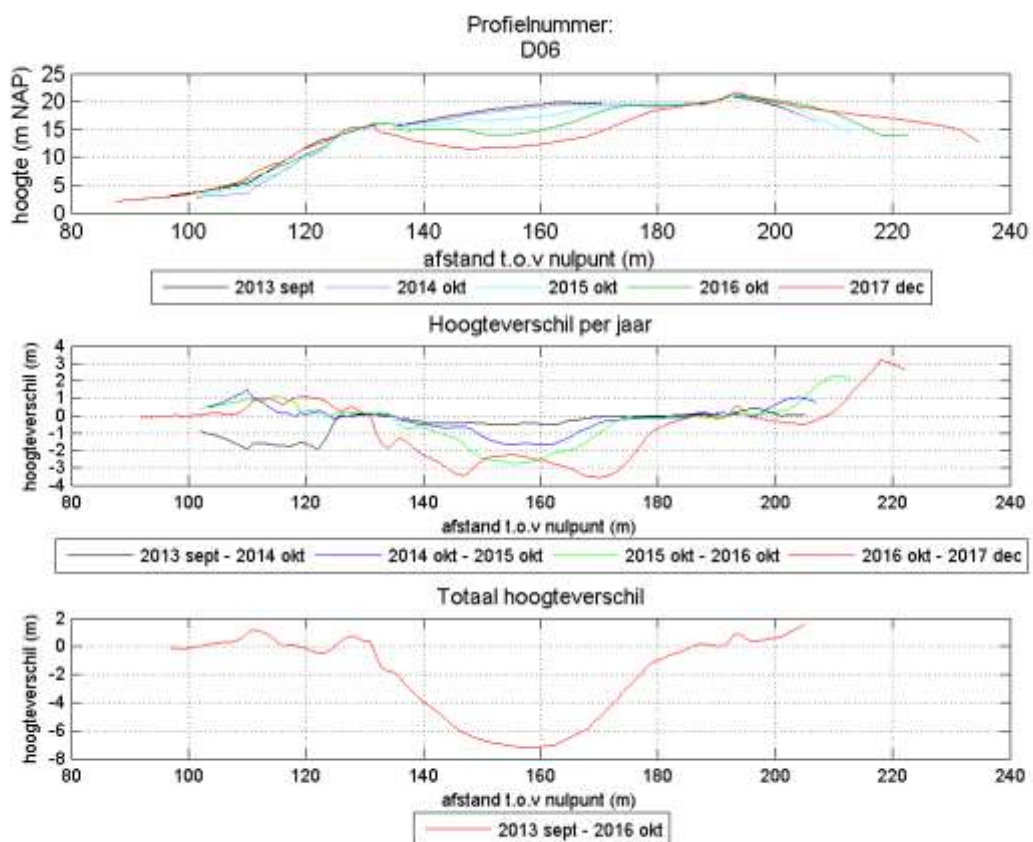
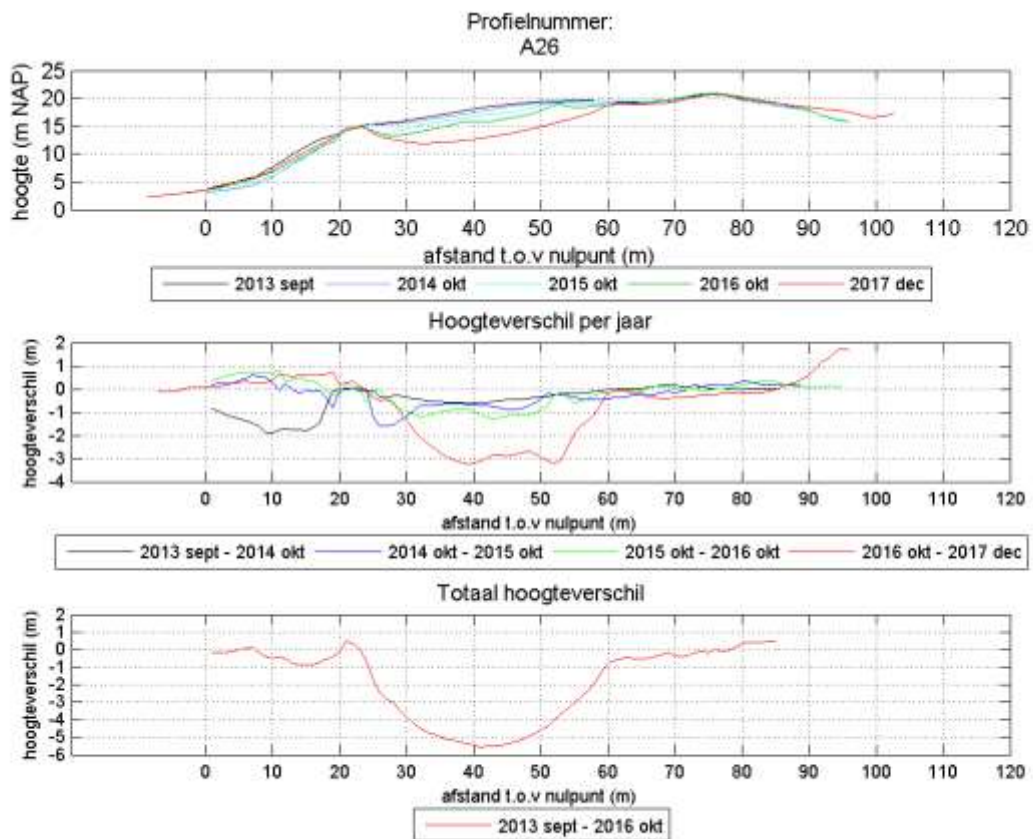




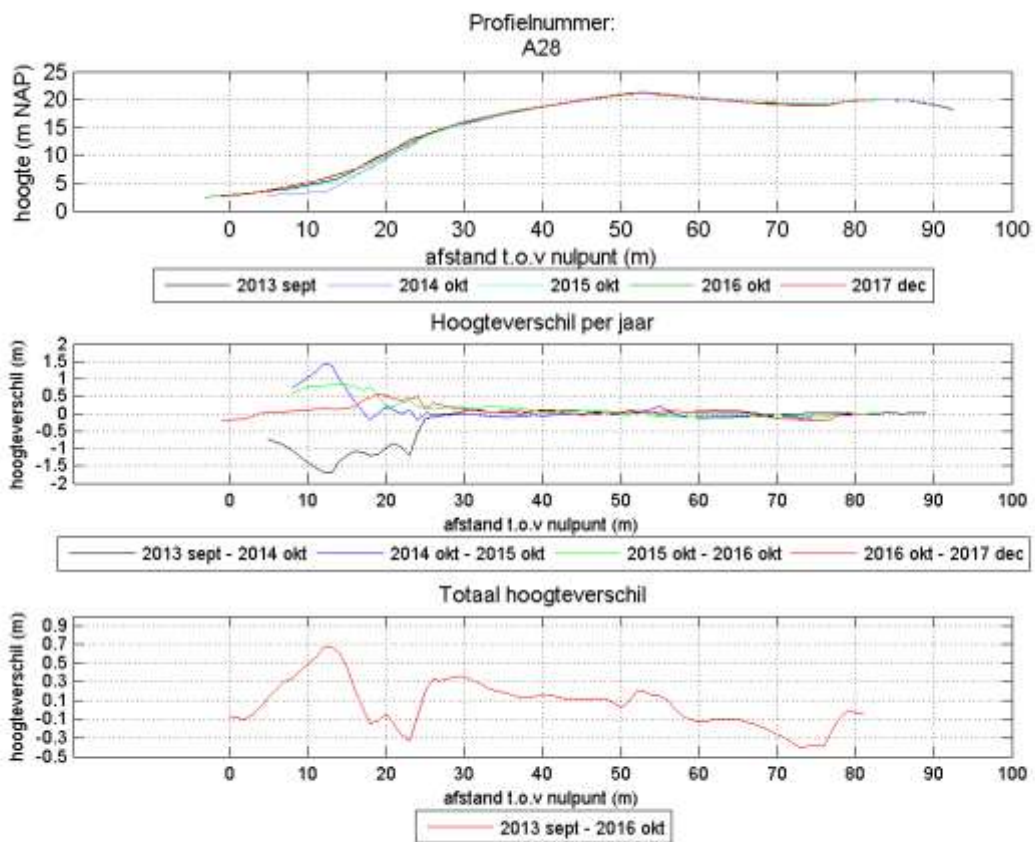
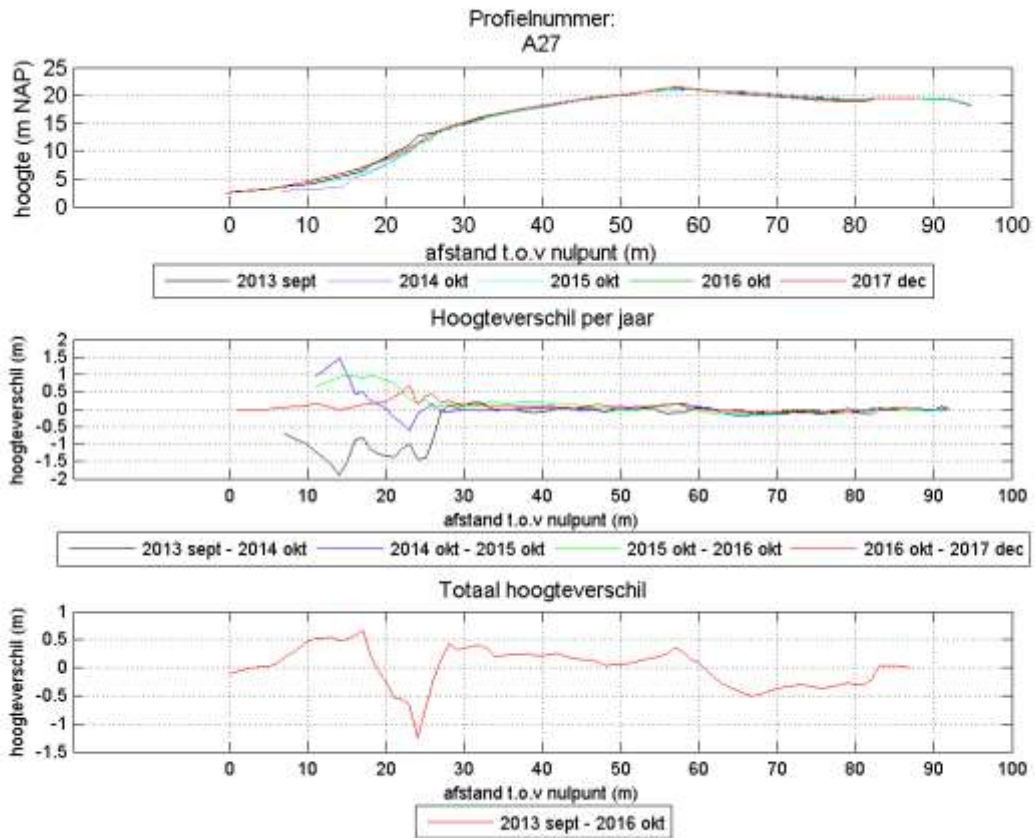
## Kuil 8





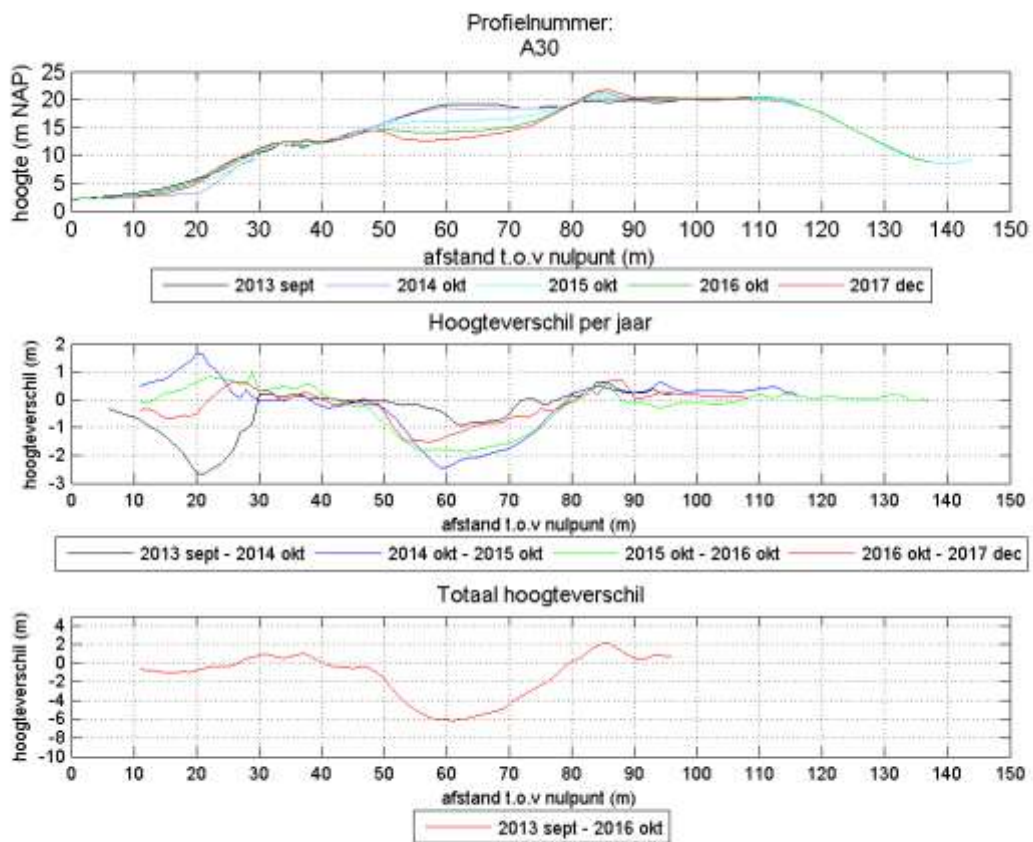
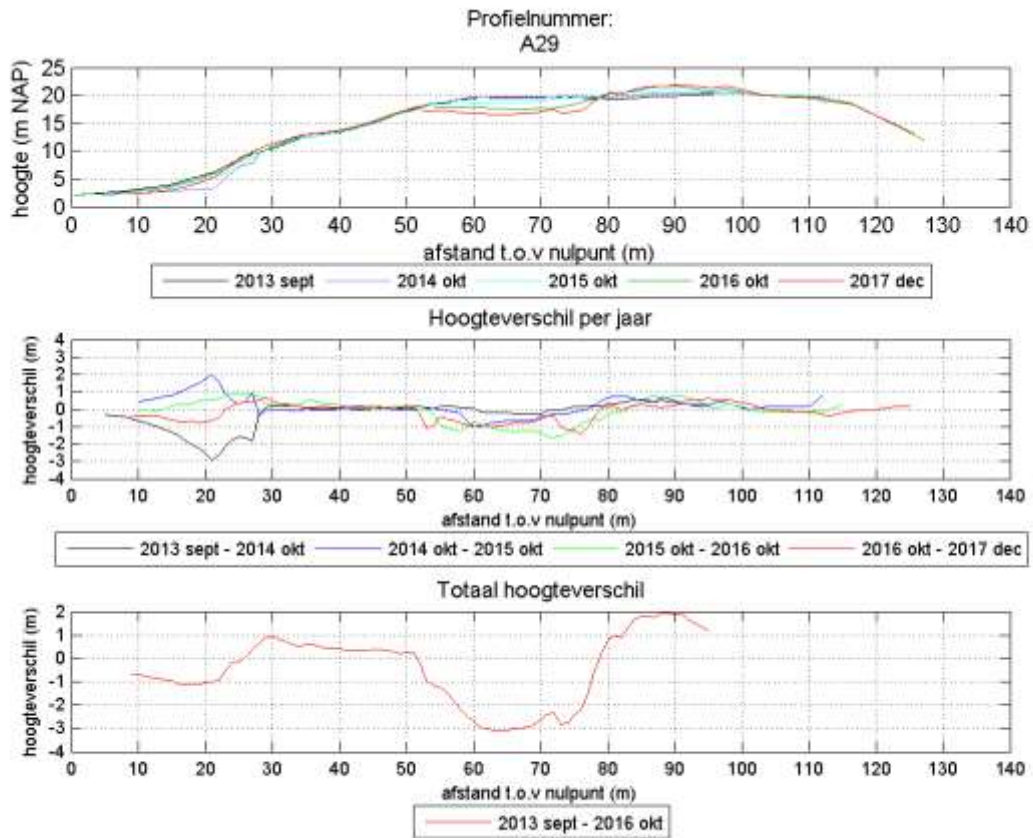


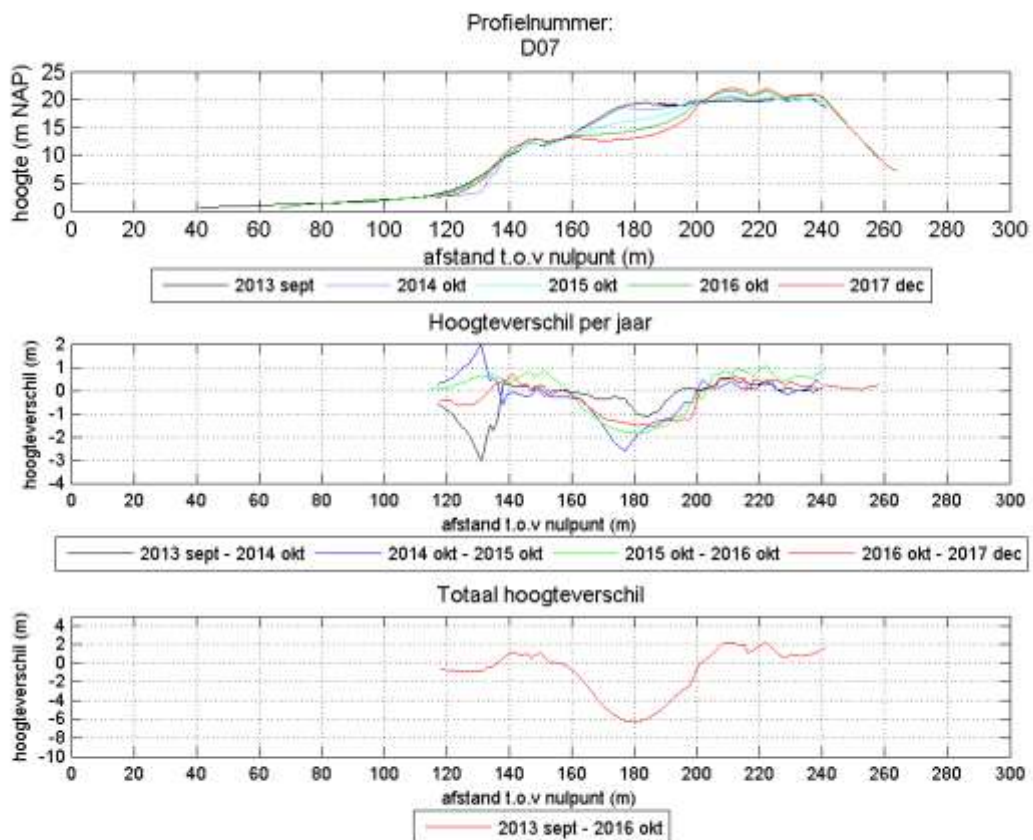
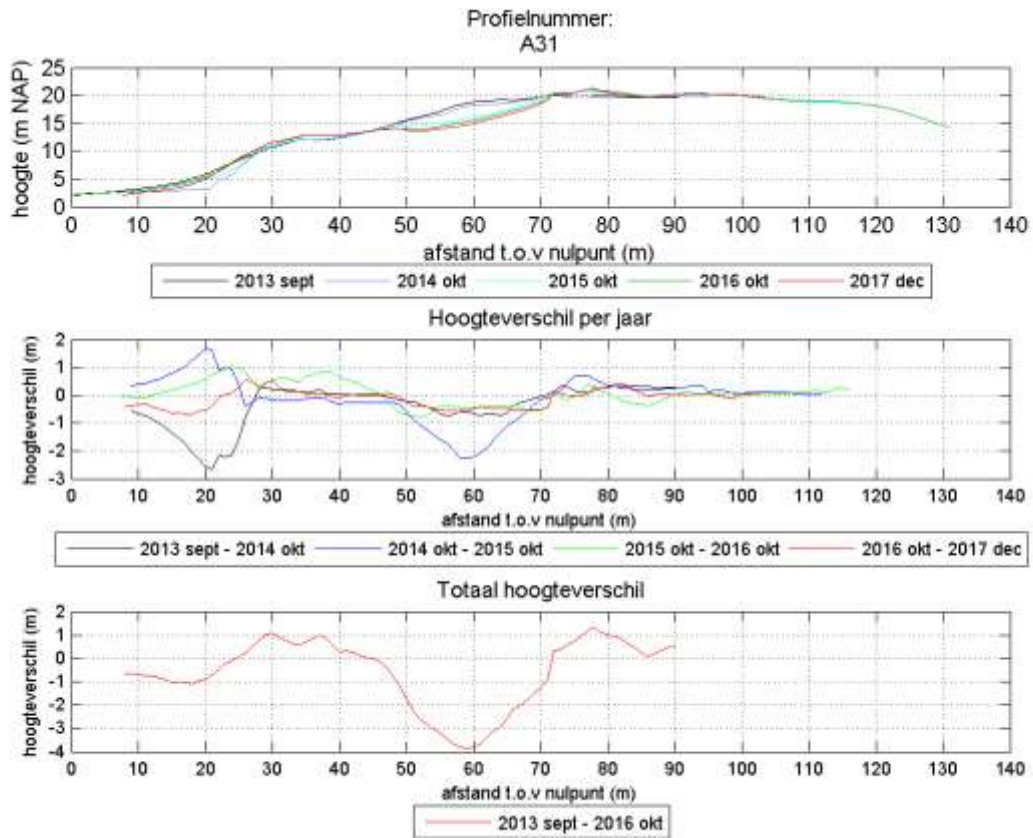
Kuil 9



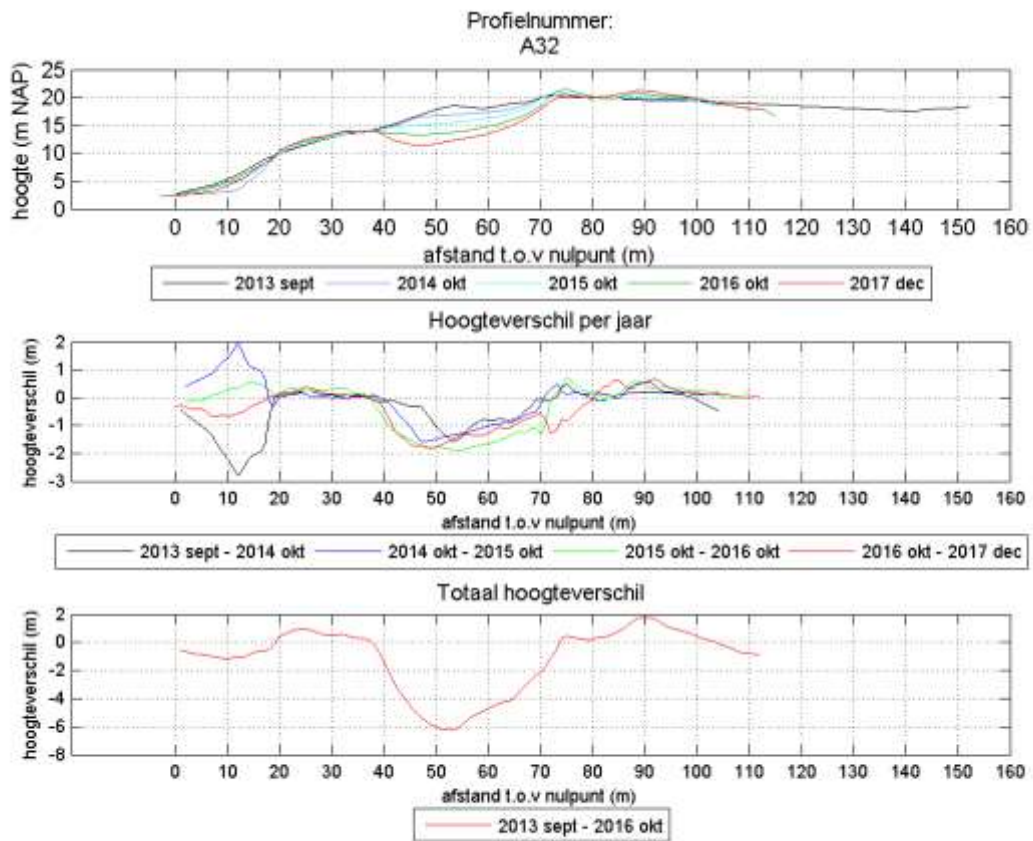
## Kuil 10



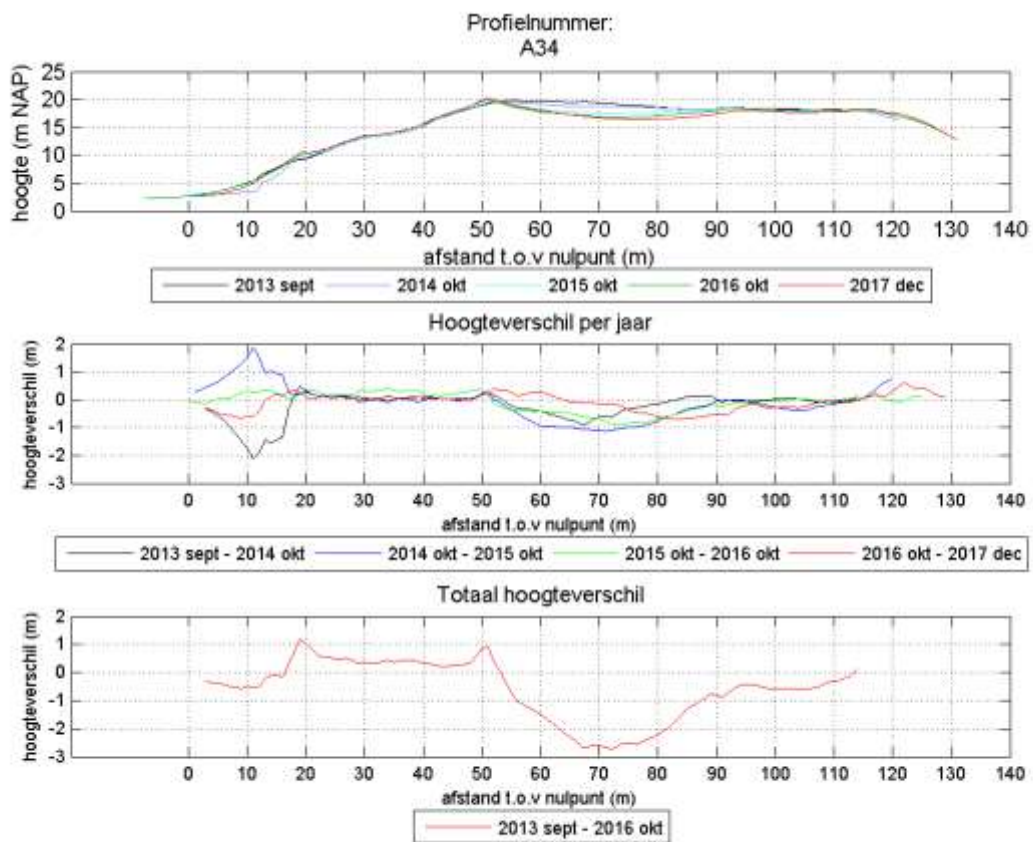
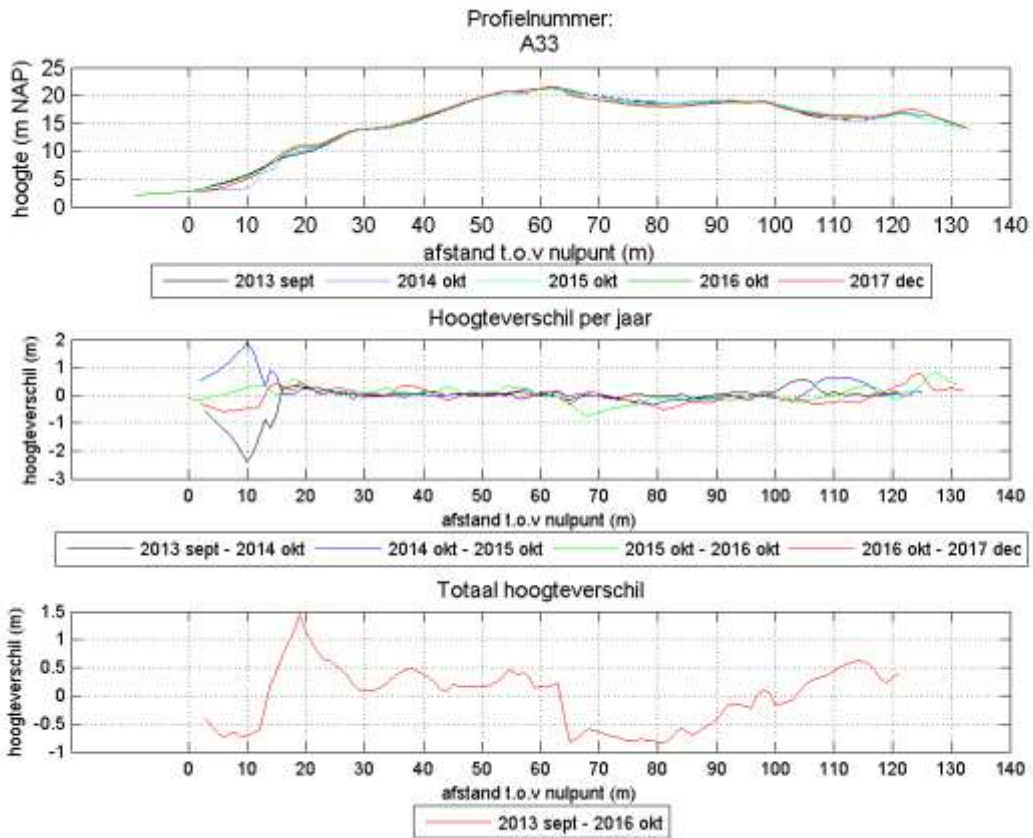




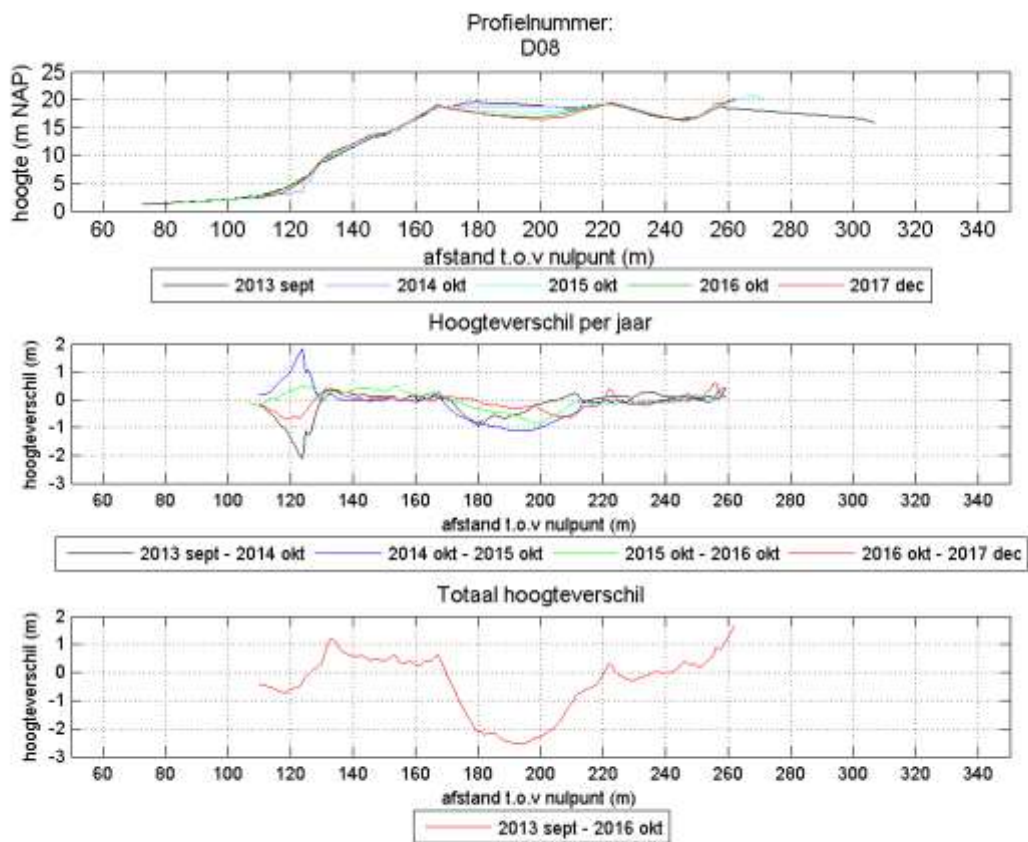
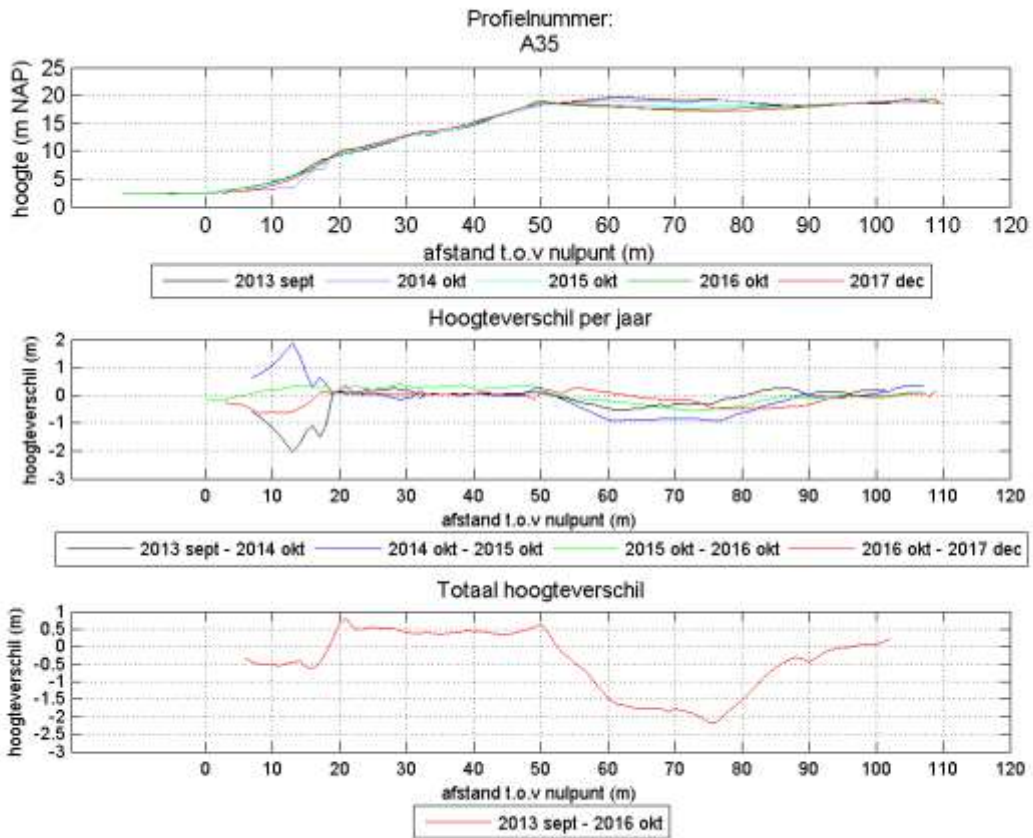
## Kuil 11



## Kuil 12

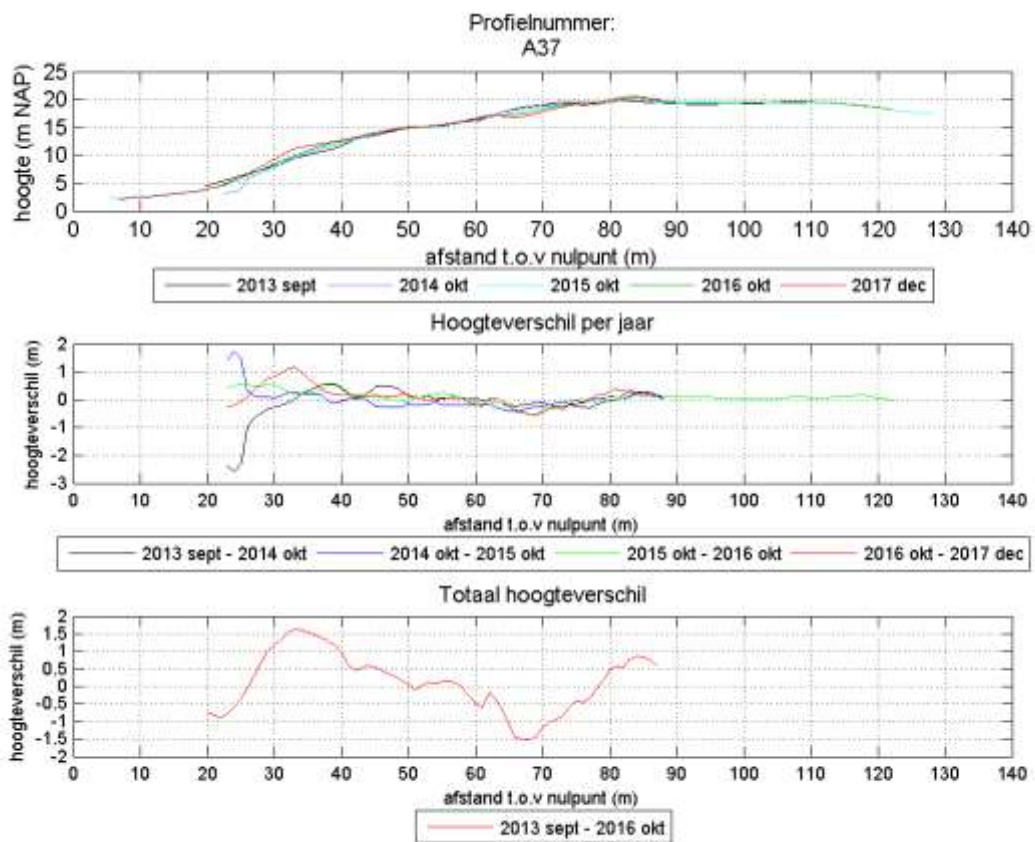
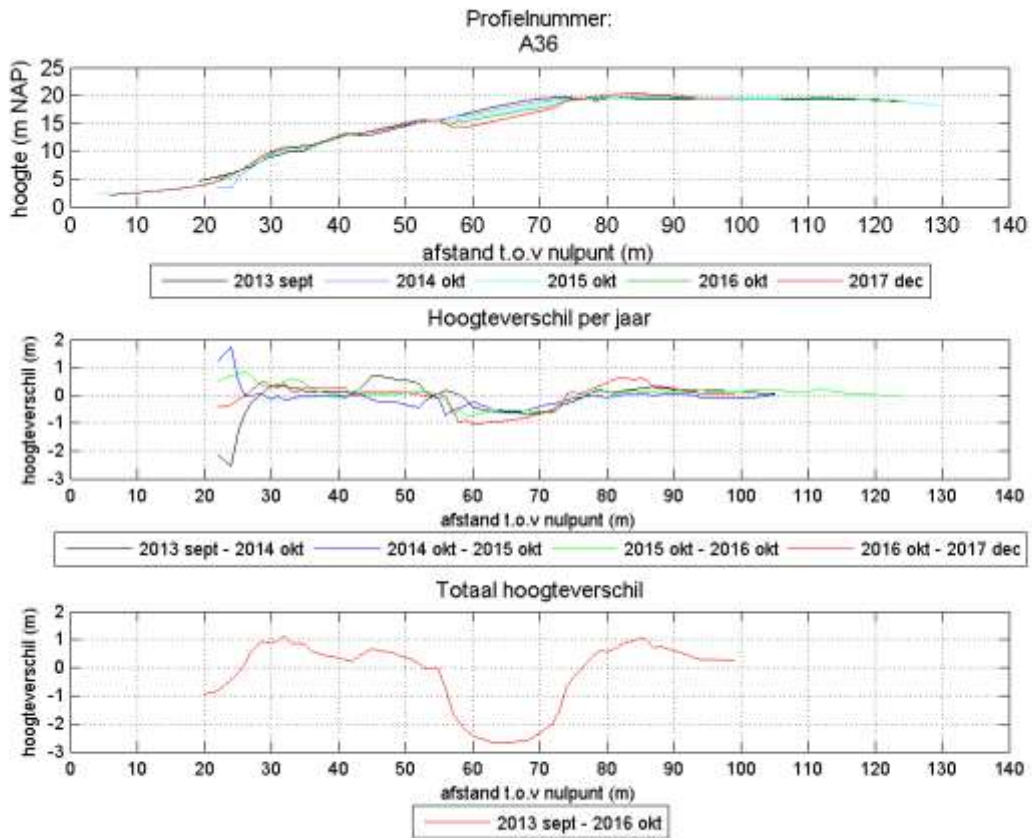




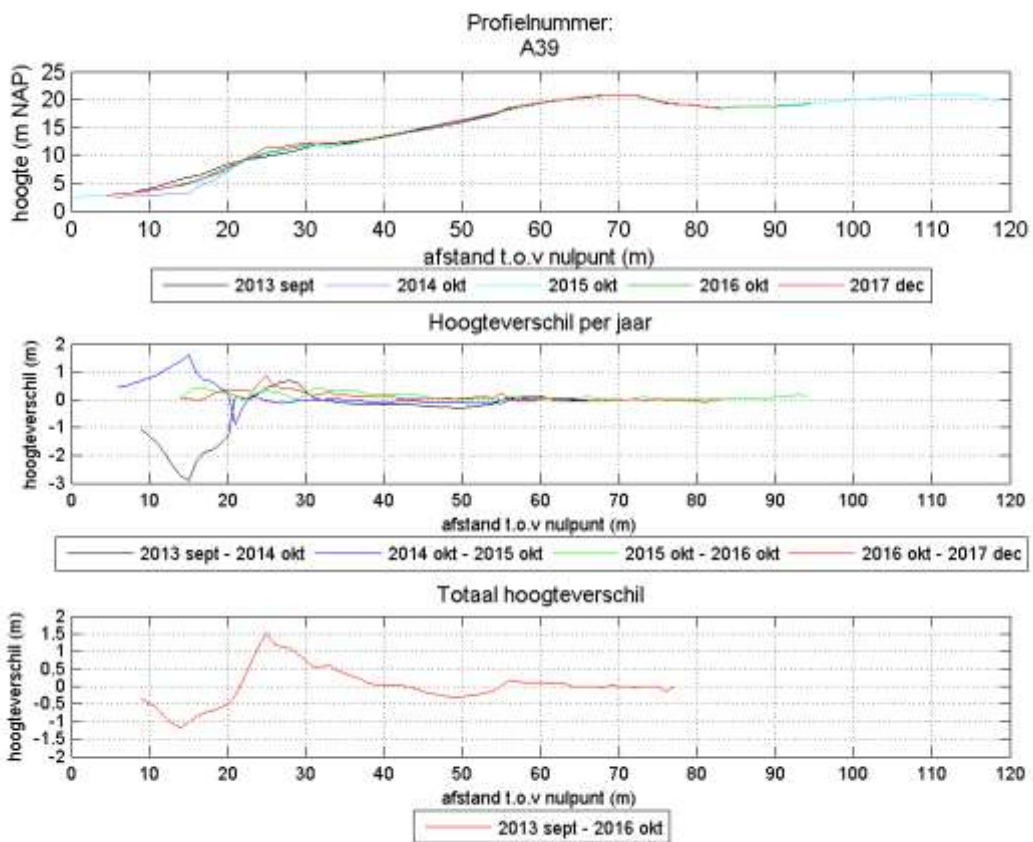
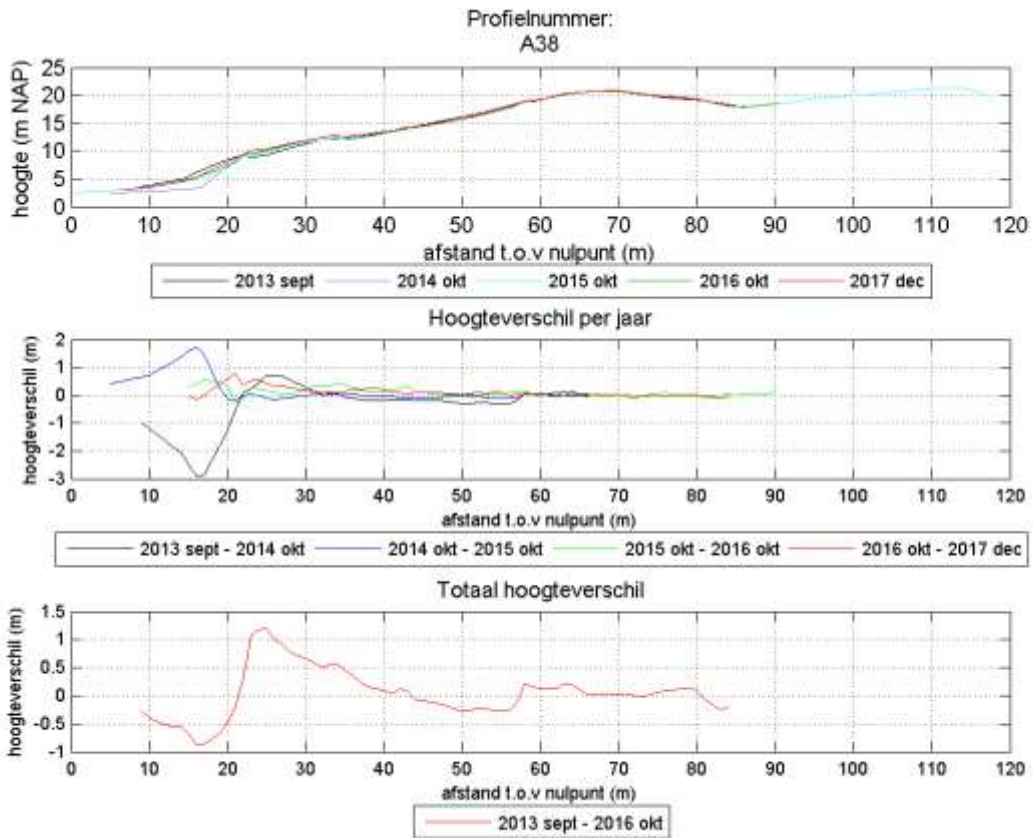


## Kuil 13

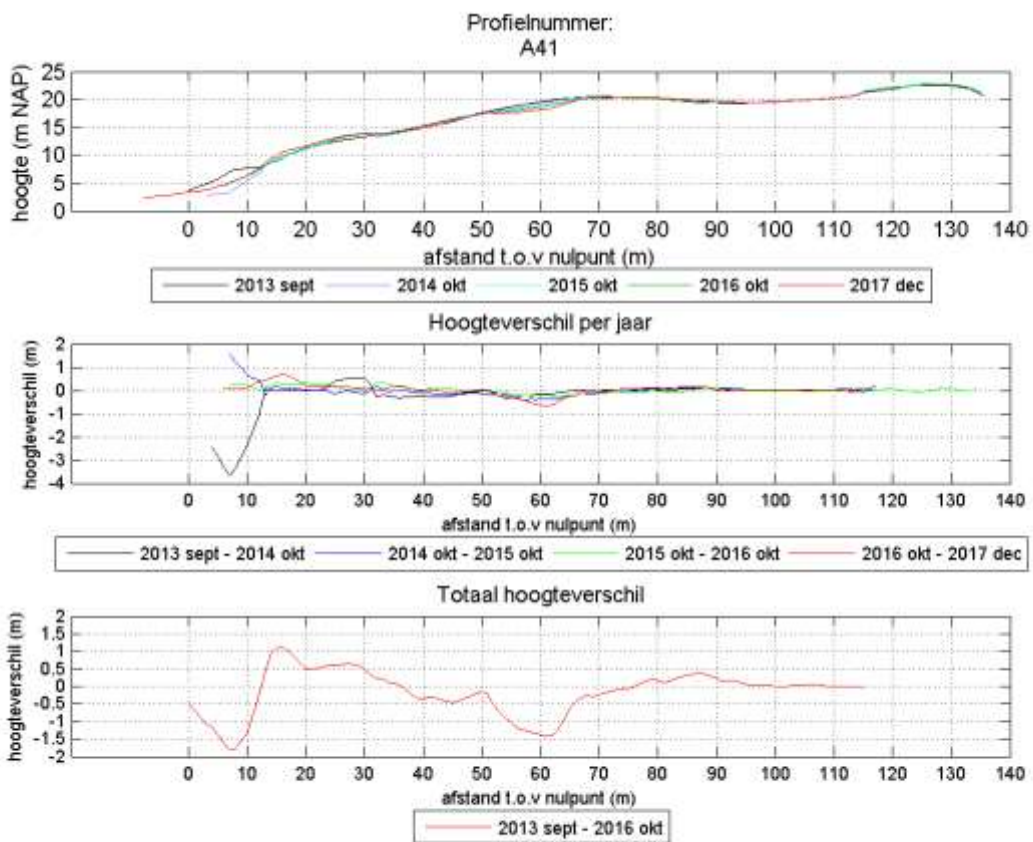
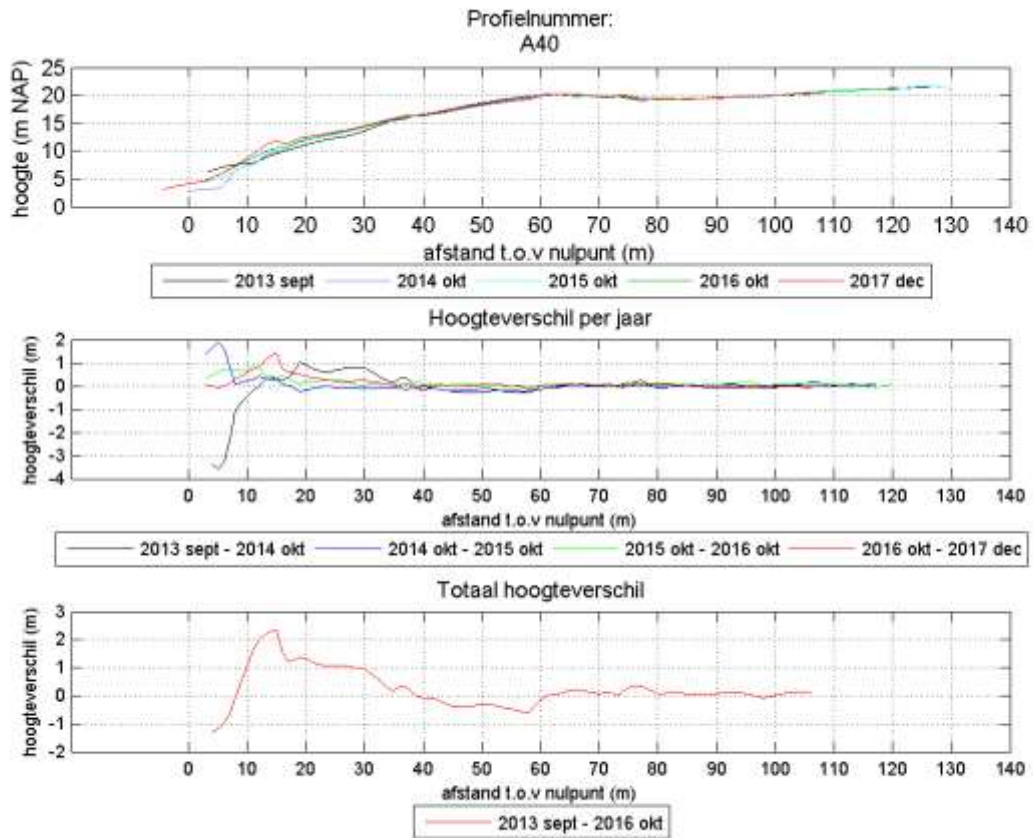


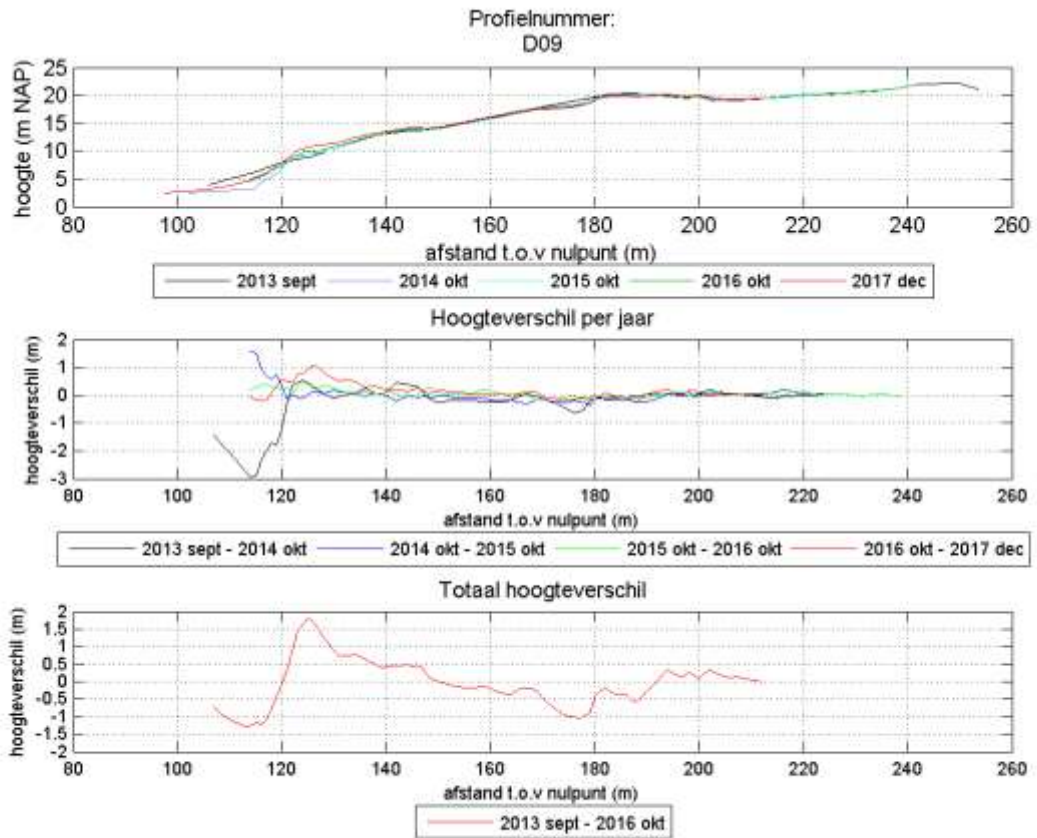


## Kuil 14



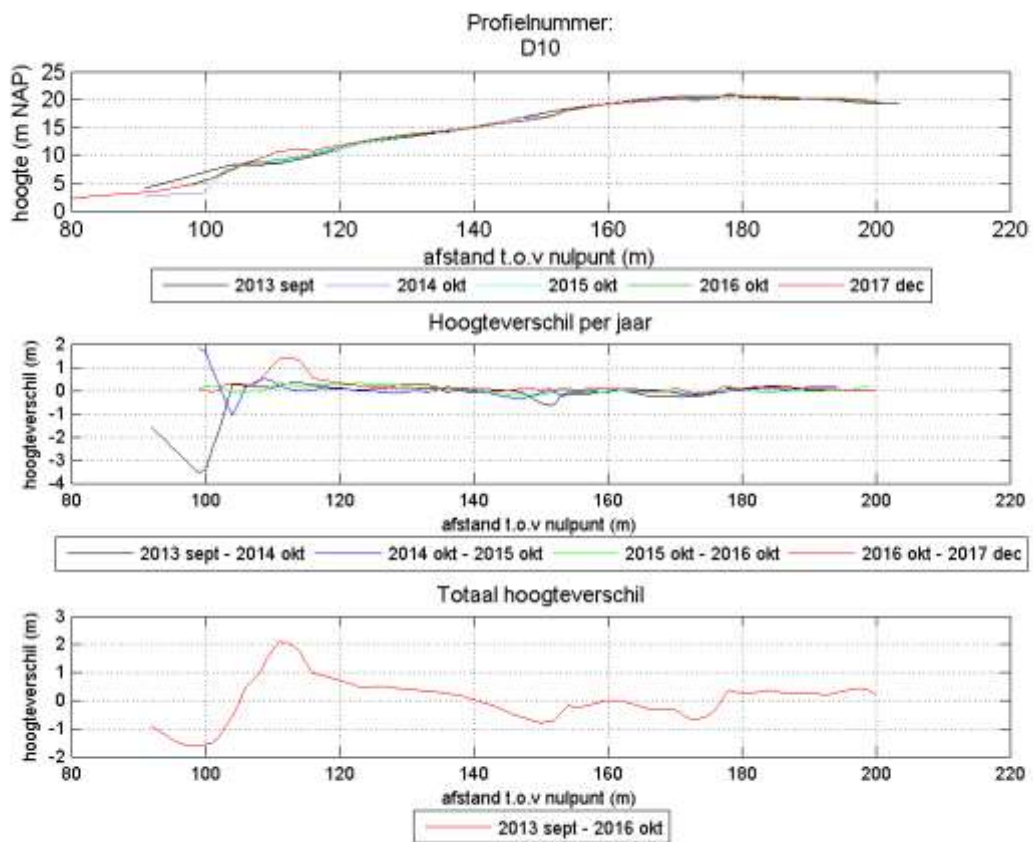
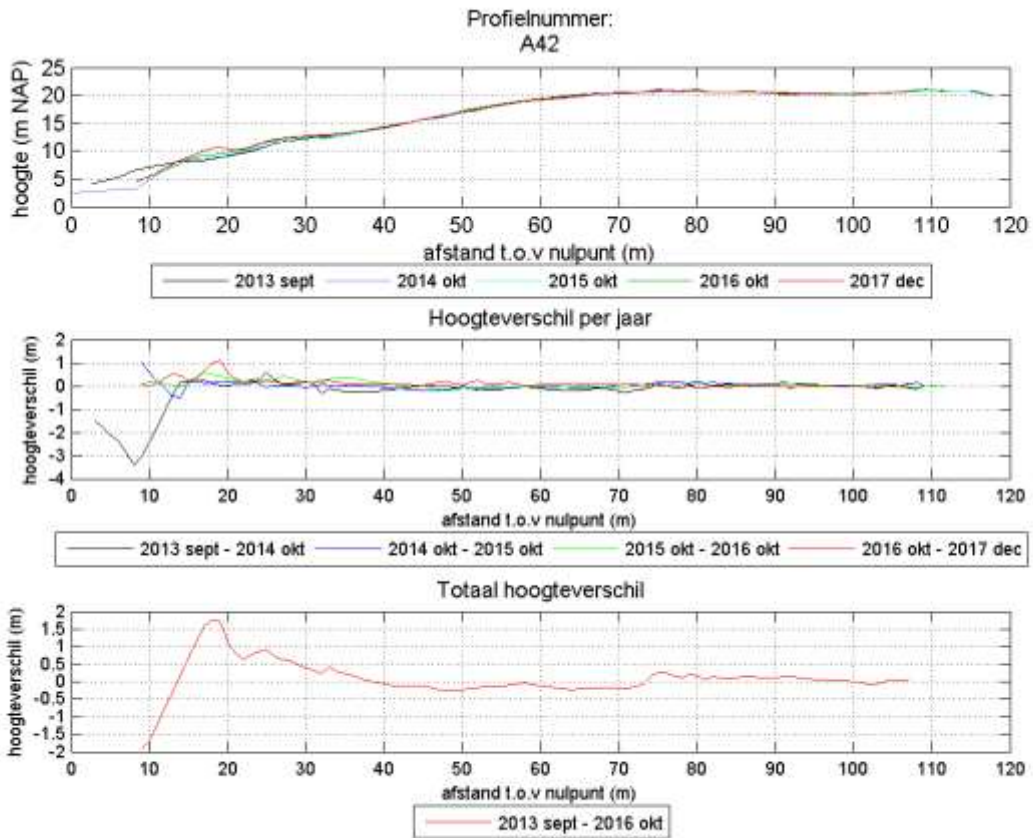
Kuil 15





## Kuil 16





## Kuil 17



## BIJLAGE G. BESCHRIJVING PROFIELEN

Met lichtgrijze arcering zijn de bevindingen van dit jaar, naar aanleidingen van de metingen in december 2017 aangegeven. De bevindingen van de voorgaande periode zijn niet gearceerd.

### **Kuil 1 en 2**

Deze kuilen liggen naast elkaar waarbij de overstuivingszones overlappen. Beide kuilen zijn in 2015 door afslag aangetast. In beide kuilen is in 2014 nabehoor uitgevoerd met paard en ploeg, in 2015 met vrijwilligers. De dynamiek van kuil 1 is groot, die van kuil 2 zeer beperkt. Kuil 1 heeft verbinding gekregen met het strand, waarbij betreding geholpen zal hebben. De overstuivingszone van kuil 1 is uitgebreid, en strekt zich aan de noordoostkant nu tot 45m vanaf de rand van de ingreep uit, waarbij de eerste zone kaal is en vooral als transportoppervlak dienst lijkt te doen. De bovenkant van de zeerephelling ondergaat enige winderosie.

### **Kuil 1 - profielen A01 t/m A04**

De kuil bestaat uit twee delen, parallel aan de zeereep. Het noordelijke deel is het meest actief en erodeert het sterkst, ruim 5m sinds 2013. Hier ontwikkelt zich een kerf. Het zuidelijk deel erodeert minder, maar toch nog 2m sinds 2013. De depositiezone breidt zich geleidelijk uit aan de oost- en noordoostkant. De verdieping is tussen 2016-2017 sterker dan in de jaren daarvoor.

#### **2013 t/m 2016**

Forse erosie bijna 2m in 1 jaar, depositie 1m achter kuil en landwaarts van kale vlakken. Kaal vlak met heel lichte depositie tussen erosieve en depositiezone.

#### **2016-2017**

De erosie is veel extremer geworden, waardoor de kuil fors is verdiept. Depositie tegen de duinvoet is fors, maar de erosie door afslag in 2013 is nog niet gecompenseerd. De depositiezone op de top, landwaarts van de stuifkuil, breidt uit verder landwaarts.

**A01:** Sedimentatie bij duinvoet, forse erosie in de kuil, bijna 2m in 1 jaar, stabiel stuk helling tussen duinvoet en kuil. Redelijke depositie kleiner 1m achter kuil.

Depositie aan onderkant en voorzijde helling tot 1m. Extreme erosie in kuil, ruim 2m in 1 jaar, waarbij de kuil zowel aan de voor- als aan de achterkant groeit. Depositie over een groot deel van de helling, neemt toe naar 1m aan de landwaartse zijde.

**A02:** Lichte sedimentatie tegen duinvoet, erosie orde 0.8m in 1 jaar in kuil, iets sterker dan vorig jaar. Groter stabiel hellingdeel tussen duinvoet en kuil. Beperkte depositie achter kuil kleiner 0.5m. Depositie aan duinvoet en voorzijde helling. Erosie is dit jaar goed op gang gekomen, waarbij de kuil bijna 3m is verdiept, maar niet verbreedt. Depositie binnen dit profiel is beperkt, enigszins op de top, minder dan 1m.

**A03:** Nog minder erosie, vergelijkbaar met vorig jaar, orde <0.5m. Lichte depositie tegen duinvoet en stabiel hellingdeel tussen duinvoet en kuil. Lichte depositie achter kuil, orde 0.5m.

Ook hier depositie tegen de duinvoet. In het zuidelijk deel van kuil 1 is de erosie geringer, maar hier toch nog ruim 1.3, in het laatste jaar. Nauwelijks depositie binnen dit profiel. Op de top ontstaat een nieuw gat, waar de erosie in het laatste jaar 0.5m bedroeg.

**A04:** lichte depositie duinvoet, beperkte erosie kuil, kleiner dan vorig jaar, orde 0.3m. Beperkte depositie hier achter kuil, hoewel kartering wel overstuivingszone aangeeft, maar dus <0.1m.

Forse depositie tegen de duinvoet, plaatselijk 1m. De erosie in de kuil is beperkt en bedraagt in totaal, dus sinds 2013, 1m.

### **Kuil 2 - profielen A05 & A06**

De kuil is grotendeels stabiel, maar nog deels kaal. De verwachting is dat de begroeiing toe zal gaan nemen en er geen verdere ontwikkeling plaatsvindt.

#### **2013 t/m 2016**

Zeer beperkte erosie, veel minder dynamisch dan kuil 1. Hoger in top, los van zeereepontwikkeling.

#### **2016-2017**

In deze kuil gebeurt vrijwel niets. De erosie is zeer beperkt. Tegen de duinvoet vindt wel flinke depositie plaats. De erosie van 2013 is echter nog niet gecompenseerd.

**A05:** Depositie duinvoet, stabiel deel tussen duinvoet en kuil, maar kuil nauwelijks erosie, <0.1m en ook vrijwel geen depositie. Kuil is sowieso nauwelijks verdiept sinds start, orde 0.3m. Depositie enkele cm's.

Forse depositie bij de duinvoet, tot max 1m. Verder gebeurt er weinig in dit transect. De erosie is minimaal, nog geen 0.5m sinds 2013.

**A06:** Depositie bij duinvoet, verder vrijwel geen verandering in profiel. Totaal verschil 2013-2016 laat lichte depositie vóór kuil zien en lichte erosie erin, 0.1-0.2 m hooguit.

Idem, met nog geringere erosie, minder dan 0.3m,

### **Kuil 3**

#### **Kuil 3 - Profielen A07 t/m A09**

De kuil heeft een banaanvorm, waarbij aan de holle kant de kuil zich richting strand uitbreidt en kerfvormig wordt. Eind 2013 is de kuil door afslag in contact geraakt met het strand. In 2014 is nabehoor uitgevoerd met paard en ploeg, in 2015 met vrijwilligers. De erosie is extreem, maximaal 6m sinds 2013. In het midden en aan de zuidkant is de erosie sterker geworden in 2016-2017. Erosie aan beide einden is geringer, met aan beide einden een overstuivingslob, die zich aan de noordoostkant over 30m uitstrekt, aan de zuidoostkant over 15m.

#### **2013 t/m 2016**

Zeer sterke erosie, dubbelarmige kuil, met aan beide einden een geprononceerde stuiflob met forse opstuiving. Aansluiting van erosieve zone op erosieve bovenkant zeereephelling. Kale vlakken of hebben of sterke erosie of sterke depositie. De kuil loopt door tot in het voormalige klif. De bovenkant van de zeereephelling ondergaat enige winderosie.

#### **2016-2017**

Extreme erosie in de kuil, waardoor deze sterk verdiept. De contouren zijn iets verruimd, vooral de landwaartse grens is opgeschoven. De depositie tegen de duinvoet is beperkt.

**A07:** Duidelijke kuilerosie met verdieping. Enige depositie bij duinvoet. Kuil 1.5m dieper in één jaar, vergelijkbaar met vorig jaar, maar verbreding van de kuilbodem. Depositie erachter gering. Stabiel hellingdeel tussen duinvoet en kuil.

Beperkte depositie tegen de duinvoet. De erosie in de kuil is constant, met ieder jaar een verdieping van ruim 1m, in totaal nu ruim 4m. De kuil groeit iets tegen de wind in, maar vooral met de wind mee. Weinig depositie landwaarts van de kuil.

**A08:** Idem, met op diepste punt verdieping van 2m in één jaar en sterker dan vorige jaar. Depositie tot 0.5m op enige afstand van de kuil, net achter (zeer flauw hellende) top.



Iets meer depositie tegen de duinvoet. De erosie in de kuil is extreem, in 2016-2017 maar liefst ruim 3m. De totale erosie sinds 2013 bedraagt nu 6m. De kuil verbreedt zowel aan de voor- als aan de achterzijde. Depositie achter de kuil vindt plaats over een uitgestrekte zone, is daardoor niet zeer uitgesproken.

**A09:** Erosie over een heel breed vlak, tot max 1m, iets sterker dan vorig jaar. Depositie juist in een smaller stuk met hoogtetoename tot 1m. Kuil lijkt tegen de wind in te groeien, richting zee, alleen klein stuk helling stabiel op overgang van depositie naar erosie.

Beperkte depositie tegen de duinvoet. De erosie is hier ook extreem, maar niet zo zeer door verdieping als wel door verbreding. Over een groot deel van het transect is het oppervlak met 1-2m verlaagd. De kuil groeit vooral tegen de wind in, waardoor de opening zich richting strand verplaatst. De breedte van de erosieve zone is ruim 30m. Door depositie direct achter de kuil ontstaat een top, met een hoogte toename van 1.5 tussen 2016-2017.

#### **Kuil 4, 5 en 6**

Deze kuilen vormen een cluster waarbij de overstuivingszones overlappen. Van noord naar zuid liggen de kuilen hoger op de zeereep, waarbij kuilen 4 en 5 nu doorlopen tot op het strand. De afslag in 2013 en 2014 heeft vooral kuilen 4 en 5 beïnvloed, kuil 6 ligt dermate hoog op de zeereep dat hier geen effect van afslag is geweest. De bovenkant van de zeereephelling ondergaat enige winderosie. De mate van dynamiek neemt van noord naar zuid af, hoe hoger de kuil in de zeereep, hoe geringer de ontwikkeling. In alle kuilen is in 2014 nabeheer uitgevoerd met paard en ploeg, in 2015 met vrijwilligers. De depositiezone is met name aan de noordkant flink uitgebreid en strekt zich tot ruim 40m vanaf de grens van de ingreep uit. Tussen de depositiezone en erosie zone ligt een kaal oppervlak dat vooral als transportoppervlak fungeert. De grenzen hiervan komen grofweg overeen met de vlakken waar struweel is afgeplagd. Aangrenzend aan de landwaartse zijde van de kuilen liggen enkele referentiekuiten, behorende tot complex R1.

#### **Kuil 4 - Profielen A10 t/m A12 & D01**

Uitstuiving in het lage, steile en meest westelijke deel van de stuifkuil is extreem. Er vindt hier verdieping plaats tot ruim 4m tussen 2016-2017, 6m sinds 2013. Aan de oostkant van de stuifkuil ontstaat een forse depositiezone met een maximale ophoging van ruim 2m sinds 2013. Tussen de depositiezone en de meest erosieve zone bevindt zich een grotendeels kaal oppervlak dat waarschijnlijk vooral als transportoppervlak fungeert.

#### **2013 t/m 2016**

Kerfontwikkeling met sterke erosie en forse depositiezone landwaarts van het kale vlak, kaal vlak zonder veranderingen tussen erosieve en depositie zone. Omringende referentiekuiten heel zwak dynamisch.

#### **2016-2017**

Extreme erosie in de kuil met kerfontwikkeling en depositiezone aan de oostkant. Door erosie verbreedt de kerfopening. Landwaarts van de depositiezone ligt nog een kuil die licht erodeert.

**A10:** Snijdt door tweede stuifkuil maar deze verdiept niet maar hoogt juist op, zelfs bijna 1m. Ook zone direct er voor hoogt op, meer dan 1m. Opvallend want op kartering gekarteerd als stuifkuil en ook helemaal kaal. Jarkusverschil geeft inderdaad ook overwegend depositie.

Beperkte depositie bij de duinvoet. Ophoging tweede kuil gaat door, met in laatste jaar plaatselijk bijna 1.5m verhoging. Geen erosie in dit transect.

**A11:** Snijdt door eerste kuil en niet meer door tweede. Stuifkuil verbreedt, veel sterkere erosie dan vorig jaar, toen maar beperkt (waarschijnlijk rand en nu meer richting centraal). Hier wel erosie tot

2m in 1 jaar, en daarachter vergelijkbare depositiezone van A10, met depositie meer dan 1m. Depositie bij duinvoet.

Beperkte depositie bij de duinvoet. Extreme erosie in de kuil, met aan de landwaartse zijde een verdieping van 4m. De kuil groeit zowel aan de voor- als aan de achterzijde. Depositie landwaarts hiervan in twee toppen, waar tussen ook nog erosie plaatsvindt van meer dan 1m in de overstuivingszone van vorig jaar. De depositie op de eerste top bedraagt 1m, op de tweede 1.5m.

**A12:** Bijna hele helling is zeer sterk erosief met 3m erosie in één jaar, nog sterker dan vorig jaar. Kerfontwikkeling dus, erosie tot op ca 8m NAP. Depositie erachter in smallere zone met depositie maximaal 1m. Extreme erosie, totaal 5.5m.

Geen depositie bij de duinvoet. Bijna onderaan de helling begint de erosie die doorzet tot bijna bovenaan. De hoogteafname is over een groot deel van de helling bijna 6m. De helling wordt afgevlakt, hier is geen klassieke kuilvorm, maar een kerf, waarbij de opening tot op het strand doorloopt. Landwaarts vindt depositie plaats, over een brede zone, maar met een beperkte hoogtetoeename.

**D01:** Profiel min of meer in richting kerfontwikkeling met sterke erosie aan ingang, meer dan 3m in 1 jaar, en tussenzone vlak, daarachter depositie, meer dan 1m. Profiel snijdt niet helemaal door ingang kerf, want erosie loopt hier door tot 10m NAP.

Vrijwel de gehele helling is erosief met een maximale afname van de hoogte van bijna 4m, in totaal bijna 6m. Op de top bevindt zich een brede depositiezone, met een depositie van ruim 1m in 2016-2017. Tussen erosie- en depositiezone bevindt zich een smalle strook waar de hoogte niet verandert.

#### **Kuil 5 - Profielen A13 t/m A15 & D02**

Forse erosie maar nog geen kerfontwikkeling. De totale erosie sinds 2013 bedraagt maximaal 6m. De kuil groeit met de wind mee. De depositiezone begint op de zeereep en loopt door tot op de lijhelling.

#### **2013 t/m 2016**

Erosie sluit ook hier aan op de erosieve bovenkant zeereep, kuil is iets minder actief dan 4, vooral depositiezone is veel minder uitgesproken. Kaal vlak met nauwelijks verandering tussen erosie en depositiezone.

#### **2016-2017**

Forse toename van erosie en ontwikkeling van depositiezone aan de oostkant van de kuil. Depositie voor de duinvoet. Er ligt een drempel tussen kuil en strand, waardoor er nog niet direct sprake is van kerfontwikkeling.

**A13:** Lichte erosie in wat als overstuivingszone is gekarteerd. Tot ca 0.3m. Daarachter smalle zone met depositie tot 0.5m. Depositie bij duinvoet, verder vrij stabiel profiel.

Enige depositie bij de duinvoet. Boven op de top snijdt het profiel door de depositiezone. In het laatste jaar is er sprake van forse depositie, ruim 1.5m, over een brede zone tot op de lijhelling.

**A14:** Stuifkuil boven op top zeereep verdiept en verbreed met erosie tot 1.5m, heel klein beetje sterker dan vorig jaar. Depositie erachter iets meer dan 0.5m.

Dit transect snijdt wel door de kuil. Forse depositie bij de duinvoet, met een hoogtetoeename van ruim 1m. In de kuil verdieping met ruim 3.5m. De totale erosie sinds 2013 is bijna 5m. De kuil is breder geworden en groeit zowel aan de voor- als aan de achterzijde.. Landwaarts een depositiezone met een hoogtetoeename van lokaal meer dan 1.5m.

**A15:** Stuifkuil groeit richting strand met forse erosie, meer dan 2m in 1 jaar. Kleine en smalle depositiezone erachter met depositie 0.5m. Erosie voorzijde tot op ongeveer 11m NAP.

Depositie bij de duinvoet. Daarboven is vanaf 10m NAP de helling erosief, met aan de bovenkant een verdieping van ruim 3m. De totale erosie bedraagt hier inmiddels 6m. De kuil groeit vooral met de wind mee, aan de zeewaartse zijde lijkt nu een barrière opgeworpen, waardoor de ontwikkeling richting kerf nu stagneert. Op de top depositie in een vrij smalle zone, waardoor een nieuwe top opbouwt en flink in hoogte toeneemt, ruim 1m.

**D02:** Profiel volgt niet echt de kerfontwikkeling, erosie aan voorzijde en op top, ertussen in niet, hoewel dit wel deel uitmaakt van het kerfcomplex. Stabiel tussen stuk dus wat er waarschijnlijk nog wel uit gaat breken.

Erosieve zones zijn inderdaad aan elkaar gegroeid, waardoor nu gehele helling erosief is. Op de top zelf verandert weinig, maar aan de achterzijde bouwt een nieuwe top op, met een hoogtetoename van meer dan 1m tussen 2016-2017.

### **Kuil 6 - Profielen A16 t/m A18 & D03**

Deze kuil ligt hoog in de zeereep en heeft daarom geen invloed ondergaan door afslag. De dynamiek is beperkt, neemt het laatste jaar wel iets toe.

#### **2013 t/m 2016**

Kuil 6 is minder erosief en ook minder sterke depositiezone landwaarts van het kale vlak. Kaal of licht begroeid vlak met voornamelijk heel lichte erosie. Hoger in helling, los van zeereepontwikkeling.

#### **2016-2017**

De erosie in de kuil is gering, maar desondanks met maximaal 0.8m iets groter dan in voorgaande jaren.

**A16:** Opvallend rechte helling waar weinig gebeurt. Lichte depositie van een tiental cm's hooguit. Lichte overstuivingszone, achterkant stabiliseert ook volgens kartering.

Binnen dit transect, dat ten noorden van kuil 6 ligt, komt vrijwel geen erosie voor, alleen matige depositie aan de voorzijde, onderkant helling, en lichte depositie achter de top.

**A17:** matige erosie op bovenkant, tot 0.5m met verder weinig veranderingen. Verder landwaarts depositie, profiel loopt niet ver genoeg door. Schotelvormige niet al te dynamische stuifkuil, ook in erosie komt vorm niet heel duidelijk naar voren. In kale zone achter stuifkuil waar depositie is gekarteerd toch ook enige lichte erosie, tot ca 0.4m.

Kuil 6 ligt bovenin de helling. Er is een bescheiden erosie van circa 0.8m, die sterker is dan in de jaren voor 2016. Achter de kuil ontstaat een klein topje, met een hoogtetoename van 0.5m

**A18:** Idem, met 1 zone met lichte erosie, tot 0.3m, ieder jaar zo'n beetje hetzelfde.

Bescheiden dynamiek in dit transect met geringe erosie, nog geen 0.5m, in totaal sinds 2013 ruim 1m. Landwaarts van de kuil een zeer bescheiden depositie die vooral van 2014-2015 dateert.

**D03:** Laat hetzelfde zien als a17 en 18. Niet al te dynamisch.

Idem, met in de kuil een totale erosie van ruim 1m sinds 2013.

### **Kuil 7, 8, 9 en 10**

Deze kuilen vormen een cluster, waarbij kuil 7 net binnen de beïnvloedingszone van de andere kuilen ligt. Kuilen 8 en 9 hebben aan de achterzijde een gezamenlijk plagvlak waar alle duindoorn verwijderd is. Hun depositiezone aan de landwaartse zijde lopen in elkaar over. Kuil 10 ligt daar net tegen aan, maar heeft weinig interactie omdat deze nauwelijks actief is.

### **Kuil 7 - Profielen A19, A20 & D04**

De kuil ligt net zo hoog dat afslag geen effect gehad heeft. De erosie is sterk toegenomen, waardoor de kuil plaatselijk al 4m is uitgediept sinds 2013. De erosie in het centrum van de kuil is het sterkst,

maar ook in het plagvlak erachter treedt nu erosie op, waarbij in 2017 beide erosieve vlakken bijna met elkaar verbonden zijn.

#### **2013 t/m 2016**

Redelijk sterk erosief en overstuivingszone achter minder actief maar overwegend kaal vlak. Ontwikkeling los van zeereep.

#### **2016-2017**

Verdieping en uitbreiding van de kuil, voornamelijk in landwaartse richting. De voorzijde is hoog en stabiel, er is geen sprake van kerfontwikkeling. De meeste depositie wordt aan de noordoostkant afgezet, in een zone van circa 20m breed.

**A19:** Duidelijke stuifkuilontwikkeling bovenaan helling, verbreedt en verdiept max 1m in 1 jaar. Depositiezone stuk verder landwaarts met lichte depositie. In overeenstemming met jarkusverschil. Grootste depositie in zone die als minst actieve overstuiving is gekarteerd. Zones daarvoor lijken actiever, en zijn grotendeels kaal, maar daar verandert weinig, is dus transportoppervlak.

Lichte erosie aan de voorzijde, onderaan de helling. Enige depositie bij de duinvoet, toenemend hoger op de helling. Enorme toename van erosie, met een verdieping van meer dan 2.5m, meer dan een verdubbeling ten opzichte van eerdere jaren en een forse verbreding van de erosieve zone. De groei is met de wind mee, de voorzijde van de kuil is stabiel. Lichte depositie verder landwaarts, op de bovenkant van het profiel.

**A20:** Matige erosie tot 0.5m over iets bredere zone, ook bovenin helling. En depositie tot 0.5m ook weer op grotere afstand. Dus zeer vergelijkbaar met A19.

Iets sterkere erosie aan de onderzijde, daarboven depositie toenemend helling op. Ook hier is de erosie enorm versterkt, met een diepte toename van ruim 1.5m en een forse verbreding van de kuil met de wind mee.

**D04:** Idem als A19 en A20. Niet al te dynamisch profiel.

Lichte tot plaatselijk forse depositie tegen de helling, toenemend naar boven, met een maximale hoogtetoename van 1m tussen 2016-2017. Enorme verbreding van de erosieve zone en sterke verdieping. De erosieve zone is in twee delen gesplitst, met in het eerste deel een erosie van 2m, in het tweede deel van bijna 1m. Het tussenstuk is zeer smal en erodeert (nog) nauwelijks. Enige depositie landwaarts van de kuil, met een hoogtetoename van minder dan 1m.

### **Kuil 8 - Profielen A21 t/m A23 & D05**

Kuil 8 begint zich tot kerf te ontwikkelen. Door afslag is het contact tussen kuil en strand tot stand gekomen. De erosie is extreem met als maximum bijna 7m sinds 2013. De afslagzone aan de achterzijde van de kuil fungeert vooral als transportzone, landwaarts hiervan wordt veel zand afgezet in duindoorn, die hier al voor een groot deel begraven is.

#### **2013 t/m 2016**

Kuil 8 sluit aan op bovenkant zeereep, hier vrijwel geen winderosie, maar in kuil wel sterk. Grote kale zone met transportoppervlak voor vrij brede depositiezone, die samen met kuil 9 één geheel vormt.

#### **2016-2017**

De erosie in kuil 8 is extreem, sinds 2013 meer dan 6m, in 2016-2017 lokaal zelfs bijna 5m in één jaar.

**A21:** Depositie bij duinvoet, op de top brede zone met lichte erosie in 2015-2016, was voorheen depositie en is nu netto 0. Direct achter top brede zone met sterkere depositie 1.5m. Profiel loopt

niet ver genoeg door. Is gekarteerd als stuifkuil, maar dus nauwelijks dynamisch, tenzij als transportprofiel. Is wel helemaal kaal en inderdaad forse depositie aan achterkant.

Dit transect snijdt net ten noorden van kuil 8 langs. Op het strand lichte erosie, daarboven enige depositie. De landwaartse zijde van het transect doorsnijdt de depositiezijde aan de noordoostkant van kuil 8. Hier vindt in 2016-2017 enige erosie plaats, waarbij vooral de depositie uit 2015-2016 weer erodeert.

**A22:** Hier wel zeer sterke erosie, met 3m verdieping en enorme verbreding in 2015-2016. Depositie zone erachter, maar ook hier loopt profiel niet ver genoeg door. Enorme erosie komt dit jaar dus echt op gang, want in voorgaande jaren was het maar beperkt.

Lichte erosie aan de voorzijde van de helling, overgaand in depositie hogerop. In dit transect is de meest extreme erosie gemeten, met een verdieping van bijna 5m tussen 2016-2017. De toename van erosie die vorig jaar werd gesignaleerd is nu nog eens zo sterk toegenomen. De totale verdieping sinds 2013 bedraagt nu ruim 6.5m. De kuil is ook fors verbreed, zowel tegen de wind in als met de wind mee. Binnen dit transect is vrijwel geen depositie gemeten, voornamelijk erosie van de depositie van het voorgaande jaar.

**A23:** Kuilontwikkeling erodeert richting zeereep, maar vormt nog geen kerf. Bovenin helling erosie tot op circa 13m NAP, maar gaat wel rap omlaag. Erosie max meer dan 3m, met ook hier een forse versnelling in laatste jaar. Depositie over vrij brede zone aan achterkant helling, meteen voorbij top. Profiel loopt niet ver genoeg door. Maximum depositie bijna 1m over laatste jaar. Extreme erosie, bijna 5m totaal.

Lichte erosie aan de strandzijde, overgaand in depositie hellingop. De erosie is minder sterk dan tussen 2015-2016, de erosieve zone is wel iets verbreed. De verdieping bedraagt dit jaar 2m. De erosie richting strand stagneert, erosie vindt nu vooral plaats aan de landwaartse zijde, dus met de wind mee. Weinig of geen depositie landwaarts van de kuil.

**D05:** Kerfontwikkeling blijkt ook uit dit profiel. Nog wel hobbeltje voor opening, maar erodeert snel. Ingang nu op ca 12m NAP. Maximum erosie in dit profiel zelfs meer dan 3.5m in 1 jaar. Depositie achter top, profiel loopt ook niet ver genoeg door. Extreme erosie, bijna 5m totaal.

Ook dit transect laat een enorme verbreding van de erosieve zone zien. De verdieping is vergelijkbaar met vorig jaar, ruim 3.5m, alleen verder landwaarts. De totale verdieping bedraagt bijna 7m. De kerfontwikkeling lijkt te stagneren, doordat de voorkant stabiel is en zeewaarts hiervan enige depositie is opgetreden.

### **Kuil 9 - Profielen A24 t/m A26 & D06**

Kuil 9 sluit iets minder aan op het strand, waardoor hier nog niet echt sprake is van een kerf. De mate van erosie is vergelijkbaar met kuil 8, de bodem van de kuil ligt echter op een iets hoger niveau. Ook de depositiezone is vergelijkbaar met een tussenliggende transportzone waar duindoorn is afgeplagd. De depositie is alleen iets minder omdat kuil 8 ook van kuil 9 profiteert, maar andersom niet.

#### **2013 t/m 2016**

Kuil 9 sluit net niet aan op zeereep, wel sterke erosie en ook transport oppervlak. De voorzijde van de zeereep is na een jaar met forse afslag weer stabiel en aan de voet is zelfs aangroei zichtbaar. In het lagere zeewaartse gedeelte van de kuil vindt sterke uitstuiving plaats. Het hogere gedeelte en voornamelijk de verbindingszone tussen kuil 8 en 9 is stabiel. Langs de randen van de stuifkuil vindt overstuiving plaats, waardoor hier een soort rug ontstaat. Aan de oostzijde van de stuifkuil lijkt een soort storthelling te ontwikkelen.

#### **2016-2017**

Veel sterkere erosie dan in voorgaande jaren.



**A24:** Lichte depositie aan voorzijde helling, waarschijnlijk vanaf het strand. Erosiezone op top met lichte erosie, 0.1m, en aan achterkant top forse depositie met in 1 jaar 2m toename. De erosiezone zit in kale zone die gekarteerd is als kaal zand, en waar volgens jarkusverschil alleen lichte depositie optreedt. Erosie kan dus van tweede helft 2016 dateren, want verschilkaart is van mrt2015-mrt2016.

Dit transect snijdt ten noorden van kuil 9 langs, maar doorsnijdt wel de depositiezone aan de noordoostzijde van kuil 9. In het transect gebeurt weinig, met uitzondering van enige depositie op de zeewaartse helling en forse depositie aan de landwaartse zijde. Het transect is hier niet ver genoeg doorgemeten, zodat de veranderingen niet goed te kwantificeren zijn. De hoogtetoename bedraagt tenminste 1.5m, net als vorig jaar, maar iets verder landwaarts.

**A25:** Stuifkuilvorm in top verdiept en verbreed en met aanzienlijke versnelling van erosie in 2016. Tussen helling en stuifkuil nog een stabiel hellingdeel, dus echt stuifkuil in de top. Depositie aan achterzijde, maar beperkt tot een tiental cm's. Erosie 2.5m in 1 jaar.

Enige depositie op de zeewaartse helling, met plaatselijk een hoogtetoename van 1m. Op de top vreet de stuifkuil zich steeds verder in, de erosie is in 2016-2017 veel groter dan in de jaren er voor. De kuil verbreedt sterk, zowel aan de zeewaartse als landwaartse zijde. Er is echter geen sprake van kerfontwikkeling. De totale verdieping sinds 2013 bedraagt bijna 6m. Aan de achterzijde forse depositie met een hoogtetoename van ruim 1.5m.

**A26:** Idem, maar hier gaat de stuifkuilontwikkeling wel sneller richting helling. Er is nog een klein stabiel hellingdeel tussen voorzijde en stuifkuil. Groeit langzaam richting strand, vooral verdieping in laatste jaar, erosie aan zeewaartse zijde is iets minder dan vorig jaar. Verbreding hier dus sterker landwaarts. Aan achterzijde depositie, maar profiel loopt niet ver genoeg door. Depositie orde 0.3m, dus niet heel sterk.

Ook hier enige depositie tegen de zeewaartse helling en het invreten van de stuifkuil in de zeereep. De erosie is hier zeer sterk toegenomen. Over een brede zone van circa 15m is de kuil 3m verdiept. Op de lijhelling sterke depositie tot bijna 2m.

**D06:** Forse verdieping en verbreding, met erosie tot bijna 3m in 1 jaar en forse depositie in storthellingachtige vorm aan lijzijde van de top, meer dan 2m. Profiel loop niet ver genoeg door. Extreme erosie, bijna 5m totaal.

Forse depositie tegen de zeewaartse helling met een toename van 1m over een zone van ruim 10m breed. Enorme verbreding en verdieping van de kuil, waarbij de ingang zich ook iets zeewaarts beweegt, zonder dat sprake is van een kerfontwikkeling. Aan de achterzijde zeer sterke depositie met een hoogtetoename van meer dan 3m.

### **Kuil 10 - Profielen A27 & A28**

Depositie aan duinvoet, verder redelijk stabiele voorzijde van de zeereep. Ook de kuil is stabiel.

#### **2013 t/m 2016**

Kuil 10 ligt veel hoger op de zeereep en ondergaat nauwelijks erosie. Geen verbinding met zeereepontwikkeling. Omringende referentiekuiten zwak tot matig dynamisch, minder dan kuilen 8 en 9.

#### **2016-2017**

Afgezien van depositie bij de duinvoet en hoger op de helling is hier niets veranderd.

**A27:** Zeer stabiel profiel met vooral enige depositie bovenaan helling vanaf strand. Lichte erosie alleen zichtbaar in totaal verschil.

Lichte depositie hoog op de zeewaartse helling. Verder geen veranderingen.

**A28:** idem. Weinig boeiend zo, maar op foto wel geheel kaal.

Idem.

### **Kuil 11, 12 en 13**

Groep van drie stuifkuilen die zonder nabeheer tot ontwikkeling zijn gekomen. De kuilen liggen hoog op de zeereep waarbij van 11 naar 13 de afstand tot de duinvoet toeneemt. De depositiezones over lappen, waardoor er achter deze kuilen een omvangrijke zone met sterke depositie ligt. Deze kuilen waren direct na de eerste ingreep al zeer actief, en veel dynamischer dan de overige kuilen. Nu is de dynamiek hier afgenomen en in de (meeste) overige kuilen juist toegenomen, waardoor deze kuilen nu veel minder veranderd zijn.

### **Kuil 11 - profielen A29 t/m A31 & D07**

De sterkste erosie in deze kuil heeft plaatsgevonden van 2014-2015. In tegenstelling tot de voorgaande kuilen is de mate van erosie iets afgenomen, hoewel nog steeds duidelijk en orde 1-2m. De depositiezone strekt zich uit naar het oosten tot oostnoordoosten over een afstand van ruim 60m.

#### **2013 t/m 2016**

Kuil 11 ligt boven aan top met zeer sterke erosie en sterke depositie in een dubbele lob. Zeereep is hier sterk accumulatief, geen winderosie. Hier ook aan westkant van erosiezone een depositie strookje, die dus op de bovenkant van de zeereep ligt. Omringende referentiekuiten ook dynamisch maar minder extreem.

#### **2016-2017**

Hoewel nog steeds sterk actief is de mate van erosie afgenomen. Terwijl deze kuil direct na de ingreep zeer actief werd, veel meer dan de voorgaande kuilen, is de mate van activiteit nu juist minder.

**A29:** Lichte depositie voorzijde, aanzienlijke verbreding en verdieping van stuifkuil in de top. Erosie ca 1.5m in 1 jaar, versnelling t.o.v. vorig jaar. Meteen aan achterzijde depositiezone met ca 0.8m depositie en verhoging van de top. Dus top die aanvankelijk zeer breed en vlak was differentieert nu door erosie aan de voorkant en depositie aan de achterkant.

Lichte depositie op de zeewaartse helling. Erosie op de top, vergelijkbaar met vorige jaren, tot ruim 1m. De kuil verbreedt zowel zeewaarts als landwaarts. Direct achter de kuil ligt een depositiezone met matige depositie, waardoor de top verhoogt.

**A30:** Idem, maar in dit profiel was erosie vorig jaar net zo sterk, zelfs lokaal iets sterker, meer dan 2m in 1 jaar, nu bijna 2m in j1 jaar. Smalle depositie zone. Ook hier meer differentiatie in het voorheen zeer brede en vlakke profiel. Depositie aan voorzijde gaat bijna gelijk over in erosie van stuifkuil, klein stukje nog stabiel. Extreme erosie, 5m totaal.

Enige depositie op de zeewaartse helling. De kuil verdiept, maar de mate van verdieping neemt jaarlijks iets af, dit jaar ruim 1.5m. De grootste verdieping was tussen 2014-2015. De voor- en achterkant blijven op hun plek. Direct landwaarts van de kuil een beperkte depositiezone met een matige depositie. Verder landwaarts geen verandering.

**A31:** Idem, maar hier is erosie dit jaar een stuk minder dan vorig jaar. Wel verdieping en verbreding, maar dus minder snel dan vorig jaar, ca 0.8m erosie. Smalle zone met depositie direct achter de kuil. Ook maar beperkte hoogtoename. Netto 1m sinds 2013.

Enige depositie op de zeewaartse helling. De kuil verdiept, maar de mate van verdieping neemt jaarlijks iets af, dit jaar maximaal 0.5m. De grootste verdieping was tussen 2014-2015. De voor- en achterkant blijven op hun plek. Direct landwaarts van de kuil een beperkte depositiezone met een geringe depositie. Verder landwaarts geen verandering.

**D07:** Profiel moet eigenlijk verder doorlopen, want zou dan ook referentie kuil meenemen. Depositiezone en erosiezone gaan in elkaar over, waardoor waarschijnlijk een deel van het

strandzand nu via de kuil naar binnen wordt getransporteerd. Erosie iets minder dan vorig jaar, maar wel bijna 2m, toen ruim 2m. Depositie over bredere zone direct achter kuil, met hoogtetoename 1m, neemt wel toe t.o.v. vorig jaar. Extreme erosie, bijna 5m totaal.

Transect snijdt precies door de as van de kuil. Minder sterke erosie dan voorgaande jaren, maar wel duidelijke ontwikkeling van verdieping. Depositie landwaarts over de top tot aan de achterzijde, ook iets minder sterk dan vorig jaar.

### **Kuil 12 - Profiel A32**

Kuil 12 ligt iets hoger op de zeereep, verder qua dynamiek vergelijkbaar met 11. De totale erosie sinds 2013 bedraagt ruim 6m. De depositiezone strekt zich iets minder uit dan bij kuil 11, tot bijna 50m.

#### **2013 t/m 2016**

Aangroei aan de duinvoet. De extreme erosie in de stuifkuil is in zeewaartse richting uitgebreid. Tussen 2014 en 2015 heeft er plaatselijk bijna 2m verdieping plaatsgevonden. Aan de noordoostzijde is een depositiezone zichtbaar met ophoging tot  $\pm 40$ cm. Het grootste deel van de depositiezone valt net buiten het profiel.

#### **2016-2017**

De mate van erosie is vergelijkbaar met voorgaande jaren. De kuil verdiept vooral, zonder in omvang toe te nemen.

A32: Forse verbreding en verdieping, waardoor kuil nu aan voorkant van de top in de helling begint te liggen. Overstuiving vanaf strand stuift waarschijnlijk deels door de kuil naar binnen. Erosie bijna 2m, iets sterker dan vorig jaar. Depositie direct aan de landwaartse zijde, tot ca 0.8m dus niet heel extreem. Er zijn twee depositie toppen, de ene grenst direct aan de kuil, de tweede grenst direct aan de naast de kuil gelegen overstuivingszone. Dit is dus in feite een transportzone, want hierin blijft zelf niet zoveel liggen. Extreme erosie, bijna 5m totaal.

Enige erosie aan de strandzijde. Forse erosie, vergelijkbaar met vorig jaar, maar vooral aan de voorzijde van de kuil, verdieping bijna 2m. De begrenzing blijft gelijk. Lichte depositie aan de landwaartse zijde, met hoogtetoename van ruim 0.5m.

### **Kuil 13 - Profielen A33 t/m A35 & D08**

Kuil 13 ligt nog iets hoger op de zeereep, hier ligt achter het sterkste erosieve deel weer een transportoppervlak met geringe veranderingen, daaromheen wal van depositie.

#### **2013 t/m 2016**

Aangroei bij de duinvoet. In het lage gedeelte van de stuifkuil overheerst sterke erosie met verdieping tot ruim 1m. Aan de oostzijde van deze afgraving bevindt zich nog een kuil waarin depositie zichtbaar is. Ook langs de randen ontstaan depositiezones met plaatselijke ophoging tot  $\pm 1$ m.

#### **2016-2017**

De mate van erosie is behoorlijk afgenomen ten opzichte van voorgaande jaren. Desondanks is er nog steeds sprake van dynamiek.

A33: Dit profiel snijdt volgens de kartering door twee kuilen. Alleen de eerste heeft erosie tot 0.8m, en alleen de tweede heeft depositie tot 0.9m. Niet heel dynamisch profiel, hoewel beide kuilen gekarteerd zijn als stuifkuilen. Totale hoogteverschillen zijn ook beperkt, tussen -1 en 1 m.

Enige erosie aan de strandzijde en lichte depositie hoger op de helling. Geringe erosie in de kuil, wel vergelijkbaar met voorgaande jaren. Lichte verdieping, in totaal nu bijna 1m sinds 2013. Aan de landwaartse zijde depositiezone met lokaal hoogte toename van bijna 1m.

A34: Hier wel een duidelijk eroderende kuil met een erosie tot bijna 1m, was vorig jaar 1m. In dit profiel vrijwel geen depositie, alleen heel licht aan voorzijde. Kuil begint direct achter topje, wat daardoor geprononceerder wordt.

Erosie vooral aan de landwaartse zijde, iets minder dan vorig jaar, met een verdieping van ruim 0.5m. De positie aan de bovenkant van de lijkelling, smalle zone met hoogtetoename van ruim 0.5m

A35: Vergelijkbaar maar minder sterke erosie, en vreemd gelijkmatige erosie van 1.5m totaal over een breedte van 20m. Wijde flauwe stuifkuil daarom. Verdieping stuk minder dan vorig jaar, toen tot 1m, nu net 0.6m. Depositie niet of nauwelijks in het profiel, waarschijnlijk niet ver genoeg want loopt helling niet af.

Aan de zeewaartse zijde van de kuil vindt nu depositie plaats, in de rest erosie, maar vooral aan de landwaartse zijde. De erosie is beperkt, 0.5m, maar vergelijkbaar met vorig jaar. Geen depositie aan de landwaartse zijde van de kuil in dit profiel.

D08: Echte kratervorming in de top. Profiel snijdt volgens kartering door twee kuilen. Eerste is erosief, tot max 0.9m, tweede gebeurt niks, is waarschijnlijk alleen transportoppervlak. Erachter wel depositie, maar profiel is te kort.

Transect ligt net ten noorden van de as van de kuil. Erosie afgenomen en beperkt tot 0.5m. Waarschijnlijk depositie verder landwaarts, maar profiel loopt niet ver genoeg door.

## Kuil 14

### Kuil 14 - Profielen A36 & A37

Aangroei aan voorzijde zeereep. In de kuil vindt uitstuiving plaats met plaatselijke verlaging tot  $\pm 50$ cm. Aan de achterzijde is een lichte depositiezone zichtbaar.

#### 2013 t/m 2016

Kuil 14 boven op top met matige erosie en weinig depositie. Hier ook aan de westkant een depositiezone, als enige met 11. Vrij beperkte depositiezone

Deze kuil was dermate snel gestabiliseerd dat hier opnieuw het oppervlak is afgegraven, net als in kuilen 15 t/m 17. De dynamiek is nu goed op gang gekomen, met een redelijk forse erosie in het centrale deel en smalle depositiezones, zowel aan de oostkant als aan de westkant.

#### 2016-2017

Binnen de kuil is alleen het noordelijkste randje nog actief. Hier heeft nog een aanzienlijke erosie plaatsgevonden, waardoor de kuil 1m verdiept is. Aan de oostzijde ligt een smalle depositiezone, waar plaatselijk nog 0.5m zand is geaccumuleerd.

A36: Duidelijke kuilontwikkeling aan voorzijde van de helling, bovenkant. Met beperkte erosie tot 0.8m, vergelijkbaar met voorgaande jaren, dus hier heel gelijkmatig in de tijd. Depositie erachter maar niet opvallend en vooral blijkend uit totaal verschil, tot 0.5m Onderkant kuil ontwikkelt vlak, d.w.z. ook helling die vlak was erodeert gelijkmatig. Geen duidelijke kuilvorm dus, hoewel wel als stuifkuil gekarteerd.

Erosie in de kuil is iets versterkt ten opzichte van voorgaande jaren. De hele kuil verdiept met 0.5-1m. Landwaarts daarvan enige depositie, ruim 0.5m, waardoor de top iets in hoogte toeneemt.

A37: Klein beetje erosie aan bovenkant helling, met minder dan 0.5m verschil. Depositie aan achterzijde blijkt hier ook alleen uit totaal verschil. Niet heel erg dynamisch profiel dus.

Forse depositie op de zeewaartse helling (is dit gevolg van nabeheer?). Beperkte erosie in de kuil, vergelijkbaar met voorgaande jaren. Lichte depositie landwaarts van de kuil, waardoor de top iets in hoogte toeneemt.

#### **Kuil 15, 16 en 17**

Ook deze kuilen waren zo snel gestabiliseerd dat ze opnieuw zijn uitgegraven. Deze tweede ingreep heeft echter nauwelijks effect gehad. Het vermoeden bestaat dat de bodem hier nutriëntrijker is dan elders, waardoor de vegetatieontwikkeling sneller gaat. Ook staan hier abnormaal grote hoeveelheden aan Groot Hoefblad op de zeereep, een verstoringindicator die normaal gesproken niet het zeereepmilieu thuis hoort. Kuil 15 is geheel gestabiliseerd, kuilen 16 en 17 hebben nog wel enige erosie ondergaan, maar het lijkt er op dat ook deze kuilen binnen afzienbare tijd weer geheel dichtgegroeid zullen zijn.

#### **Kuil 15 - Profielen A38 & A39, 2013 t/m 2015**

Depositie bij de duinvoet. In de stuifkuil is vrijwel geen verandering zichtbaar.

#### **2013 t/m 2016**

Kuil 15 is vrijwel gestabiliseerd, geen veranderingen in 2016 alleen aanzanding vanaf zeereep. Kuil 16 is bijna gestabiliseerd, met nog zwakke erosie in centrale deel en heel lichte depositie.

#### **2016-2017**

Geen veranderingen.

A38: Vrijwel geen verandering, alleen heel lichte depositie aan voorzijde vanaf het strand. Verder nauwelijks veranderingen.

Forse depositie op de zeewaartse helling (nabeheer?). Verder geen veranderingen. Gestabiliseerd.

A39: Idem.

Idem.

#### **Kuil 16 - Profielen A40, A41 & D09, 2013 t/m 2015**

Ook hier vindt aangroei bij de duinvoet plaats. In het meest zeewaartse deel van de stuifkuil is zeer lichte erosie zichtbaar, maar verder is er geen verandering te zien.

#### **2013 t/m 2016**

Kuil 16 is bijna gestabiliseerd, met nog zwakke erosie in centrale deel en heel lichte depositie.

#### **2016-2017**

Alleen midden in de kuil ligt nog een kleine erosieve zone, waar het oppervlak met ruim 0.5m is verlaagd. Verder gebeurt er weinig tot niets in de kuil.

A40: Als A38 en A39.

Forse depositie op de zeewaartse helling, 1.5m (nabeheer?). Verder geen veranderingen. Gestabiliseerd.

A41: Lichte erosie bij de top totaal ca 0.7m. Laatste jaar minder, lijkt te stabiliseren.

Lichte erosie in de kuil, met een verdieping van ruim 0.5m, maar over een beperkte zone. Wel toename van erosie ten opzichte van voorgaande jaren. Verder geen veranderingen.

D09: Idem. Erosiezone is kale plek net als in A41.

Forse depositie op de zeewaartse helling over een brede zone van 20m. Zeer geringe erosie in de kuil, slechts enkele cm's. Verder geen veranderingen.



### **Kuil 17 - Profielen A42 & D10, 2013 t/m 2015**

Erosie en depositie bij de duinvoet lijken een soort herprofilering na de extreme afslag van vorig jaar. In de stuifkuil vindt zeer lichte erosie plaats met een maximale verandering van enkele centimeters.

#### **2013 t/m 2016**

Kuil 17 is vrijwel gestabiliseerd met nog zwakke erosie in centrale deel en nauwelijks depositie aan noordoostzijde. Aangrenzende referentiekuiten wel dynamisch.

#### **2016-2017**

Geen verandering.

A42: Alleen lichte depositie aan voorzijde door overstuiving vanaf het strand.

Afgezien van depositie op de zeewaartse helling gebeurt hier niets.

D10: idem, stabiliseert.

Idem.

### **Referenties**

Voor de referentiekuiten zijn geen profielen gemeten.

#### **Referentie R1 (achter kuilen 4, 5 en 6)**

In 2014 is hier minder sterke overstuiving dan in 2013, wat vergelijkbaar is met de veranderingen in dynamiek bij de ingreep. De overstuivingszones zijn wel gelijk gebleven qua oppervlak. In 2015 neemt de dynamiek toe, met een vergroten van de uitstuivingen en iets ruimere overstuivingszones. In 2016 is de situatie vergelijkbaar met 2015. In 2017 is de dynamiek in deze kuilen weer iets afgenomen en zijn de overstuivingszones gekrompen.

De mate van dynamiek is in deze referentiekuiten een stuk lager dan in de stuifkuiten ten westen. De kuilen hebben ook een veel kleiner formaat.

#### **Referentie R2 (achter en ten zuiden van kuilen 7, 8, 9 en 10)**

De mate van activiteit, omvang van erosie en overstuivingszones zijn in 2015 vergelijkbaar met die van 2014.

De mate van activiteit, omvang van erosie en overstuivingszones zijn in 2015 en 2016 vergelijkbaar met die van 2014. De dynamiek is matig, groter dan die van kuil 10, maar kleiner dan die van kuil 7. In 2017 zijn de actieve zones iets gekrompen.

#### **Referentie R3 (achter kuilen 11, 12 en 13)**

Leken deze kuilen in 2014 te stabiliseren, in 2015 is de activiteit toegenomen. Met name de iets grotere erosieve kernen zijn uitgebreid. De kuilen zijn veel kleiner en onregelmatiger dan de gegraven kuilen. De situatie in 2016 en 2017 is niet gewijzigd ten opzichte van 2015. Er is waarschijnlijk sprake van enige beïnvloeding door overstuiving vanuit kuilen 11, 12 en 13.

De activiteit van deze referentiekuiten is hoger dan die van R2 en R1. De kuilen zijn veel kleiner en onregelmatiger dan de gegraven kuilen. Enkele kuilen tonen duidelijke erosie en depositie, maar op iets kleinere schaal dan de aangrenzende gegraven stuifkuiten. Zowel de mate van, als de omtrek is geringer.

#### **Referentie R4 (achter kuilen 16 en 17)**

Direct achter kuil 16 in zuidoostelijk richting, bevindt zich een kleine stuifkuil. Deze is sinds 2013 iets toegenomen in activiteit. Van 2014 tot 2017 verandert hier weinig.

Deze referentiekuiten zijn het meest actief van alle referentiekuiten. Voor wat betreft de mate van dynamiek in de referentiekuiten is er een duidelijke gradiënt met toenemende dynamiek van noord naar zuid. In de behandelde kuiten is deze gradiënt niet zo terug te vinden.