

Project Noordvoort

Monitoring Geomorfologie 2016

Bas Arens



water **net**

A R E N S
BUREAU VOOR STRAND- EN DUINONDERZOEK



Project Noordvoort

Monitoring Geomorfologie 2016

Bas Arens

ARENS BSDO
RAPPORTNUMMER RAP2017.04
In opdracht van Waternet
April 2017

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

Maaike Veer, Waternet

Projectleiding landmeten

Leo Harren, Waternet

Landmeter

Arjan Plaisier, Waternet

Versie

Definitieve versie, 18 mei 2017

Rapportnummer

Arens BSDO RAP2017.04

Foto omslag

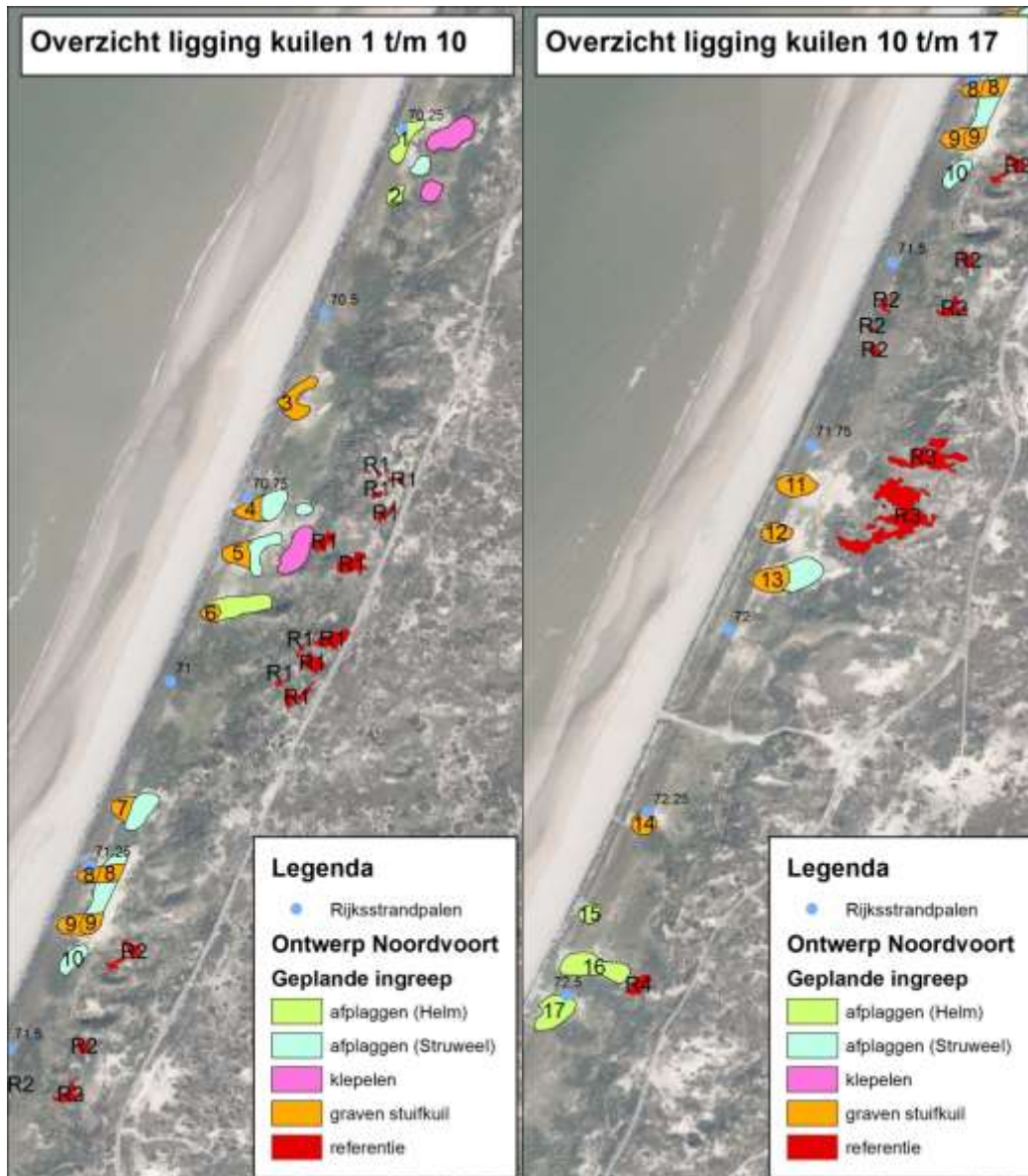
19 april 2017

INHOUD

COLOFON	II
INHOUD	III
1 INLEIDING	1
2 METHODEN	3
2.1 Luchtfoto's	3
2.2 Kartering dynamiek	3
2.3 Veldkartering overstuiving	4
2.4 Laseraltimetrie	5
2.5 Hoogtemetingen veld	5
2.6 Kartering bedekking	5
3 RESULTATEN METINGEN 2016	7
3.1 Luchtfoto's	7
3.2 Kartering dynamiek	8
3.3 Veldkartering overstuiving	10
3.4 Hoogtemetingen veld	11
3.5 Hoogtemetingen laseraltimetrie	11
3.6 Veranderingen per kuil of cluster van kuilen	11
3.7 Kartering bedekking	17
4 BEHANDELING MONITORINGS- EN EVALUATIEVRAGEN	19
5 NABEHEER	25
6 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	27
7 REFERENTIES	29
BIJLAGEN	31
BIJLAGE A. KARTERINGEN DYNAMIEK	A.1
BIJLAGE B. VELDKARTERING OVERSTUIVINGSZONES	B.1
BIJLAGE C. VELDKARTERING OVERSTUIVINGSZONES 2016 - DETAIL	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

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. Onderdeel van de planvorming is het natuurlijker maken van de zeereep en herstellen van dynamische processen middels enkele ingrepen.



Figuur 1.1. Overzicht ligging kuilen Noordvoort.

Het doel van het experiment 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, + aanzet stuifkuil(en) en lokaal het klepelen van vegetatie om de verspreiding van stuifzand te

bevorderen. In de zomer van 2014 is een aantal kuilen opnieuw opengemaakt met verschillende beheertechnieken. In een aantal kuilen is intensief (machinaal) ingegrepen. Bij een aantal andere kuilen was geen nabeheer nodig en gaat de ontwikkeling van de ingreep voorspoedig. In de overige kuilen 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 2016.

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 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 en directe veldmetingen.

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 tenminste op schaal 1:1500 gekarteerd kan worden. 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 en 2016 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. 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.

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 Limburgstirumduinen). 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
A1	actieve overstuiving, vegetatie niet meer herkenbaar	Aa	6	5
A1/2	complex van A1 en A2	Aa	19	18
A2	actieve overstuiving, vegetatie herkenbaar	Aa	53	51
A2/3	complex van A2 en A3	Ab	35	28
A3	geringe overstuiving, strooizone	Ac	28	9
B	stuifkuil	O	25	30
O	onbegroeid, actief, overwegend erosief	O	38	23
O2	onbegroeid, beperkte activiteit	Sb	4	3
O/S0	bijna onbegroeid, actief	O	2	1
S0	actieve duinvorming in pioniervegetatie	Sa	-	2
S0/1	complex van S0 en S1	Sa	5	-
OX	menselijk beïnvloed kaal zand	O	-	-

S1	beginnende stabilisatie	Sb	5	1
S1/2	Complex van S1 en S2	Sb	5	2
S1/A	beginnende stabilisatie en opnieuw (licht) overstoven	Ac	3	6
S2	grotendeels gestabiliseerd, nog niet volledig begroeid	Sc	4	3
S2/A	Grotendeels gestabiliseerd, opnieuw overstoven	Sb	2	3
S3	volledig gestabiliseerd en begroeid	Sc	1	-
V1	uitgestoven tot op het grondwater, vochtig, geen vegetatie	V	-	-
W1	open water, geen vegetatie	V	-	-
X	infrastructuur, paden, strandlagen etc.	X	1	-

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).

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

2.3 Veldkartering overstuiving

Om een duidelijk beeld te krijgen van de effectiviteit van de verschillende ingrepen zijn overstuivingszones ook in het veld gekarteerd, op 25 april 2016. In het veld zijn met behulp van een hand-GPS de 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. 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 gevlogen laseraltimetriegegevens (Jarkus) van Rijkswaterstaat kan de hoogteontwikkeling binnen het landschap worden gevolgd. De data van Rijkswaterstaat zijn vanaf 2013 beschikbaar in een 2x2 m² grid. Behalve deze gegevens zijn ook het AHN2 en AHN3 beschikbaar, met een gridgrootte van 0.5x0.5m², 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 nabehoor wordt 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 uitsterving een steeds groter deel van het oppervlak en hebben daarmee een negatieve invloed op versterving. Levende wortels kunnen uitlopen en een kaal gemaakte oppervlak weer snel stabiliseren. Ook de nieuwe vestiging van vegetatie kan leiden tot stabilisatie. Voor de kartering van de bedekking wordt gebruik gemaakt van de legenda in Tabel 2.4.

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

In 2016 is deze kartering door niet uitgevoerd omdat geconstateerd werd dat geen aanvullende nabeheer nodig was.

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.

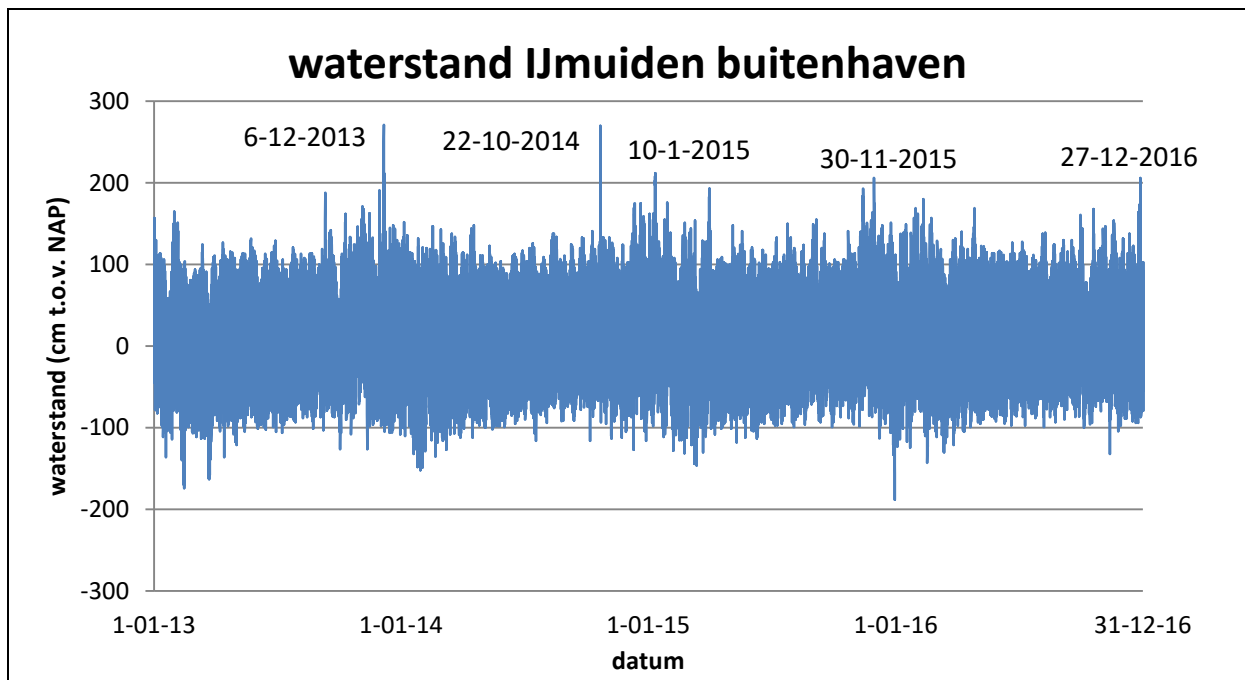
Tabel 2.5. Tijdslijn gebeurtenissen, ingrepen en metingen.

datum	Omschrijving
2008	Opname laseraltimetrie AHN2
mrt-13	Initiële ingreep
14-1-13	Opname laseraltimetrie Jarkus 2013
1-4-13	Opname luchtfoto 2013
5-9-13	Hoogtemetingen 2013
5-9-13	Kartering bedekking 2013
5-12-13	Stormschade
18-1-14	Opname laseraltimetrie Jarkus 2014
29-3-14	Opname luchtfoto 2014
28-4-14	Kartering overstuiwing 2014
jul-14	Nabeheer met paard en ploeg, 1 t/m 10
2014	Opname laseraltimetrie AHN3
30-9-14	Tweede ingreep, graven 14 t/m 17
okt-14	Hoogtemetingen 2014
14-10-14	Kartering bedekking 2014
22-10-14	Stormschade
10-1-15	Stormschade
mrt-15	Opname luchtfoto 2015-1
8-3-15	Opname laseraltimetrie Jarkus 2015
20-4-15	Kartering overstuiwing 2015
jun-15	Nabeheer vrijwilligers, kuilen 7 t/m 13
jul-15	Opname luchtfoto 2015-2
jul-15	nabeheer vrijwilligers, kuilen 1, 3, 6, 7, 18 (deel van R1)
okt-15	Hoogtemetingen 2015
okt-15	Kartering bedekking 2015
nov-15	Nabeheer vrijwilligers, kuilen 11, 12 en 13
30-11-15	Stormschade
febr-mrt 2016	opname laseraltimetrie Jarkus 2016
25-4-16	Kartering overstuiwing 2016
zomer 2016	Opname luchtfoto's
oktober 2016	hoogtemetingen 2016
april 2017	Kartering overstuiwing 2017

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. 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 en 27 december 2016 hebben zich nog twee gebeurtenissen met een waterstand hoger dan 2.0m NAP voorgedaan. Deze hebben geen afslag veroorzaakt.



Figuur 3.1. Waterstanden voor IJmuiden buitenhaven (gegevens RWS).

3.1 Luchtfoto's

De foto's zijn aangeleverd in full colour, met een variërende pixelgrootte van 0.1x0.1m² tot 0.25x0.25m². 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 nul-situatie, 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 beschikking. 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. 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 voorjaars beelden veel groter is.

Luchtfoto's voor 2016 zijn ook in de zomer gevlogen. Deze foto's zijn beschikbaar via een service van ESRI.

Tabel 3.1. Overzicht gebruikte luchtfoto's

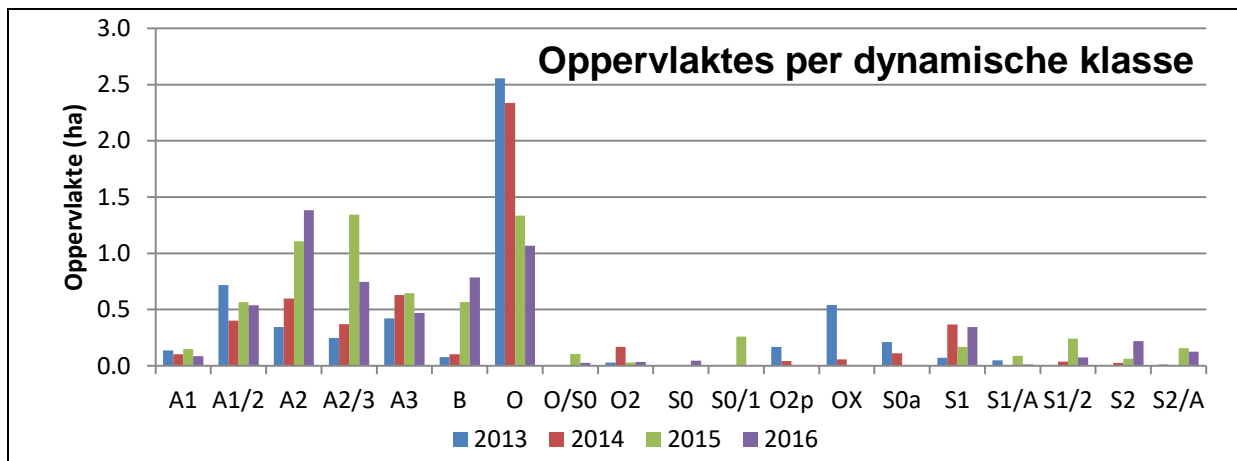
Type	Bron	datum	Detail
Full colour	Waternet	1-4-2013	10x10 cm ²
Full colour	RWS	29-3-2014	10x10 cm ²
Full colour	Waternet	Juli 2015	25x25 cm ²
Full colour	Waternet	Voorjaar 2015	screenshots
Full colour	ESRI/PDOK	Zomer 2016	25x25 cm ²

3.2 Kartering dynamiek

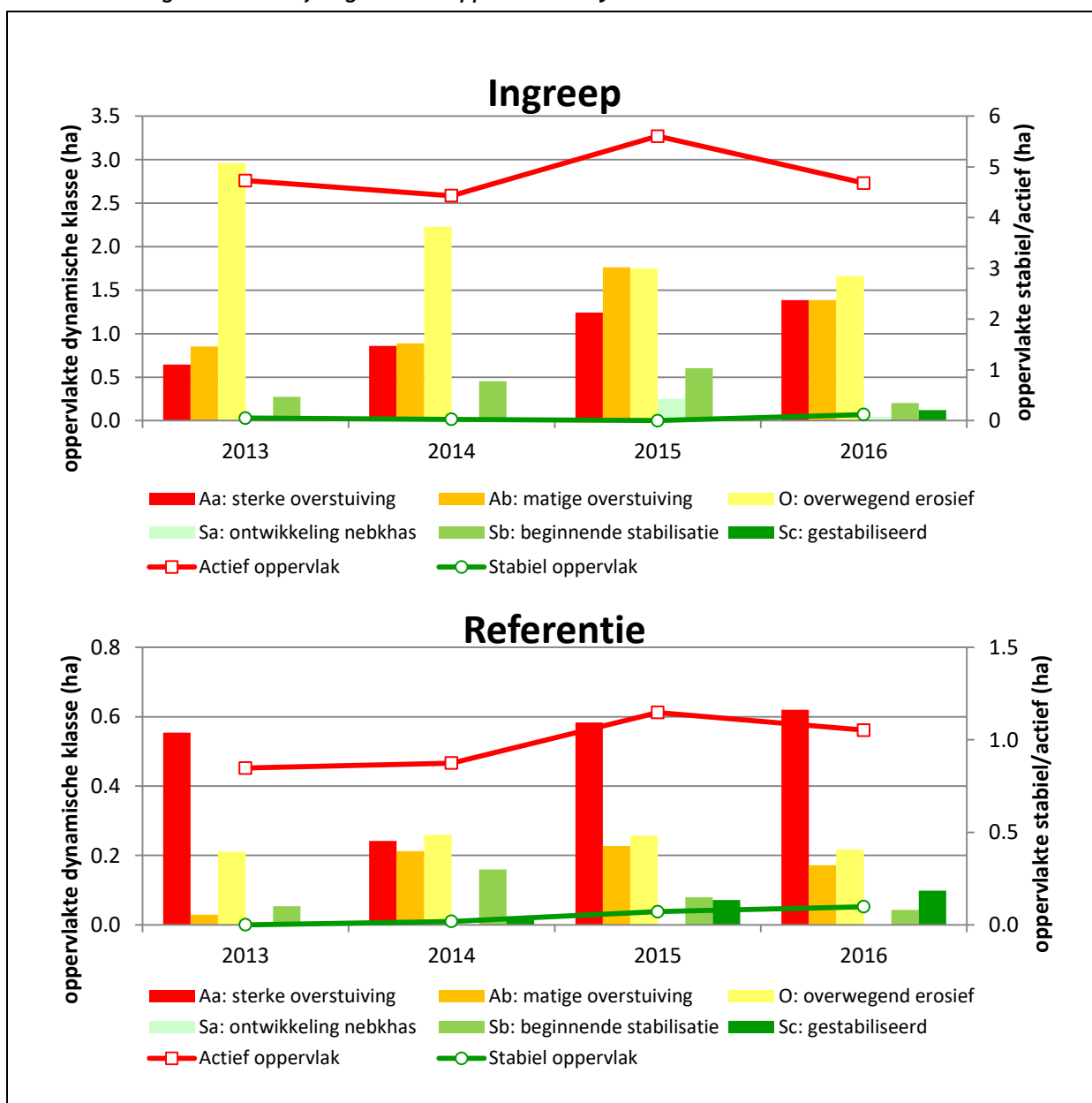
Met behulp van de luchtfoto's is een dynamiekkartering voor 2016 gemaakt. Daarbij is gebruik gemaakt van de legenda in Tabel 2.1. De karteringen voor 2013-2016 zijn opgenomen in Bijlage A. Behalve de oppervlakken van de ingrepen zijn ook verschillende autonome stuifplekken gekarteerd ter vergelijking (referentie). Voor zowel 2015 als 2016 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 en 2016 anderzijds. Op de laatste twee karteringen is de mate van overstuiving relatief onderschat. D.w.z. als de overstuiving op voorjaarsbeelden was gekarteerd zouden de karteringen van 2015 en 2016 een grotere mate van dynamiek hebben weergegeven.

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. De referenties zijn hieruit weggelaten. Ten opzichte van 2015 is de verdeling van overstuivingsklassen iets gewijzigd, met in 2016 iets meer matige en minder zwakke overstuiving. In zijn totaliteit is het areaal aan overstoven oppervlak afgenomen. De hoeveelheid kaal oppervlak is vergelijkbaar, met een iets andere verdeling in gewoon kaal oppervlak (O, afgenomen) en stuifkuilvormig oppervlak (B, toegenomen). Door geringe stabilisatie is er sprake van een lichte toename van stabiele klassen S1 en S2.



Figuur 3.2. Staafdiagram met oppervlaktes dynamiekeenheden in 2013 t/m 2016.



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

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”. 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 2016 afgenomen van 5.61 naar 4.68 ha, met name door een afname van het overstoven oppervlak. Voor de referenties is er ook sprake van een afname ten opzichte van 2015 van 1.15 naar 1.05 ha, procentueel gezien een kleinere afname. De veranderingen voor ingreep en referenties zijn vergelijkbaar, met een afname van kaal en erosief oppervlak, een afname van matige overstuiving en een geringe toename van sterke overstuiving. Opvallend verschil is dat het sterk overstoven oppervlak voor de referentiekuiten relatief gezien veel groter is dan voor de behandelde kuilen. 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.

3.3 Veldkartering overstuiving

Om een duidelijk beeld te krijgen van de effectiviteit van de verschillende ingrepen zijn overstuivingszones ook in het veld gekarteerd. In het veld zijn met behulp van een GPS met GIS de 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 karteringen van 2014-2015 zijn opgenomen in Bijlage B. Van de kartering van 2016 zijn de detailkaarten per kuil of per cluster van kuilen opgenomen in Bijlage C.

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	0.15	6	0.91	31	0.08	5
A1/2	1.24	33	0.57	19	0.78	24	0.54	18
A2	0.58	35	1.11	53	0.84	23	1.38	51
A2/3	0.21	10	1.34	35	0.33	8	0.75	28
A3	0.59	21	0.65	28	0.25	13	0.47	9
Totaal sterke overstuiving	2.66	103	1.82	78	2.53	78	2.00	74
Totaal matige overstuiving	0.80	31	1.99	63	0.55	21	1.22	37

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

Matige overstuiving: totaal van A2/3 en A3.

In Tabel 3.2 is een vergelijking gemaakt tussen de veld- en luchtfotokarteringen van 2015 en 2016. In beide gevallen is de veldkartering in 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.

De resultaten per kuil worden besproken in paragraaf 3.5 en in detail in Bijlage G.

3.4 Hoogtemetingen veld

In september 2013, oktober 2014, 2015 en 2016 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 en 2014-2016 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 2016. 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.

Zowel uit de laseraltimetriegegevens (voorjaar 2015-voorjaar 2016) als uit de profielmetingen (oktober 2015-oktober 2016) blijkt dat de meeste kuilen een dynamisch jaar achter de rug hebben. Gemiddeld genomen lijken de ingrepen daarmee nu succesvol. De veranderingen tussen 2015 en 2016 zijn vaak groot, ook groter dan in het jaar daarvoor. 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 met een verlaging van 3m in één jaar. Over de totale periode is de maximale gemeten erosie 5.5m in kuil 4. De meest extreme depositie bedraagt 2m in één jaar, achter kuil 9, dus op de zeereep. Er zijn meer profielen met een jaarlijkse hoogtetoeename 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.

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.

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.

Tabel 3.3. Verandering in oppervlakte per dynamische klasse en per kuil of cluster van kuilen, inclusief referenties. Oppervlaktes in m². Roze gearceerd geeft een toename van dynamisch oppervlak. Oranje gearceerd: kuilen uitgegraven; groen gearceerd: kuilen afgeplagd; niet gearceerd: referenties.

	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
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
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
Sa 2013						
Sa 2014						
Sa 2015			603			
Sa 2016						
Sb 2013	101		222	523	807	11
Sb 2014	95		365	80	480	21
Sb 2015		753	817		1187	4
Sb 2016					471	203
Sc 2013	59	140	135		9	
Sc 2014			45		164	
Sc 2015						
Sc 2016			732			

	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
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	
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
Sa 2013						
Sa 2014						
Sa 2015	210				1694	
Sa 2016	446					
Sb 2013	850		46			
Sb 2014	517	1494			3071	
Sb 2015	390			575	2303	
Sb 2016					1553	
Sc 2013						
Sc 2014		182		40		
Sc 2015		79				
Sc 2016				479		

Bij kuilen 6, 10, 11, 14, 16 en 17 speelt instuiving vanuit de zeereep in de erosieve zone (en doorvoer verder landwaarts) 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 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. 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. Winderosie speelt aan de bovenkant van de helling bij kuilen 3-6 en 7-9.

Een aantal kuilen is verbonden met het strand, 1, 3, 4, 5, 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.

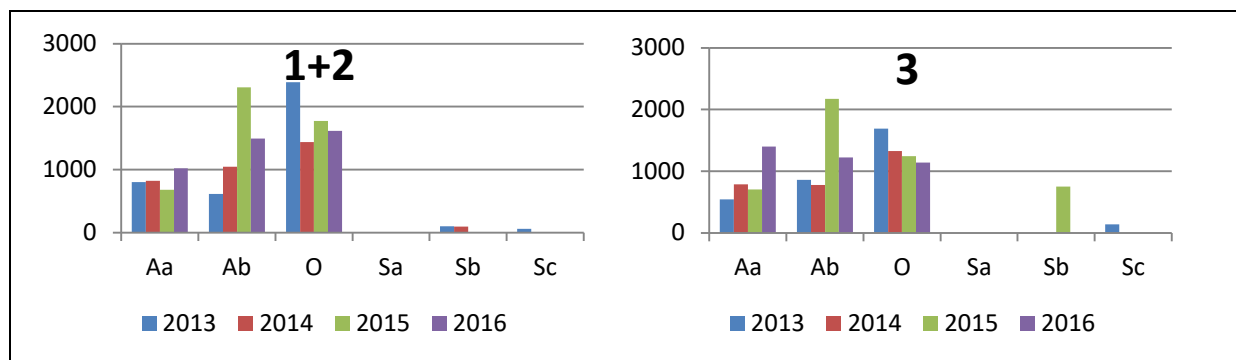
Kuilen 4, 5, 8, 9, 11 12 en 13 ontwikkelen zich het meest duidelijk tot een klassieke stuifkuilvorm.

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 niet (2, 10, 15, 16, 17). 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 Groot 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.

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 overlappen. Beide kuilen zijn in 2015 door afslag aangetast. In beide kuilen is in 2014 nabeheer 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 40m 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 zeereephelling ondergaat enige winderosie. De erosie tussen 2015 en 2016 bedraagt bijna 2m. Kuil 1 is de enige kuil waar is afgeplagd (niet gegraven) en waar de dynamiek goed op gang is gekomen.



Figuur 3.4. Staafdiagram met oppervlaktes van gegeneraliseerde dynamiek voor de ingreep. Alle oppervlaktes in m².

Kuil 3

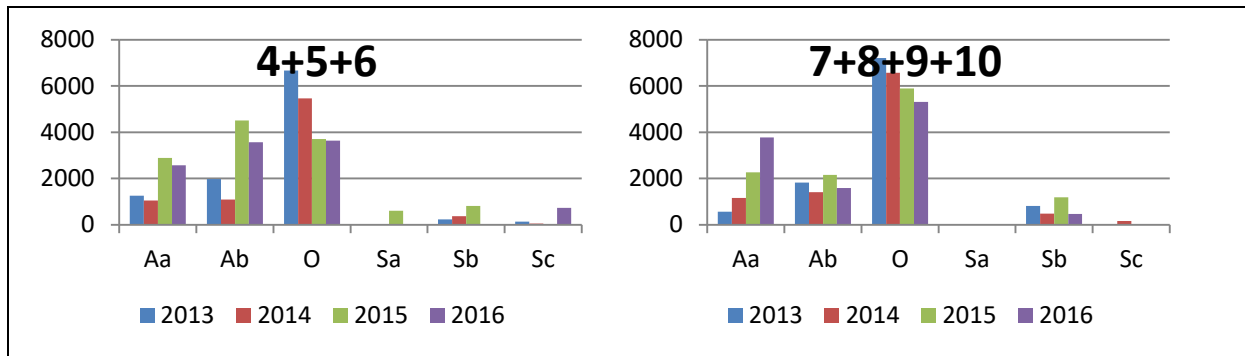
Kuil 3 is bij de ingreep gegraven. In 2014 is nabeheer uitgevoerd met paard en ploeg, in 2015 met vrijwilligers. Er is sprake van een forse erosie in twee armen die aan de westkant verbonden zijn, met aan beide uiteinden een duidelijke depositielob die aanzienlijk is uitgebreid. De kuil loopt door tot in het voormalige klif. De bovenkant van de zeereepelling ondergaat enige winderosie. De verdieping bedraagt 2m in één jaar en is aanmerkelijk meer dan vorig jaar. De depositie op de lobben bedraagt 0.5-1m over het afgelopen jaar.

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 in de zeereep. De bovenkant van de zeereepelling 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 grenzen hiervan komen grofweg overeen met de vlakken aan de oostkant van kuilen 4 en 5 waar struweel is afgeplagd. 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 erosie in kuil 4 is sterk toegenomen. 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 het laatste jaar. Kuil 6 is minder dynamisch, met matige erosie van enkele tientallen cm's. 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 3.5. 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 stuifkuiten ten westen. De kuiten hebben ook een veel kleiner formaat.

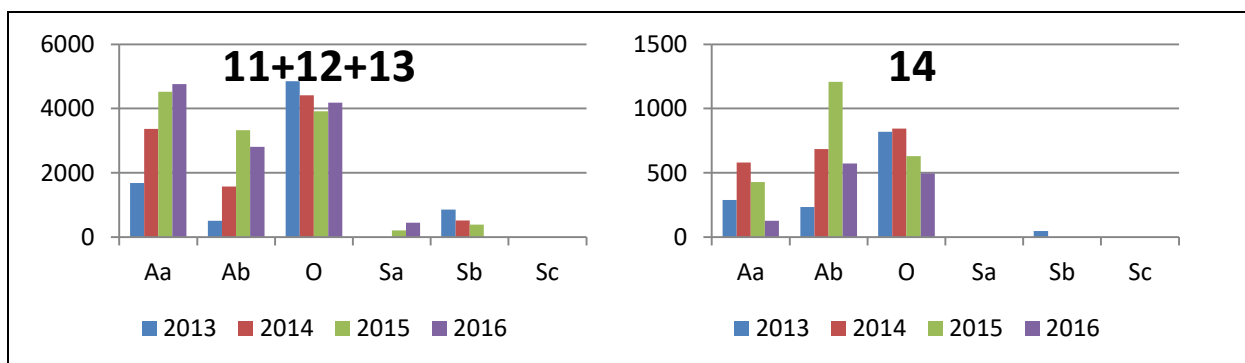
Kuil 7, 8, 9 en 10

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

Kuil 7 erodeert 0.5 tot 1m per jaar. In kuiten 8 en 9 is de erosie veel sterker, tot 3m in het laatste jaar. De depositie is ook fors, met lokaal een hogtetoename van 1.5m. In kuil 10 is de dynamiek zo gering dat de verschillen alleen zichtbaar zijn in het totaal verschil, dus tussen eerste en laatste meting.

Referentie 2 (R7+8+9+10)

De mate van activiteit, omvang van erosie en overstuivingszones zijn in 2015 vergelijkbaar met die van 2014. De dynamiek is matig, groter dan die van kuil 10, maar kleiner dan die van kuil 7.



Figuur 3.6. Staafdiagram met oppervlaktes van gegeneraliseerde dynamiek voor de ingreep. Alle oppervlaktes in m².

Kuil 11, 12 en 13

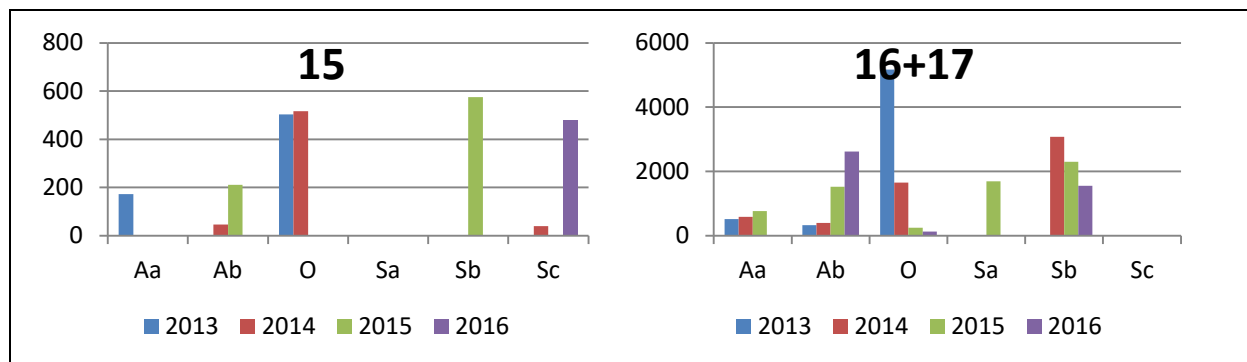
Kuilen 11, 12 en 13 zijn gegraven. Hun formaat is groot in vergelijking tot de andere kuilen. In deze kuilen kwam de dynamiek direct goed op gang, en is alleen nabeheer uitgevoerd met vrijwilligers, wat bestond uit het trekken van Helm en rapen van uitgestoven wortels. Over de zeereepelling is sprake van forse aanstuiving, hier treedt geen winderosie op. Deze kuilen zijn vanaf het begin sterk dynamisch. De erosie in 2015-2016 is fors, 1.5 tot 2m. 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 totale depositie bedraagt maximaal 2m, jaarlijks varieert dit tussen 0.5 en 1m.

Referentie 3 (R11+12+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 stuifkuilen. Zowel de mate van, als de omtrek is geringer.

Kuil 14 (profielen A36 & A37)

Kuil 14 is gegraven, maar 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. De erosie is gelijkmatig in de tijd, met een hoogteverandering van circa 0.8m per jaar en een opvallend vlak, hellende bodem. Depositie is beperkt en blijkt alleen uit het totaal verschil.



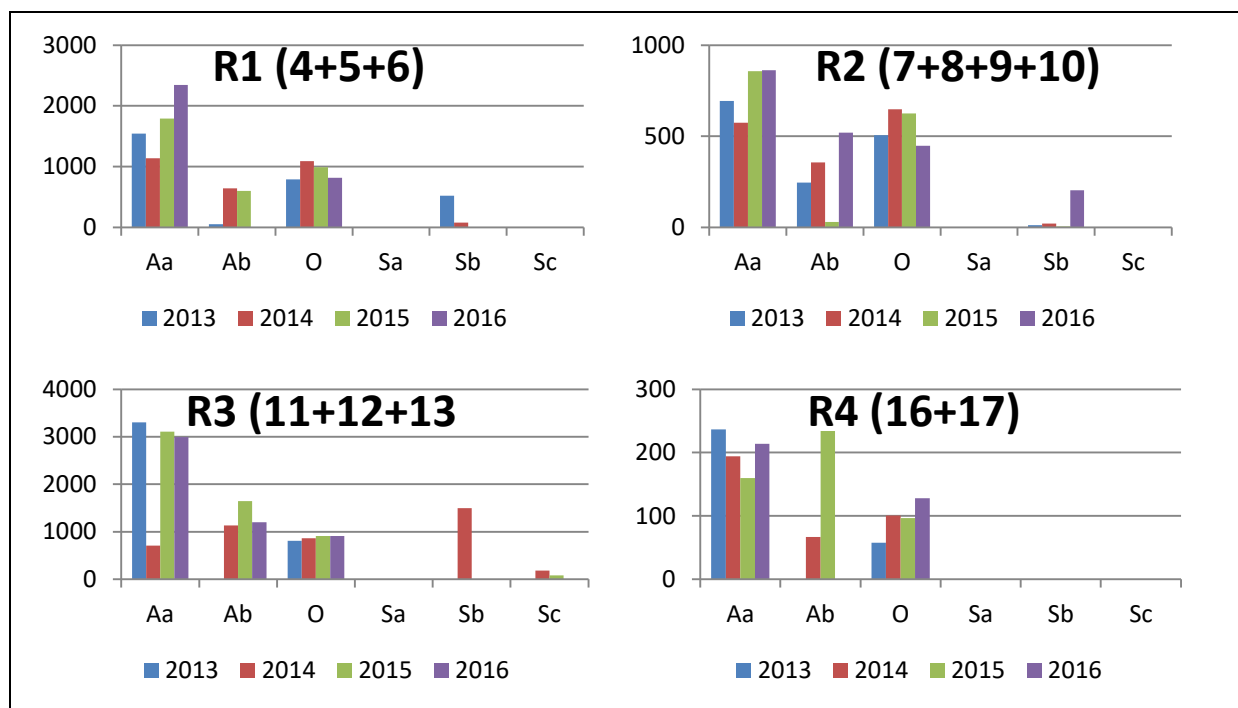
Figuur 3.7. Staafdiagram met oppervlaktes van gegeneraliseerde dynamiek voor de ingreep. Alle oppervlaktes in m².

Kuil 15, 16 en 17

In deze kuilen is bij de eerste ingreep alleen geplagd. Ook deze kuilen 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 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.

Referentie 4 (R16=17)

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 kuilen is deze gradiënt niet zo terug te vinden.



Figuur 3.8. 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 zeewaartse 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 uitstuiwing. Op de meeste plekken neemt de dichtheid met uitgestoven wortels af, terwijl op andere plekken de wortels juist zijn blootgelegd door uitstuiwing. 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 vorig jaar opnieuw afgegraven, maar nu, na een jaar, alweer grotendeels begroeid.

In 2016 werd geconstateerd dat geen aanvullende nabeheer noodzakelijk was. Daarom is geen veldkartering van de bedekking uitgevoerd.

4 BEHANDELING MONITORINGS- EN EVALUATIEVRAGEN

Ieder jaar zullen onderstaande vragen zo veel mogelijk worden beantwoord. Nog niet op alle vragen kan een antwoord gegeven worden. In 2017 zal de effectiviteit van de ingrepen worden geëvalueerd. Vooruitlopend daarop zijn in Tabel 4.1 een aantal zaken op een rijtje gezet, waarmee straks een enigszins kwantitatieve beoordeling mogelijk is. Op grond van de ontwikkeling in 2015-2016 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.

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 en 2015-2016 zijn de meeste verschillen het gevolg van natuurlijke processen, hoewel wel gestimuleerd door nabeheer. Verschillen door overstuiving zijn in 2014-2015 aanmerkelijk groter dan in 2013-2014 en in 2015-2016 over het algemeen nog groter. Er is dus sprake van een toename van intensiteit van processen. In een aantal kuilen is er een aanzienlijke versnelling in de erosie gesignaleerd.

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

Het oppervlak van de stuifkuilen toont weinig verandering, maar is nu wel flink erosief. De kuilen veranderen sterk in de diepte, maar niet zozeer in omvang. Aan de oostzijde van de stuifkuilen zijn duidelijk depositiezones te zien. Een aantal kuilen wordt kleiner door vestiging van vegetatie in het kaal gemaakte oppervlak, waarschijnlijk door uitlopen van wortels. Kuilen 4, 5, 8, 9, 11, 12 en 13 ontwikkelen zich het meest duidelijk tot stuifkuilen. 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.

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

De geheel begraven vegetatie is sterk toegenomen ten opzichte van 2014. Veel van de overstuiving heeft zich uitgebreid in noordoostelijke richting.

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.

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

Door het nabeheer blijft een groot deel van het kale zand kaal, maar het kale oppervlak neemt wel af. In de kuilen aan de zuidkant neemt het kale oppervlak extreem snel af.

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.

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)	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	1	32	30	helm	25	0	k	h	0	veel	weinig	nee
2	1	20	20	0.3	0.1	51	30	helm	19	0	s	t	1	veel	weinig	nee
3	4	15	20	2.8	1	31	100		25	0	k	h	0	veel	matig	matig
4	4	10	19	5.6	1.7	33	100		31	1	k	h	0	veel	matig	nee
5	4	10	19	4	0.9	41	100		34	1	k	h	0	veel	matig	matig
6	3	18	19	1.1	0.5	47	100		26	1	s	t	2	veel	weinig	nee
7	3	17	19	2	0.5	42	100		27	1	s	h	0	weinig	weinig	nee
8	4	12	19	4.8	1.6	35	100		26	1	k	h	0	weinig	weinig	nee
9	4	15	21	4.6	2.2	40	100		30	1	s	h	0	weinig	weinig	nee
10	2	21	19	0.4	0.1	65	30	struweel	25	0	s	h	1	weinig	nee	nee
11	4	15	20	5	2	46	100		50	0	s	h	0	weinig	nee	matig
12	4	14	20	4.7	1.1	42	100		37	0	s	h	0	weinig	nee	matig
13	4	20	18	2.5	0.8	61	100		44	1	s	h	1	weinig	nee	matig
14	3	15	20	1.7	0.7	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	veel
16	2	17	20	0.8	0.2	56	30	helm	47	1	s	h	0	weinig	nee	veel
17	2	18	20	0.8	0.5	47	30	helm	40	0	s	h	0	weinig	nee	veel

Dynamiek: 0=geen, 4=extreem

Hoogte 1: hoogte profiel aan zeewaartse 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

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 zeewaartse 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 achter de top, 2= stuifkuil ligt in 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

M2, leerdoel

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

Over het algemeen tonen de vlakken waar stuifkuilen zijn gegraven een veel grotere activiteit dan vlakken waar alleen is geplagd.

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 mogelijk 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 ontwikkeld tot schotel (2, 3, 6, 7, 9 t/m 17), een aantal tot kerf (1, 4, 5, 8). Waarschijnlijk speelt afstand tot het strand en 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.

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

Kuilen 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 hier 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. In 2016 is geen nabeheer uitgevoerd, omdat dit niet nodig was.

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 opnieuw snel te stabiliseren. 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.

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.

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.

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.

E1.4: Zijn processen zodanig geactiveerd dat ook in de komende jaren de 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 in 2016, dat de verwachting is dat dit in ieder geval het komende jaar doorzet.

E1.5: Is het aantal actieve stuifkuilen toegenomen?

Het aantal actieve stuifkuilen is toegenomen met één omdat na het gevoerde nabeheer ook kuil 14 actiever is geworden. De meeste kuilen zijn ten opzichte van vorig jaar nog actiever geworden, waarmee het succes van het nabeheer duidelijk wordt.

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

Op het moment van schrijven van dit rapport, voorjaar 2017, lijkt er in ieder geval voorlopig geen aanvullend nabeheer nodig. Of daarmee een duurzame ontwikkeling in gang is gezet valt nu nog niet te beoordelen.

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

De veranderingen ten opzichte van vorig jaar zijn voor referentie kuilen en behandelde kuilen vergelijkbaar. De sterke overstuiving is enigszins toegenomen, matige overstuiving is afgenomen. Ook het oppervlak kaal, voornamelijk erosief is voor beide groepen enigszins afgenomen. De parallelle ontwikkeling van behandelde kuilen en referenties zou kunnen betekenen dat de processen na de ingrepen nu in een soort van autonoom traject zijn beland, waarbij alleen nog natuurlijke factoren een rol spelen.

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.

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.

Evaluatievragen randvoorwaarden voor ecologie:

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

Gezien de toegenomen overstuiving op de zeereep 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.

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. 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 de korte termijn. 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 (voorlopige) 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.

In 2016 is geheel geen nabeheer uitgevoerd, omdat de ontwikkelingen zodanig waren dat nabeheer niet nodig bleek.

6 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

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. 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 nabehoer plaatsgevonden, dit was gezien de ontwikkelingen niet nodig.

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 met een verlaging van 3m in één jaar. Over de totale periode is de maximale gemeten erosie 5.5m in kuil 4. 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.

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.

Bij kuilen 6, 10, 11, 14, 16 en 17 speelt instuiving vanuit de zeereep in de erosieve zone (en doorvoer verder landwaarts) 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 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, 5, 8 waarbij 1 en 3 in 2016 verbonden zijn, de andere kuilen al eerder. Betreding zal hierbij geholpen hebben, omdat de verbindingen soms padjes zijn voor toegang naar het strand of naar de duinen.

Kuilen 4, 5, 8, 9, 11 12 en 13 ontwikkelen zich het meest duidelijk tot een klassieke stuifkuilvorm.

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.

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 opvallend vergelijkbaar. Dit zou er op kunnen wijzen dat de aangelegde kuilen nu een soort van

autonome fase zijn ingegaan. Overigens zijn de referentiekuiten aanmerkelijk kleiner dan de aangelegde kuiten.

Een vergelijking van de actieve en minder actieve kuiten 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 stuifkuit 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 stuifkuit en strand de ontwikkeling aanmerkelijk versnellen.

Concluderend kunnen we stellen dat voor twaalf kuiten (1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14) de ingrepen op dit moment succesvol zijn, voor vijf kuiten niet (2, 10, 15, 16, 17). Dit betekent een positieve score van 70%. Voor kuiten 15, 16 en 17 bestaat, ook vanwege het veelvuldig voorkomen van Groot 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.

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.

Ook dit jaar is de kartering van dynamiek gebaseerd op zomerbeelden. Voor een vergelijking met de situatie in 2015 is het voordeel dat de mate van overstuiving 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 vegetatie seizoen (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 kuiten hier verder stabiliseren.

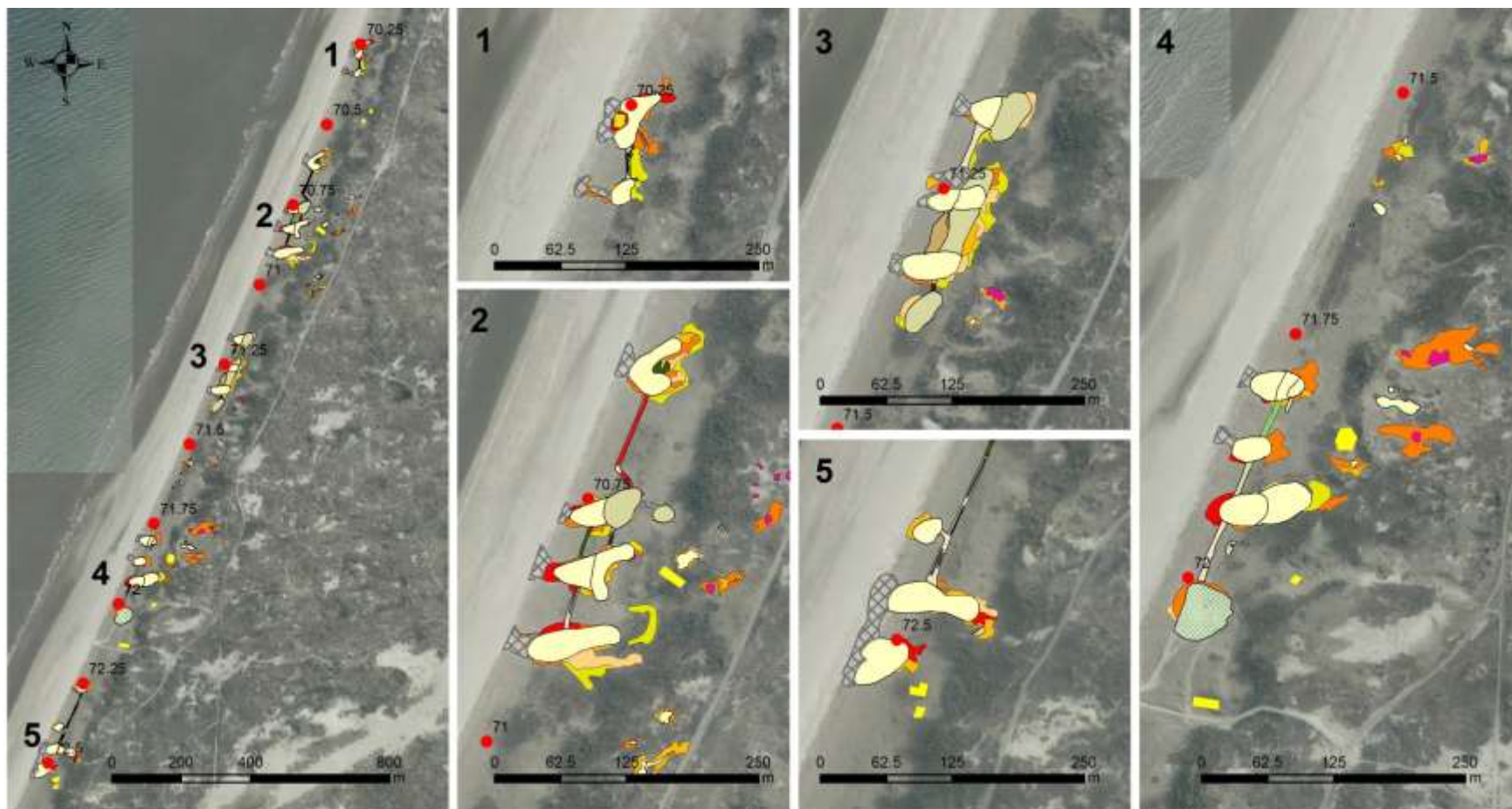
7 REFERENTIES

- 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 verstuvingsingrepen 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, 2016. Project Noordvoort, Monitoring geomorfologie 2015. Rapport Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek RAP 2016.05 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, 2012. 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.

BIJLAGEN

- A: Dynamiekkarteringen
- B: Veldkarteringen overstuiving
- C: Veldkartering overstuiving per kuil
- 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

● Rijksstrandpalen	A1	A2	A3	O	O2p	S0a	S1/A	V1
■ bunkers	A1/2	A2/3	B	O2	OX	S1	S3	W1

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
















waternet





Project Noordvoort - monitoring ontwikkeling geomorfologie
Kartering dynamiek 2014

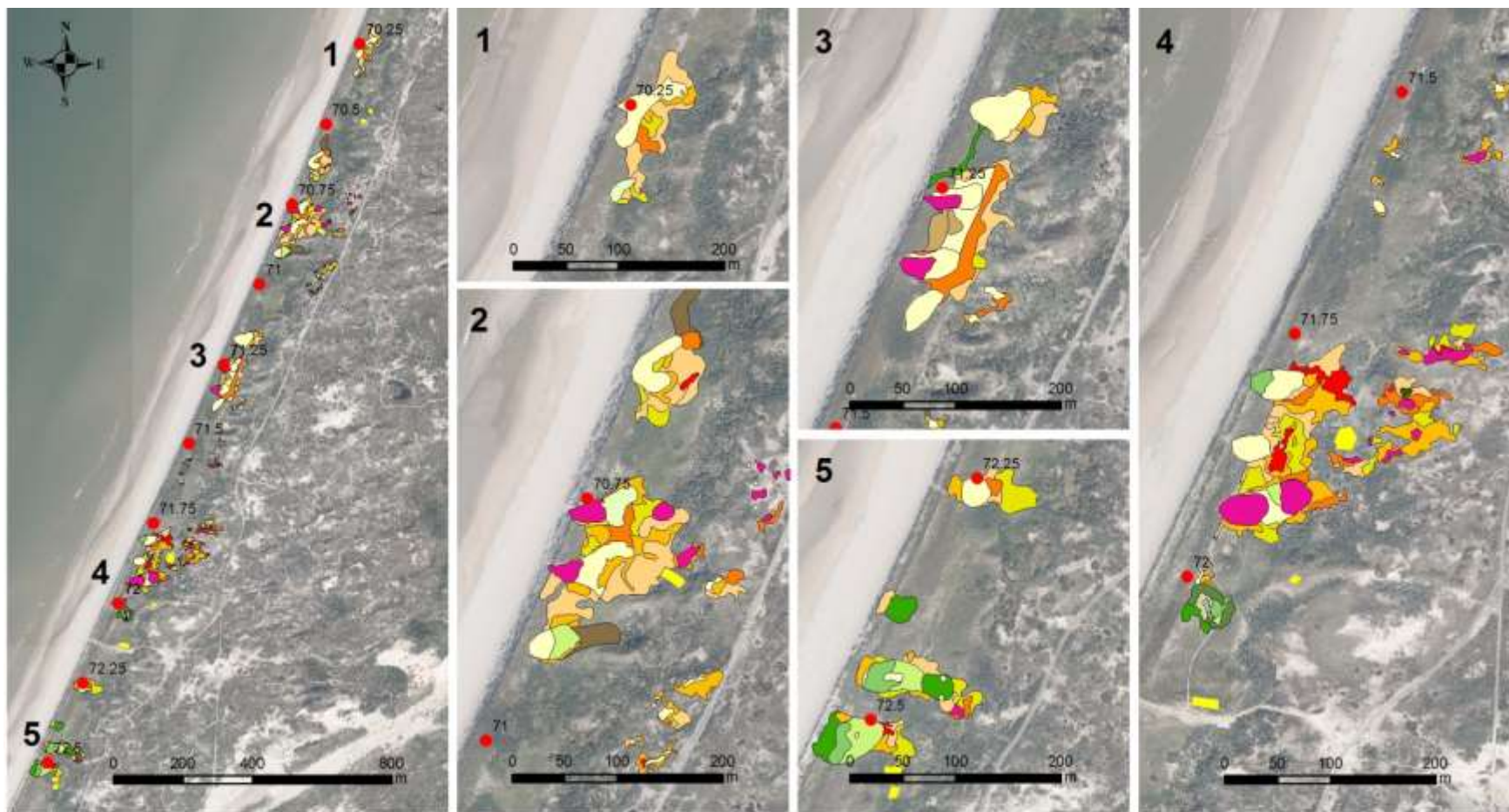
Legenda

- | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|---|------|---|------|---|----|---|----|---|-----|---|-----|---|------|---|----|
|  | Rijksstrandpalen |  | A1 |  | A2 |  | A3 |  | O |  | O2p |  | S0a |  | S1/A |  | V1 |
|  | bunkers |  | A1/2 |  | A2/3 |  | B |  | O2 |  | OX |  | S1 |  | S3 |  | W1 |

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

waternet





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

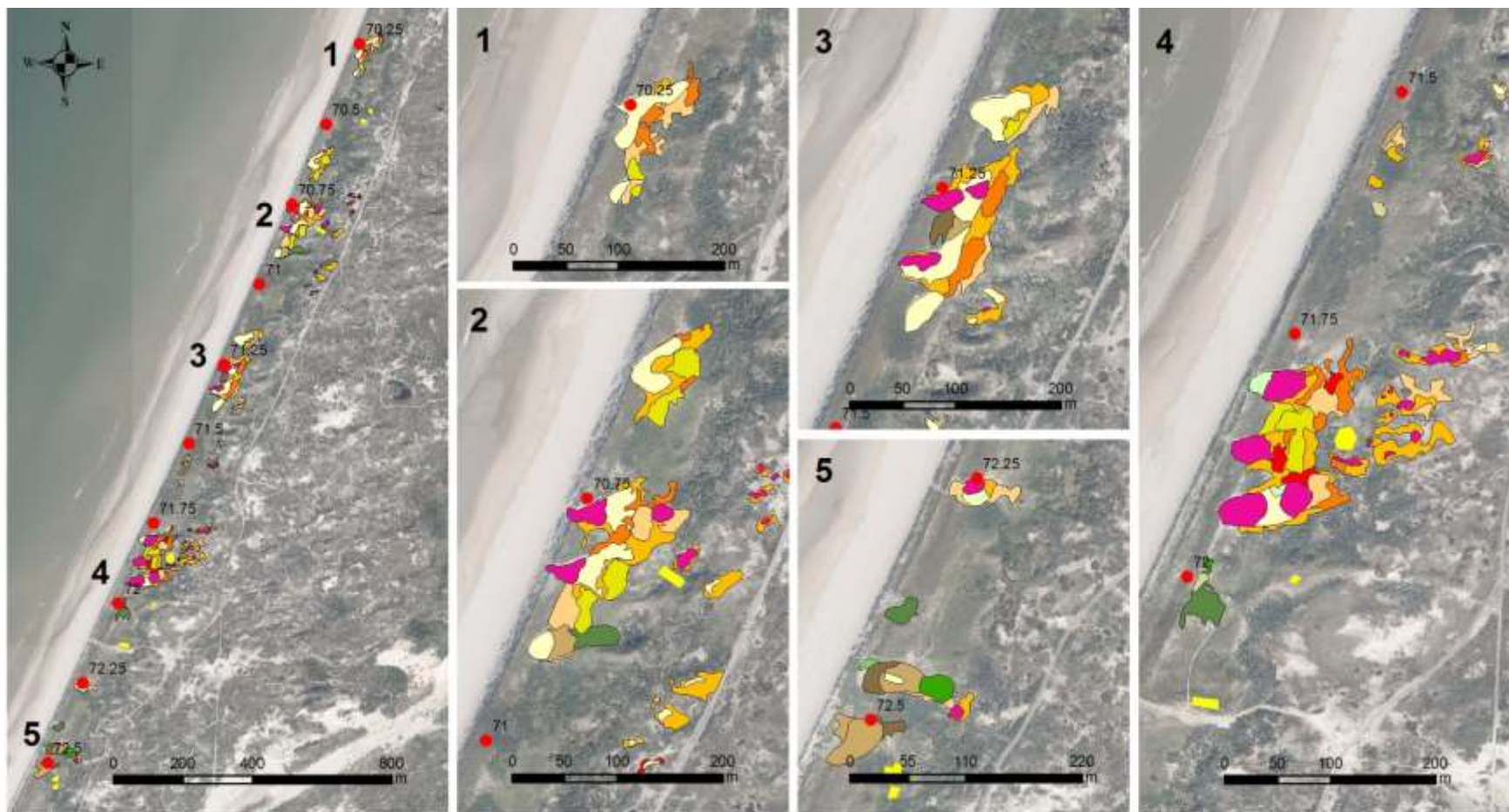
Legenda

● Rijksstrandpalen	A1	A2/3	O	S0	S1/2	S2/3	V1
■ Bunkers	A1/2	A3	O/S0	S0/1	S1/A	S2/A	W1
	A2	B	O2	S1	S2	S3	X

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

waternet





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

Legenda

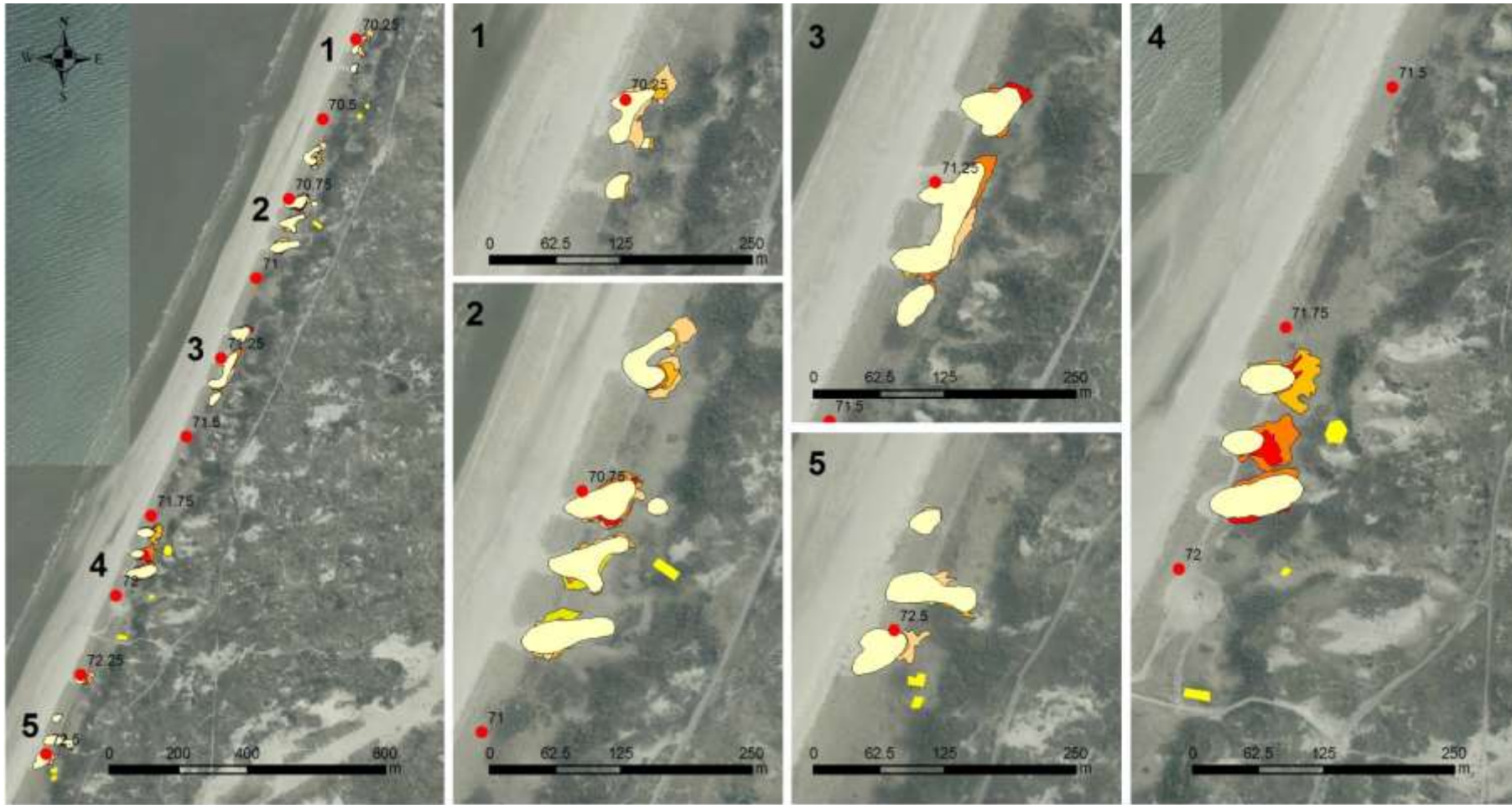
● Rijksstrandpalen	A1	A2/3	O	S0	S1/2	S2/A
■ Bunkers	A1/2	A3	O/S0	S0/1	S1/A	S3
	A2	B	O2	S1	S2	X

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

wateronnet



BIJLAGE B. VELDKARTERING OVERSTUIVINGSZONES



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

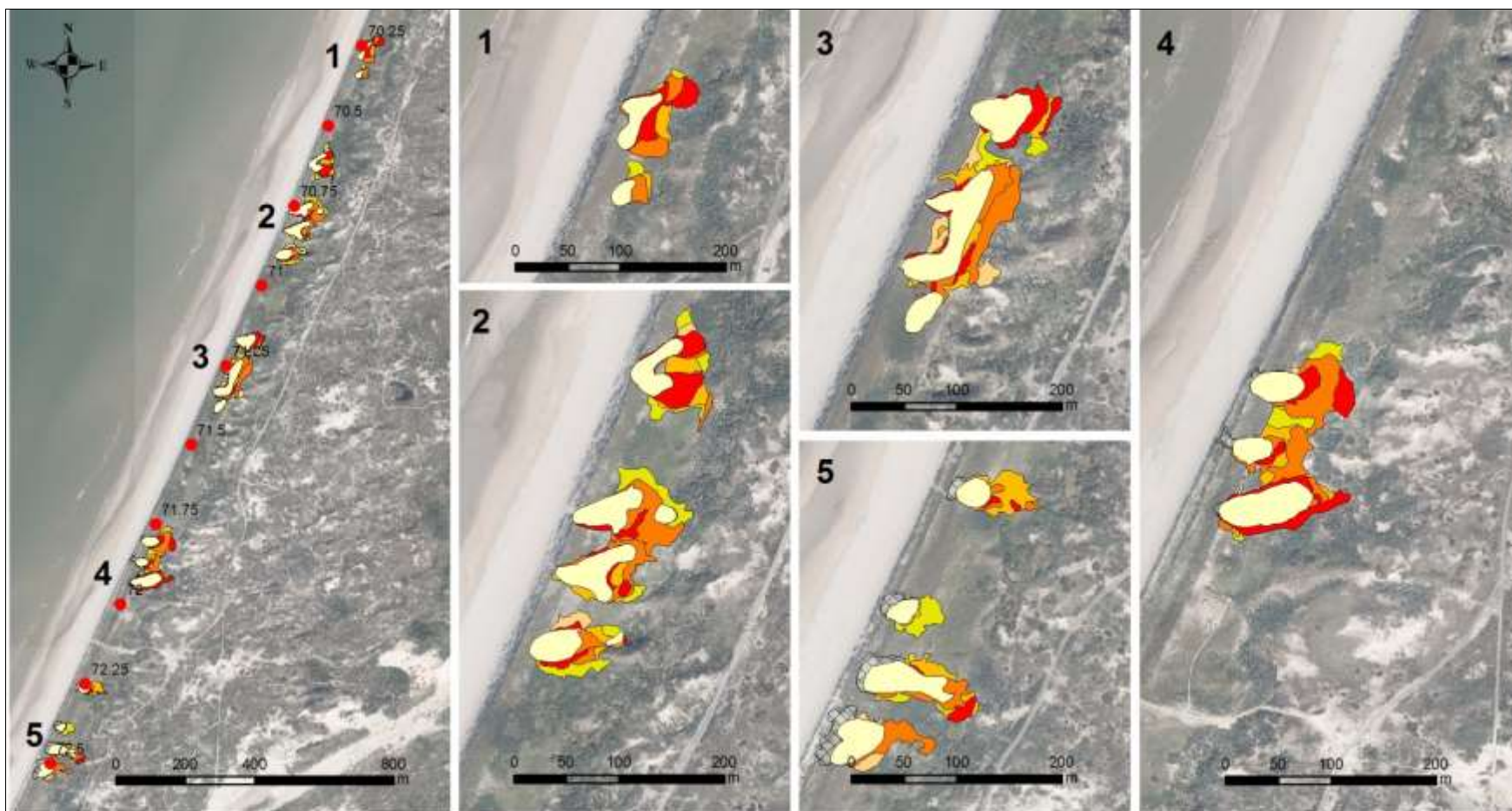
Legenda



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

waternet





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

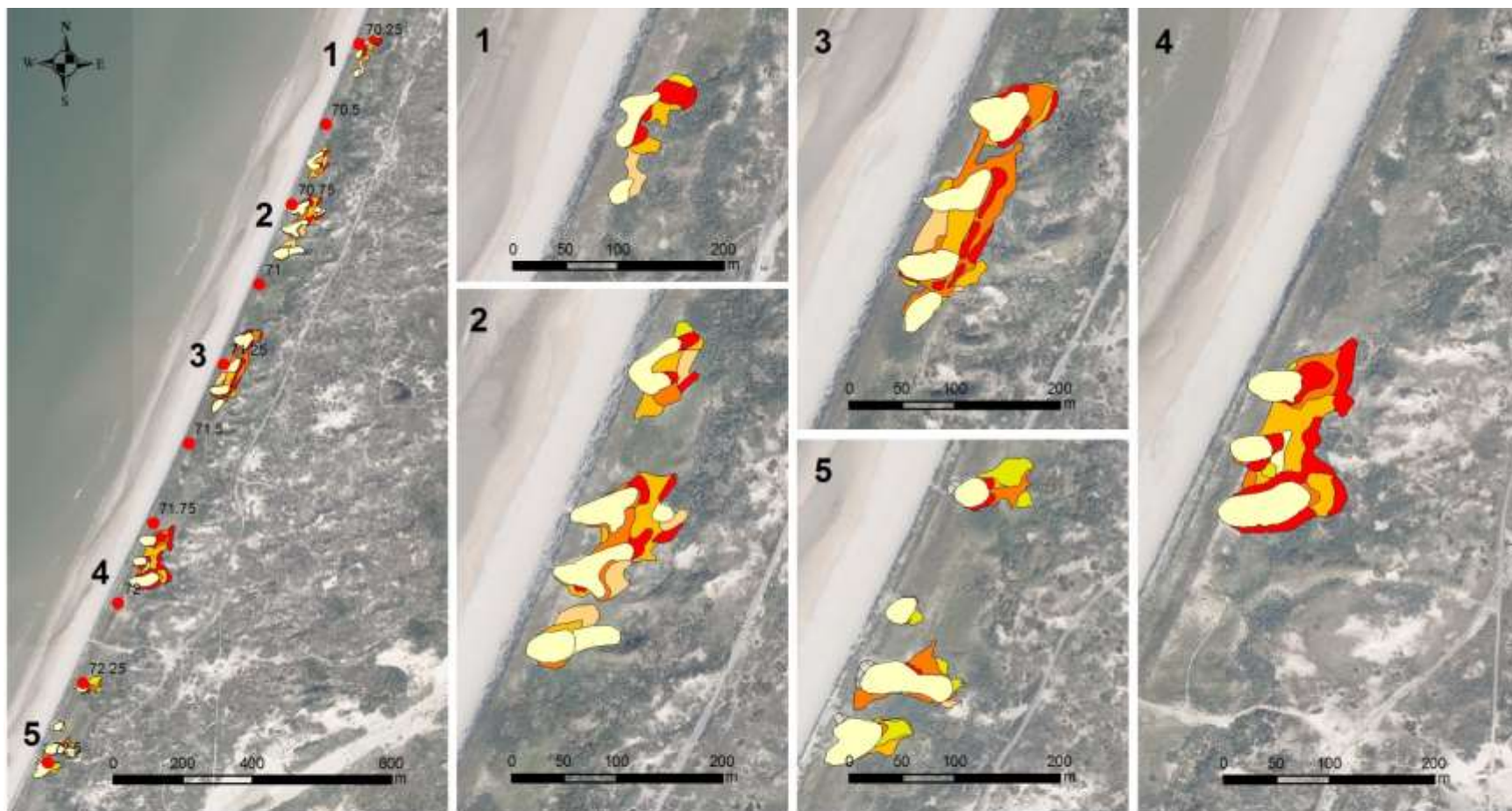
Legenda



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

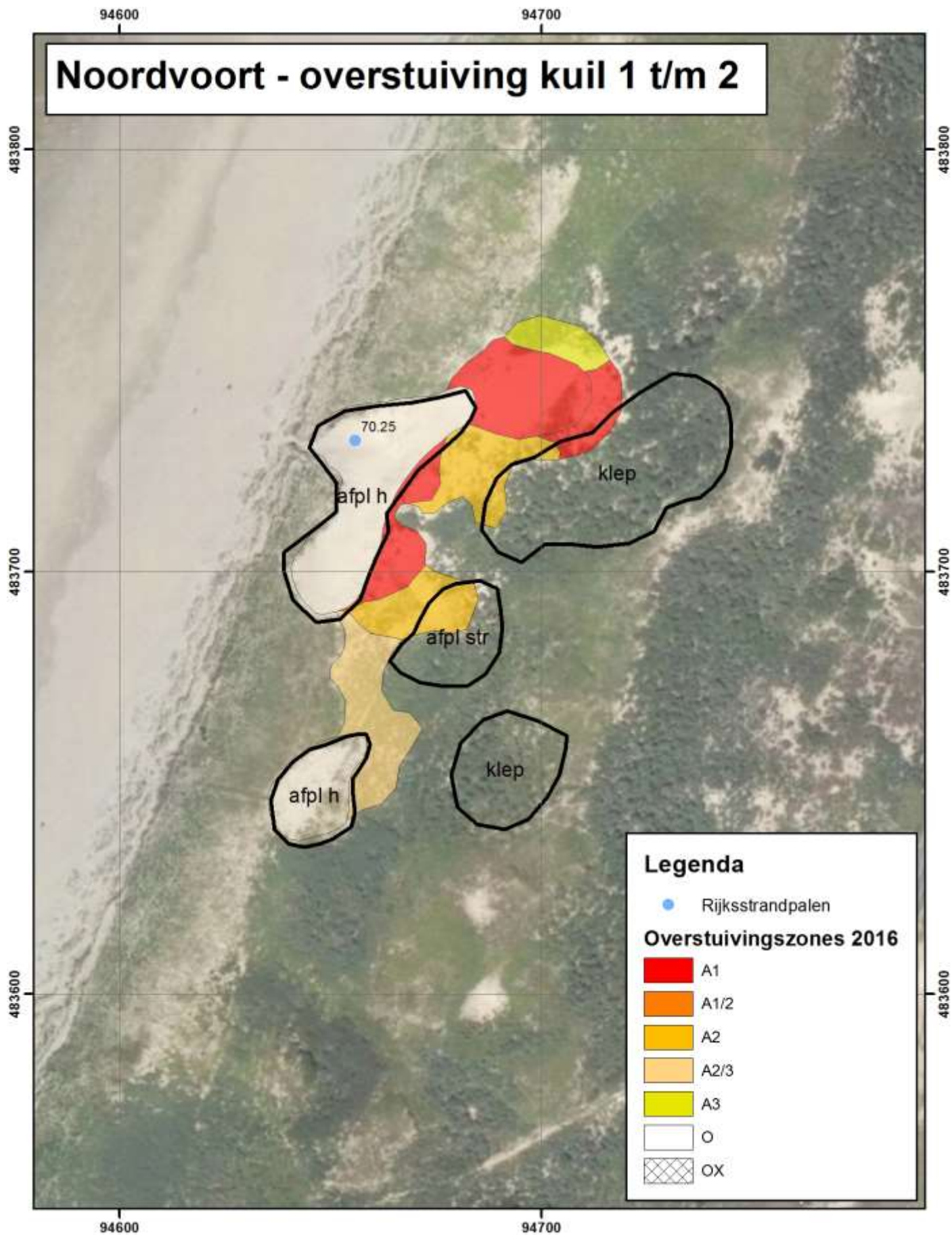
- A1
- A1/2
- A2
- A2/3
- A3
- O
- OX

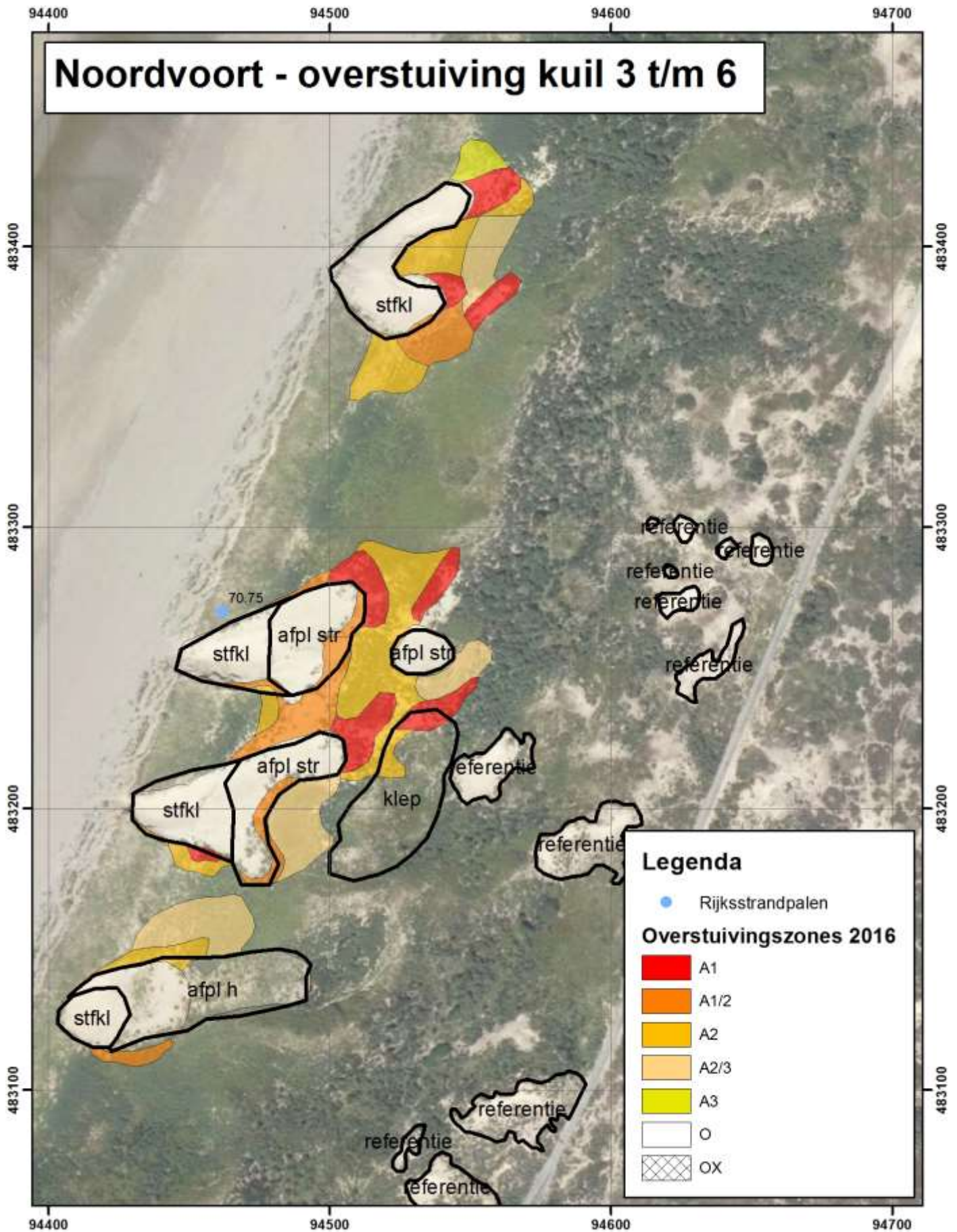
Opdrachtgever: Watermet
 Uitvoering: Bureau voor Strand- en
 Duinonderzoek
 Status: Definitief
 Datum: 26 april 2016
 Projectleiding: Maaike Veer
 Kartering: Bas Arens & Tessa Neijmeijer

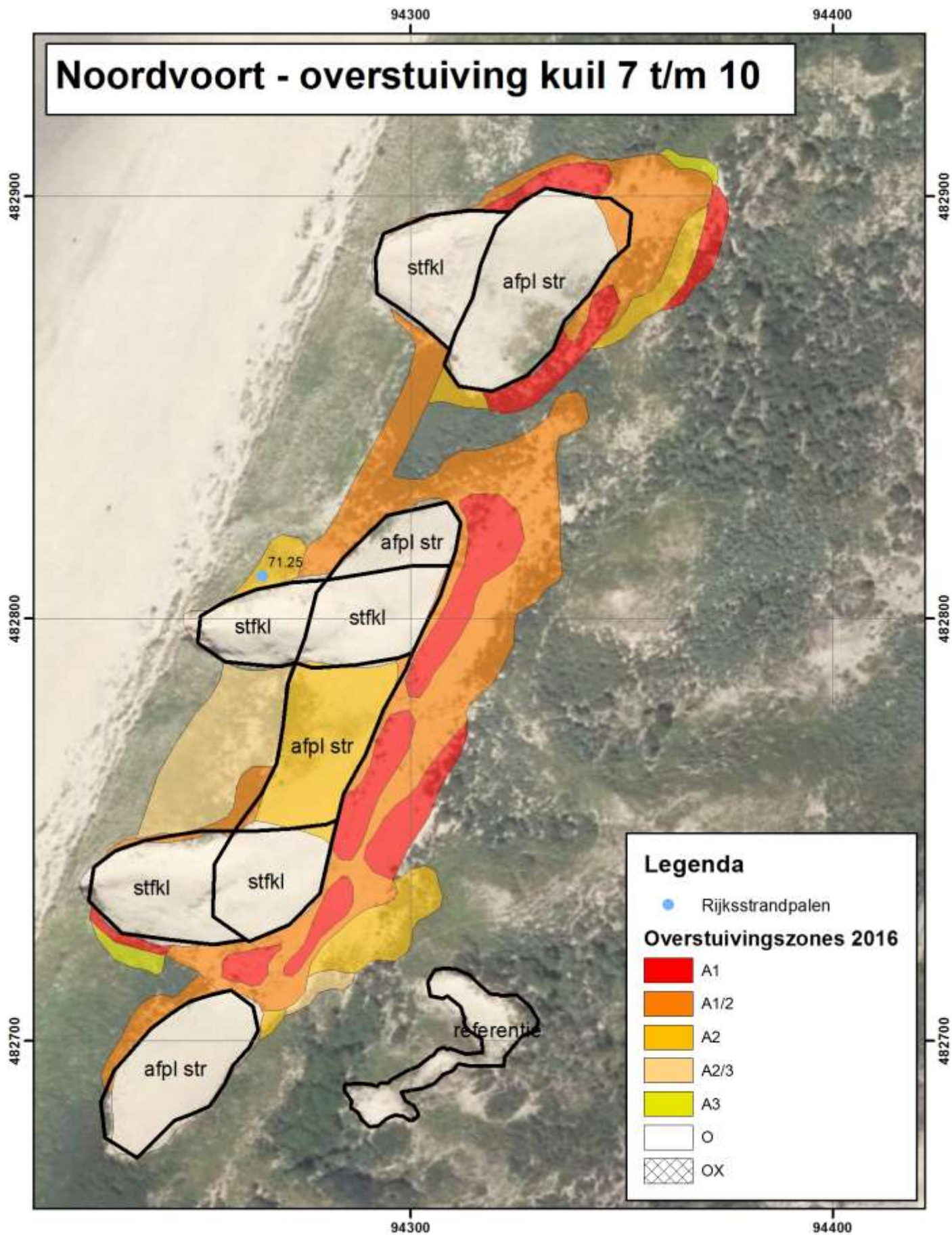
waternet

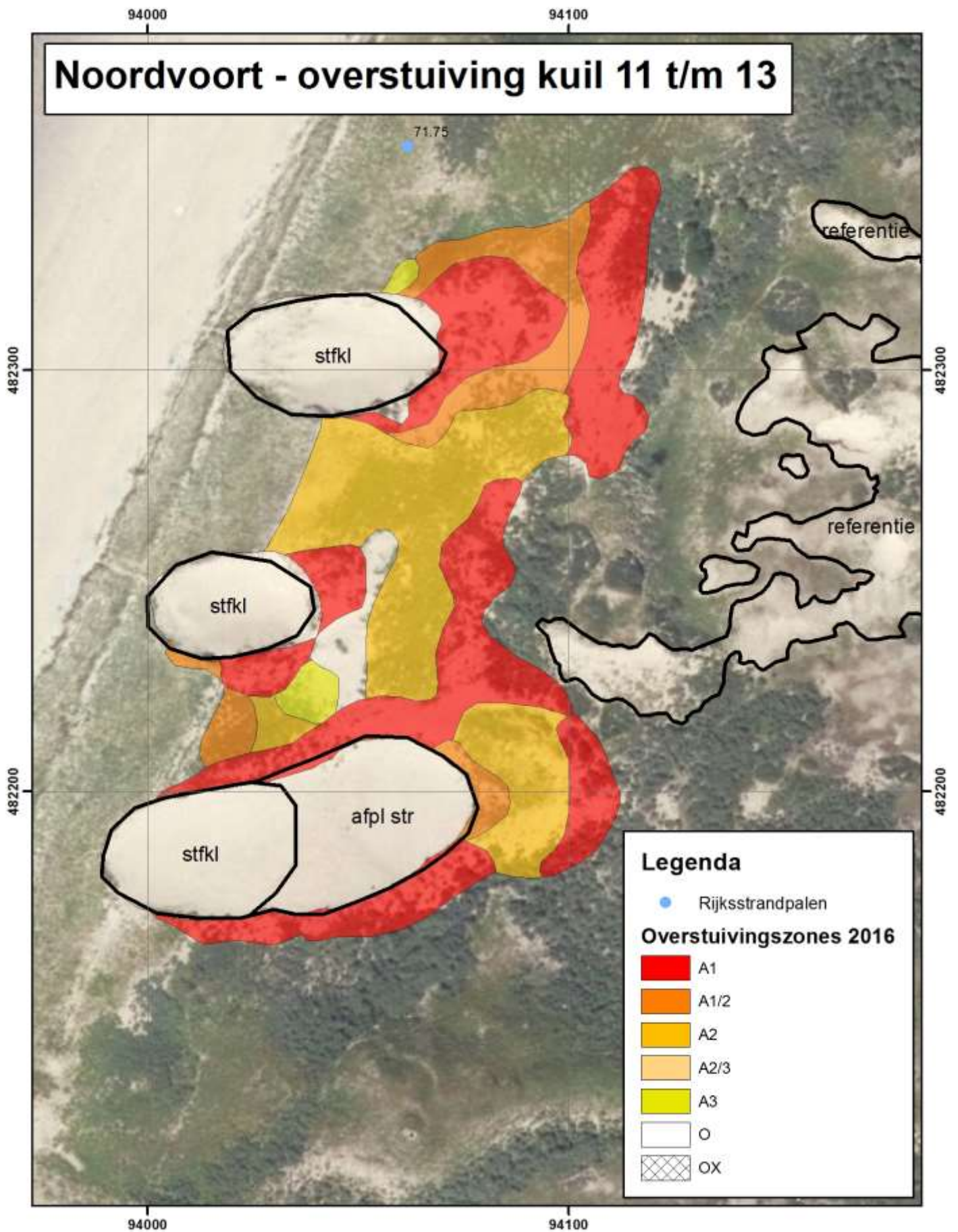


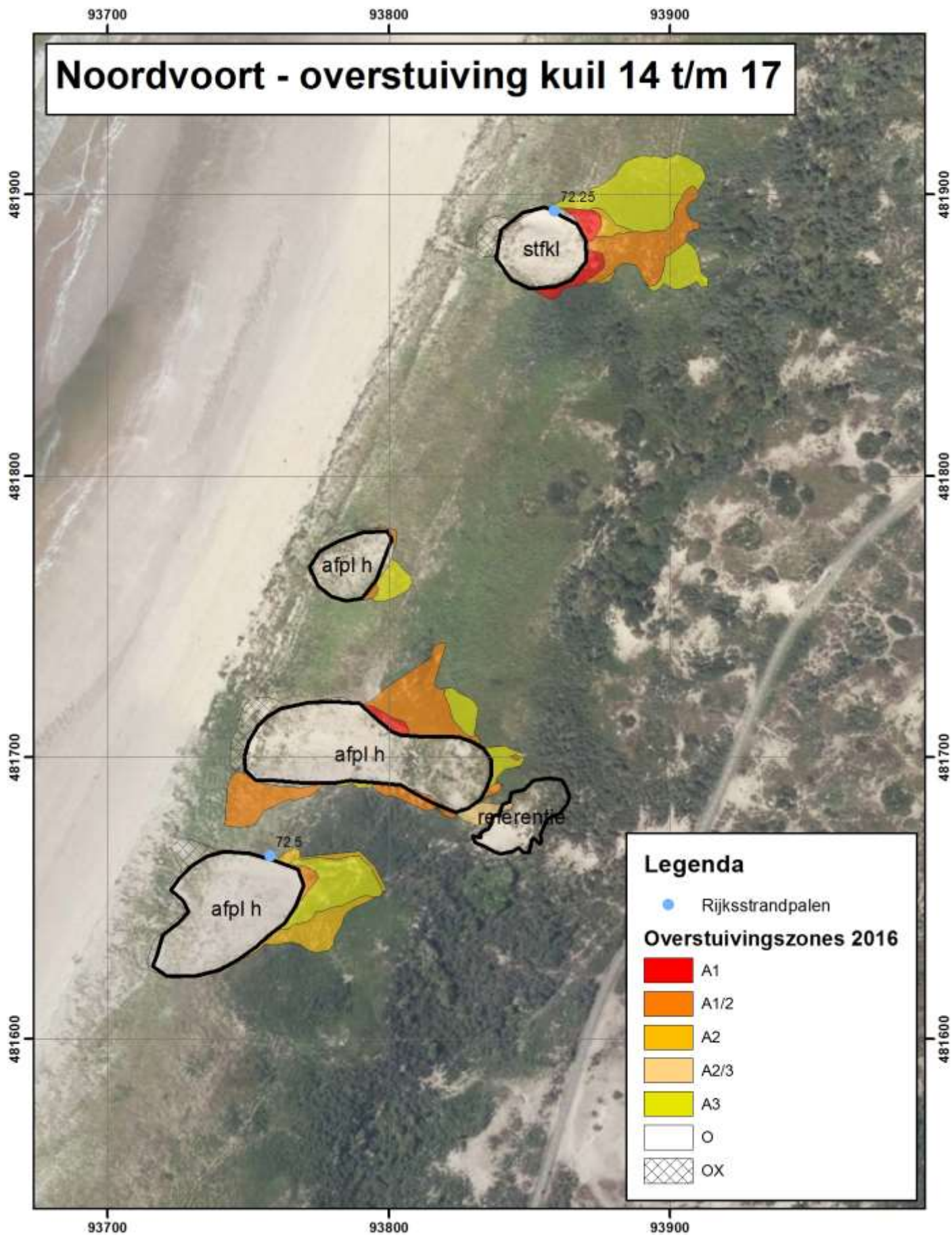
BIJLAGE C. VELDKARTERING OVERSTUIVINGSZONES 2016 - DETAIL



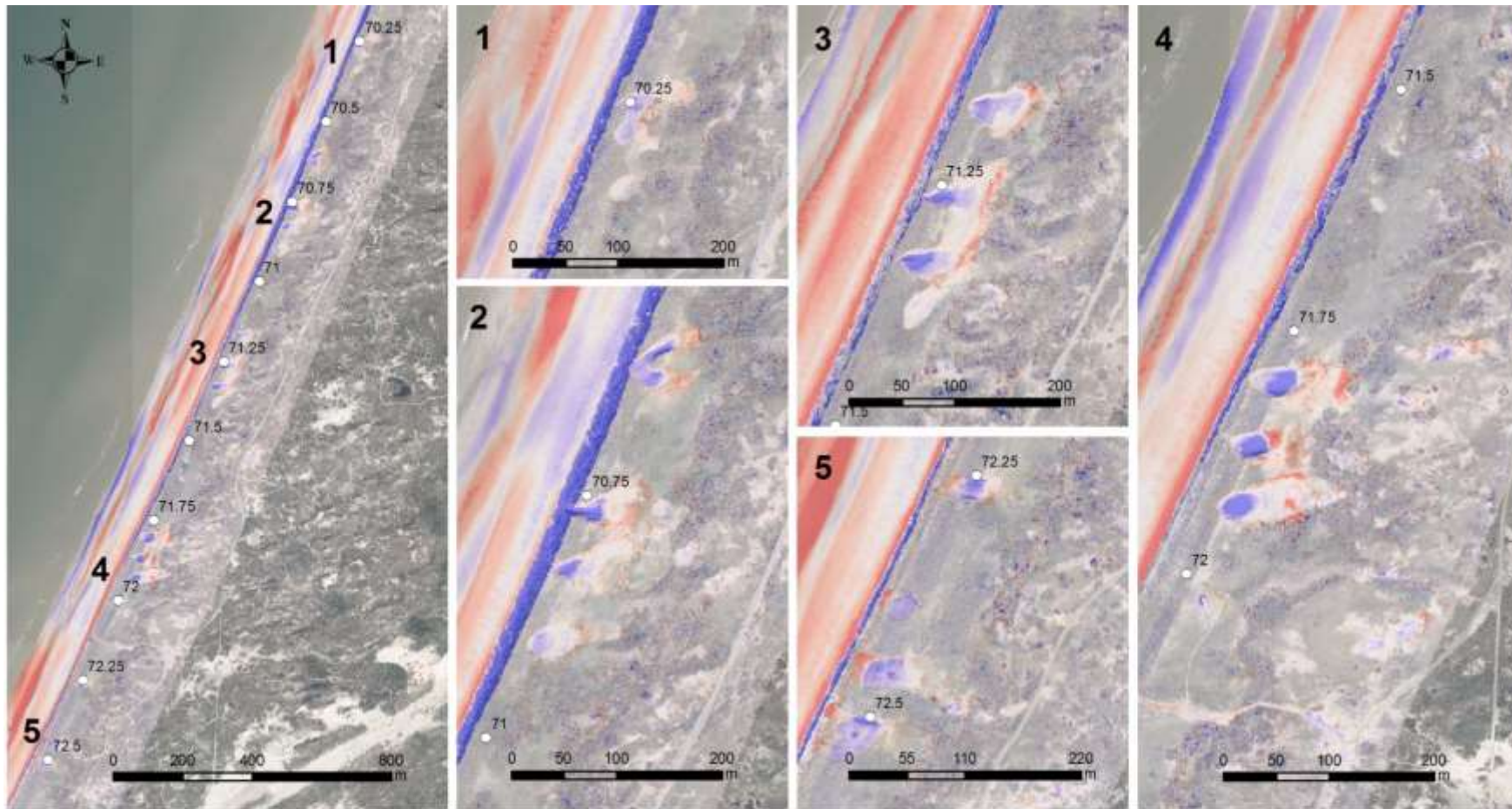




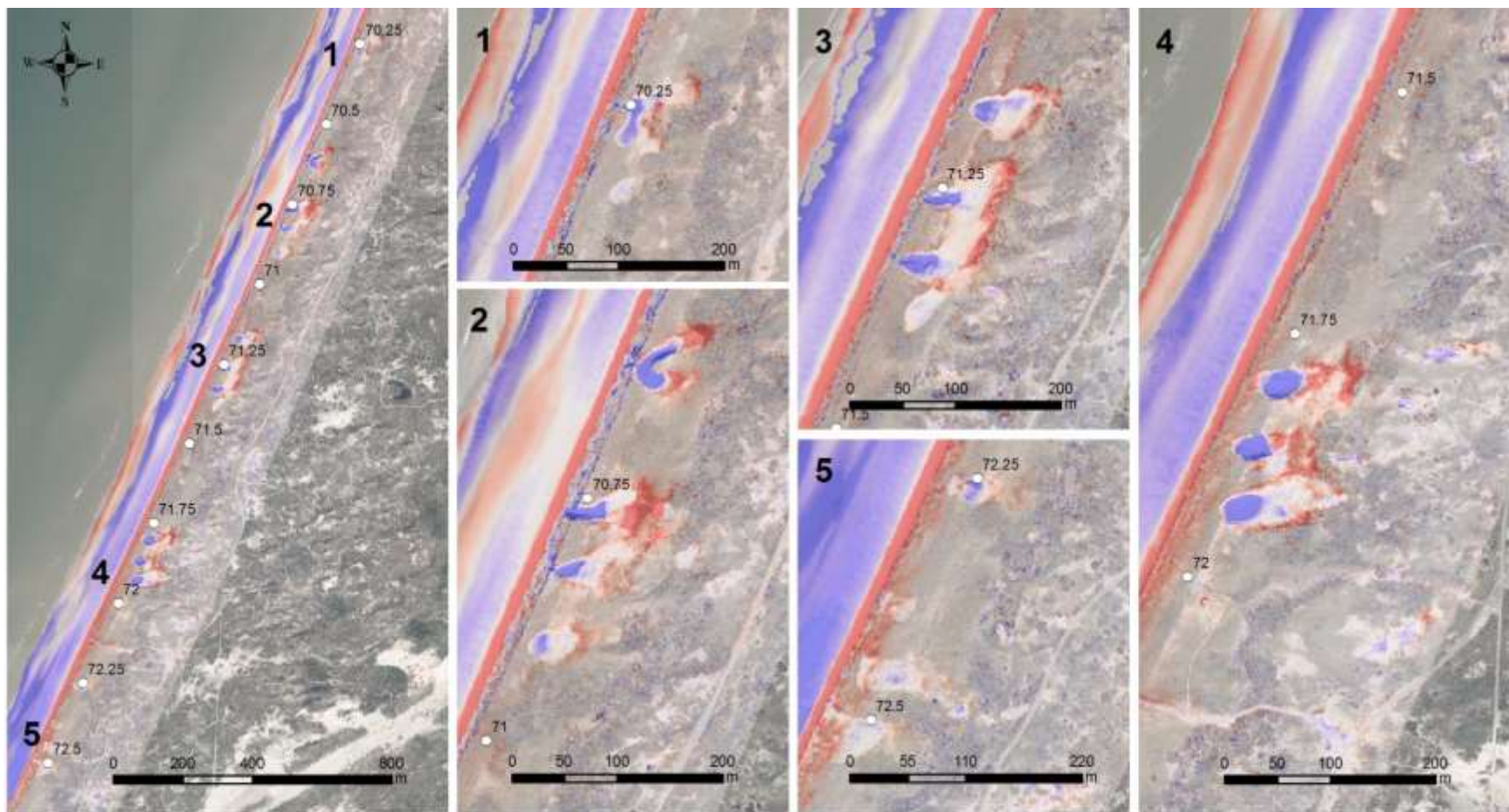




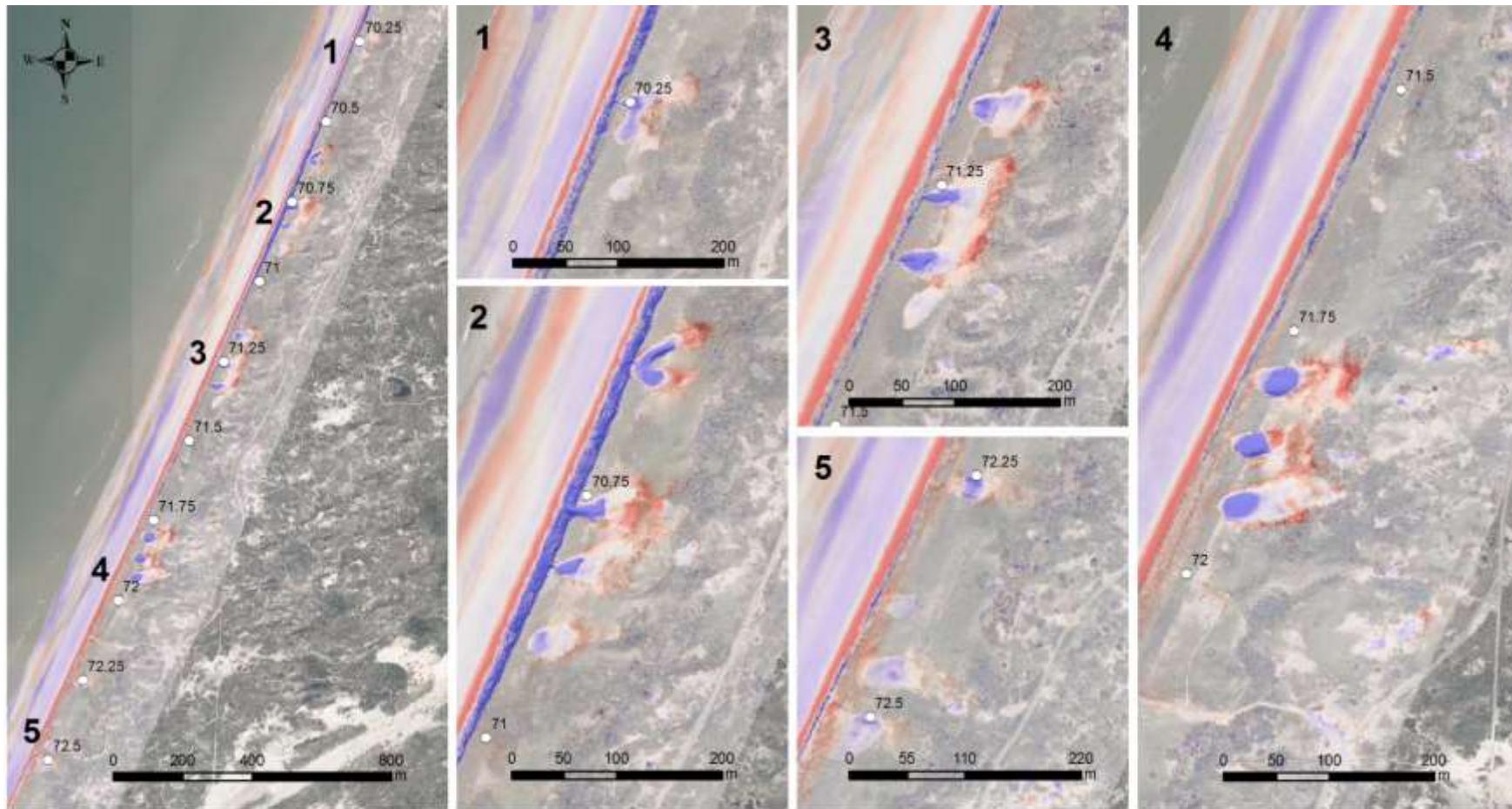
BIJLAGE D. HOOGTEVERSCHILKAARTEN LASERALTIMETRIE







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	

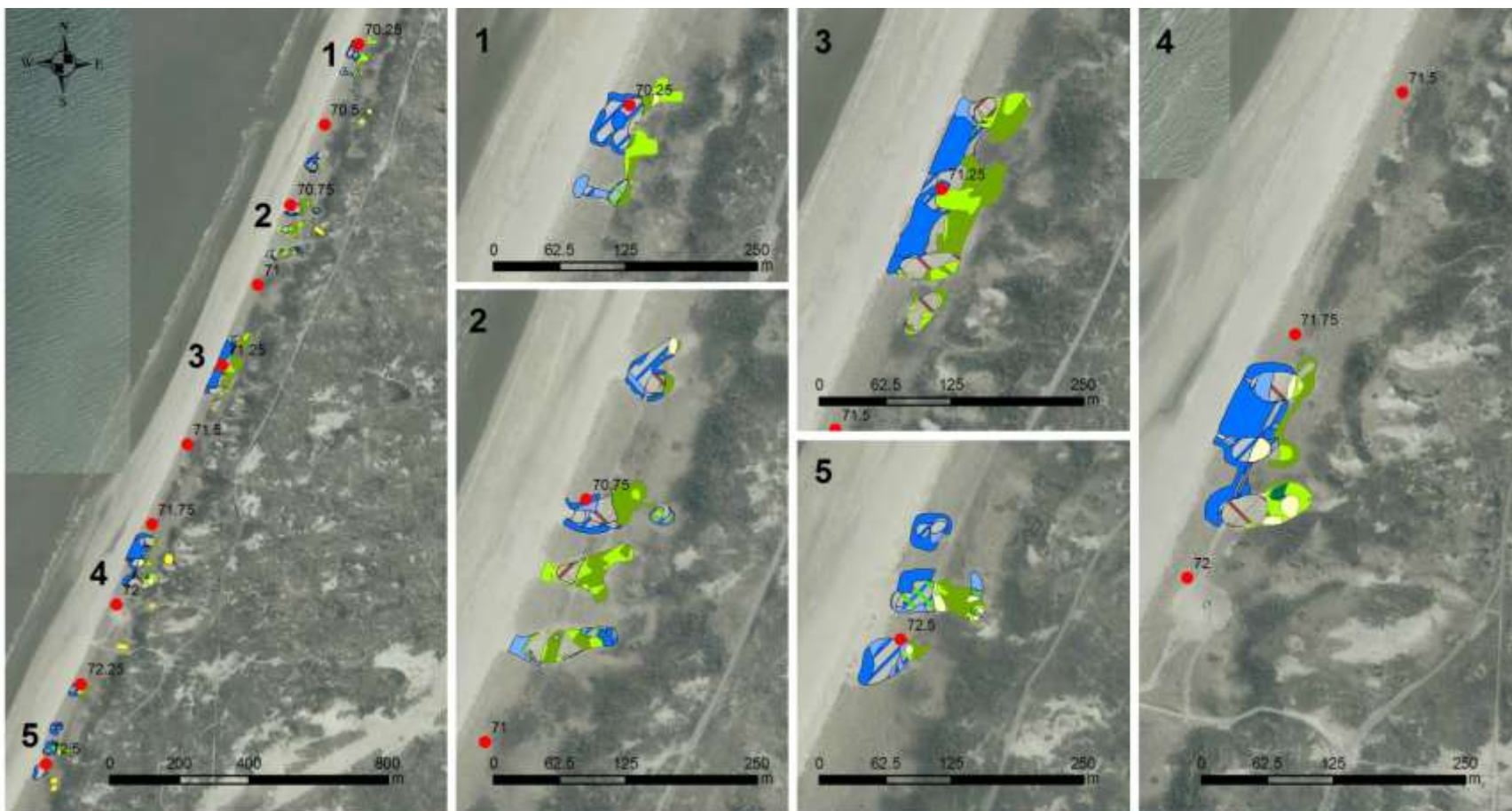


Project Noordvoort - monitoring ontwikkeling geomorfologie Hoogteveranderingen 2015-2016		 
Legenda ○ Rijksstrandpalen ■ Depositie: 0.5m ■ Erosie: -0.5m	Opdrachtgever: Watermet Uitvoering: Bureau voor Strand- en Duinonderzoek Status: Definitief Datum: 29 maart 2017 Projectleiding: Maaike Veer Kartering: Bas Arens	



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		

BIJLAGE E. VELDKARTERING WORTELBEDEKKING



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

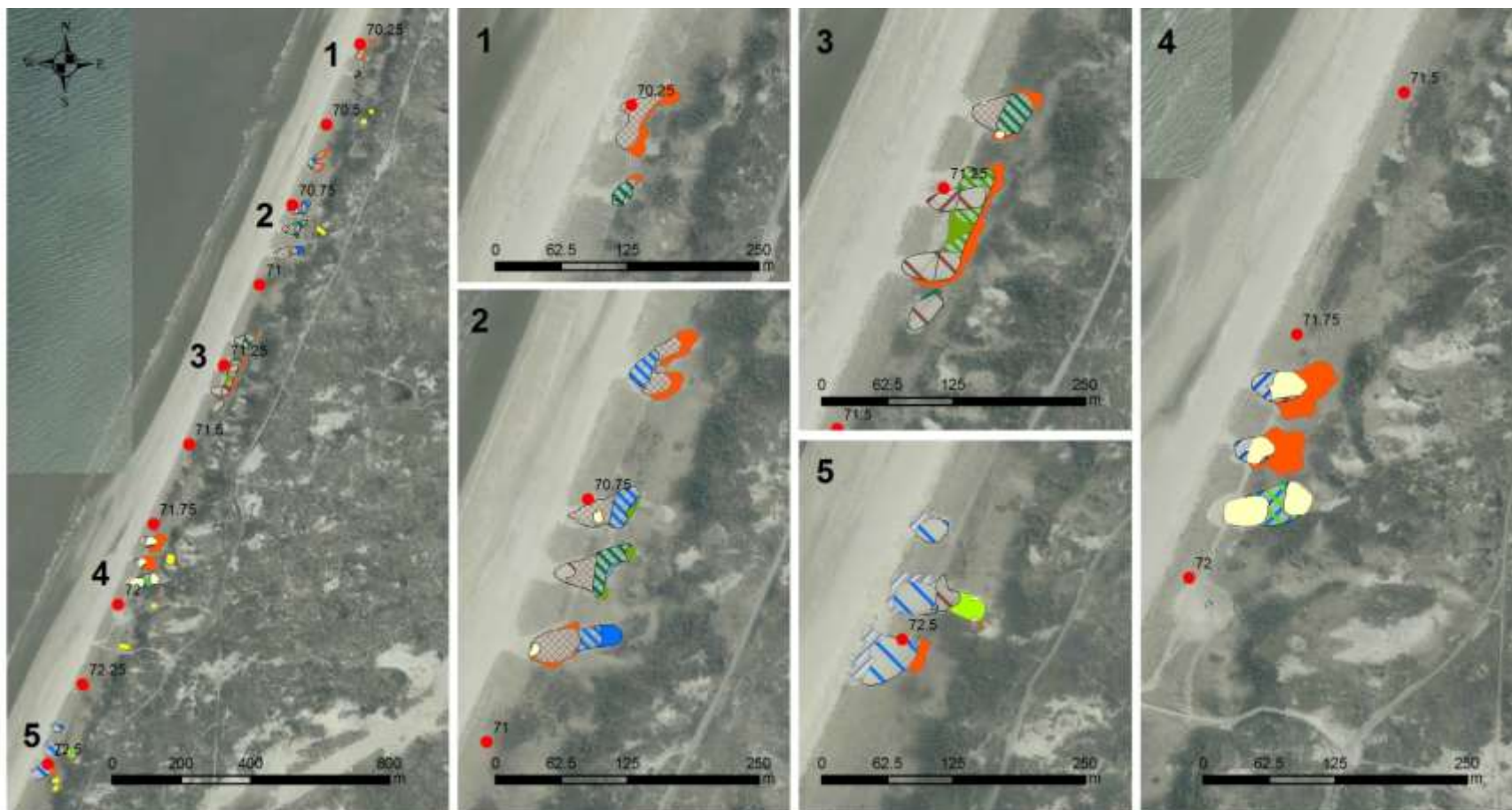
Legenda

Rijkstrandpalen	kaal	dichte wortels	dichte wortels + ov	helm dauwbraam 15%	matige dauwbraam
classificatie	lichte wortels	dichte wortels + h	helmeortels 5%	matige helm	dichte dauwbraam
depot	matige wortels	dichte wortels + dd	helmeortels 5-10%	dichte helm	overstulving

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

waternet





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

Legenda

Rijksstrandpalen	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

wateronnet





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

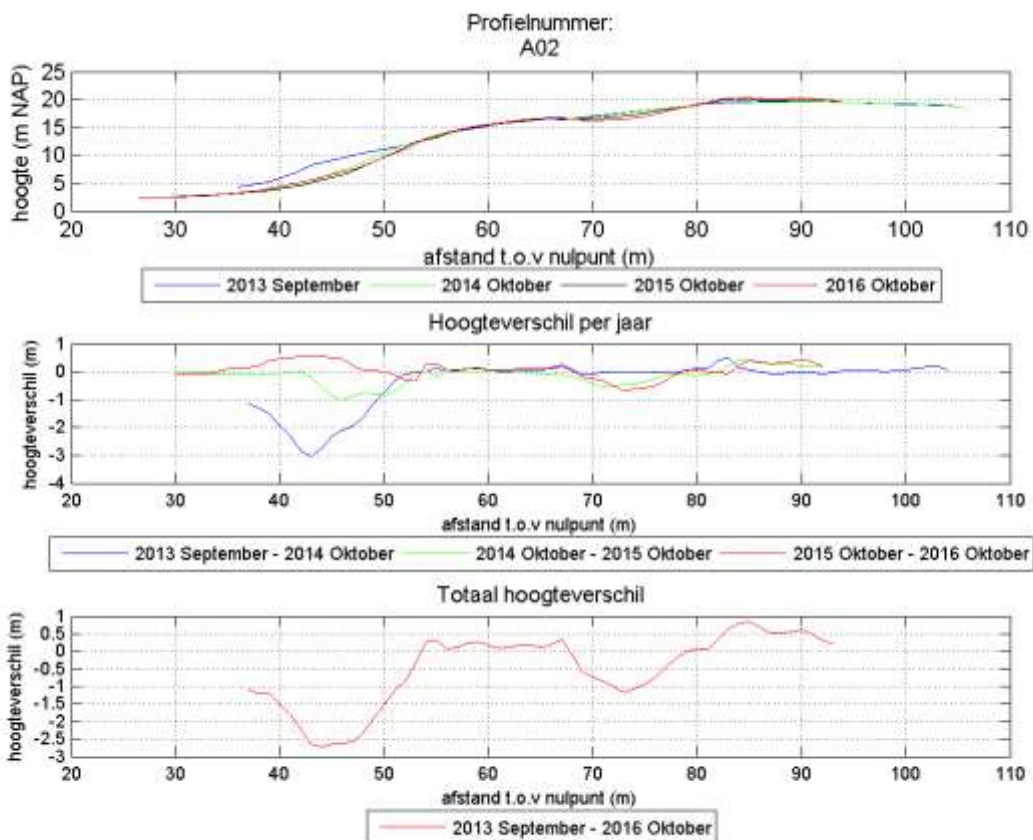
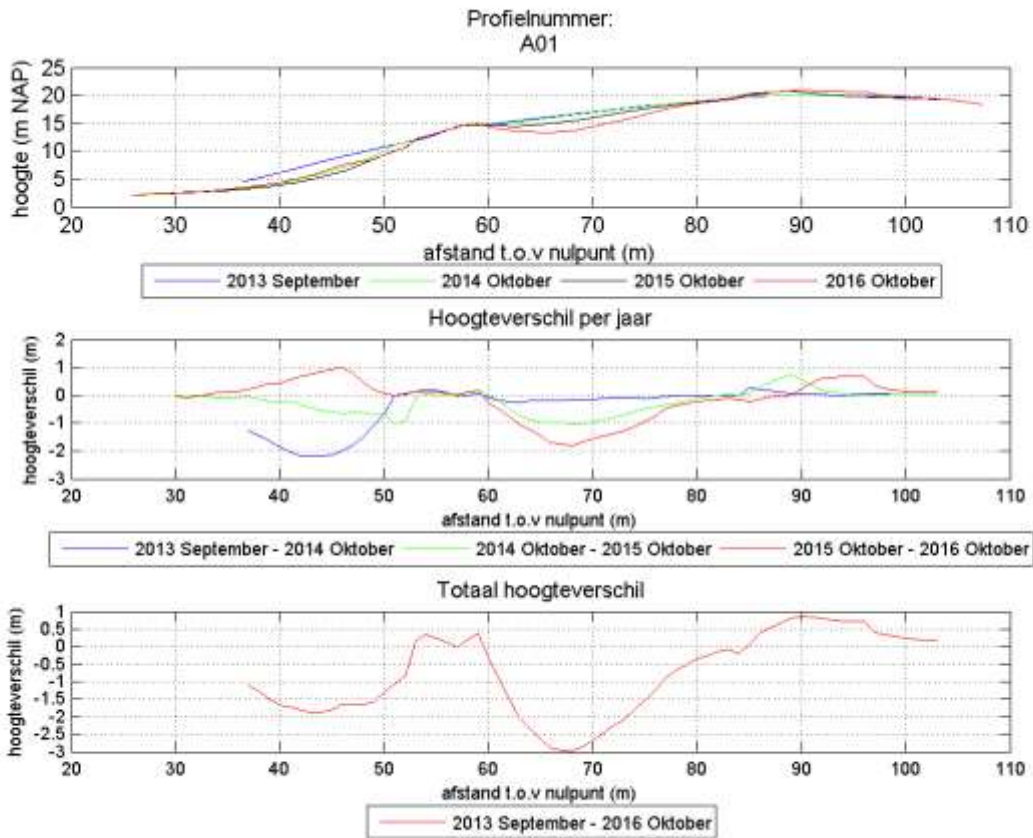
Legenda

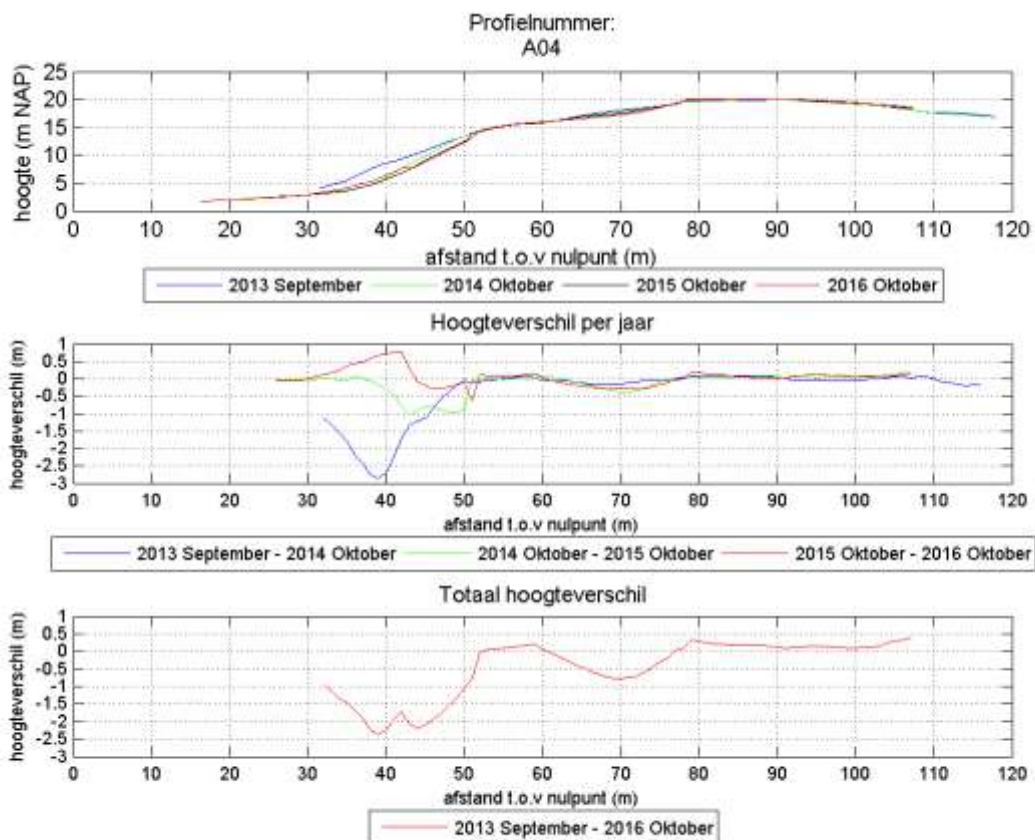
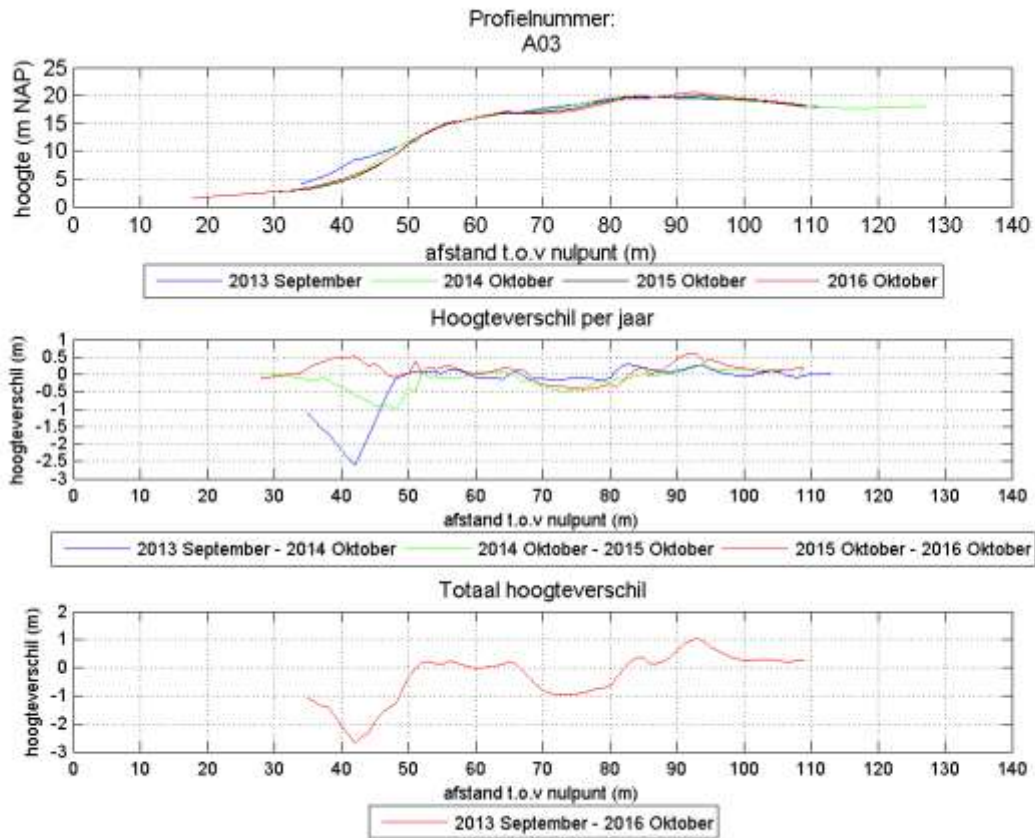
● Rijkstrandpalen	■ kaal	■ dichte wortels	■ dichte wortels + ov	■ matige helm	■ dichte dauwbraam
■ Bunkers	■ lichte wortels	■ dichte wortels + h	■ helmwortels 5%	■ dichte helm	■ licht begroeid ov
classificatie	■ lichte wortels + db	■ dichte wortels + db	■ helmwortels 5-10%	■ lichte dauwbraam	■ dicht 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

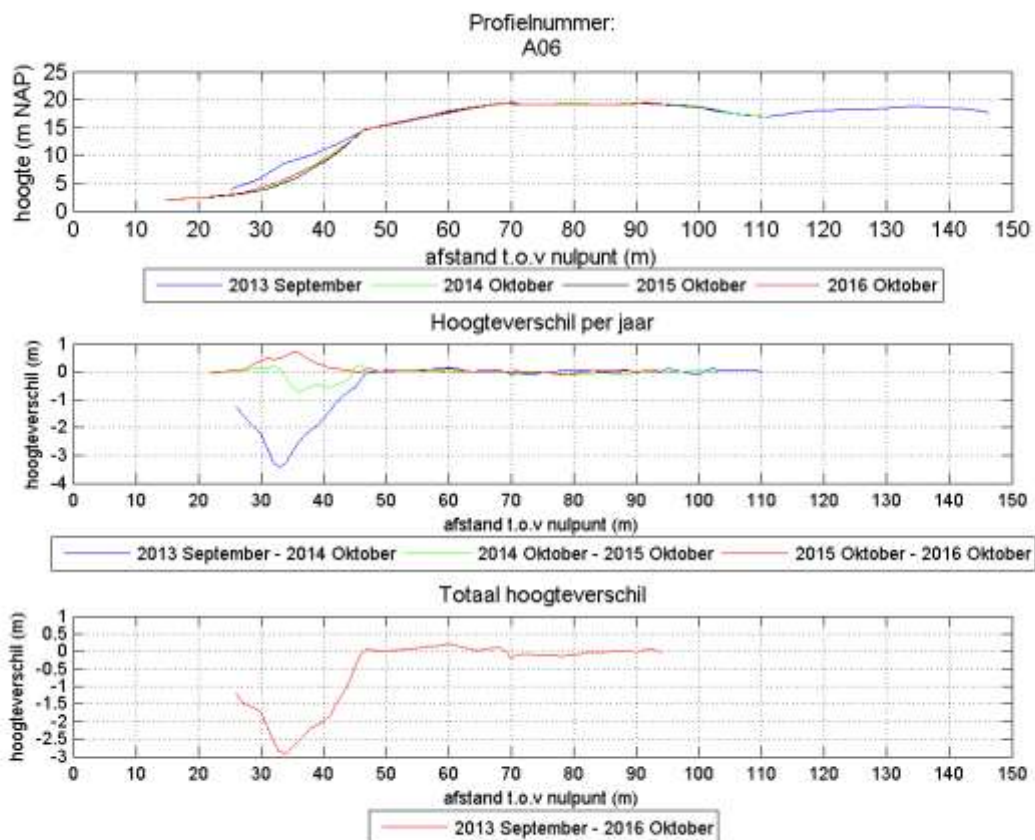
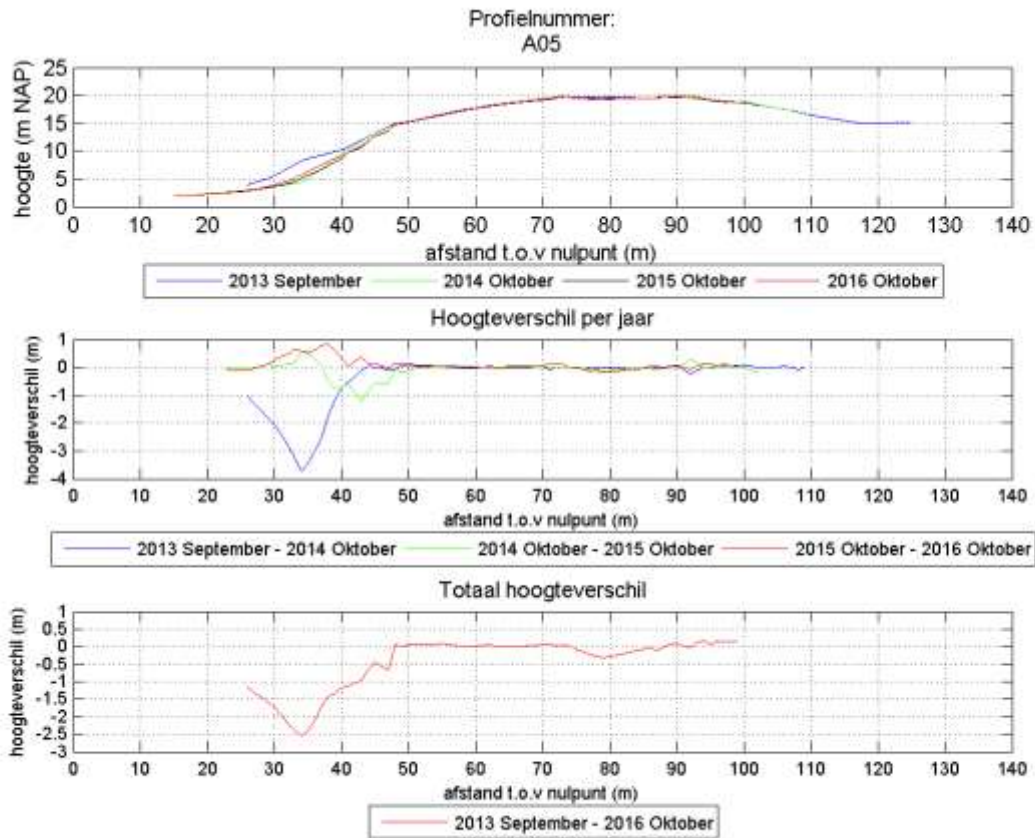
waternet



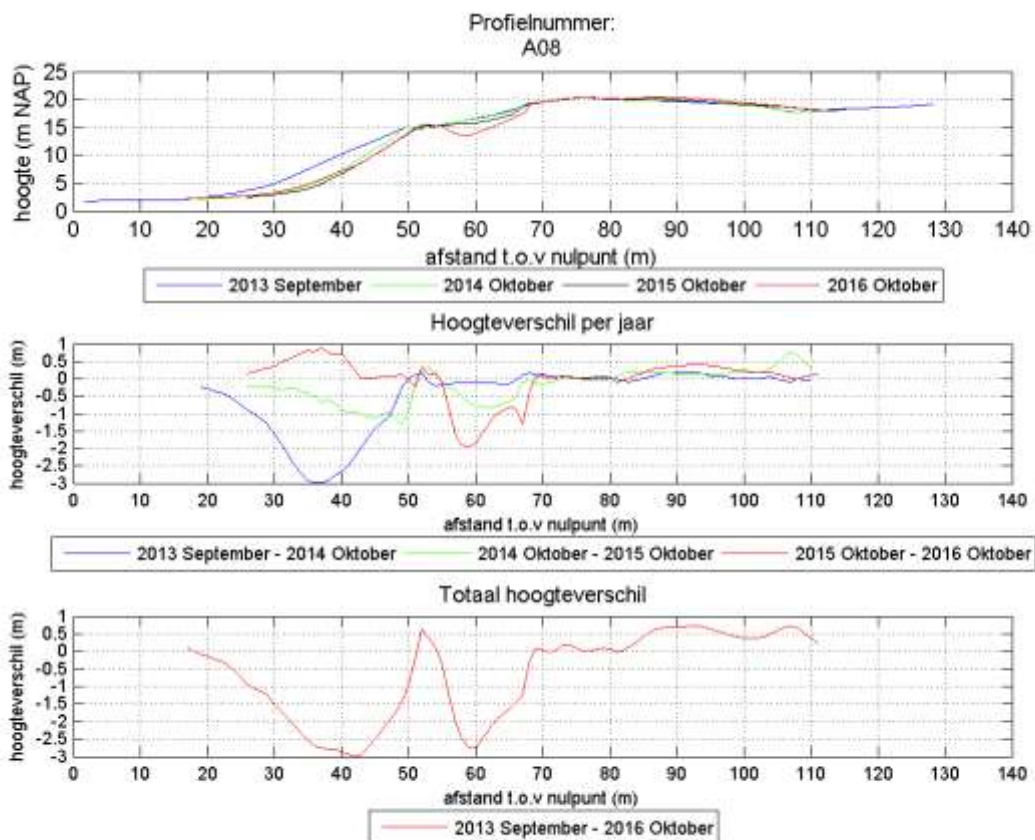
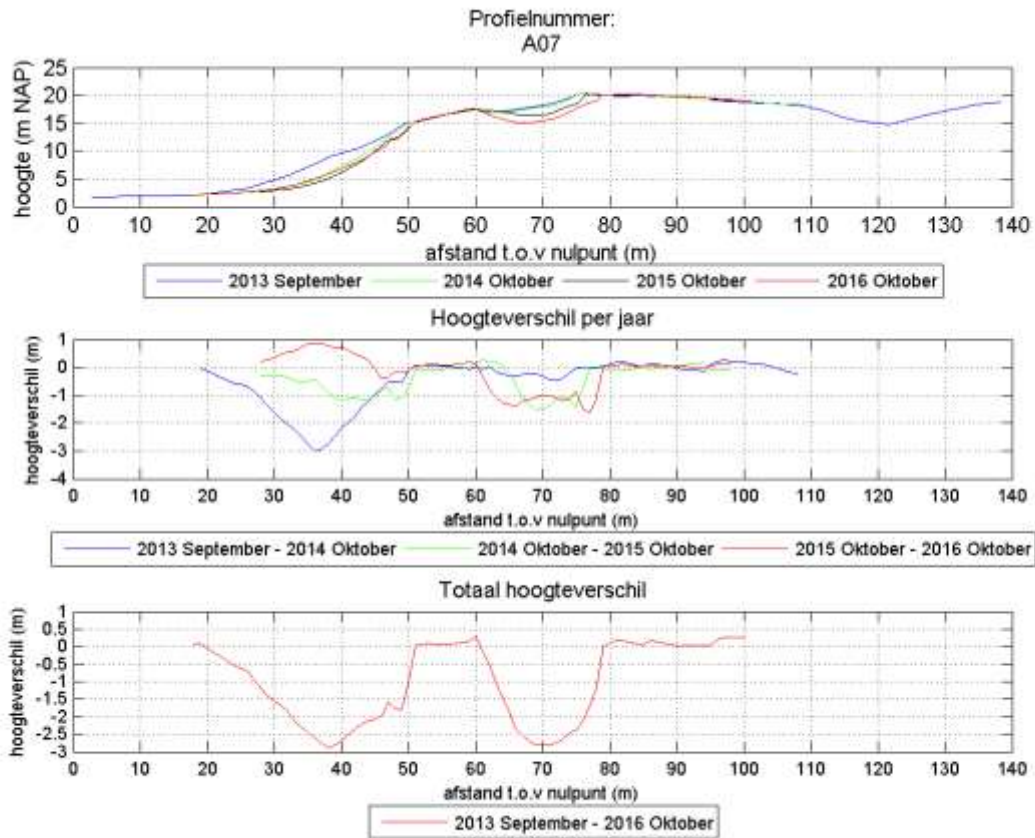


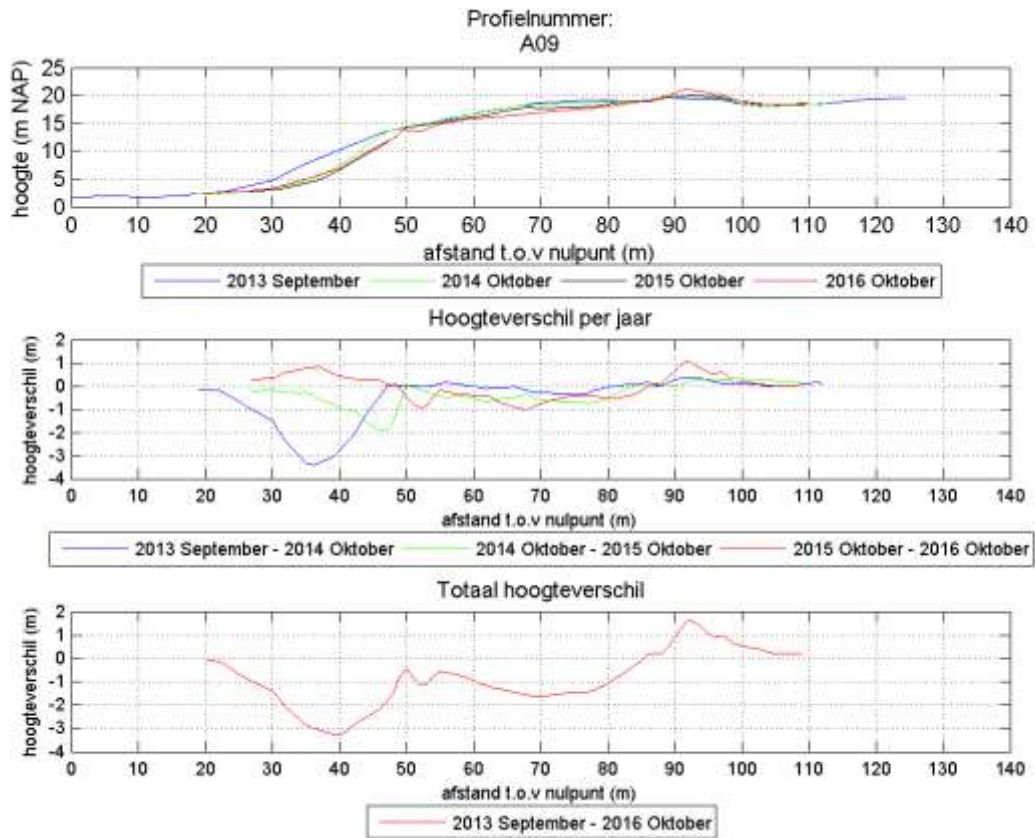


Kuil 1

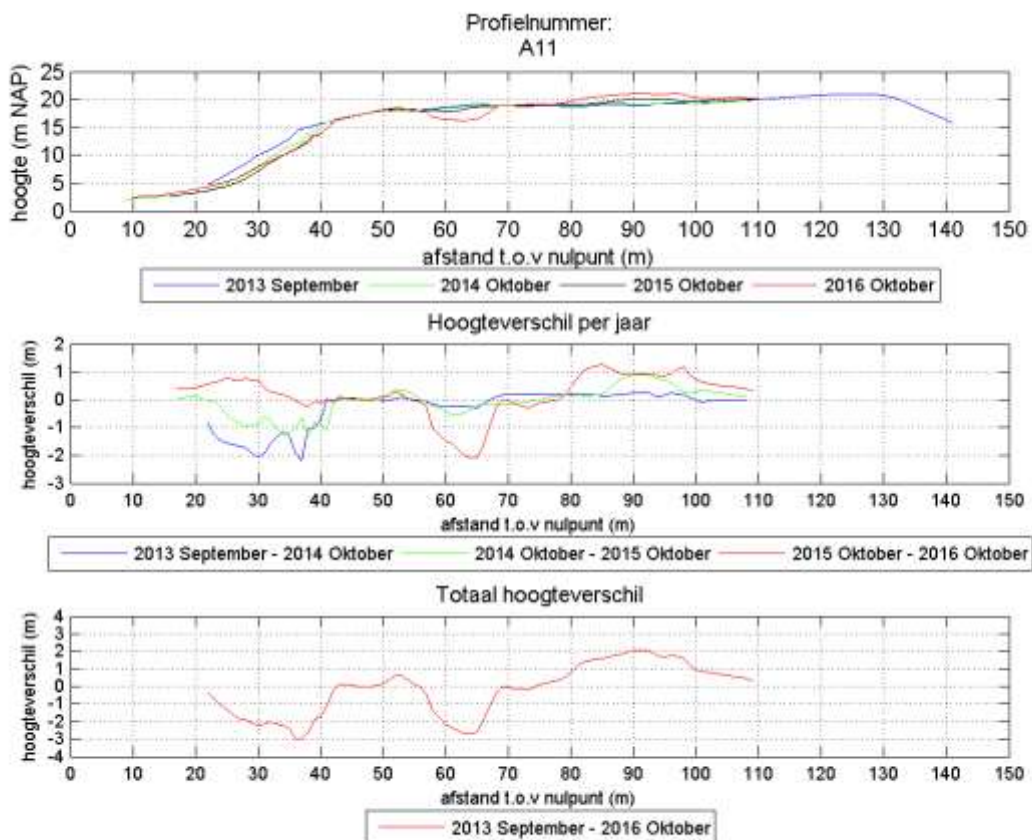
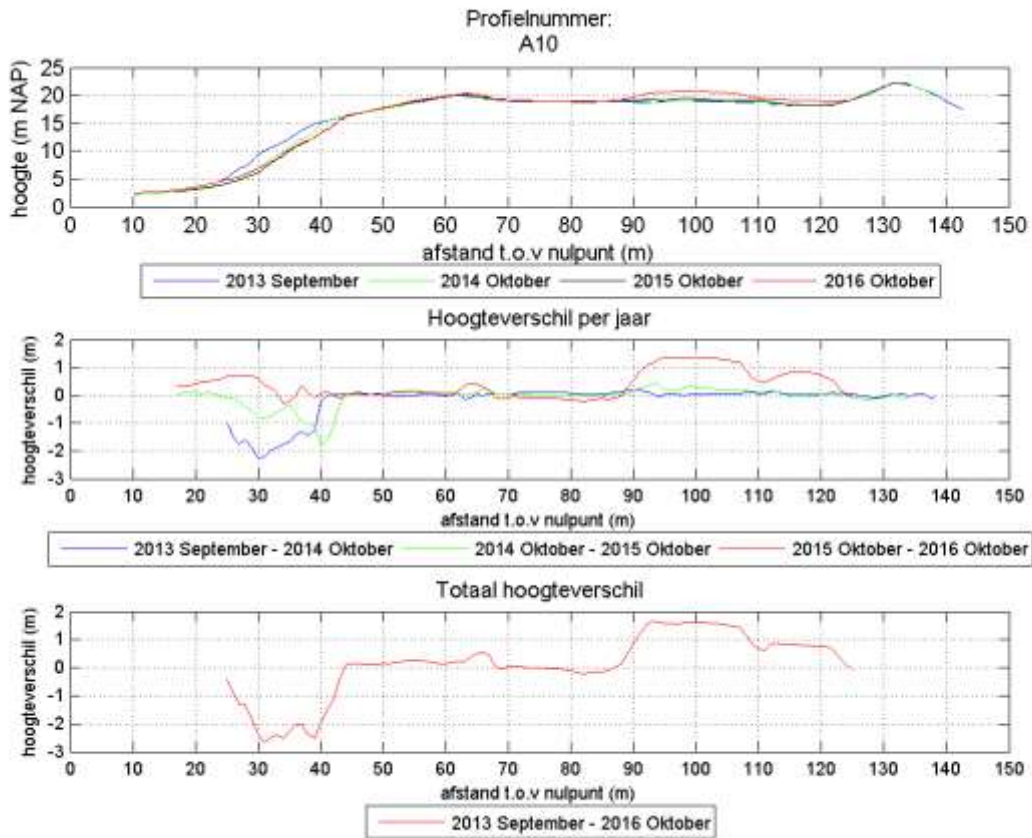


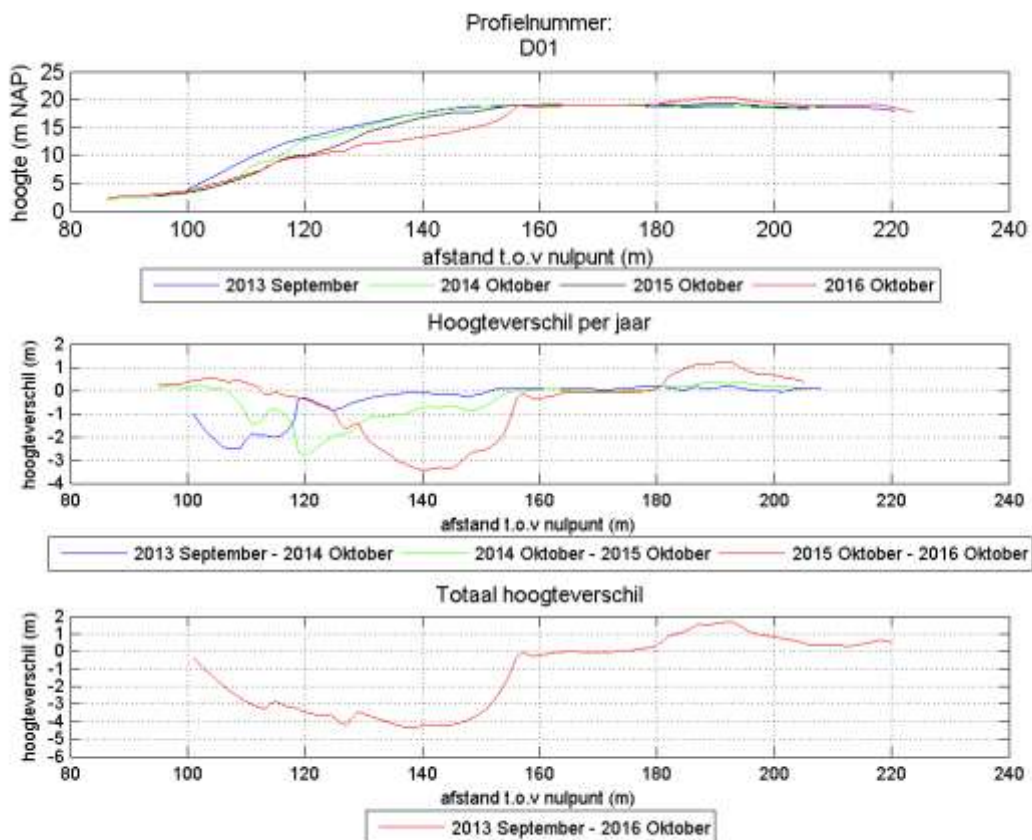
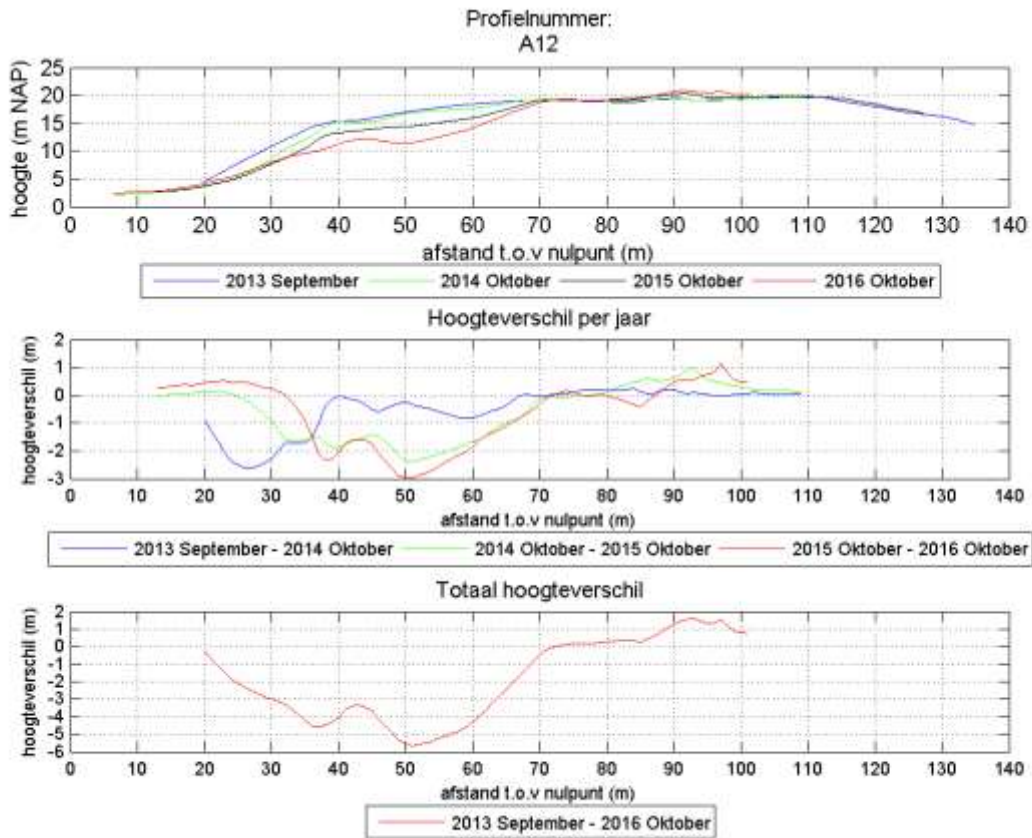
Kuil 2



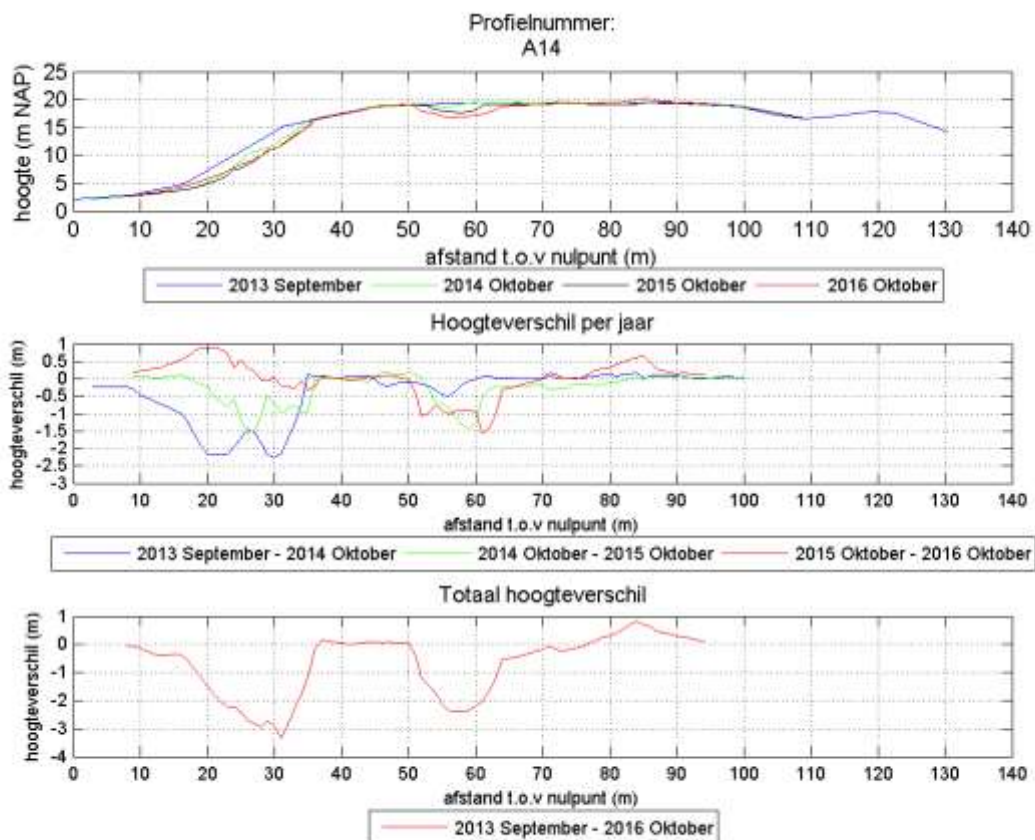
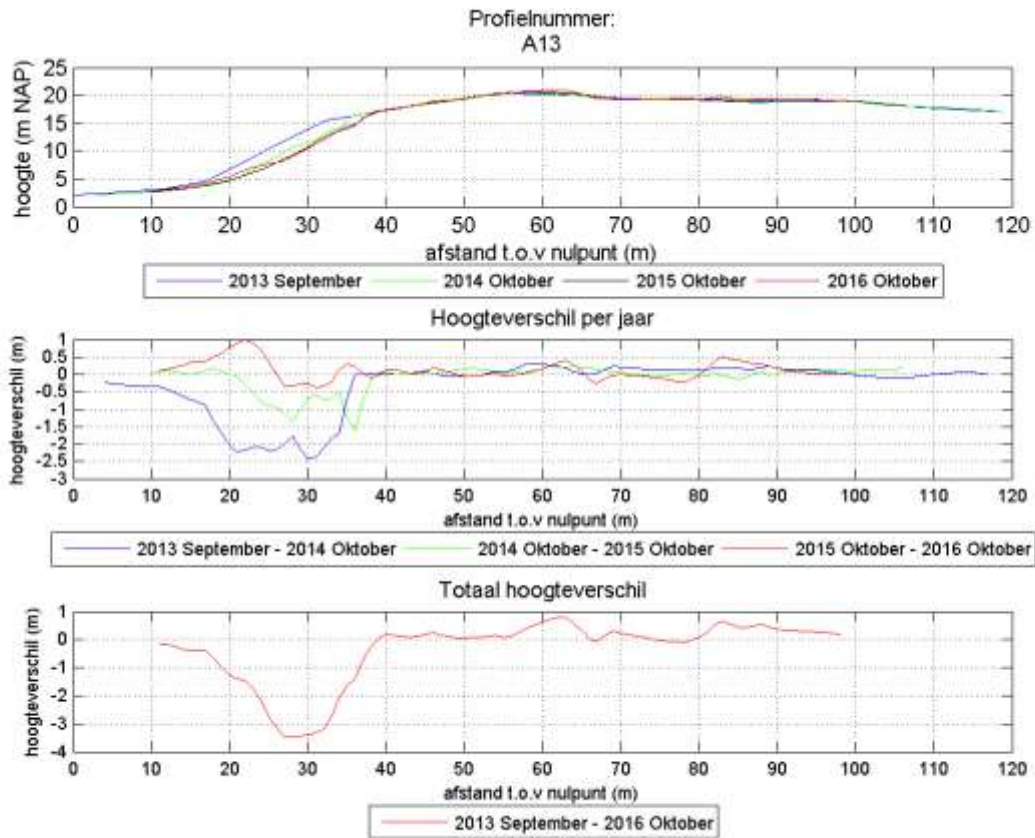


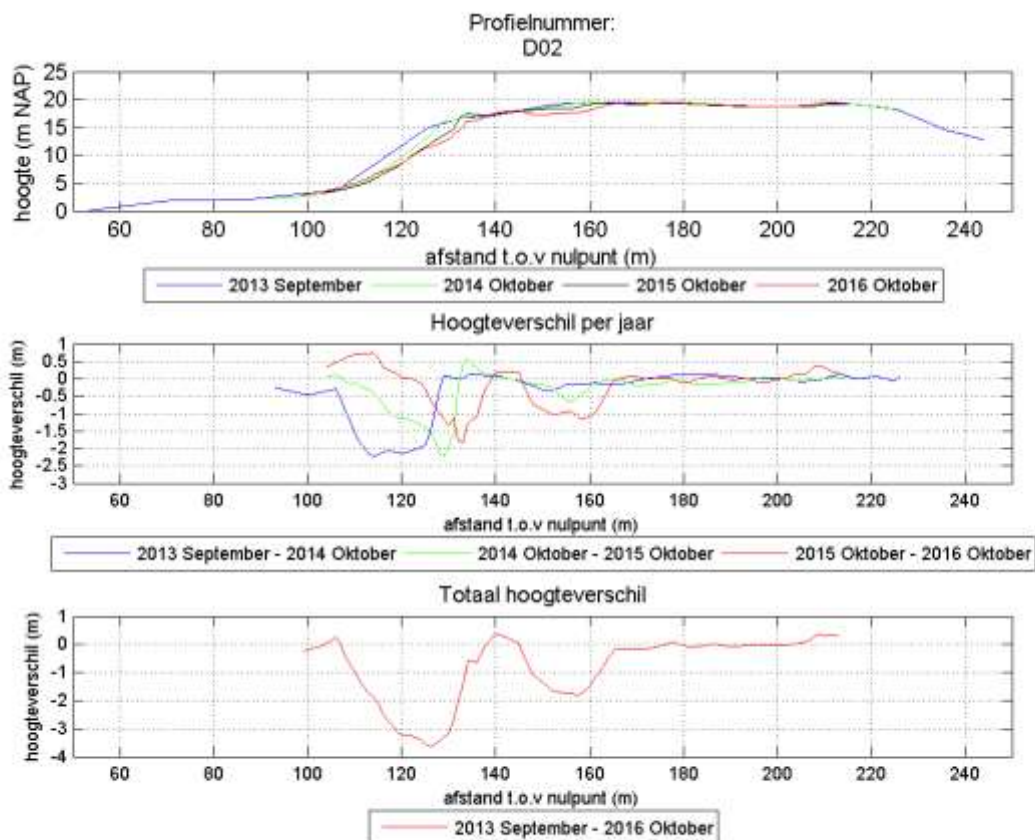
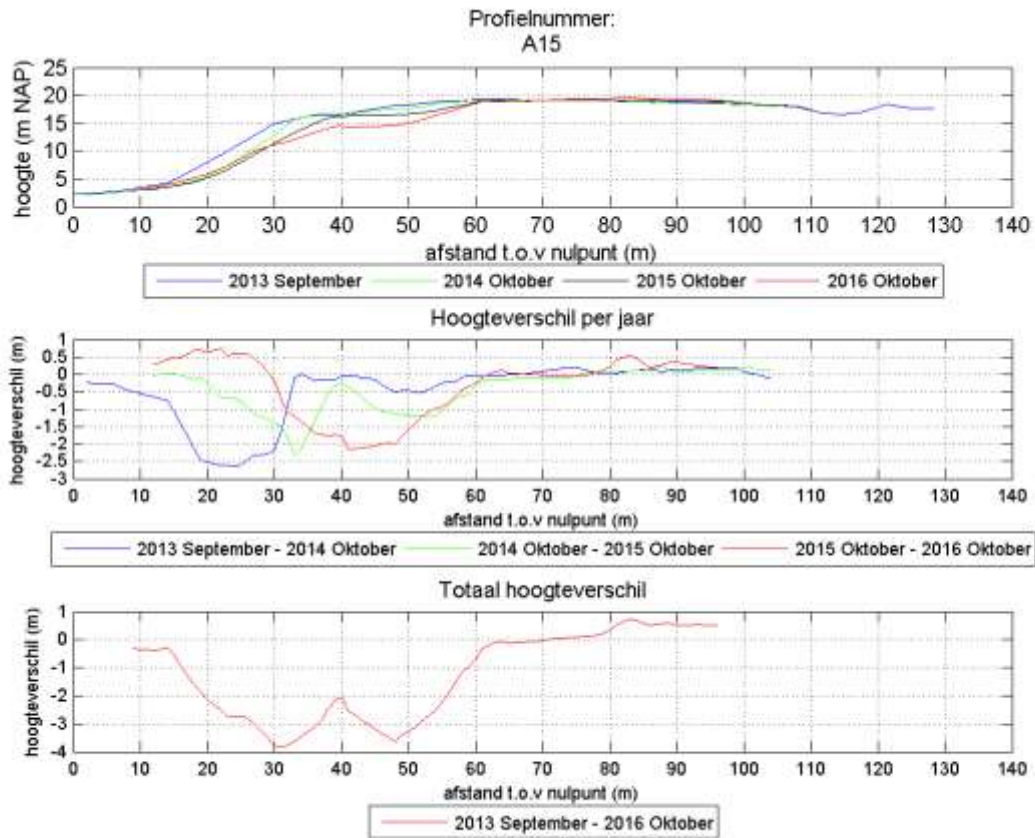
Kuil 3



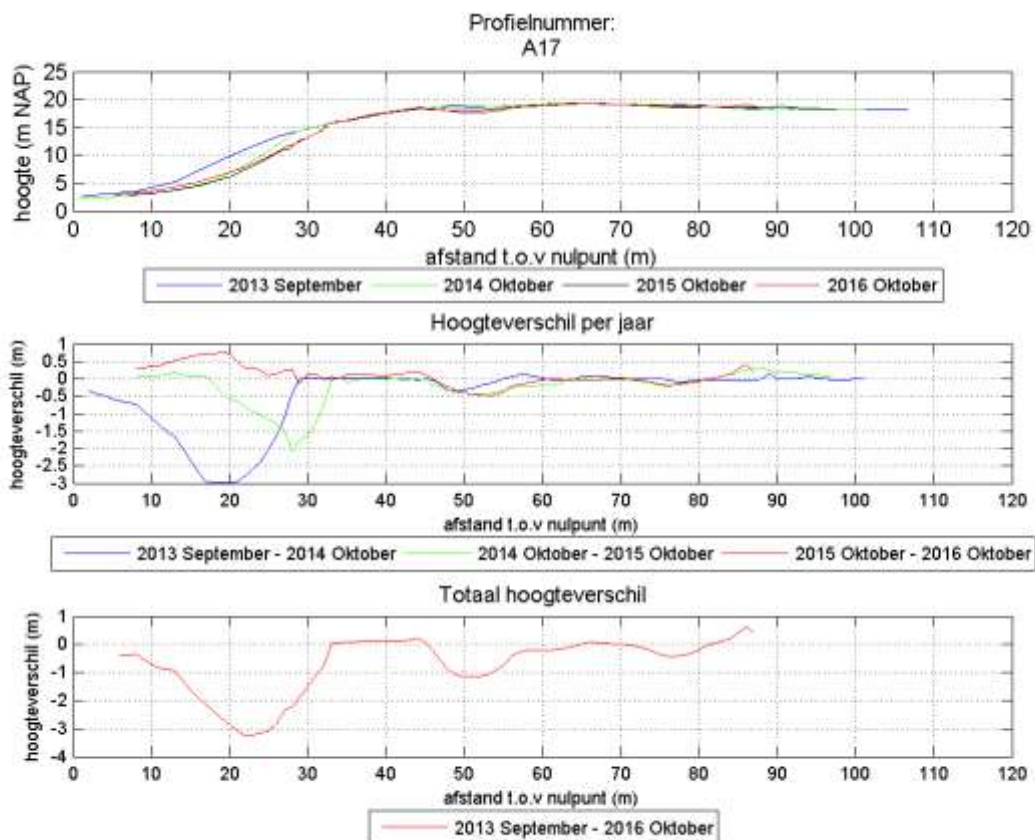
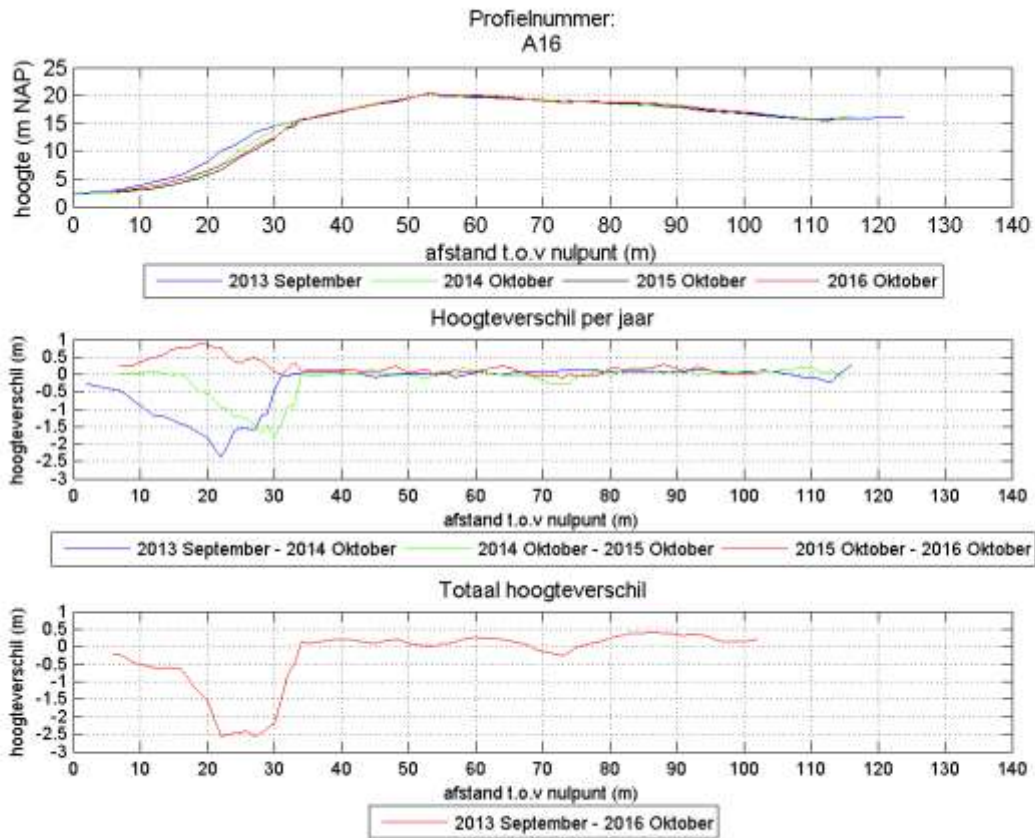


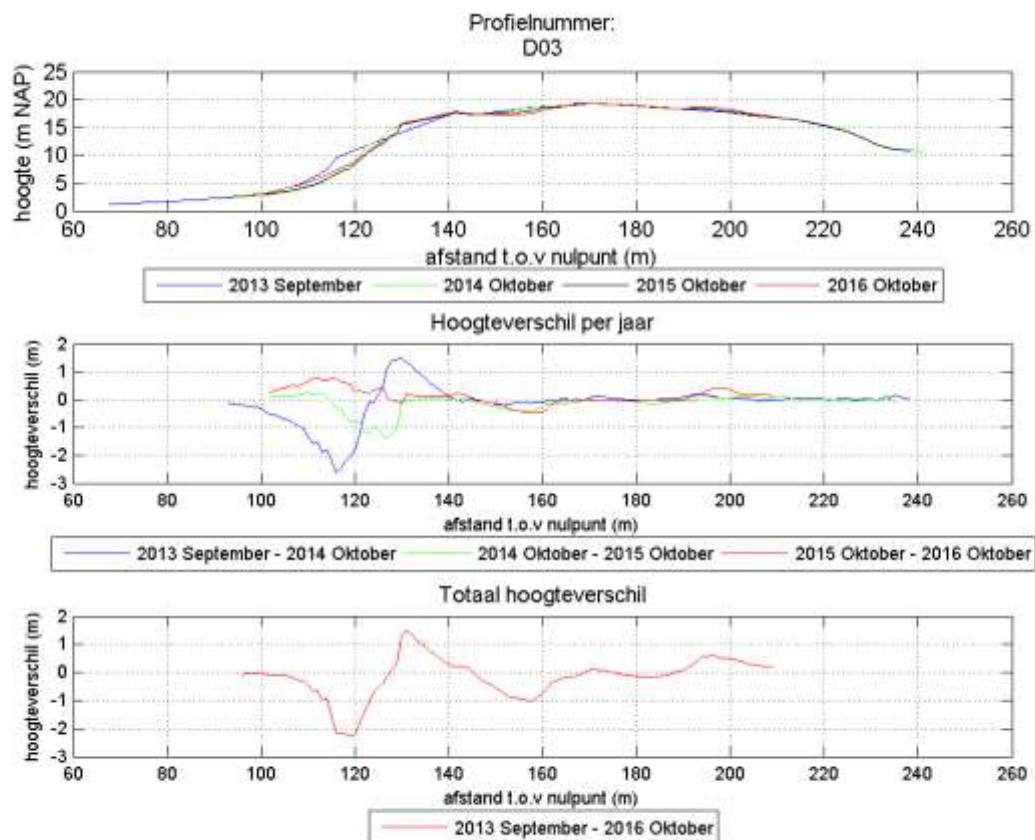
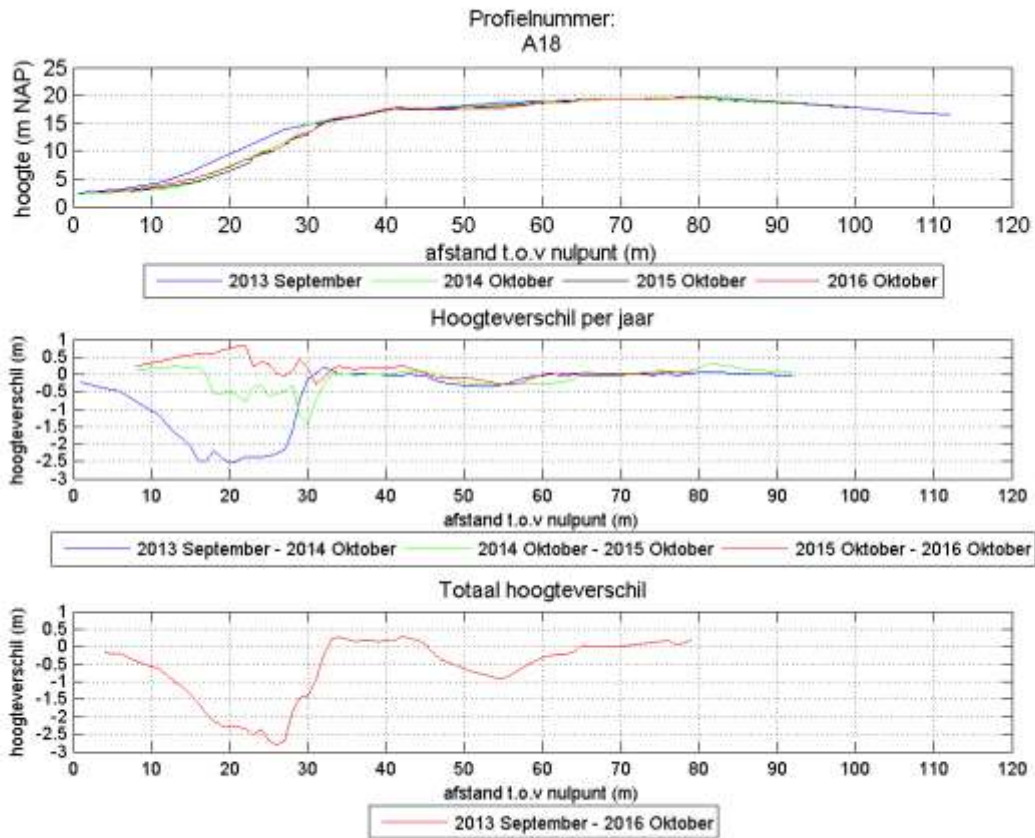
Kuil 4



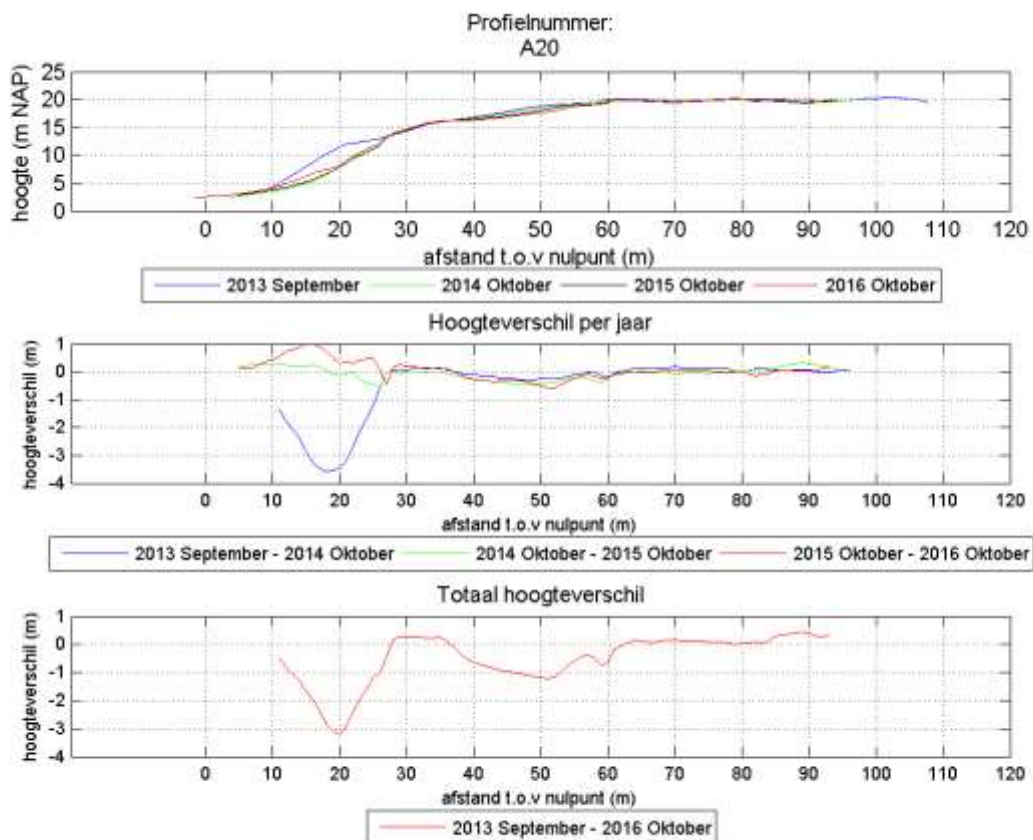
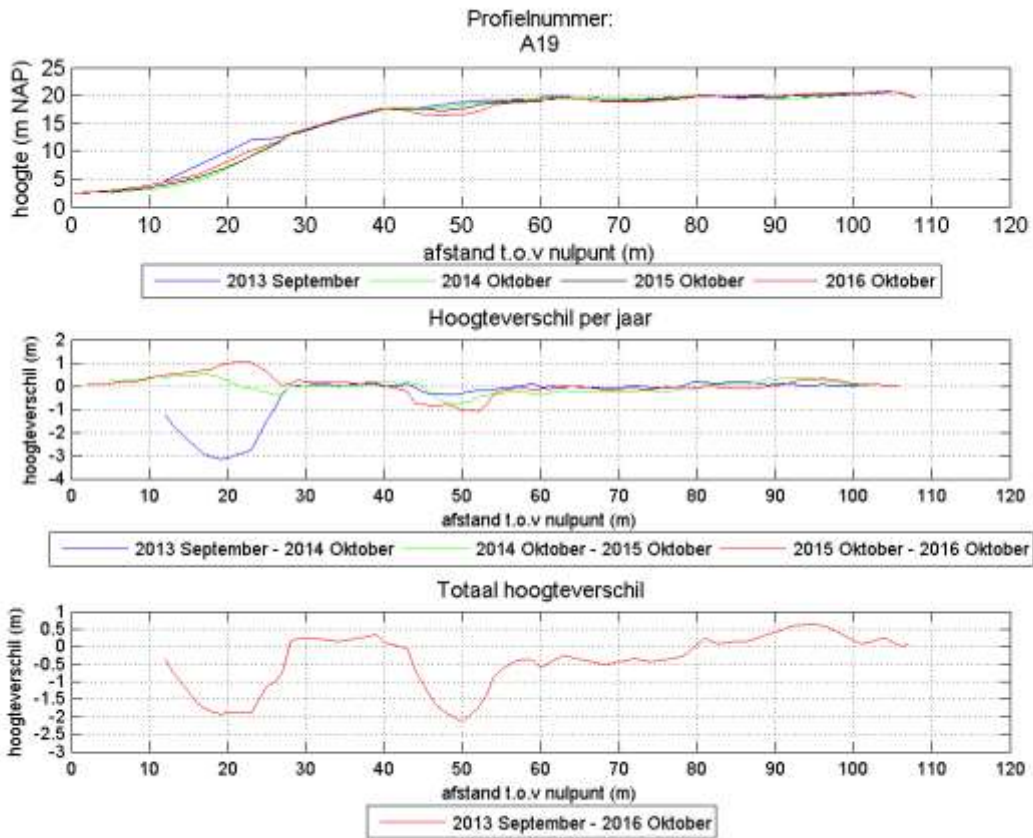


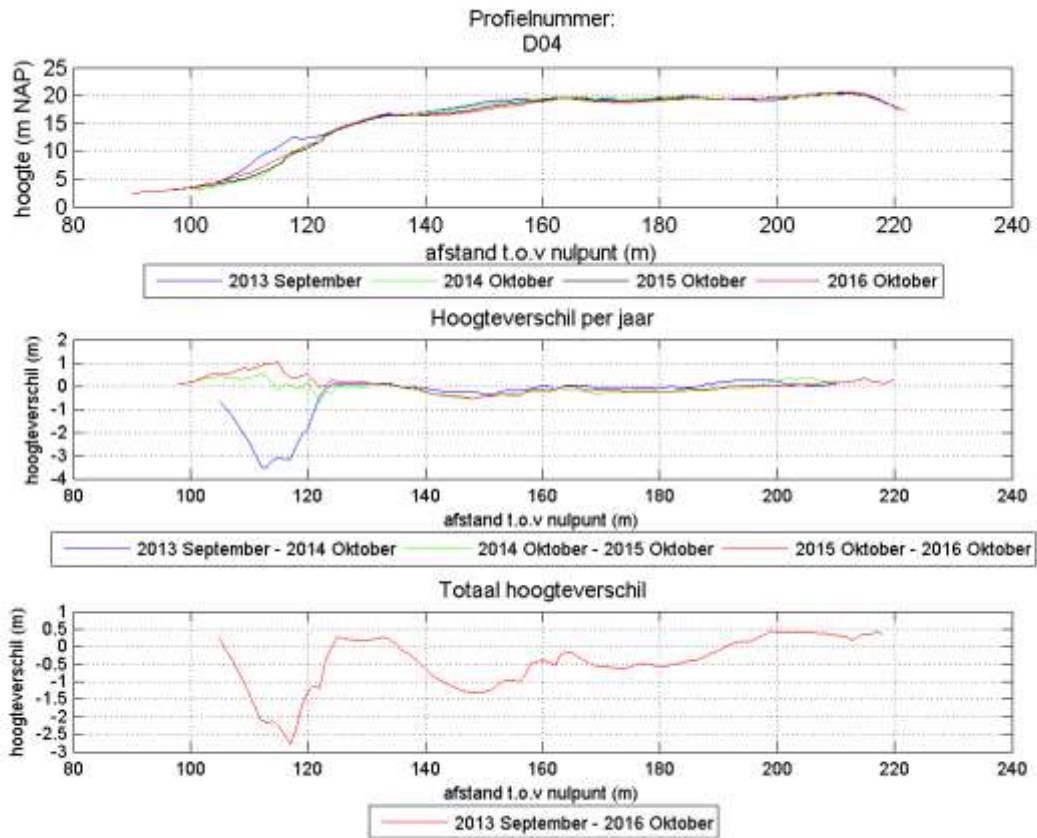
Kuil 5



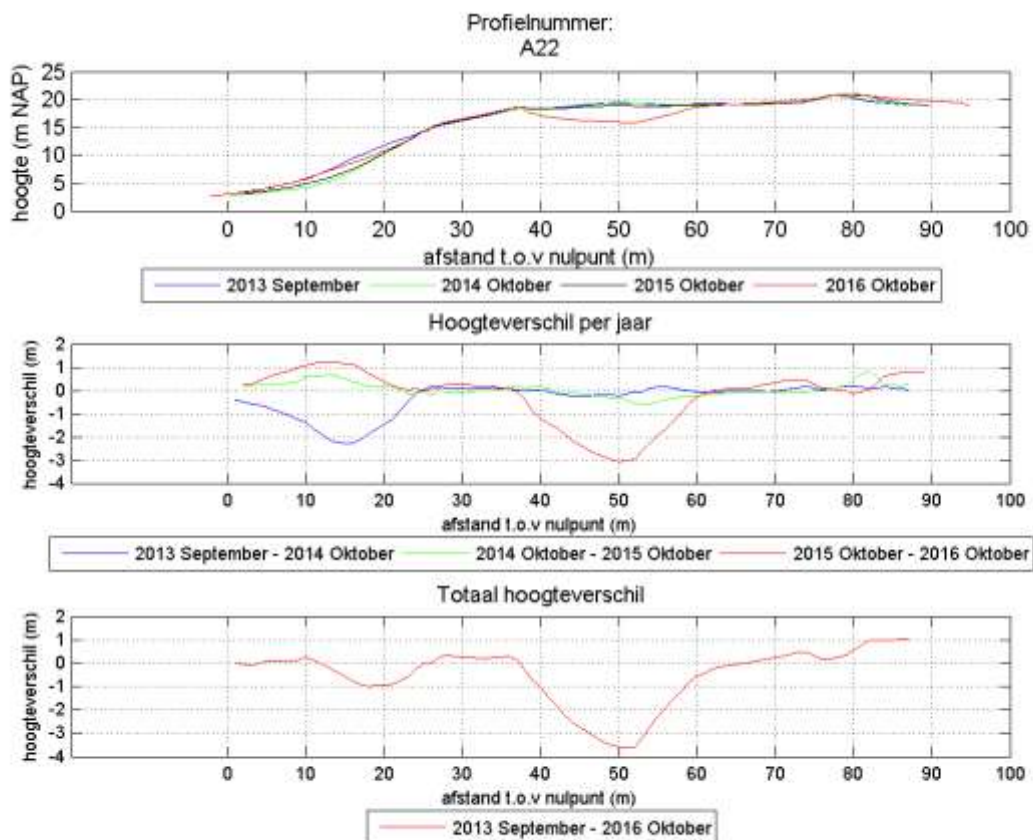
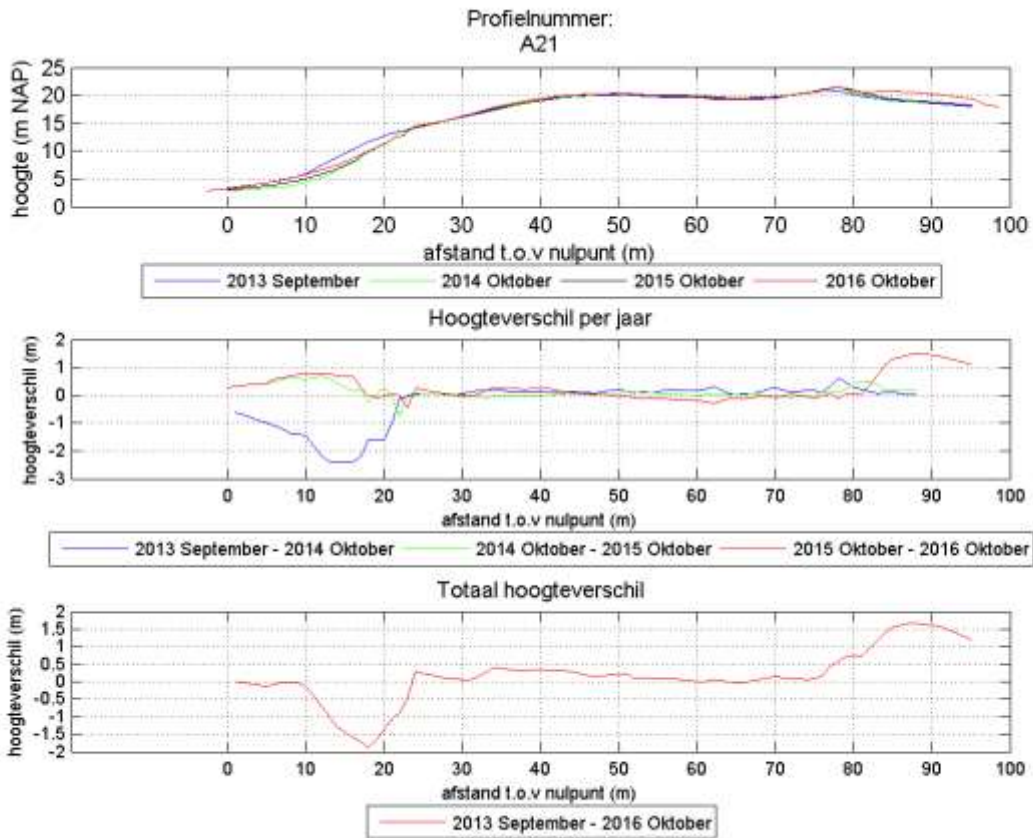


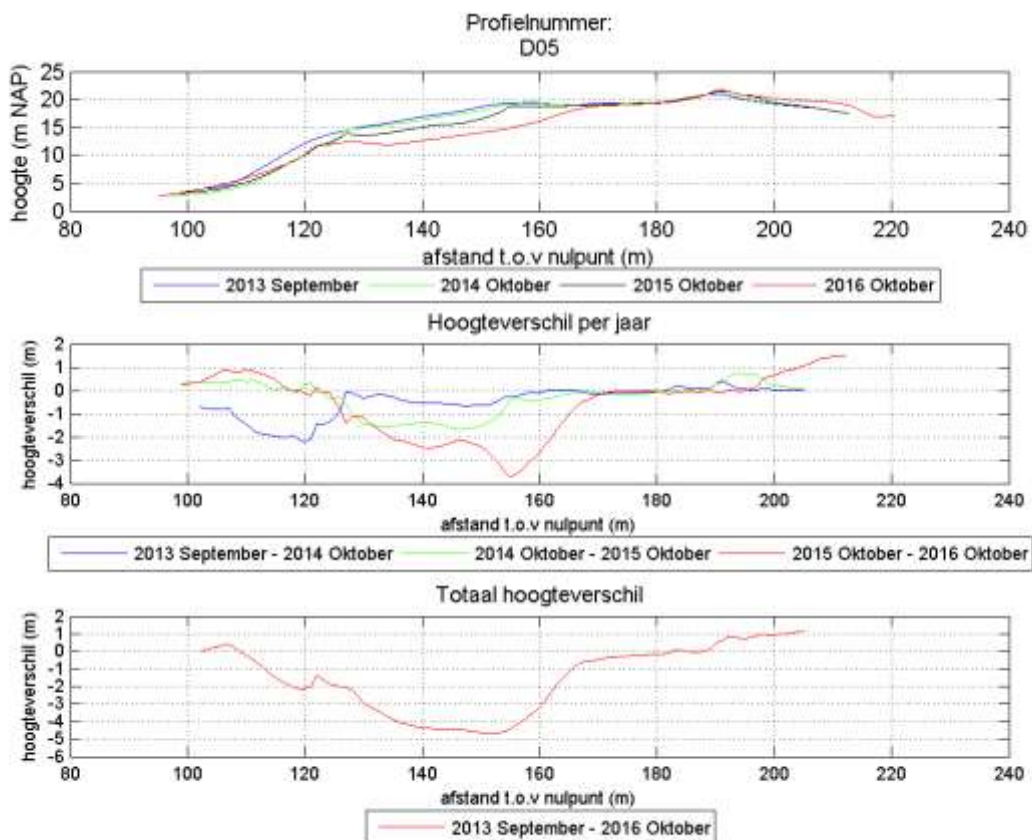
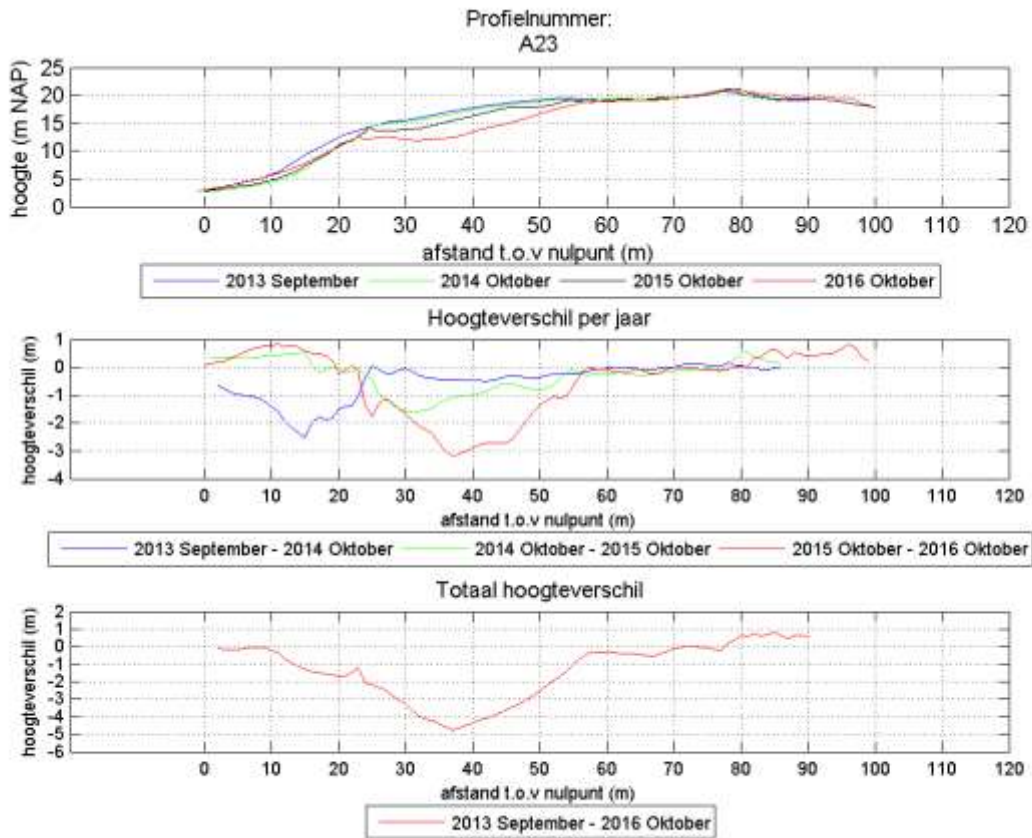
Kuil 6



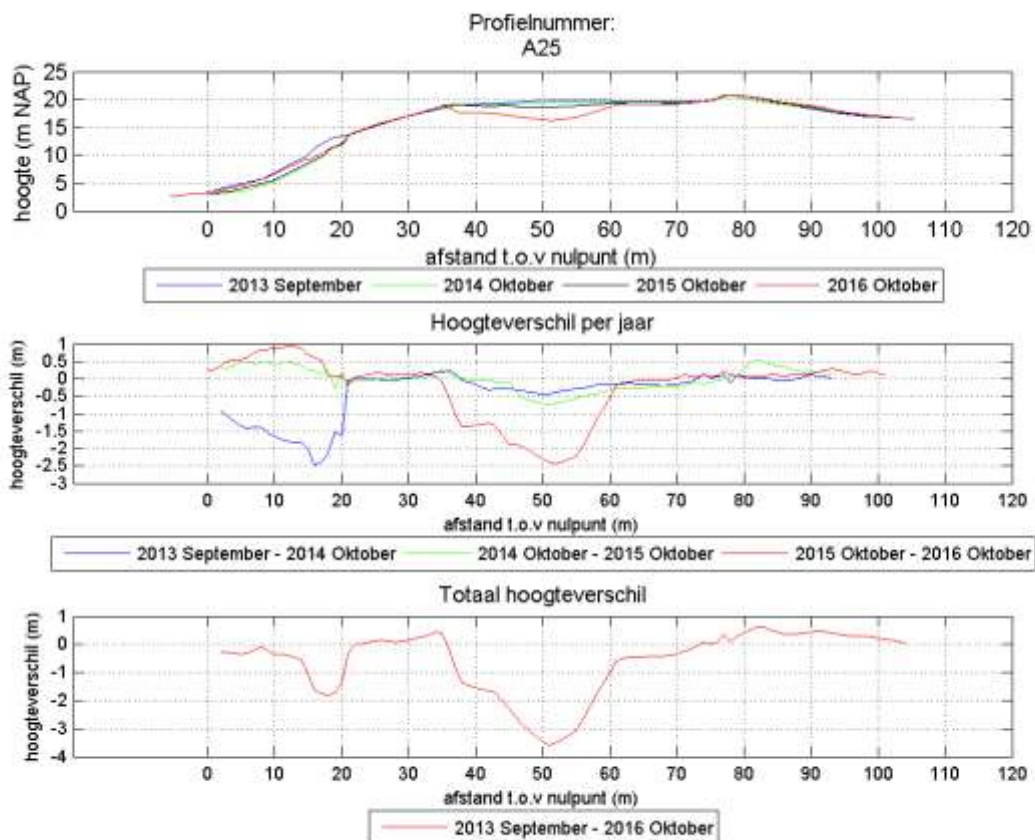
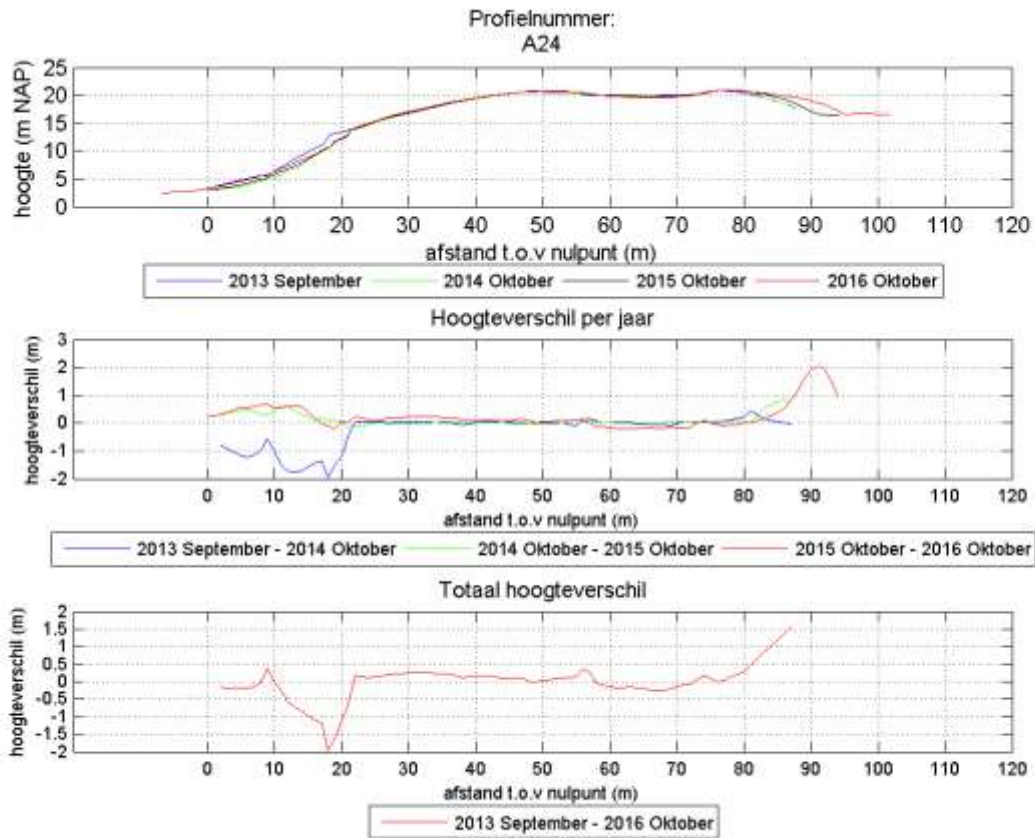


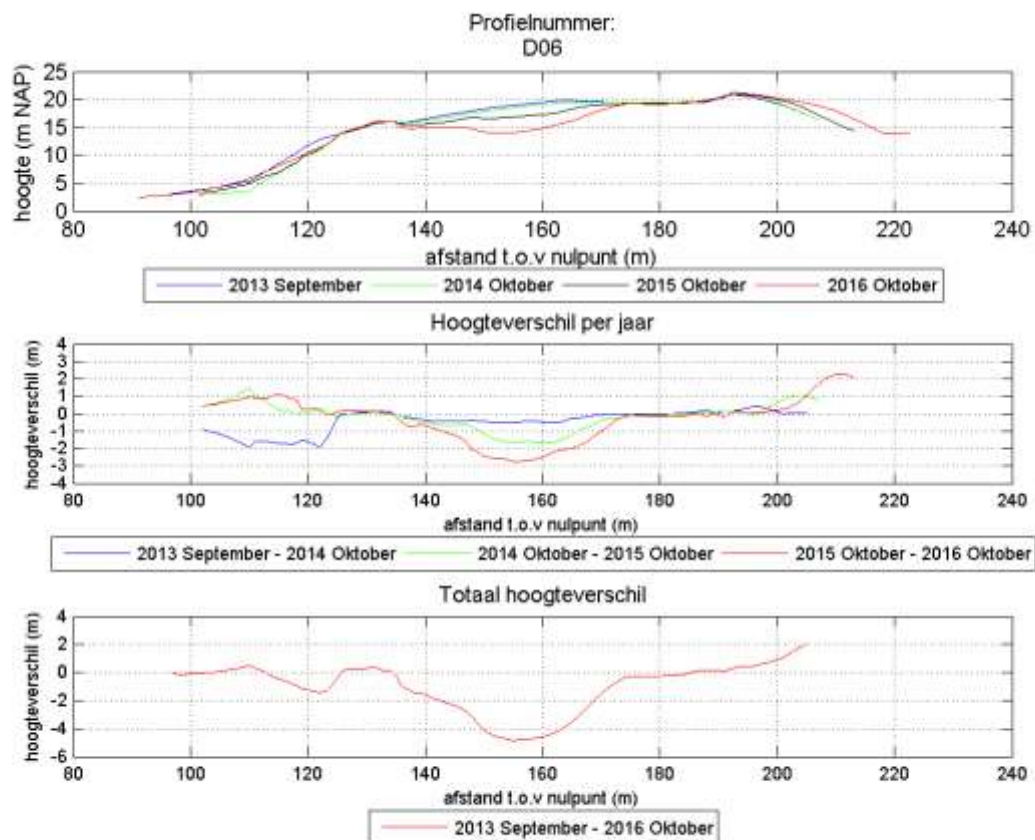
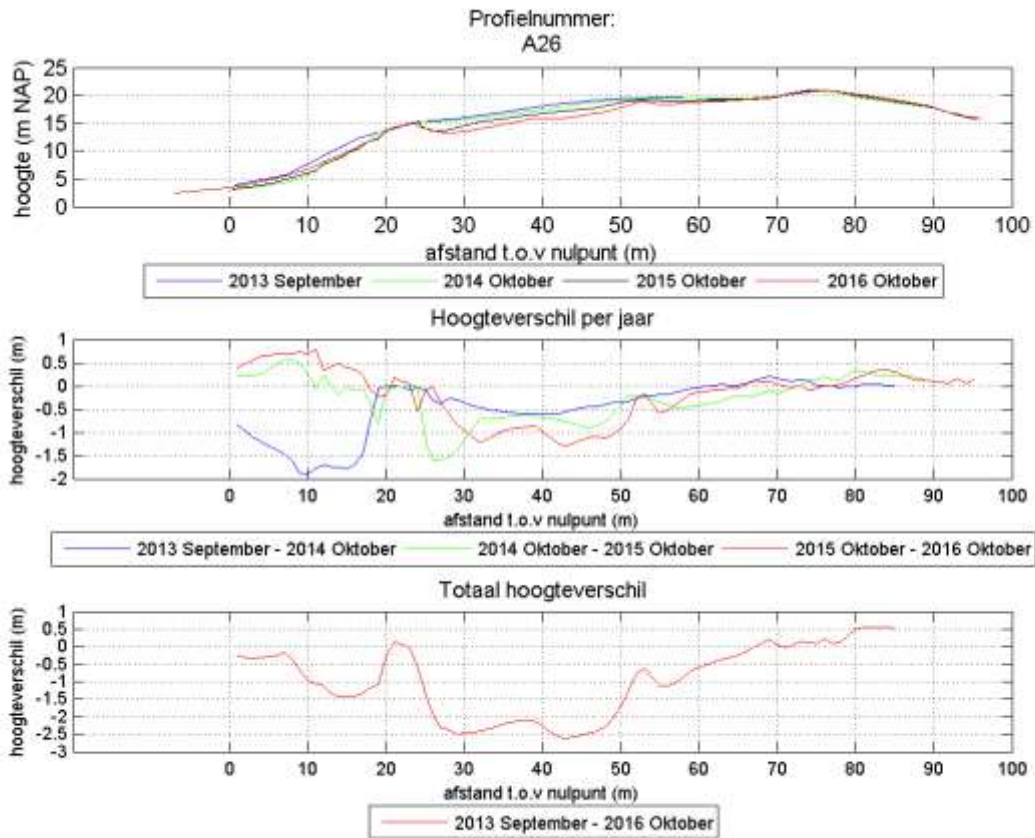
Kuil 7



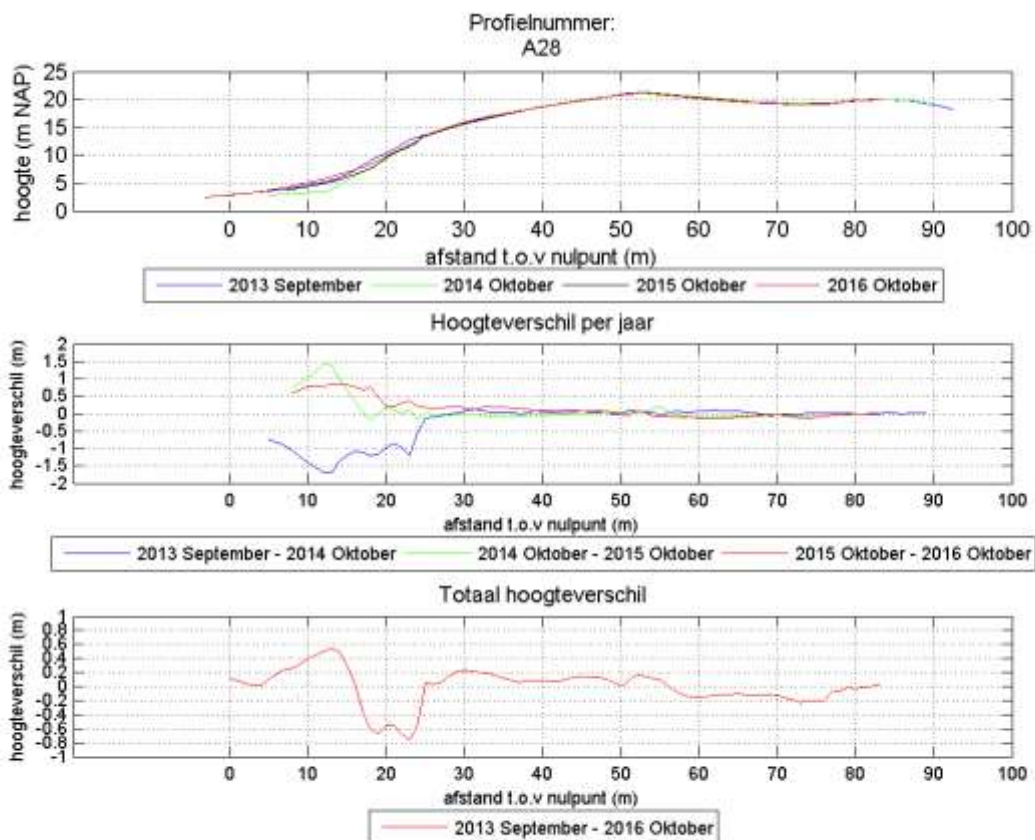
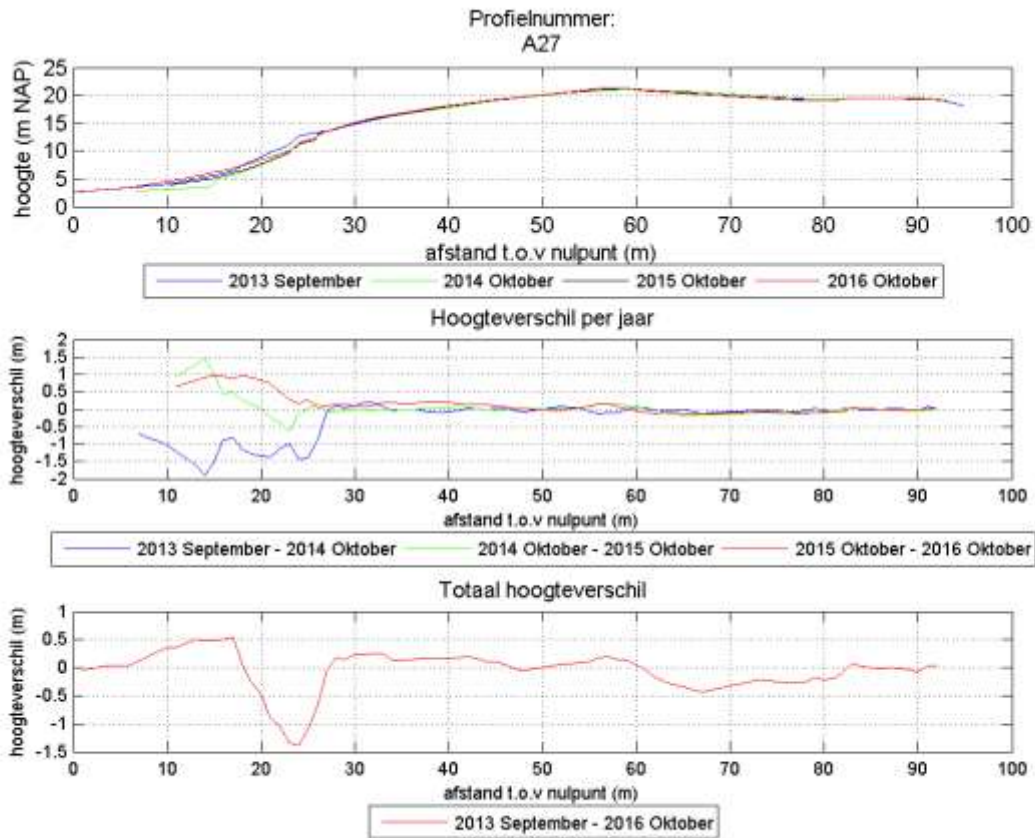


Kuil 8

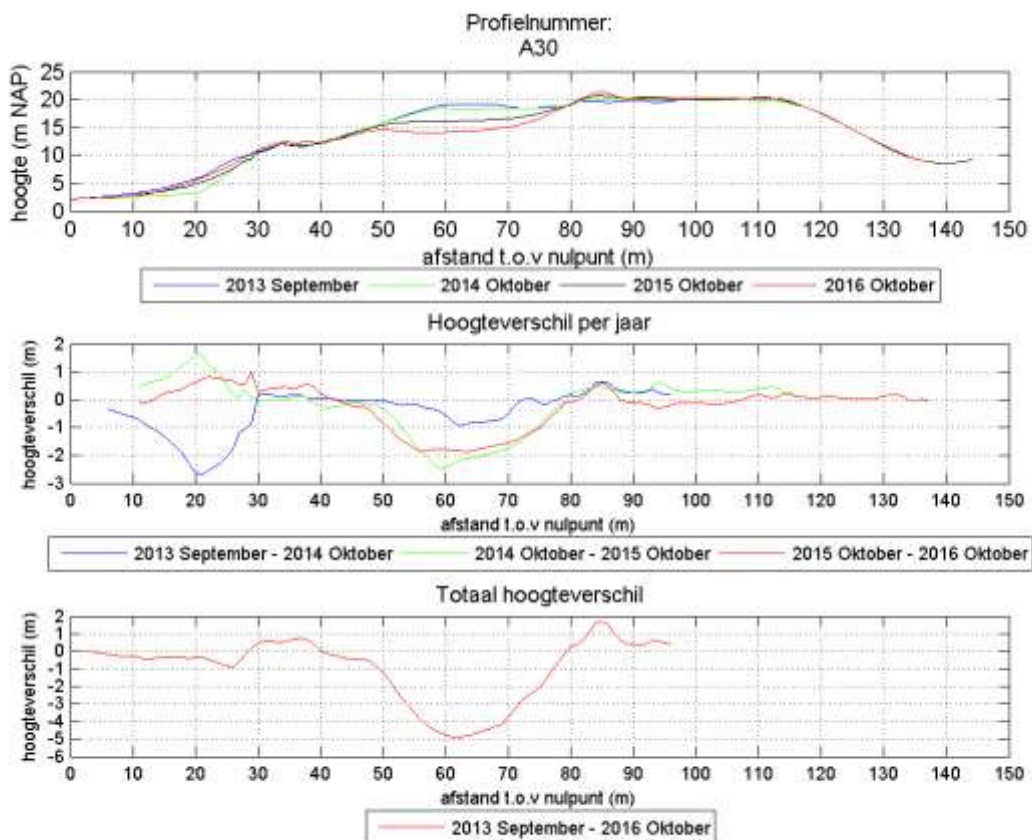
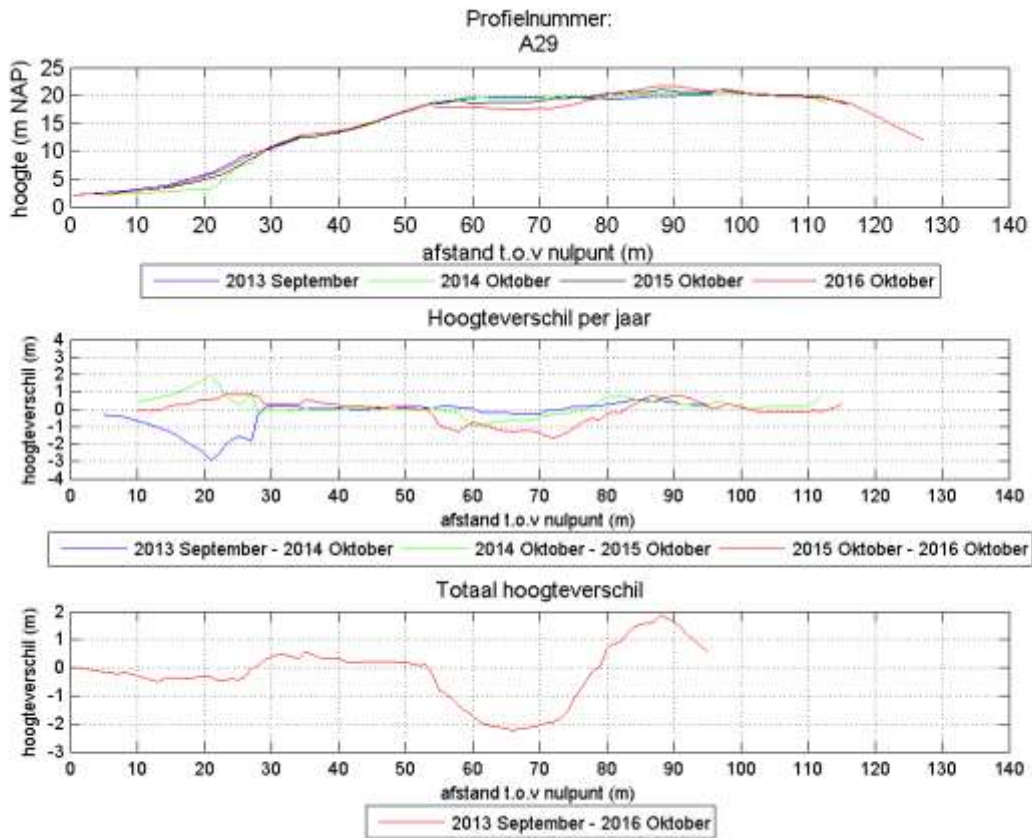


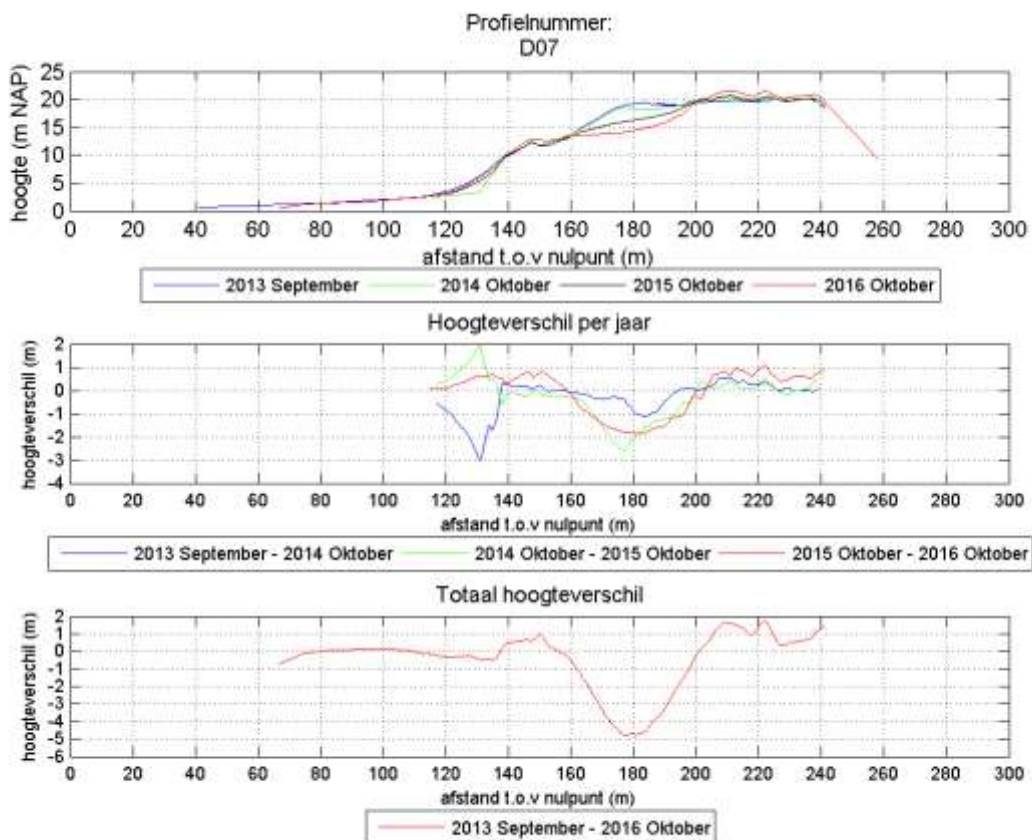
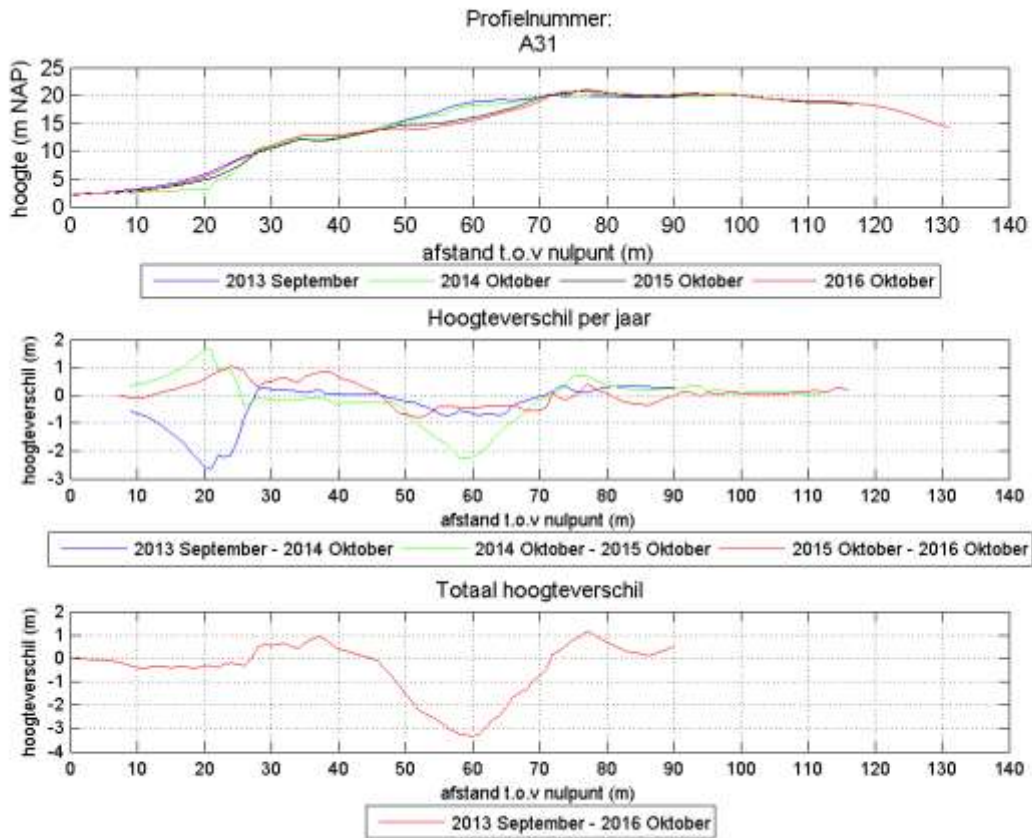


Kuil 9

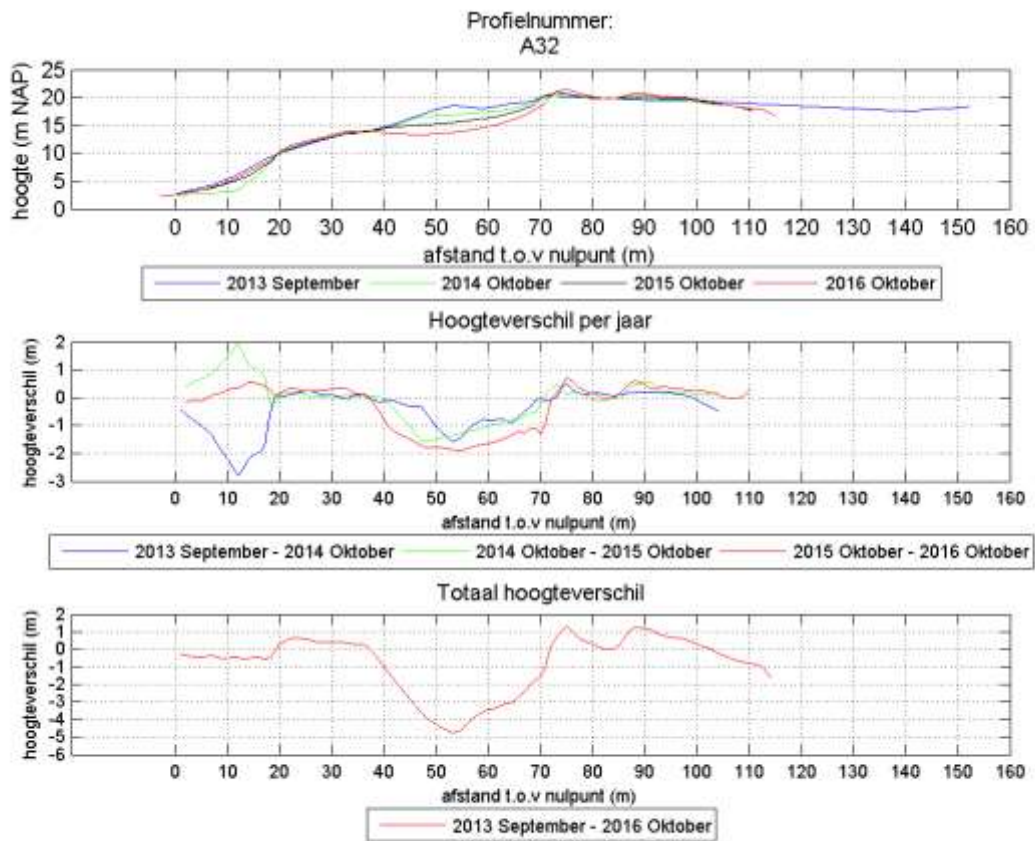


Kuil 10

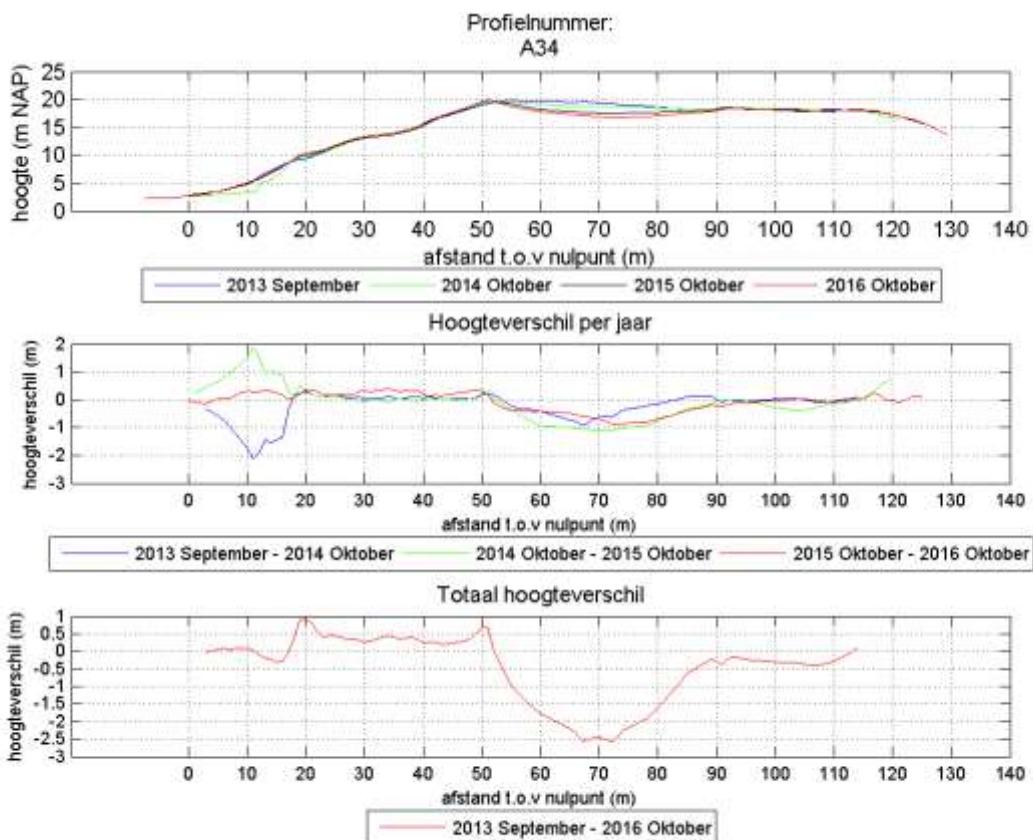
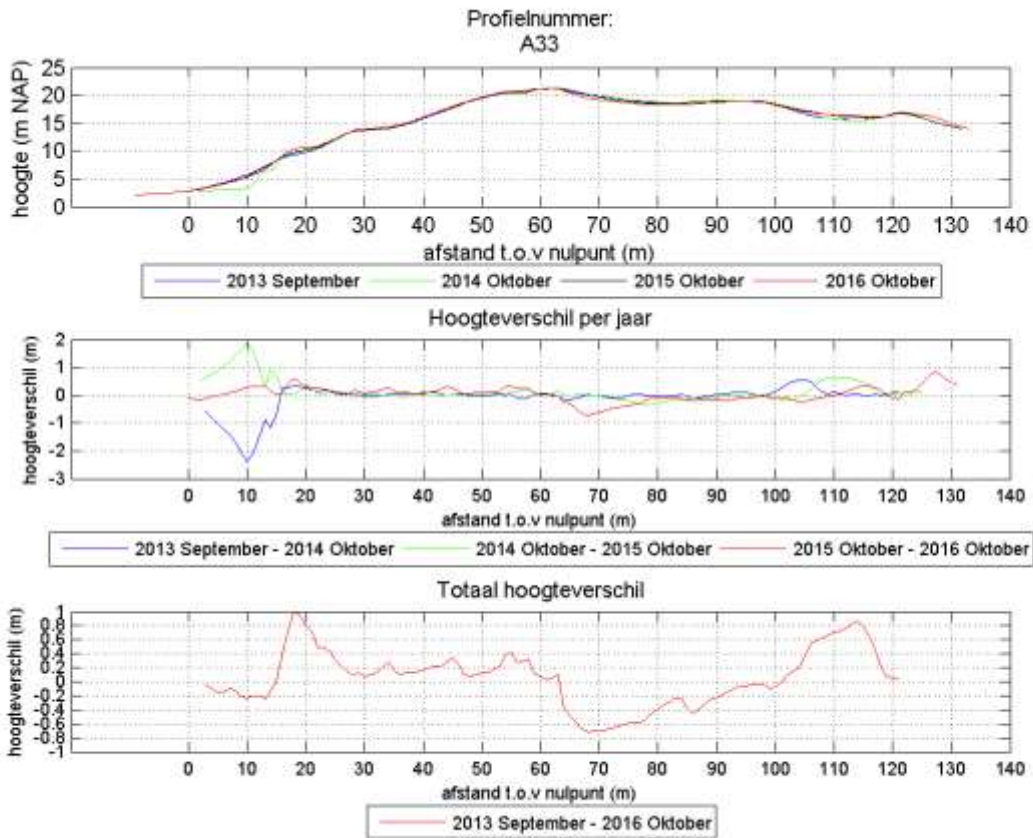


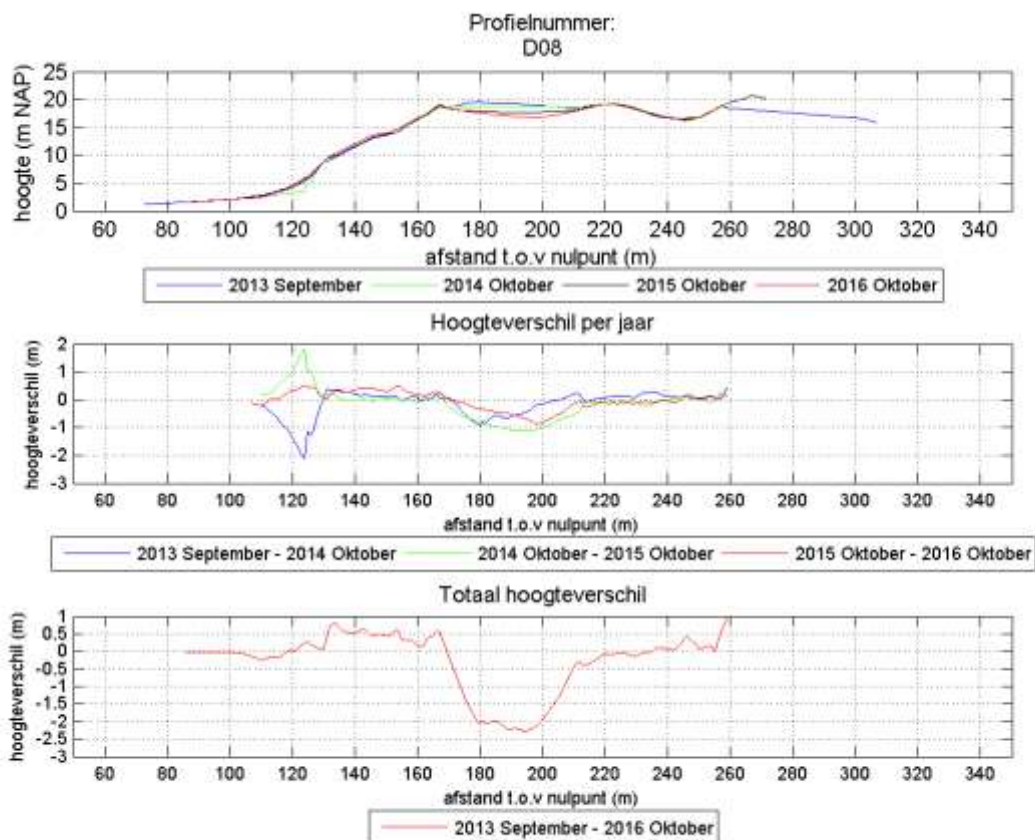
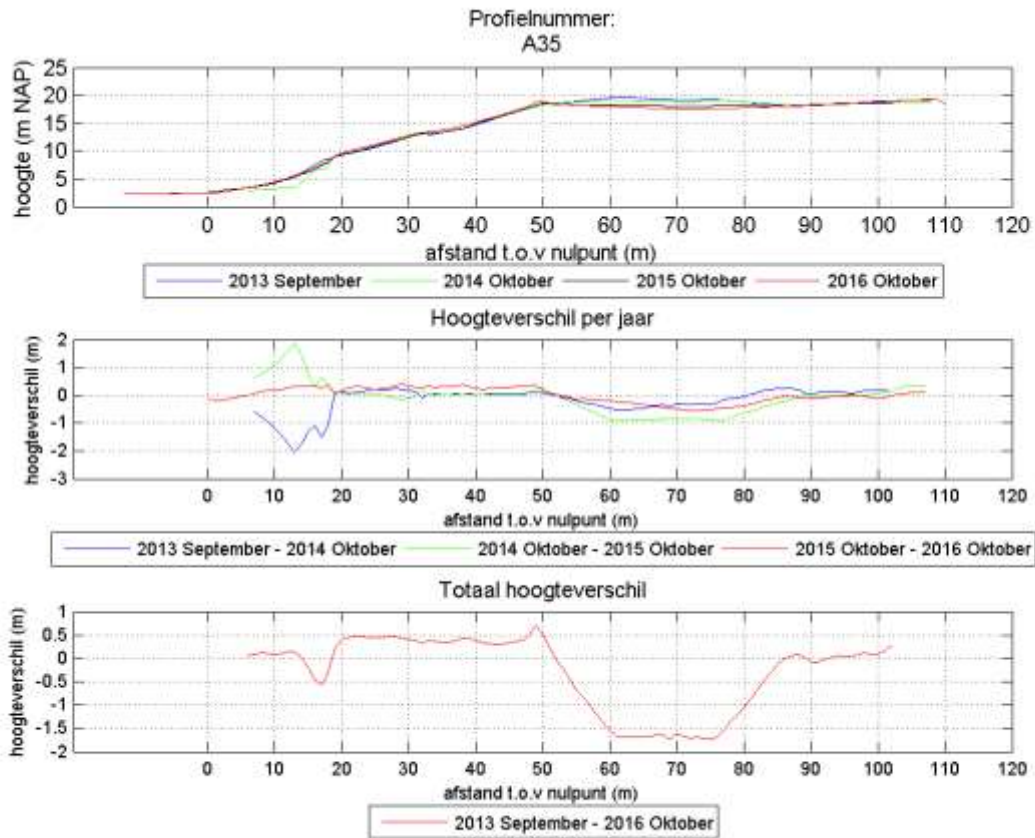


Kuil 11

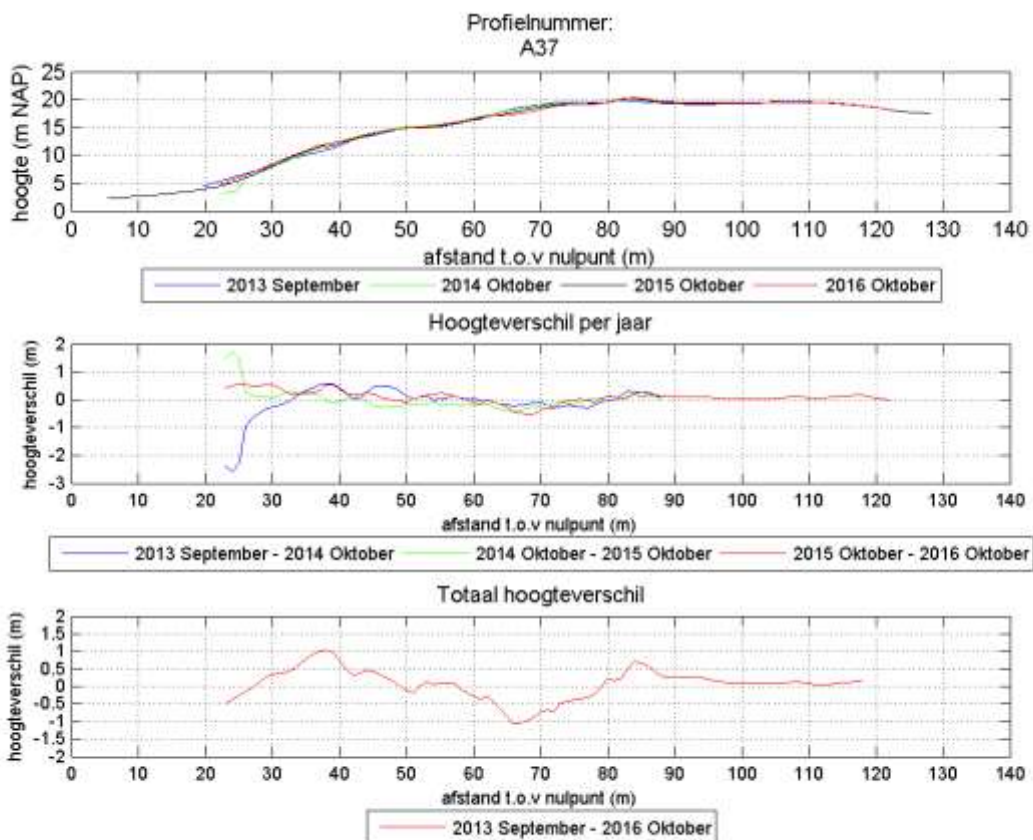
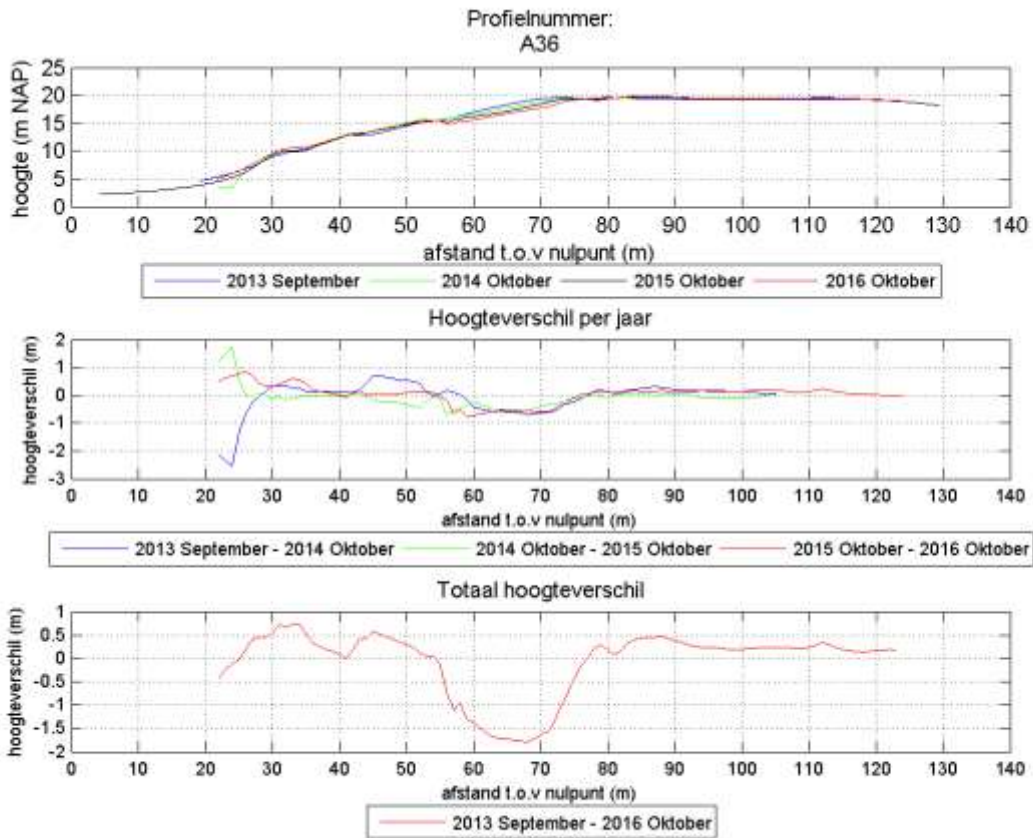


Kuil 12

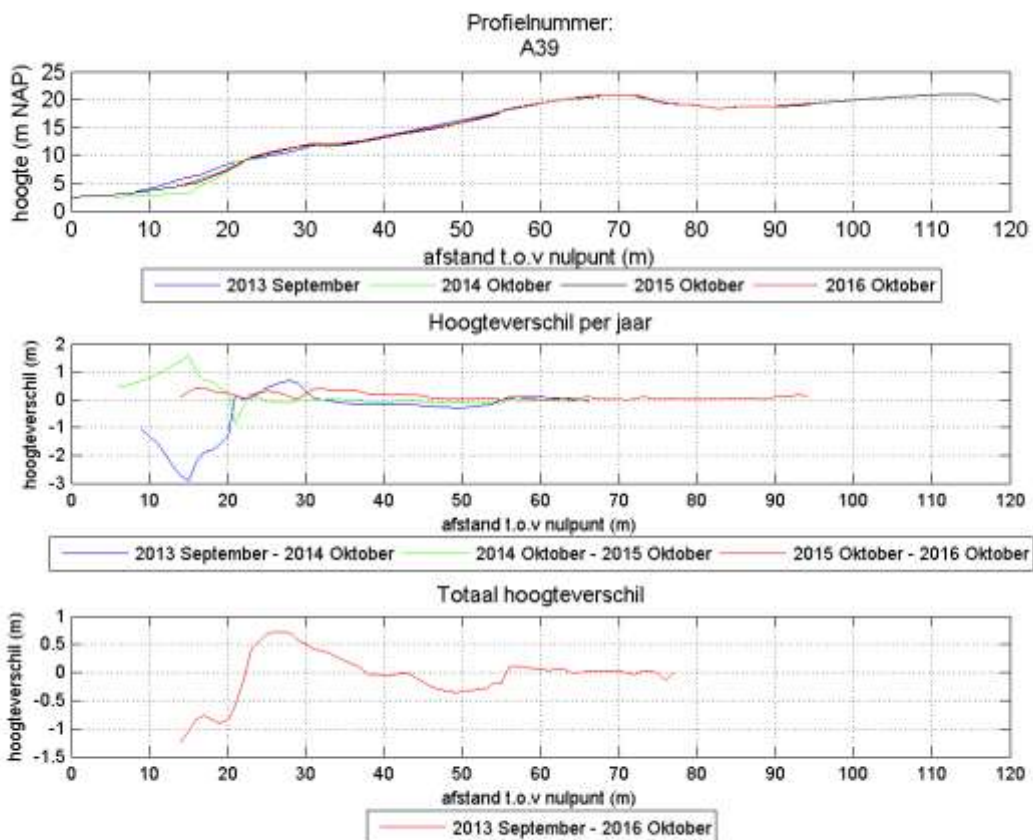
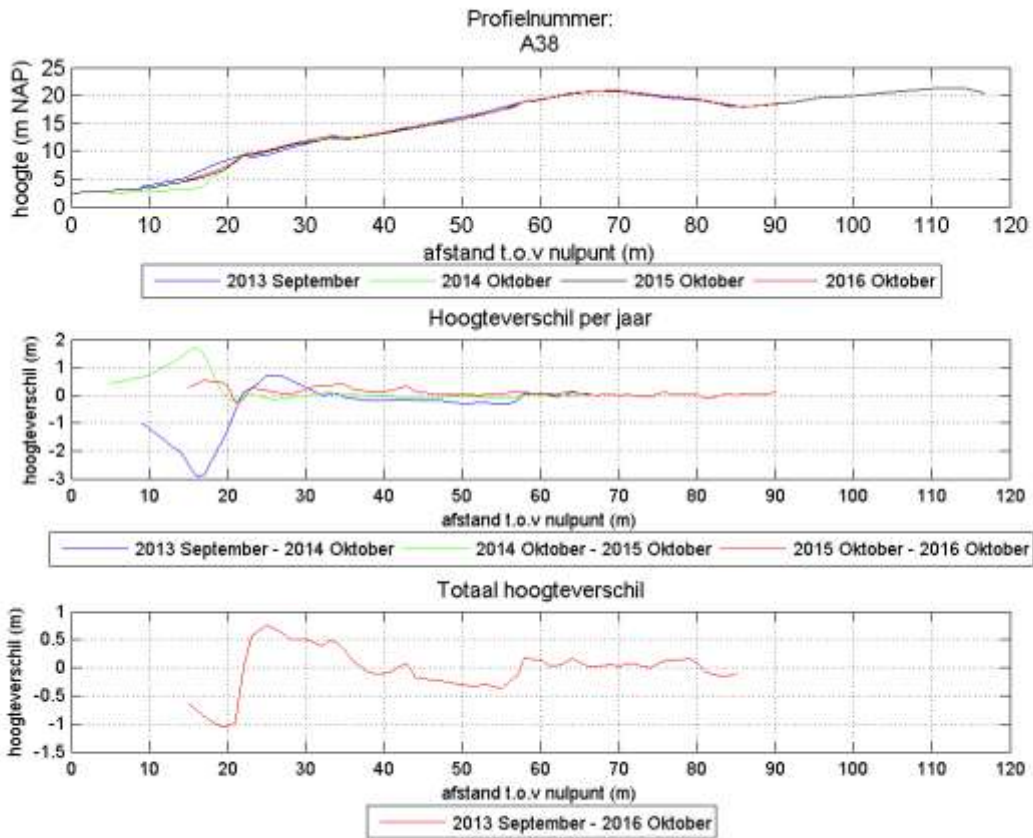




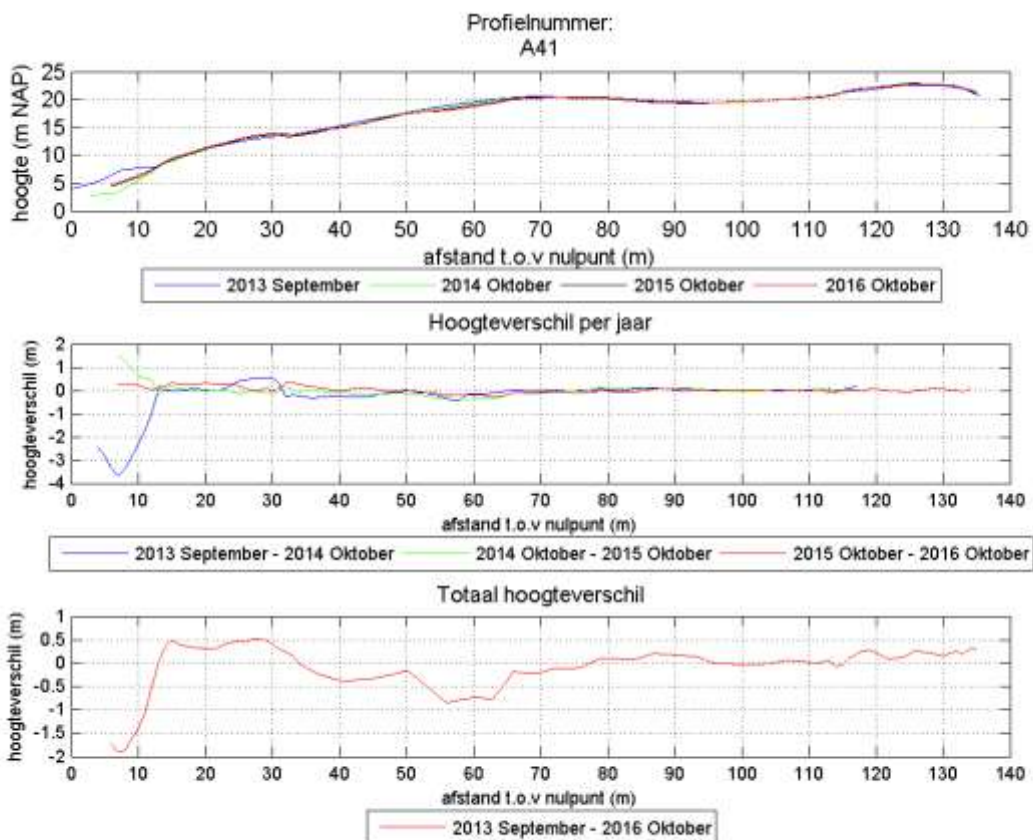
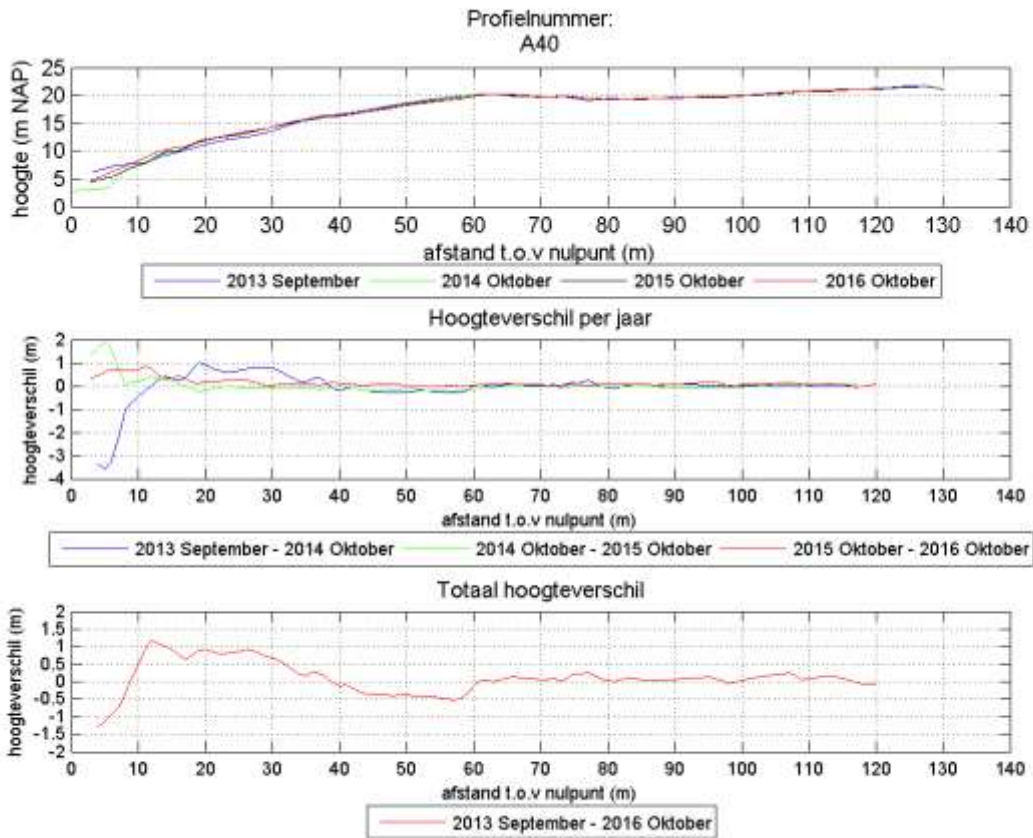
Kuil 13

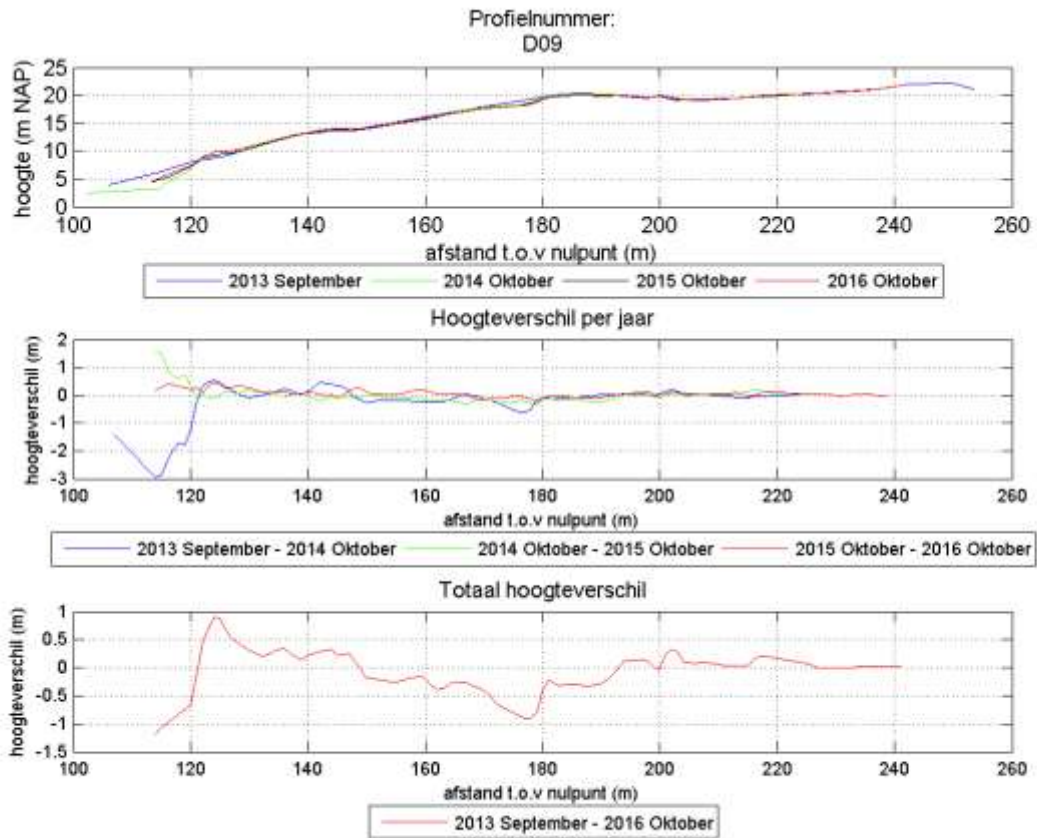


Kuil 14

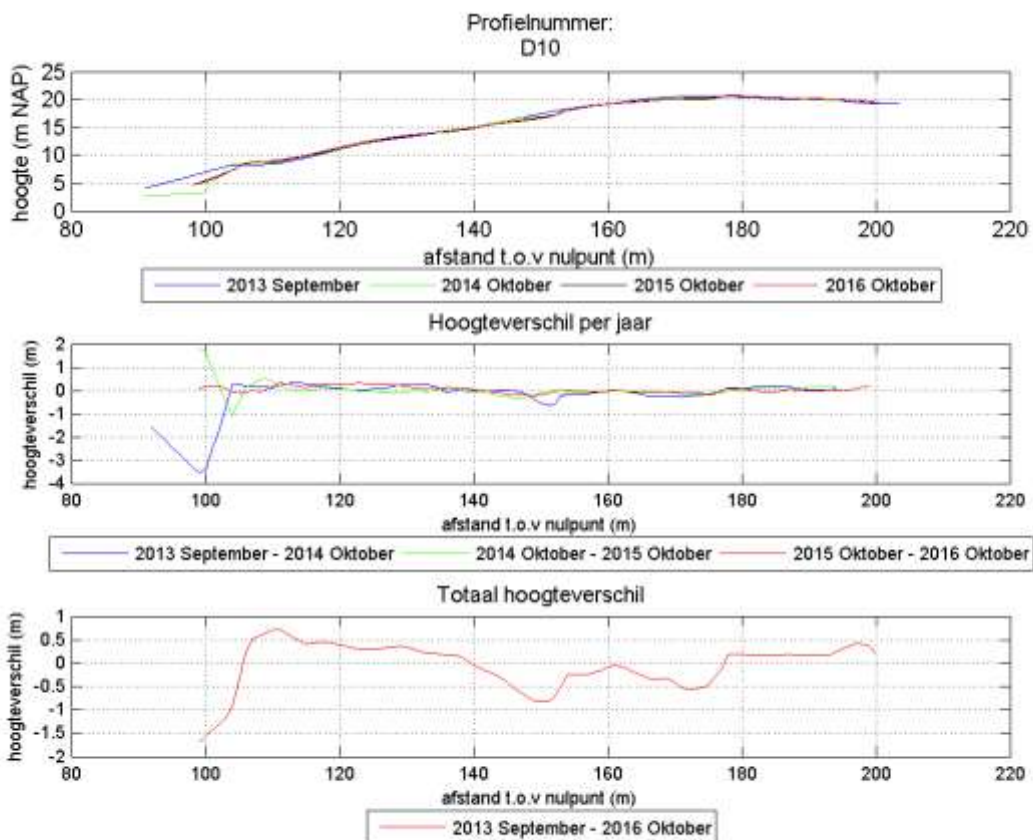
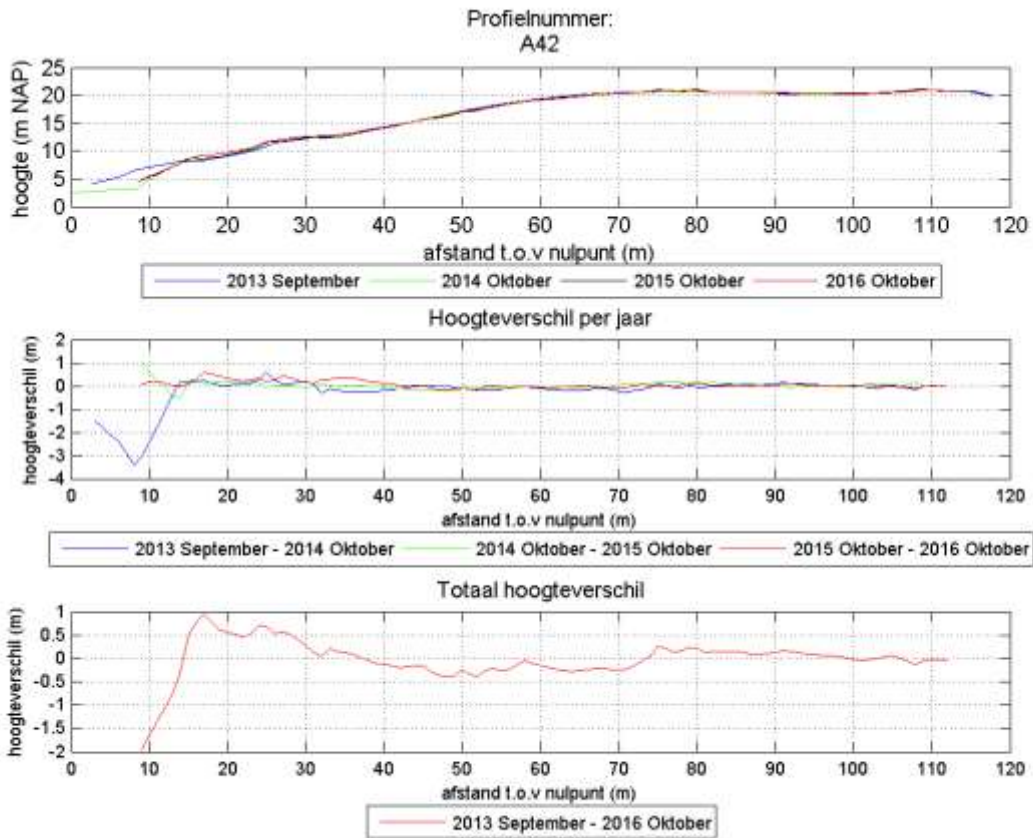


Kuil 15





Kuil 16



Kuil 17

BIJLAGE G. BESCHRIJVING PROFIELEN

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 nabehoer 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 40m 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 zeereephelling ondergaat enige winderosie.

Kuil 1 - profielen A01 t/m A04, 2013 t/m 2015

Erosie aan voorzijde van de zeereep, waarschijnlijk door afslag. In de kuil vindt in de noordelijke helft flinke erosie plaats tot 1 meter. In de rest van de kuil blijft de erosie beperkt tot max. 25 cm. Aan de oostzijde van de stuifkuil ontstaat een overstuivingszone. In het noordelijkste profiel heeft een ophoging van ±80 cm plaatsgevonden terwijl de verhoging in de depositiezone bij de andere profielen beperkt bleef tot 20-50cm.

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.

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.

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

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.

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.

Kuil 2 - profielen A05 & A06, 2013 t/m 2015

Depositie bij de duinvoet, maar erosie bij het bovenste deel van de zeereep. Dit heeft mogelijk te maken met natuurlijke herverdeling van zand na forse afslag tussen 2013 en 2014. Over de rest van het profiel is vrijwel geen verandering zichtbaar.

2013 t/m 2016

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

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.

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.

Kuil 3 - Profielen A07 t/m A09, 2013 t/m 2015

Verdere erosie aan de voorzijde van de zeereep. De erosie is minder sterk dan vorig jaar. In de stuifkuil is de uitstuiving flink toegenomen met plaatselijk verdieping tot ±1.5m. Aan de oostzijde van de kuil ontstaat een lage depositiezone. In 2014 is nabeheer uitgevoerd met paard en ploeg, in 2015 met vrijwilligers.

2013 t/m 2016

Zeer sterke erosie, dubbelarmige kuil, met aan beide einde 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.

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.

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.

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.

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 in de zeereep. 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 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, 2013 t/m 2015

Wederom veel afslag aan de voorzijde van de zeereep. Afslag is minder sterk dan vorig jaar. Uitstuiving in het lage, steile en meest westelijke deel van de stuifkuil is extreem. Er vindt hier verdieping plaats tot ruim 2m. In het hoge gedeelte gebeurt vrijwel niks. Aan de oostkant van de stuifkuil ontstaat een depositiezone met een maximale ophoging van 1m.

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.

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.

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.

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.

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.

Kuil 5 - Profielen A13 t/m A 15 & D02, 2013 t/m 2015

Flinke afslag aan de voorzijde van de zeereep, maar minder sterk dan vorig jaar. In het lage westelijke deel van de stuifkuil vindt forse erosie plaats tot ruim 1.5m. Het hoge deel van de stuifkuil toont geen verandering. Geen duidelijke depositiezone zichtbaar.

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.

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.

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.

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.

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 tussenstuk dus wat er waarschijnlijk nog wel uit gaat breken.

Kuil 6 - Profielen A16 t/m A18 & D03, 2013 t/m 2015

Aan de voorzijde van de zeereep is sprake van afslag. In de kuil vindt weinig enige erosie plaats, vooral te zien in profielen 17 en 18. Aan de zeewaartse zijde van de kuil vindt enige erosie plaats met een maximale verdieping tot ±40 cm. Langs de landwaartse grens van de kuil is een lichte depositiezone zichtbaar met een maximale ophoging van ±30 cm.

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.

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

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.

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

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

Kuil 7 - Profielen A19, A20 & D04, 2013 t/m 2015

Aan de voorzijde van de zeereep is sprake van afslag. De kuil ondergaat enige erosie. Aan de zeewaartse zijde van de kuil vindt lichte erosie plaats met een maximale verdieping tot ±40 cm. Langs de landwaartse grens van de kuil is een lichte depositiezone zichtbaar met een maximale ophoging van ±30 cm.

2013 t/m 2016

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

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.

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.

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

Kuil 8 - Profielen A21 t/m A23 & D05, 2013 t/m 2015

De voorzijde van de zeereep is redelijk stabiel. Na een jaar met flinke afslag vindt er nu zelfs enige aangroei plaats in het lagere deel. In het lage gedeelte van de stuifkuil is een extreme toename in uitstuiving zichtbaar. Een groot deel van de kuil is met 1.5-2m verdiept. Aan de achterzijde van de kuil ontstaat een groeiende rug met storthelling die op sommige plekken met 1m is opgehoogd.

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.

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.

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.

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.

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.

Kuil 9 - Profielen A24 t/m A26 & D06, 2013 t/m 2015

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.

2013 t/m 2016

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.

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.

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.

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.

Kuil 10 - Profielen A27 & A28, 2013 t/m 2015

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.

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

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

Kuil 11 - profielen A29 t/m A31 & D07, 2013 t/m 2015

Na een jaar met flinke afslag heeft hier aangroei plaatsgevonden aan de duinvoet. Opvallend is dat bij deze kuil juist in het hoge gedeelte extreme uitstuiving zichtbaar is. De kuil is op sommige plekken met ruim 2.5 meter verdiept. De hellingknik is verdwenen. Aan de noordoost en oostzijde van de kuil ontstaat een uitgerekte depositiezone met plaatselijk ophoging tot ±80cm.

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.

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.

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.

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.

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.

Kuil 12 - Profiel A32, 2013 t/m 2015

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 ± 40 cm. Het grootste deel van de depositiezone valt net buiten het profiel.

2013 t/m 2016

Kuil 12 ligt iets hoger op de zeereep, verder qua dynamiek vergelijkbaar met 11.

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.

Kuil 13 - Profielen A33 t/m A35 & D08, 2013 t/m 2015

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 ± 1 m.

2013 t/m 2016

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.

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.

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.

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.

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.

Kuil 14 - Profielen A36 & A37, 2013 t/m 2015

Aangroei aan voorzijde zeereep. In de kuil vindt uitstuiving plaats met plaatselijke verlaging tot ± 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.

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.

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.

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.

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

A39: 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.

A40: Als A38 en A39.

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

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

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.

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

D10: idem, stabiliseert.

Referenties

Voor de referentiekuiten zijn geen profielen gemeten.

Referentie R1 (achter kuiten 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 uitstuitingen en iets ruimere overstuivingszones.

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

Referentie R2 (achter en ten zuiden van kuiten 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 vergelijkbaar met die van 2014. De dynamiek is matig, groter dan die van kuit 10, maar kleiner dan die van kuit 7.

Referentie R3 (achter kuiten 11, 12 en 13)

Leken deze kuiten in 2014 te stabiliseren, in 2015 is de activiteit toegenomen. Met name de iets grotere erosieve kernen zijn uitgebreid. De kuiten zijn veel kleiner en onregelmatiger dan de gegraven kuiten.

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.

Referentie R4 (achter kuiten 16 en 17)

Direct achter kuit 16 in zuidoostelijk richting, bevindt zich een kleine stuifkuit. Deze is sinds 2013 iets toegenomen in activiteit.

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.