

**Spanjaards Duin
Bodemonderzoek**





Spanjaards Duin Bodemonderzoek

Stephanie IJff
Fredericke Hannes
Gerlinde Roskam
Henk van Haasteren (Biax consult)
Kirsten van Kappel (ArcheoPro)

1230642-004

Titel

Spanjaards Duin Bodemonderzoek

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Rijkswaterstaat Water Verkeer en Leefomgeving	1230642-004	1230642-004-ZKS-0005	27

Trefwoorden

Spanjaards Duin, Vochtige Duinvallei (kalkrijk), Grijze Duinen, korrelgrootte, geochemische analyse, zaadbank, Natura 2000

Samenvatting

In 2008 is voor de kust van Delfland ter hoogte van 's-Gravenzande een nieuw duingebied aangelegd. Dit dient als compensatie van verwachte negatieve effecten van toegenomen stikstofdepositie die naar verwachting zullen optreden in de Natura 2000-gebieden Voornes Duin en Solleveld & Kapittelduinen na in gebruik name van Maasvlakte 2. Als compensatie dient in Spanjaards Duin 9,8 hectare van het habitatype 'Grijze duinen' (H2130), 6,1 hectare 'Vochtige duinvalleien' (H2190B) en een groeiplaats van de groenknolorchis te worden ontwikkeld. Deze compensatie moet zijn gerealiseerd vóór 2033, wanneer Maasvlakte 2 geacht wordt volledig in bedrijf te zijn.

Spanjaards Duin is aangelegd met opgespoten zeebodemzand. De vallei heeft andere bodemkenmerken dan die van een natuurlijke primaire duinvallei, die ontstaan is uit door zeegolven en de wind geselecteerd en aangevoerd zand; of van een secundaire duinvallei, die is ontstaan door uitstuiving in een bestaand duin opgebouwd met zand dat eerder door aeolisch transport is gesorteerd en aangevoerd. Er is behoefte aan meer kennis over de korrelgrootteverdeling, geochemische samenstelling, bodemvorming en zaadbank in de vallei van Spanjaards Duin. Met deze informatie kan een betere inschatting gemaakt worden of de bodem geschikt is voor de ontwikkeling van de vegetatietypen die horen tot H2190B (kalkrijke vochtige duinvallei) en H2130 (grijs duin).

Dit rapport presenteert de resultaten van het onderzoek naar de initiële bodemontwikkeling die is opgetreden sinds 2009 in de vallei van Spanjaards Duin. Doel van het bodemonderzoek is om een indruk te krijgen van de belangrijkste texturele en chemische parameters en van de huidige biologische activiteit in de laaggelegen bodems in de vallei.

Omdat het gebied bestaat uit opgespoten zand zijn er slechts beperkte verschillen in de korrelgroottepatronen in het gebied. Het zand is vrij uniform en bestaat merendeels uit een korrelgrootte van 150-700 µm. Soms komen er lagen voor met een hoog gehalte schelpenresten. Er is geen lutum aangetroffen in de monsters.

Onze eerste indruk is dat de percentages organisch materiaal, stikstof en fosfor verwaarloosbaar klein zijn. Dit wijst erop dat het risico op te voedselrijke grond met de bijbehorende ongewenste nutriëntminnende vegetatie klein is. De waarden van pH en calciumcarbonaat zijn in het gehele gebied hoog. Dit is normaal voor opgespoten zeezand langs de Zuid-Hollandse kust, en is gunstig voor de ontwikkeling van kalk minnende vegetatie behorend tot vochtige duinvallei (H2190B).

In één bepaald gebied, dat ecologisch-botanisch interessant lijkt zijn, zijn twee monsters genomen voor macrorestenanalyse. De resultaten hiervan laten een zeer beperkte zaadbank zien. Krielparnassia (*Sagina nodosa*) komt voor in zowel de zaadbank als groeiend in de directe omgeving. Het is een soort die kenmerkend is voor de doelvegetatie H2190B.

Titel

Spanjaards Duin Bodemonderzoek

Opdrachtgever

Rijkswaterstaat Water,
Verkeer en Leefomgeving

Project

1230642-004

Kenmerk

1230642-004-ZKS-0004

Pagina's

27

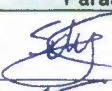
Op basis van met micromorfologisch onderzoek kan geconcludeerd worden dat er sprake is van minimale/beginnende bodemvorming. De beginnende bodemvorming is in beide monsters vooralsnog beperkt tot een geringe mate van doorworteling (pioniervegetatie), een geringe verwerking van de aanwezige schelp(restanten) in de top van de bemonsterde profielen en minimale uit- en inspoeling van ijzer-, en stofhumus. Gezien het korte tijdsbestek (ca. 10 jaar) waaraan de top van het opgebrachte sediment aan bodemvormende processen blootgesteld heeft gestaan, is dit vanuit bodemkundig en ecopedologisch opzicht in lijn der verwachting. Op basis van dit onderzoek kan dan ook vastgesteld worden dat, op moment van schrijven, de randvoorwaarden met betrekking tot de voedselrijkdom en zuurgraad voor een vochtige duinvallei optimaal zijn.

Aanleiding van dit onderzoek is het ontbreken van kennis over de eigenschappen van de bodem die bepalend zijn voor de vegetatieontwikkeling in het gebied. Daarnaast kunnen de resultaten goed gebruikt worden in de uitwerking van de beslissing om de vallei uit te diepen. De vallei zal in het najaar van 2018 plaatsgewijs maximaal 55 cm worden uitgediept. Uit de resultaten van de geochemische analyse blijkt dat de bodemsamenstelling op 50 cm diepte niet significant verschilt van de huidige ondiepe laag (2-10 cm) van de bodem. De bodemsamenstelling op de uitgravingsdiepte vormt dus geen belemmering voor het uitvoeren van deze maatregel. Het mechanisch verdiepen van de vallei zal ook in bodemkundig en ecopedologisch opzicht geen nadelige gevolgen hebben voor het gestelde natuurdoeleinde in 2033. Na afgraven, zal het maaiveld dicht bij het grondwater komen te liggen wat naar verwachting een gunstig effect zal hebben op de ontwikkeling van het vegetatietype dat hoort bij een "vochtige duinvallei". Bioturbatie door bodemfauna zal door de natte-, en vrijwel zuurstofloze condities (nagenoeg) niet opgang komen waardoor humusvorming tot een minimum beperkt blijft. Dit is een gewenst effect aangezien voedselarme omstandigheden één van de vereiste parameters is voor het habitatype "vochtige duinvallei". Tevens zal ontkalking tot een minimum beperkt blijven doordat de bodem, door de maaiveldsverlaging, nagenoeg altijd waterverzadigd zal zijn.

Hoewel de zaadbank nu nog beperkt is, is het de verwachting dat na het volgende bloeiseizoen de diversiteit en hoeveelheid zaden in de bodem zal zijn toegenomen. Daarom is het advies om een deel van de vallei niet uit te diepen, namelijk het gebied waar *Krielparnassia* staat. Deze optie is al opgenomen in het voorstel ter verdieping van de vallei.

Referenties

RWS-2017/34009zaaknummer 31121438.0001

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
1	dec. 2017	Stéphanie IJff		Pascal Boderie		Frank Hoozemans	
2	Juni 2018	Stéphanie IJff		Marieke Eleveld		Frank Hoozemans	

Status

definitief

Inhoud

1	Introductie	1
2	Aanpak	3
2.1	Bemonstering	3
2.2	Korrelgrootte analyse en geochemische analyses	4
2.3	Macrorestenanalyse	4
2.4	Micromorfologische analyse	5
3	Resultaten	7
3.1	Korrelgrootteverdeling	7
3.2	Geochemische analyse	9
3.3	Macrorestenanalyse	17
3.4	Micromorfologische analyse	18
4	Conclusies	25
5	Referentielijst	27
 Bijlage(n)		
A	Foto's van het veldwerk	A-1
B	Methode en resultaten korrelgrootte analyse en geochemische analyses	B-1
C	Macrorestenanalyse	C-1
D	Bodem-micromorfologisch onderzoek	D-1

1 Introductie

In 2008 is voor de kust van Delfland ter hoogte van 's-Gravenzande een nieuw duingebied aangelegd. Dit dient als compensatie van verwachte negatieve effecten van toegenomen stikstofdepositie die naar verwachting zullen optreden in de Natura 2000-gebieden Voornes Duin en Solleveld & Kapittelduinen na in gebruik name van Maasvlakte 2. Als compensatie dient in Spanjaards Duin 9,8 hectare van het habitatype 'Grijze duinen' (H2130), 6,1 hectare 'Vochtige duinvalleien' (H2190B) en een groeiplaats van de groenknolorchis te worden ontwikkeld. Deze compensatie moet zijn gerealiseerd vóór 2033, wanneer de Maasvlakte 2 geacht wordt volledig in bedrijf te zijn.

In 2010 is het gebied overgedragen aan de Stichting Het Zuid-Hollands Landschap en het wordt sindsdien Spanjaards Duin genoemd. Het Zuid-Hollands Landschap heeft tot taak het terrein op de juiste manier te beheren, d.w.z. gericht op de realisatie van de compensatieopgave. Zij wordt hierin bijgestaan door de Commissie Dagelijks Beheer Duincompensatie (CDBD) en de Begeleidingscommissie Duincompensatie Delfland (BDD).

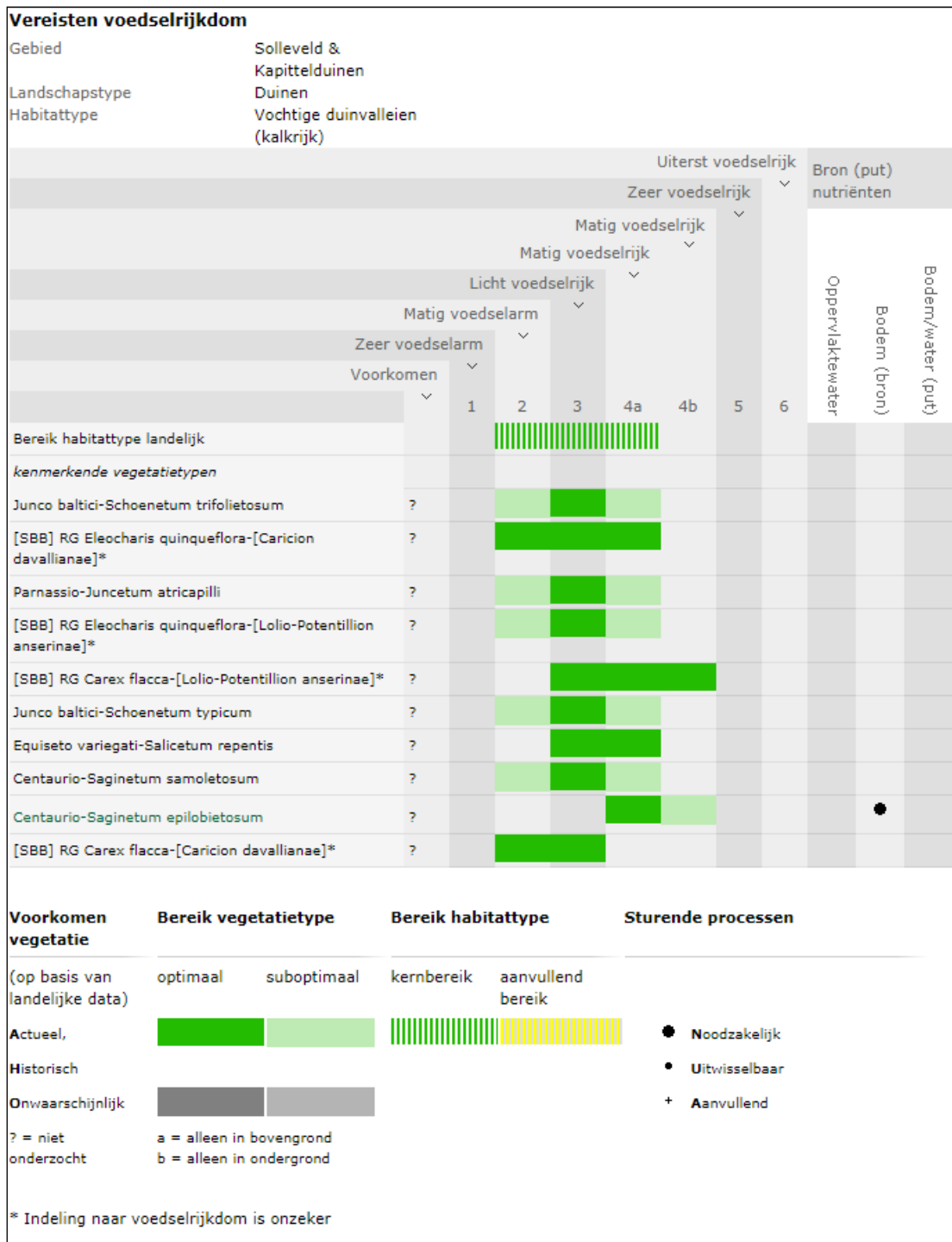
Tot nu toe wordt in het beheer van Spanjaards Duin zoveel mogelijk de 'bouwen-met-natuur-filosofie' aangehouden (De Vriend & Van Koningsveld, 2012, IJff *et al.* 2017). Dat houdt in dat de natuurlijke processen zo veel mogelijk worden benut om de doelstellingen te behalen. Zo is in de afgelopen jaren de vallei door de wind verder uitgestoven. Hierdoor is in de diepere delen het maaiveld dicht bij het grondwater gekomen. Desondanks zijn in de periode 2015-2016 helmduintjes ontstaan in de diepe delen van de vallei. Samen met het uitblijven van vegetatievestiging in de hogere delen van de vallei vormt deze ontwikkeling een bedreiging voor het behalen van de compensatiedoelstellingen in 2033 (IJff *et al.* 2017)). Daarom heeft het CDBD in 2017 besloten om maatregelen te treffen. Een van de voorgenomen maatregelen is mechanische maaiveldverlaging van delen van de vallei, uit te voeren in 2018.

Spanjaards Duin is aangelegd met opgespoten zeebodemzand. De vallei heeft andere bodemkenmerken dan die van een natuurlijke primaire duinvallei, die ontstaan is uit door zeegolven en de wind geselecteerd en aangevoerd zand; of van een secundaire duinvallei, die in eerder door de wind gesorteerd en aangevoerd eolisch zand door latere verstuuving is ontstaan. Uit het jaarverslag Beheer Spanjaards Duin 2016 blijkt dat de grondwaterstand in Spanjaards Duin fluctueert tussen 1 en 1,6 + NAP (Arens *et al.* 2017). De chemie van het grondwater wordt regelmatig bepaald. Van de bodem zelf is echter nog niets bekend.

Tijdens de expert-meeting in augustus 2016 (Van Mastrigt 2016) is aangedrongen op bodemonderzoek in de vallei. Dit is ook op schrift gesteld in de Leidraad Spanjaards Duin (IJff *et al.* 2017). In augustus 2017 is door Rijkswaterstaat aan Deltares opdracht verleend om dit bodemonderzoek uit te voeren (RWS-2017/34009). Door uitvoering van het bodemonderzoek krijgen we een indruk van de eigenschappen van het sediment dat na afgraving aan het oppervlak zal komen te liggen. Bovendien krijgen we ook een indruk van de bodemeigenschappen op de plaatsen waar geen maaiveldverlaging gaat plaatsvinden. Dit is van belang voor de vegetatieontwikkeling die we mogen verwachten in het gebied.

Dit rapport presenteert de resultaten van het onderzoek naar sedimenteigenschappen en de initiële bodemontwikkeling die is opgetreden sinds 2009 in de vallei van Spanjaards Duin. Doel van het bodemonderzoek is om een indruk te krijgen van de belangrijkste texturele en chemische parameters, en ook van de trofiegraad, en van de huidige biologische activiteit in

de laaggelegen bodems in de vallei. De bodemgegevens geven een indruk van de aanwezigheid van de vereiste bodemgeschiktheidsfactoren voor de kolonisatie/vestiging van pioniersoorten van vochtige duinvallei-vegetaties op de open kust. Uit de Natura 2000 database van Synbiosys Alterra blijkt dat voor de kenmerkende vegetatietypen van vochtige duinvalleien (kalkrijk) een matig voedselarm tot matig voedselrijke bodem nodig hebben (Figuur 1.1) (Synbiosys Alterra, 2017).



Figuur 1.1 Vereisten voedselrijkdom voor habitattype Vochtige duinvalleien kalkrijk (H2190B) in het Natura2000 gebied Solleveld en Kapittelduinen (Synbiosys Alterra, 2017)

2 Aanpak

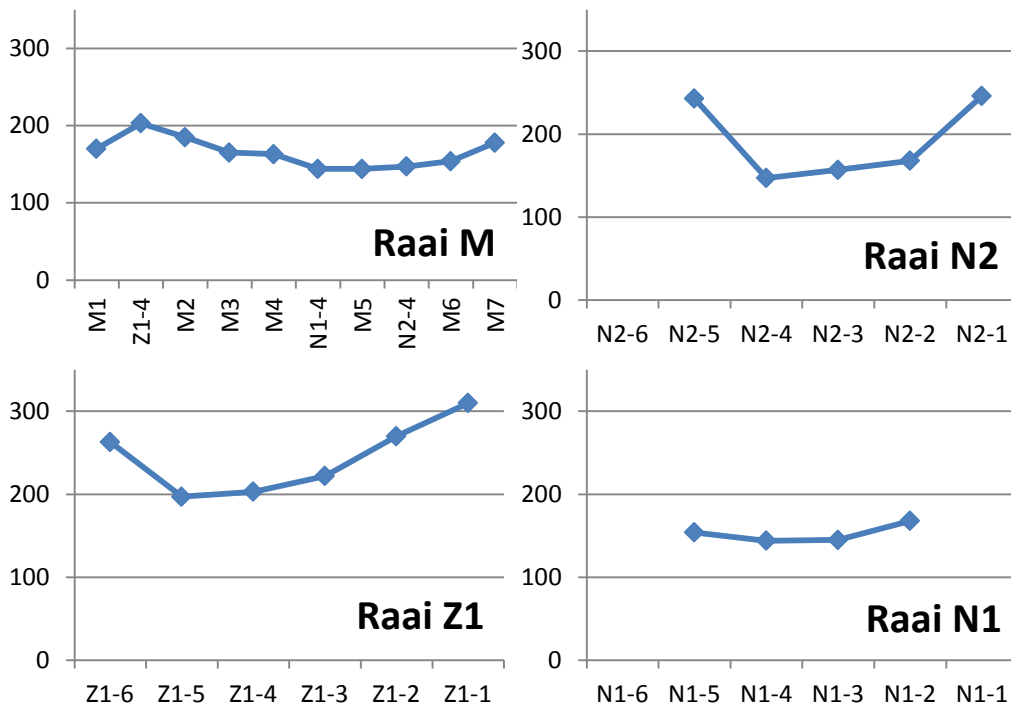
Het bodemonderzoek bestaat uit vier deelonderzoeken: korrelgroottebepaling, geochemische analyse van bodemonsters van verschillende dieptes, macrorestenanalyse van twee monsters van de toplaag van de bodem en twee slijpplaatanalyses. De korrelgroottebepaling en geochemische analyses zijn uitgevoerd door het laboratorium van Deltares. Een beschrijving van de methode en de resultaten daarvan zijn te vinden in Appendix II. De macrorestenanalyse is uitgevoerd door BIAAX consult en de methode en resultaten daarvan staan beschreven in Appendix III. De slijpplaatanalyse zijn uitgevoerd door ArcheoPro. De rapportage van ArcheoPro staat in Appendix IV.

2.1 Bemonstering

De monsters zijn allemaal in de vallei genomen. Zowel op de lagere, vochtige delen, als ook op de hogere, drogere delen (soms met schelpaanrijking aan het oppervlak). Op 2 augustus 2017 zijn door IJff *et al.* in Spanjaards Duin 25 boringen uitgevoerd, verdeeld over vier transecten (Figuur 2.1). Het transect in de zuidelijke vallei (Z1) en de twee transecten in de noordelijke vallei (N1 en N2) staan dwars op de kust. Het vierde transect (M) ligt parallel aan de kust en loopt door het midden van de vallei. De kustdwarse transecten bestaan ieder uit 6 boringen, en het kustparallele transect bestaat uit 7 boringen en overlapt deels met N1, N2 en Z1. In Figuur 2.2 staat de bodemhoogte op de verschillende locaties weergegeven. De middenraai loopt redelijk vlak, evenals raai N1. In raai Z1 is het maximale hoogteverschil iets meer dan een meter, waarbij het meest oostelijke punt het hoogste ligt en het laagste punt op locatie Z1-5. Bij raai N2 liggen de drie punten in het midden op vergelijkbare hoogte en de buitenste punten die gemeten zijn (N2-1 en N2-5) circa een meter hoger.



Figuur 2.1 Locaties van de boringen in het Spanjaards Duin, verdeeld over vier transecten, drie kustdwars en één kustlangs. Raai N1 ligt in een ecologisch interessant gebied (gekenmerkt door de aanwezigheid van o.a. *Krielparnassia*).



Figuur 2.2 Hoogtemetingen voor de locaties op de verschillende raaien (cm tov NAP).

De boringen zijn 100 cm diep en zijn genomen met een edelmanboor en zuigbuis. In het veld zijn de korrelgroottes en grondlaagovergangen in de boorbeschrijving genoteerd. Er zijn per boring vier monsters genomen: op 0-2 cm, 2-10 cm, 50-60 cm en 90-100 cm diep. Foto's van het veldwerk staan in Appendix I. De maaiveldhoogte op de locaties van de boringen is bepaald met een conventioneel waterpasapparaat. De relatieve maaiveldhoogtes zijn bepaald en de absolute waarden zijn berekend op basis van de hoogte van Slag Vlugtenburg (hoogte bekend).

In aanvulling op de boringen zijn er twee monsters genomen ten behoeve van macrorestenanalyse. Deze monsters zijn genomen op de locaties van N1.3 (monster SD1) en van PQ13 (monster SD2). De monsters bestaan uit circa 1 liter van de toplaag (0-2 cm) van de bodem. Omdat het bodemoppervlak zich hier verlaagt door uitstuiving, is de verwachting dat in diepere lagen van de bodem weinig tot geen zaden te vinden zullen zijn. Voor de slijpplaatanalyse is op dezelfde twee locaties een kuil gegraven van 50 cm diep met een verticale wand, waarin een zogenoemde pollenbak is geslagen om een verticale sedimentkolom van 10x10x50 cm te verkrijgen.

2.2 Korrelgrootte analyse en geochemische analyses

In totaal zijn er 53 monsters geanalyseerd op korrelgrootte en verschillende geochemische bepalingen door Deltares in het Deltares laboratorium te Utrecht (samen met laboratoria van TNO en de Universiteit Utrecht vormen zij Utrecht Castel). Een uitgebreide beschrijving van de methodiek is opgenomen in Appendix II.

2.3 Macrorestenanalyse

De monsters zijn door BIAAX Consult geanalyseerd op macrobotanische resten. De monsters zijn met leidingwater gezeefd over twee zeven van 0,25 en 0,5 mm maaswijdte. Vervolgens

zijn de residuen (zaden en andere vondsten) onder de microscoop geanalyseerd en op naam gebracht.

2.4 Micromorfologische analyse

Ten behoeve van dit onderzoek zijn door Deltares twee monsterbakken (10x10x50 cm) geslagen (SD1 en SD2). Er is een traject bemonsterd van 2 cm tot en met 22 cm beneden de top van monsterbak SD1. Uit monsterbak SD 2 is één deelmonsters van 10 cm hoogte en 6 cm breedte genomen. Uit de monsters zijn slijplaten gemaakt met een grootte van 10 x 7 cm (kubiëna-formaat) en een dikte van 25 µm. De analyse is uitgevoerd door ir. K. van Kappel (senior bodem-micromorfoloog) en heeft in maart 2018 plaatsgevonden. De slijplaten zijn geanalyseerd met een polarisatie lichtmicroscoop met vergrotingen tot 500 maal. Zie Appendix IV voor een uitgebreide beschrijving van de methodiek.

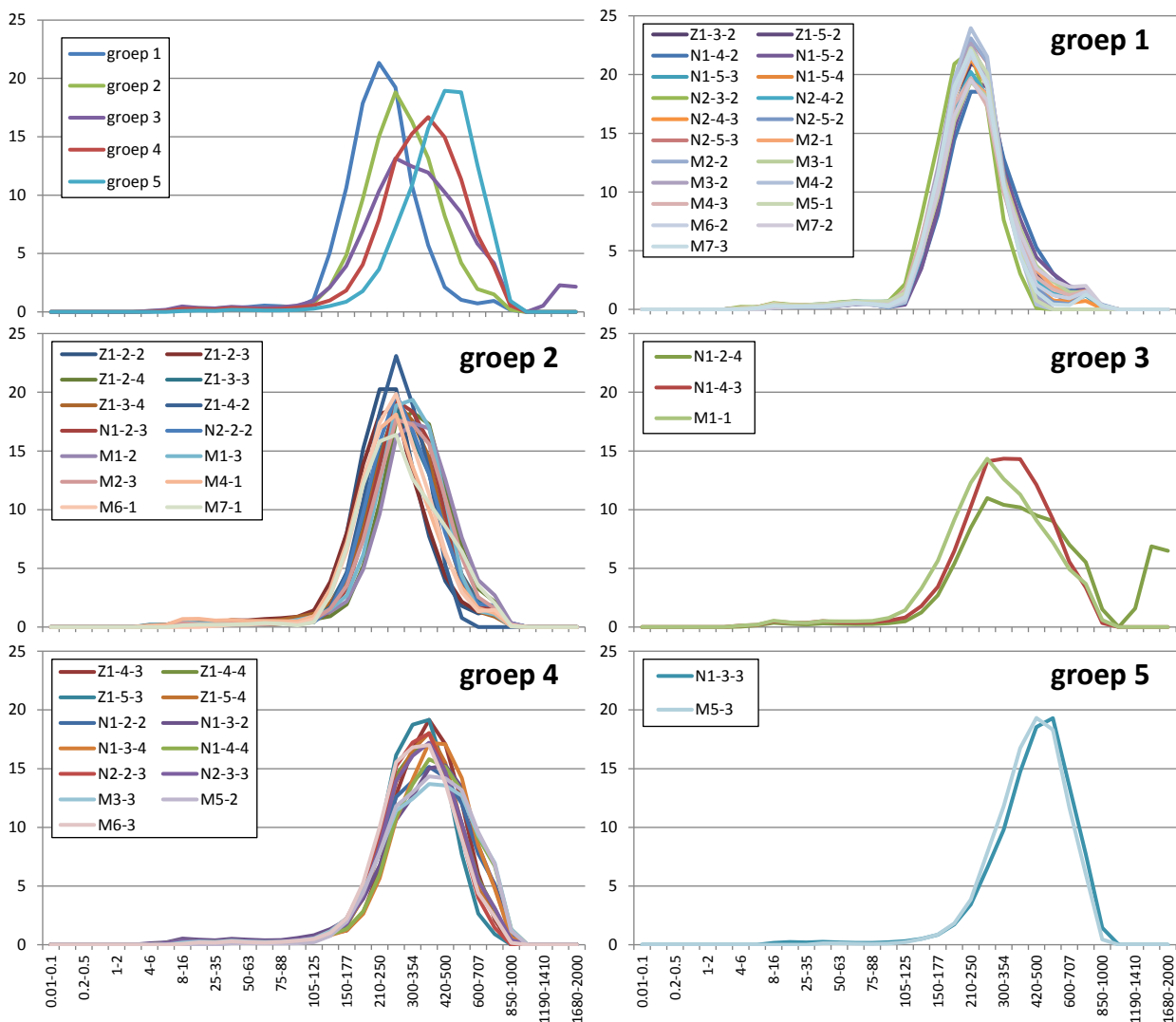
3 Resultaten

3.1 Korrelgrootteverdeling

De fijne fractie in het zand is beperkt: gemiddeld is 1,8 % van de deeltjes < 63 μm met een maximum van 3,5 %. In geen van de monsters zijn deeltjes < 4 μm aangetroffen, en in een tweetal monsters geen deeltjes < 35 μm . De fijne fractie laat vaak een piek(je) zien bij de fractie 8-16 μm , gevolgd door een piekje bij de fractie 35-50 μm of de fractie 63-75 μm . Uit de korrelgrootteverdeling van de monsters blijkt dat er 5 groepen te onderscheiden zijn, waarbinnen de monsters een vergelijkbare verdeling laten zien. In Figuur 3.1 is de gemiddelde verdeling per groep weergegeven (linksboven) en de korrelgrootteverdeling van de individuele monsters. De monsters zijn op basis van de meest voorkomende korrelgrootte ('fractie met hoogste piek') in de 5 groepen verdeeld, zoals weergegeven in Tabel 3.1. Vanwege het ontbreken van leem, en de afwezigheid van zeer grove fracties is deze korrelgrootteverdeling gunstig voor het ontwikkelen van de doelhabitats H2130 en H2190B.

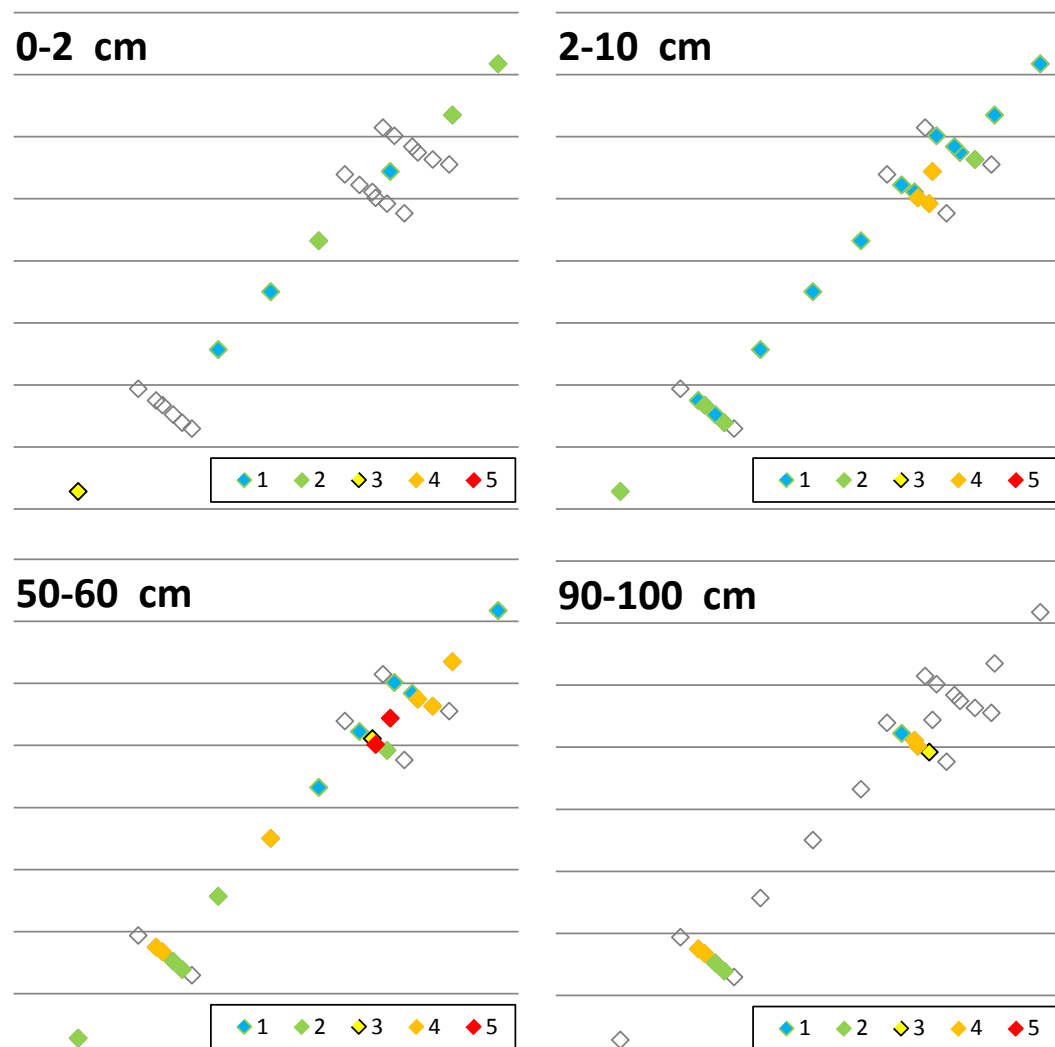
Tabel 3.1 Onderverdeling van de korrelgrootteverdeling in groepen.

groep	# monsters	fractie met hoogste piek		mediaan	opmerkingen
1	21	210-250 μm		232	
2	14	250-300 μm	300-354 μm	289	
3	3	250-300 μm	300-354 μm	345	toev 2 bredere verdeling, hoogste piek < 15%
4	13	354-420 μm	420-500 μm	371	zowel monsters met bredere als smallere verdeling
5	2	420-500 μm	500-600 μm	454	2 monsters met pieken van bijna 20% voor de fractie 420-500 en 500-600 μm



Figuur 3.1 Kornegroottesverdeling. Linksboven de gemiddelde verdeling per groep, in de overige figuren de monsters zoals ingedeeld in de groepen.

De verschillende groepen kornegroottesverdelingen komen niet uniform verspreid over het gebied en in de diepte voor (Figuur 3.2). Dit kan het gevolg zijn van het opspuiten van het materiaal, waarbij het grove materiaal dicht bij de spuitmond blijft terwijl het fijne materiaal verder in het gebied terecht komt. In de bovenste 2 cm komen vooral groepen 1 en 2 voor. Op 2 - 10 cm diepte zijn deze verdelingen ook dominant, maar zien we in raai N1 ook groep 4 verschijnen. Op 50-60 cm komt de meeste variatie in kornegroottesverdelingenvoor, met name rond de noordelijke raaien, en op 90-100 cm verdwijnt groep 1 grotendeels en domineren de groepen 2 en 4. Het uitdiepen van de vallei kan dus als gevolg hebben dat de relatief fijnere fracties (groepen 1 en 2) in aandeel afnemen. Echter, de verschillen tussen kornegroottesverdeling van de groepen zijn relatief klein, en zal dit geen effect hebben op de ontwikkeling van de doelhabitats in het gebied.



Figuur 3.2 Ruimtelijke verdeling van de verschillende korrelgrootteverdelingen. In grijs zijn alle meetlocaties weergegeven. De kleuren geven de groepen aan zoals beschreven in Tabel 3.1.

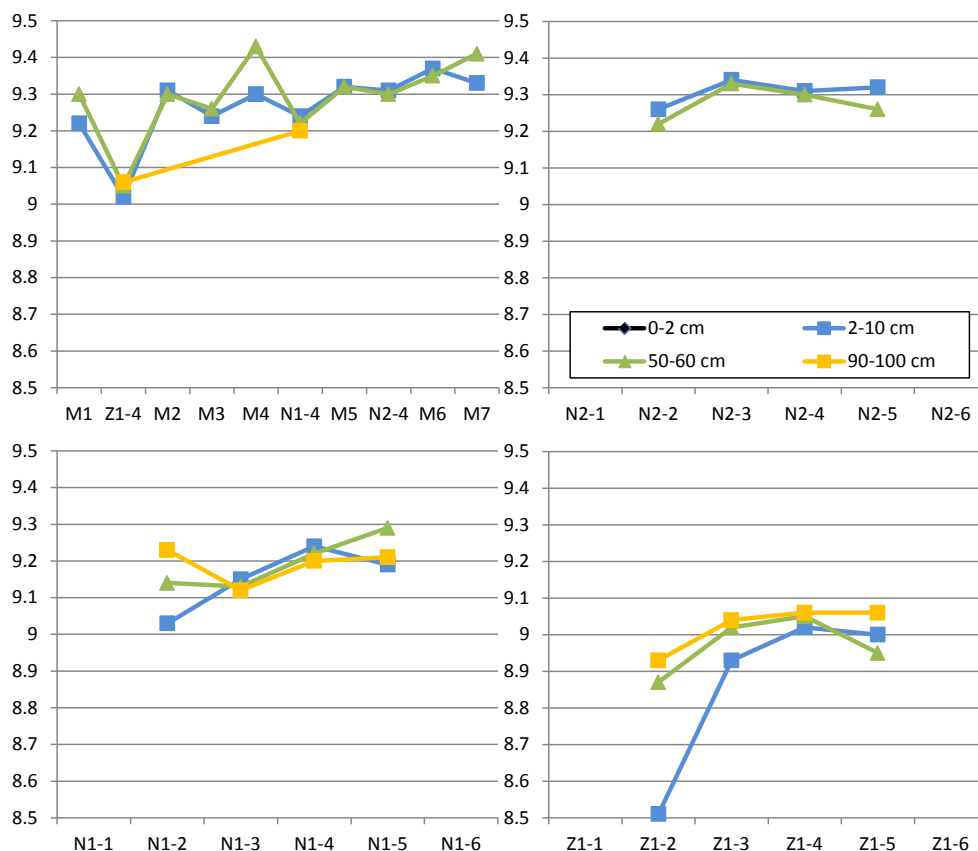
3.2 Geochemische analyse

Voor een deel van de monsters zijn geochemische analyses op de fractie < 2 mm uitgevoerd. Dit zijn de boringen nr. 2-4 van de transecten N1, N2 en Z1 en alle boringen van transect M. Net zoals bij de korrelgrootteanalyse, zijn in de transecten N1, N2 en Z1 de boringen aan de rand van de vallei (nr. 1 en 6) niet meegenomen. De boringen 2 t/m 4 geven naar verwachting voldoende informatie over de eigenschappen van de bodem in de vallei. Daarnaast is de toplaag van de bodem (0-2 cm diep) van alle boringen niet meegenomen, omdat we ervan uitgaan dat deze voornamelijk bestaat uit grof materiaal zoals schelpenresten. Door het stuifproces in de vallei is de samenstelling van de toplaag erg variabel in de tijd. De parameters die het meest relevant worden geacht voor de gewenste doel vegetatieontwikkeling in de vallei van Spanjaards Duin, zijn de pH, het gehalte calciumcarbonaat (%CaCO₃), het gehalte aan organisch materiaal (%OM), het stikstofgehalte (%N) en het fosforgehalte (%P). De resultaten van deze parameters worden hieronder afzonderlijk besproken.

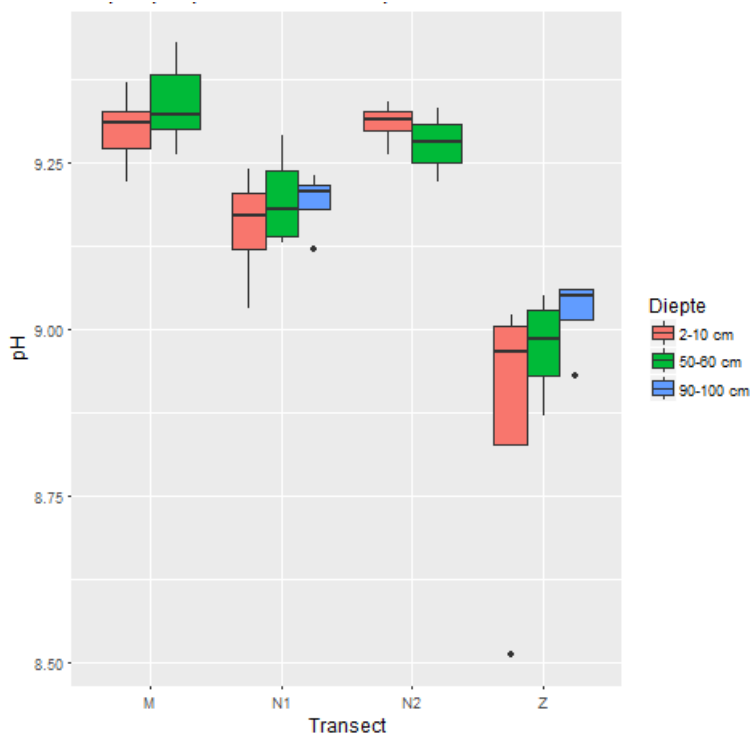
pH

De pH varieert tussen pH 8,8 en 9,4. In Figuur 3.3 zijn de pH-waarden van de individuele monsters per raai weergegeven; daarbij geven de kleuren de diepte weer. De variatie in de diepte is over het algemeen beperkt; de lijnen liggen grotendeels op elkaar. Alleen bij de zuidelijke raai (rechtsonder weergegeven) laten de locaties Z1-2 en Z1-3 iets lagere pH-waarden in de ondiepe monsters zien. De pH is ter hoogte van de zuidelijke raai het laagst, maar nog steeds zeer basisch. In Figuur 3.4 is het onderlinge verschil tussen de raaien en diepteklassen in een boxplot weergegeven. Deze hoge pH-waarden zijn gunstig voor de ontwikkeling van de doelhabitats (H2130 en H2190B), omdat die normaliter ook in een kalkrijk en daardoor basisch milieu voorkomt. Er zijn geen grote verschillen zichtbaar tussen de diepteklassen, waardoor de verdiepingsmaatregel geen verwacht effect zal hebben op deze variabele.

In kalkhoudende bodems bepaalt veelal het $\text{CaCO}_3\text{-CO}_2(\text{g})$ evenwicht de pH waarden. Aangezien de pH in het laboratorium bepaald wordt onder atmosferische omstandigheden, zal deze altijd in de buurt liggen van 8,2 a 8,3. Hogere pH waarden, zoals gepresenteerd in figuur 3.3, wijzen er echter op dat ook natrium een rol speelt bij de pH waarden (NaHCO_3 of zelfs Na_2CO_3 evenwichten).



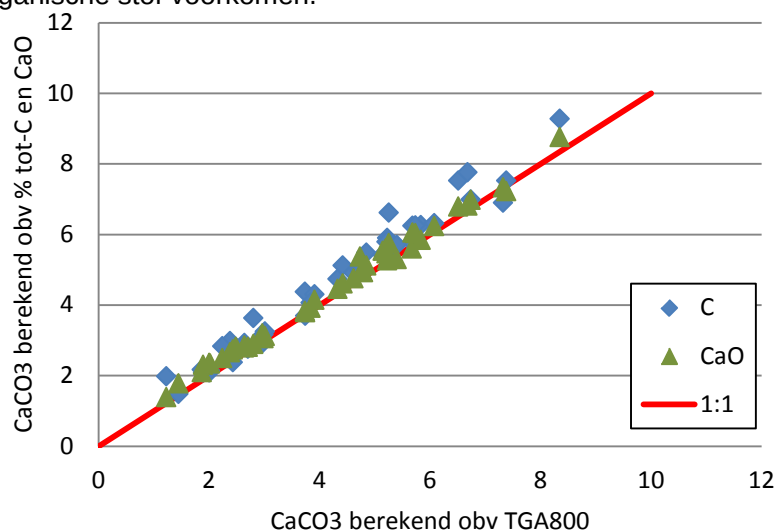
Figuur 3.3 In elke figuur de pH-waarden per raai, waarbij de locaties N1-4, N2-4 en Z1-4 ook zijn weergegeven bij de middenraai (linksboven). De kleuren geven aan van welke diepte de monsters afkomstig zijn.



Figuur 3.4 Boxplot pH, per transect en diepteklasse

CaCO₃

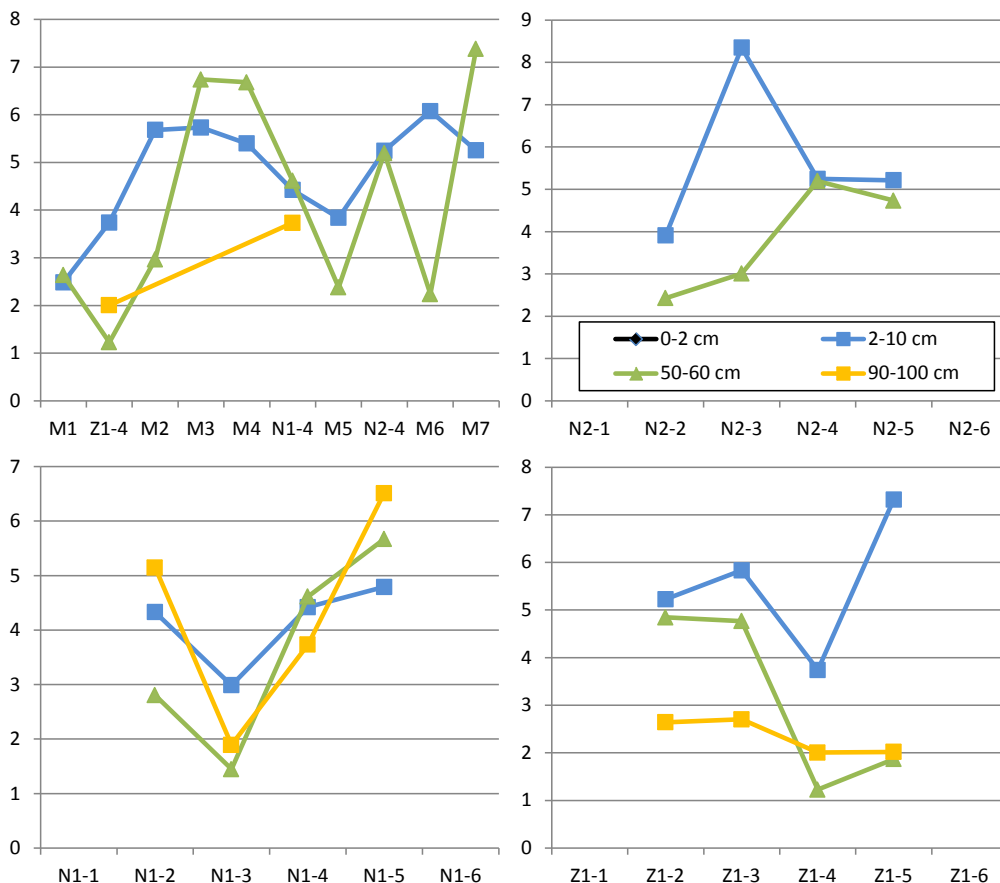
Het kalkpercentage dat maximaal aanwezig kan zijn, kan zowel op basis van het gewichtsverlies tussen 550 en 800°C (TGA) worden berekend, als op het percentage koolstof, als op het percentage CaO (XRF). In Figuur 3.5 is te zien dat het percentage berekend op basis van het gewichtsverlies gelijk is aan het percentage berekend op basis van het percentage CaO. Dit betekent dat er geen calcium aanwezig is in een andere vorm dan carbonaten. Het kalkgehalte dat wordt berekend op basis van het percentage koolstof ligt over het algemeen iets hoger. Dit betekent dat er een beperkt deel van gemeten hoeveelheid koolstof in een andere vorm aanwezig is dan calciumcarbonaat. Dit deel kan in de vorm van organische stof voorkomen.



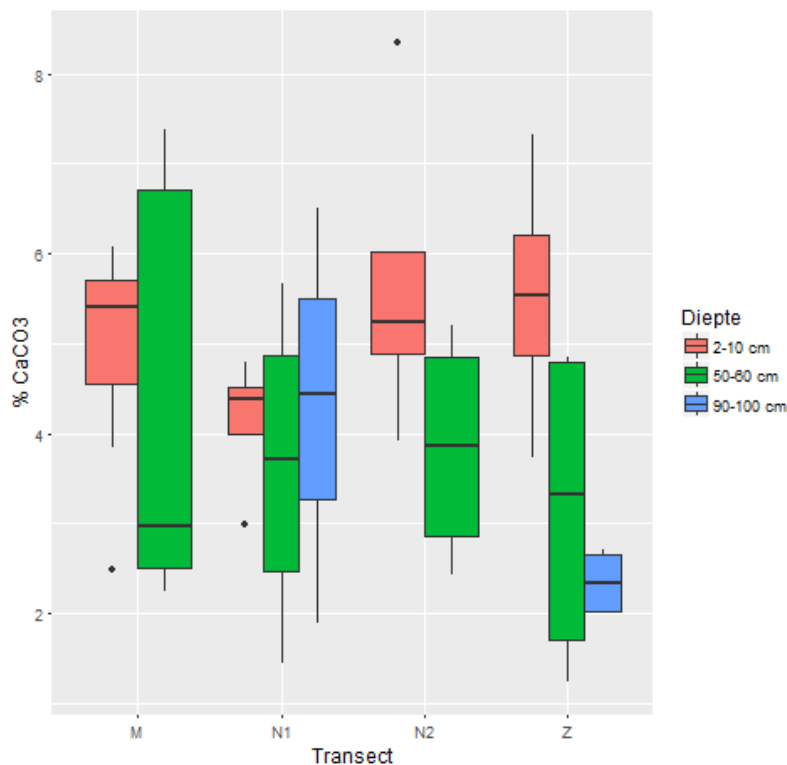
Figuur 3.5 Maximale aanwezige CaCO₃-percentage berekend op basis van het gewichtsverlies tussen 550 en 800° (x-as), het percentage koolstof en het percentage CaO.

Het kalkgehalte varieert sterk tussen 1,2 en 8,4%. Let wel dat de metingen zijn uitgevoerd op afgezeefd materiaal. De fractie > 2 mm loopt op tot 9% in de bovenste 2 cm; de hoogste waarden dieper in de bodem zijn ruim 2%. Dit afgezeefde materiaal bestaat uit schelpen, al dan niet vermengd met grind. Als het volledige materiaal zou zijn geanalyseerd, zou het kalkpercentage hoger uitvallen. Aanrijking van schelpen(gruis) als gevolg van winderosie en afvoer van fijnere fracties (lees zand) heeft daarmee invloed op de aangetroffen gehalten. Dit is ook de reden dat we de toplaag van de monsters niet hebben meegenomen in de geochemische analyses.

Het gemiddelde percentage neemt iets af met de diepte (zie Figuur 3.6 en boxplots in Figuur 3.7); van 5% op 2-10 cm diepte, naar 3,9% op 50-60 cm en 3,3% op een diepte van een meter. De onderlinge verschillen tussen de verschillende monsters van een raai zijn groot; met name in de middenraai variëren de waarden sterk. In raai N1 is duidelijk een patroon te zien waarin locatie N1-3 de laagste waarden vertoont; dit patroon komt op alle diepten terug. Het is niet bekend waar deze verschillen vandaan komen. Er is geen relatie zichtbaar tussen de resultaten van het kalkgehalte en de pH van de bodem. Waarschijnlijk is dit te verklaren doordat het calciumcarbonaat in een dusdanig hoge concentratie in de bodem aanwezig is, dat er sprake is van een 'overdosis' zonder additioneel effect op de pH. De pH-waarden zijn op alle locaties hoog, dus basisch milieu is wel aanwezig.



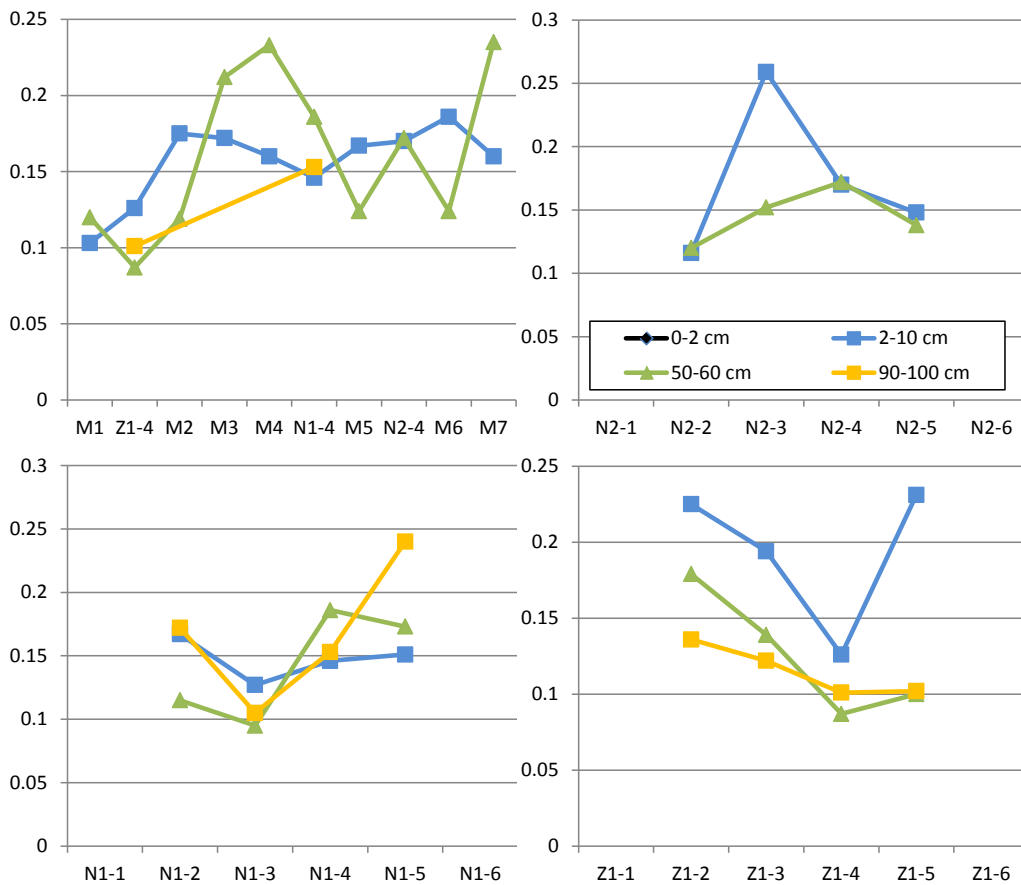
Figuur 3.6 Kalkpercentage (berekend op basis van TGA gewichtsverlies tussen 550 en 800°C) in de verschillende raaien.



Figuur 3.7 Boxplot calciumcarbonaat (CaCO_3), per transect en diepteklasse

Organisch materiaal

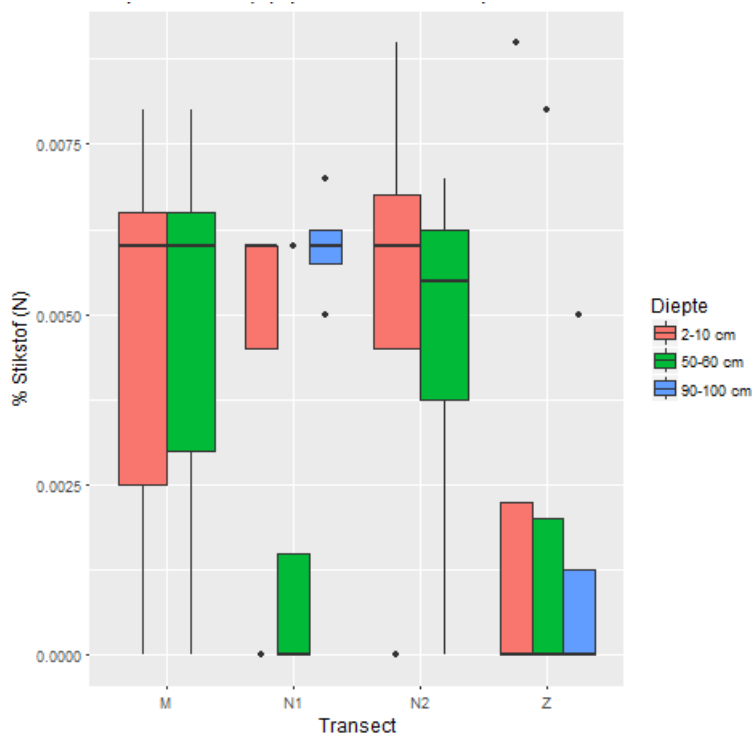
Zoals al duidelijk werd bij de berekening van het kalkgehalte (Figuur 3.5), is de hoeveelheid organisch materiaal beperkt. In Figuur 3.8 is het organische stofgehalte op de verschillende diepten in de raaien weergegeven. Er is een sterke correlatie tussen het organisch stofgehalte en het kalkgehalte, waardoor de patronen zeer vergelijkbaar zijn. De lage waarden organisch materiaal zijn een indicatie dat het proces van bodemvorming slechts beperkt op gang is gekomen. Meer resultaten over bodemvorming zijn beschreven in paragraaf 3.4 Micromorfologische analyse.



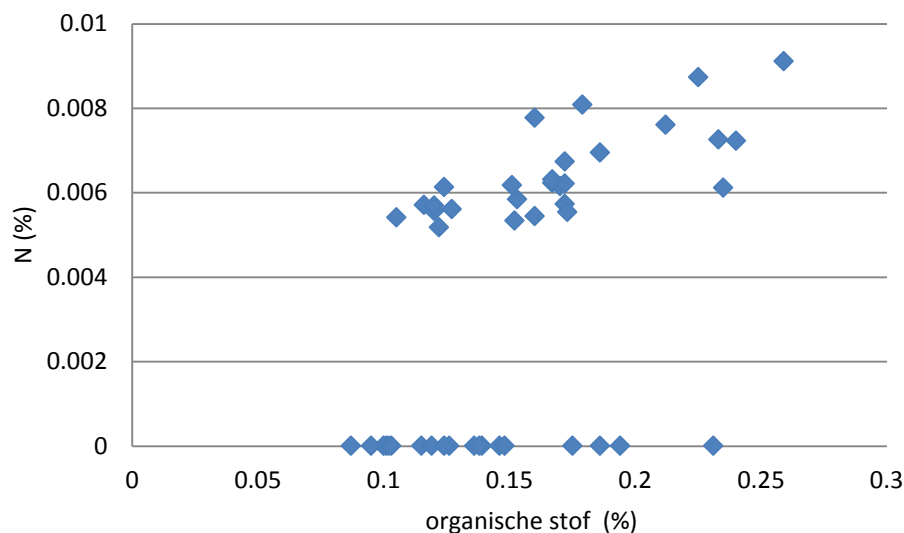
Figuur 3.8 Organisch stofpercentage (het TGA gewichtsverlies tussen 105 en 550°C) in de verschillende raaien.

Stikstof en fosfor

De stikstofgehalten zijn erg laag, allemaal onder de 0,01 % (voor boxplot zie Figuur 3.9). In 19 monsters was de concentratie onder de rapportagegrens; deze zijn als 0-waarde weergegeven om te laten zien dat metingen onder de rapportagegrens bij diverse organische stof gehalten voorkomen. Er is een positief verband tussen de N-gehalten en het organisch stof gehalte, behalve dat de 0-waarden voor N niet alleen voorkomen bij de laagste organisch stof gehalten (Figuur 3.10). De fosforgehalten zijn allemaal dermate laag dat ze niet betrouwbaar kunnen worden gemeten met XRF. De lage waarden van stikstof en fosfor zijn gunstig voor de ontwikkeling van de doelvegetaties. Hoge nutriëntwaarden vergroten namelijk het risico op verzuuring, en daarmee de verdringing van typische vegetatietypen van H2130 en H2190B.



Figuur 3.9 Boxplot stikstof (N), per transect en diepteklasse

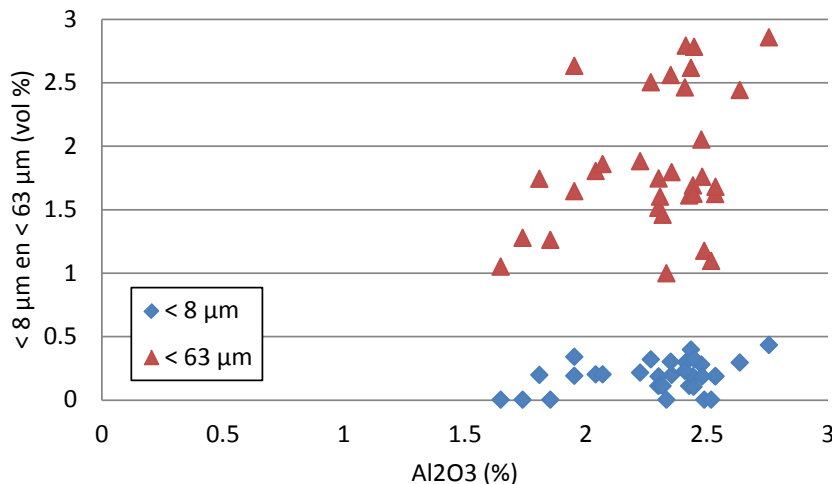


Figuur 3.10 Relatie tussen stikstof en het organisch stof gehalte. De meetwaarden voor N onder de rapportagegrens zijn als 0 weergegeven.

Overige parameters

Het aluminium-gehalte vertoont geen verband met de fractie kleiner dan 8 of 63 μm (Figuur 3.11). Tussen de verschillende hoofdelementen bestaan sterke relaties, maar deze worden vooral ingegeven door het percentage SiO_2 . Als het SiO_2 -gehalte hoog is (een zandig monster), zijn de overige elementen laag, en bij lagere SiO_2 -gehalten nemen de gehalten van alle overige elementen toe. Om deze geforceerde correlaties te vermijden, zijn de gehalten van de overige elementen gecorrigeerd voor het SiO_2 -gehalte: de som van de overige elementen is naar 100% toegerekend. In Tabel 3.2 zijn de correlaties tussen deze elementen opgenomen; met kleuren is weergegeven welke elementen duidelijk positief of negatief

gecorrleerd zijn. Natrium, kalium, fosfor en in minder mate titaan correleren met aluminium. Deze elementen zijn waarschijnlijk aanwezig in de vorm van (of geadsorbeerd aan) kleimineralen, veldspaten of andere aluminiumsilicaten. Calcium is duidelijk negatief gecorrleerd met deze elementen. IJzer, magnesium en mangaan vormen geen duidelijke combinatie met een van de andere elementen, hoewel de correlatie van mangaan met de aluminium-gerelateerde elementen gemiddeld genomen hoger is dan de correlatie met ijzer.

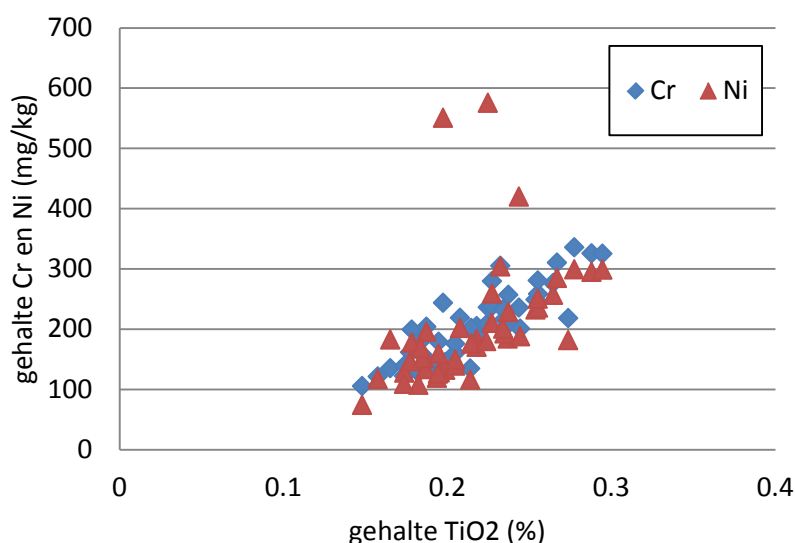


Figuur 3.11 Beperkte relatie tussen korrelgrootteparameters (< 8 µm en < 63 µm op de y-as) en het percentage aluminium (als proxy voor klei).

Tabel 3.2 Correlaties tussen de hoofdelementen, waarbij de som van de elementen met uitzondering van SiO₂ is toegerekend naar 100%. Donkergroen gemarkeerd de correlatie > 0,9, licht groen 0,7 tot 0,9, rood < - 0,9, oranje -0,7 tot - 0,9.

	Al2O3	TiO2	Fe2O3	MnO	CaO	MgO	Na2O	K2O	P2O5
Al2O3	1								
TiO2	0.64	1							
Fe2O3	0.17	0.39	1						
MnO	0.54	0.56	0.40	1					
CaO	- 0.98	- 0.75	- 0.21	- 0.56	1				
MgO	- 0.01	- 0.51	0.13	- 0.29	0.12	1			
Na2O	0.81	0.19	0.20	0.24	- 0.71	0.51	1		
K2O	0.92	0.79	0.10	0.61	- 0.96	- 0.34	0.53	1	
P2O5	0.71	0.70	0.40	0.68	- 0.74	- 0.19	0.41	0.73	1

Er bestaat een sterk verband tussen titanium, chroom en nikkel (Figuur 3.12) die duidt op de aanwezigheid van chroom-spinellen. De drie monsters met een Ni-gehalte van meer dan 400 mg/kg zijn de drie monsters van locatie Z1-2; het is onduidelijk waarom deze hogere Ni-gehalten bevatten. Er is geen relatie aangetroffen met een specifieke korrelgroottefractie; er is dus geen aanwijzing dat de spinellen een specifieke afmeting hebben. Spinellen hebben geen invloed op vegetatie, maar als ze enkel in bepaalde zandpartijen voorkomen, zouden ze interessant kunnen zijn als tracer. Dit is hier echter niet het geval.



Figuur 3.12 Correlatie tussen titanium, chroom en nikkel.

3.3 Macrorestenanalyse

In de monsters SD1 en SD2 zijn de zaden gevonden van 11 verschillende plantensoorten (Tabel 3.3). Het valt op dat de soortenlijst erg kort is, en veel soorten zijn maar een enkele keer aangetroffen in de monsters. Een aantal soorten die in de zadenlijst voorkomen, groeien ook in de directe omgeving van de monsterlocaties. Andersom zijn er ook veel soorten in het veld geïdentificeerd, die niet terugkomen in de zadenlijst (Tabel 3.4). Dit zijn helm, bleekgele droogbloem, jacobskruiskruid, leeuwentand, rood zwenkgras, blauwe zeedistel en zandhoornbloem.

Tabel 3.3 Resultaten macrorestenanalyse Spanjaards Duin – zaden (e = enkele; + = tientallen; ++ = honderden, +++ = duizenden)

Wetenschappelijke naam	SD1	SD2	Aangetroffen in vallei	Nederlandse naam
<i>Poa annua</i>	+	.	Ja	Straatgras
<i>Agrostis stolonifera</i>	1	.		Fioringras
<i>Senecio inaequidens</i>	++	+	Ja	Bezemkruiskruid
<i>Cerastium diffusum/pumilum</i>	++	+		Scheve hoornbloem/ Steenhoornbloem
<i>Sonchus asper</i>	2	.	Ja	Gekroesde melkdistel
<i>Cardamine flexuosa/hirsuta</i>	1	.		Bosveldkers/Kleine veldkers
<i>Epilobium hirsutum</i>	+	+	Ja	Harig wilgenroosje
<i>Erigeron canadensis</i>	1	.	Ja	Canadese fijnstraal
<i>Urtica dioica</i>	1	.		Grote brandnetel
<i>Sagina nodosa</i>	.	+	Ja	Krielparnassia
<i>Juncus bufonius</i>	.	+		Greppelrus
<i>Sagina procumbens</i>	.	1		Liggende vetmuur

Tabel 3.4 Soorten die in het veld zijn gesignaleerd in een straal van ca. 10 meter rondom de monsterlocaties SD1 en SD2.

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam
<i>Poa annua</i>	Straatgras
<i>Senecio inaequidens</i>	Bezemkruiskruid
<i>Sonchus asper</i>	Gekroesde melkdistel
<i>Epilobium hirsutum</i>	Harig wilgenroosje
<i>Erigeron canadensis</i>	Canadese fijnstraal
<i>Sagina nodosa</i>	Krielparnassia
<i>Ammophila arenaria</i>	Helm
<i>Gnaphalium luteo-album</i>	Bleekgele droogbloem
<i>Sagina procumbens</i>	Liggende vetmuur
<i>Jacobaea vulgaris</i>	Jacobskruiskruid
<i>Leontodon sp.</i>	Leeuwentand
<i>Festuca rubra</i>	Rood zwenkgras
<i>Eryngium maritimum</i>	Blauwe zeedistel
<i>Cerastium semidecandrum</i>	Zandhoornbloem

3.4 Micromorfologische analyse

Met de wetenschap dat de monsters genomen zijn uit antropogeen opgebrachte mariene afzettingen (opgespoten zand), kunnen er karakteristieke bodemeigenschappen onderscheiden worden, die in beide bemonsterde profielen in het plangebied voorkomen en die door antropogene of natuurlijke invloeden aan verandering onderhevig kunnen zijn. De geselecteerde karakteristieken zijn gevoelig voor veranderingen die optreden in de grondmassa als ze blootgesteld worden aan oppervlakteprocessen.

De voor dit onderzoek geselecteerde karakteristieken zijn:

- gelaagdheid
- kalk (ontkalking)
- organisch materiaal (plantenwortels en humusneerslag)
- bodemfauna (graafgangen en vraatsporen)
- in- en uitspoeling

Met behulp van deze karakteristieken zijn laagtypologieën geformuleerd. Een laagtypologie is een karakterisering van een laag die op een of meerdere van bovengenoemde punten afwijkt van een andere laag in hetzelfde profiel.

De resultaten van de analyses zijn weergegeven in schematische overzichtsfiguren waarbij de in elk van de afzonderlijke trajecten onderscheiden verschijnselen als volgt zijn gekwantificeerd.

- ++ komt veel voor / sterk ontwikkeld
- + komt regelmatig voor / matig ontwikkeld
- +/- komt hier en daar voor / zwak ontwikkeld
- ontbreekt nagenoeg / hier en daar enigszins zichtbaar
- volledig afwezig/ niet ontwikkeld

Vervolgens is een profielfoto opgenomen met daarin de genomen monsters en de onderscheiden lagen. Daarna is een beschrijving gegeven van de aangetroffen verschijnselen met daaropvolgend de interpretatie.

Tabel 3.5 Resultaten van slijpplaatanalyse monsternummers SD1 en SD2

Cm's	Omschrijving	Kalk	Bodem-fauna	Wortel-restanten	SD1	SD2	Wortel-restanten	Bodem-fauna	Kalk	Omschrijving
2	Zeер zwak ontwikkelde bodemhorizont	+	--	-			+/-	--	+	Zwak ontwikkelde bodemhorizont
3										
4	Kalkrijk zand	++	--	-			-	--	++	Zeер zwak Zwak ontwikkelde bodemhorizont
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										

Legenda

	Zwak ontwikkelde bodem
	Zeер zwak ontwikkelde bodem
	Zand



Figuur 3.13 De monsterbakken met nummers SD1 (foto links) en SD2 (foto rechts), met daarop afgebeeld in het zwart het voor bodem-micromorfologisch onderzoek bemonsterde deel. De gele lijnen en cijfers representeren de lagen die zijn onderscheiden (foto's: Stéphanie IJff, Deltares).

Beschrijving SD1

Laag 1 2-3 cm –top monsterbak; De grondmassa bestaat uit kalkrijk zand (hoofdzakelijk kwarts). Het zand is vrij uniform en bestaat voor het merendeel uit de korrelgroottes van 150-700 micron (zeer fijn zand tot en met uiterst grof zand). De kalk, hoofdzakelijk bestaand uit schelp(restanten), is in de volgende vormen in de grondmassa aanwezig:

1. Afgeronde fragmenten met een scherpe begrenzing die qua grootte overeenkomen met de hiervoor genoemde zandfracties;
2. Een geringe hoeveelheid afgeronde fragmenten waarvan de randen rafelig en diffuus zijn;
3. Een minimale hoeveelheid fijnkorrelige neerslag tussen en rondom enkele zandkorrels

De grondmassa is gelaagd. De gelaagdheid wordt veroorzaakt door de horizontale oriëntatie van langwerpige schelprestanten. Rondom de enkele zandkorrels zijn zeer dunne huidjes ijzer of humusstof aanwezig. Op een enkele plek in de grondmassa is een wortelrestant aanwezig. De wortelrestanten die overdwars zijn aangesneden, hebben een diameter van ongeveer 150 micron. Plantenwortels die in de lengte zijn aangesneden zijn ongeveer 90 micron breed en 425 micron lang. Bij gepolariseerd licht zijn deze wortelrestanten sterk dubbelbrekend.

Laag 2 3-22 cm –top monsterbak; De grondmassa bestaat uit kalkrijk zand (hoofdzakelijk kwarts). Het zand is vrij uniform en bestaat merendeels uit de korrelgroottes van 150-700 micron (zeer fijn zand tot en met uiterst grofzand). De kalk bestaat uit schelp(restanten) die sterk zijn afgerond en een scherpe begrenzing hebben. Qua formaat komen deze kalkdeeltjes overeen met de hiervoor genoemde zandfracties. De grondmassa is gelaagd. De

gelaagdheid wordt voornamelijk veroorzaakt door de horizontale oriëntatie van langwerpige schelprestanten. Rondom de zandkorrels zijn zeer dunne huidjes van ijzer-, en stofhumus aanwezig. Op een enkele plek in de grondmassa is een wortelrestant aanwezig. De wortelrestanten die overdwars zijn aangesneden hebben een diameter van ongeveer 150 micron. Plantenwortels die in de lengte zijn aangesneden zijn ongeveer 90 micron breed en 425 micron lang. Bij gepolariseerd licht zijn deze wortelrestanten sterk dubbelbrekend.

Beschrijving SD2

Laag 1 2-4 cm –top monsterbak; De grondmassa bestaat uit kalkrijk zand (hoofdzakelijk kwarts). Het zand is vrij uniform en bestaat merendeels uit de korrelgroottes van 150-700 micron (zeer fijn zand tot en met uiterst grof zand). De kalk, hoofdzakelijk bestaand uit schelp(restanten), is in de volgende vormen in de grondmassa aanwezig:

1. Afgeronde fragmenten met een scherpe begrenzing die qua grootte overeenkomen met de hiervoor genoemde zandfracties;
2. Een geringe hoeveelheid afgeronde fragmenten waarvan de randen rafelig en diffuus zijn;
3. Een geringe hoeveelheid fijnkorrelige neerslag tussen en rondom enkele zandkorrels.

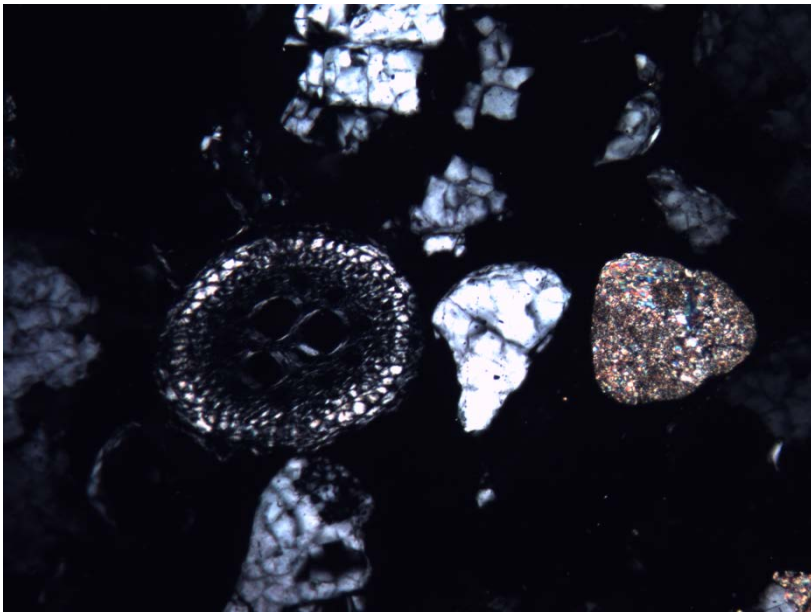
De grondmassa is gelaagd. De gelaagdheid wordt veroorzaakt door de horizontale oriëntatie van langwerpige schelprestanten. Rondom de meeste zandkorrels zijn zeer dunne huidjes kalk, lutum of ijzer-, en stofhumus aanwezig. Verspreid door de grondmassa zijn enkele wortelrestanten aanwezig. De wortelrestanten die overdwars zijn aangesneden, hebben een diameter van ongeveer 150 micron. De wortelrestanten die in de lengte zijn aangesneden zijn ongeveer 90 micron breed en 425 micron lang. Er is één wortelrestant aanwezig met een lengte van 1,5 cm en een dikte van enkele tienden van een millimeter.

Laag 2 4-12 cm –top monsterbak; De grondmassa bestaat uit kalkrijk zand (hoofdzakelijk kwarts). Het zand is vrij uniform en bestaat merendeels uit de korrelgroottes van 150-700 micron (zeer fijn zand tot en met uiterst grofzand). De kalk bestaat uit schelp(restanten) die sterk zijn afgerond en een scherpe begrenzing hebben. Qua formaat komen deze kalkdeeltjes overeen met de hiervoor genoemde zandfracties. De grondmassa is gelaagd. De gelaagdheid wordt voornamelijk veroorzaakt door de horizontale oriëntatie van langwerpige schelprestanten. Rondom de zandkorrels zijn zeer dunne huidjes van ijzer-, en stofhumus aanwezig. Verspreid door de grondmassa zijn enkele wortelrestanten aanwezig. De wortelrestanten die overdwars zijn aangesneden hebben een diameter van ongeveer 150 micron. Plantenwortels die in de lengte zijn aangesneden zijn ongeveer 90 micron breed en 425 micron lang. Bij gepolariseerd licht zijn deze wortelrestanten sterk dubbelbrekend.

Interpretatie micromorfologische analyse SD1 en SD2

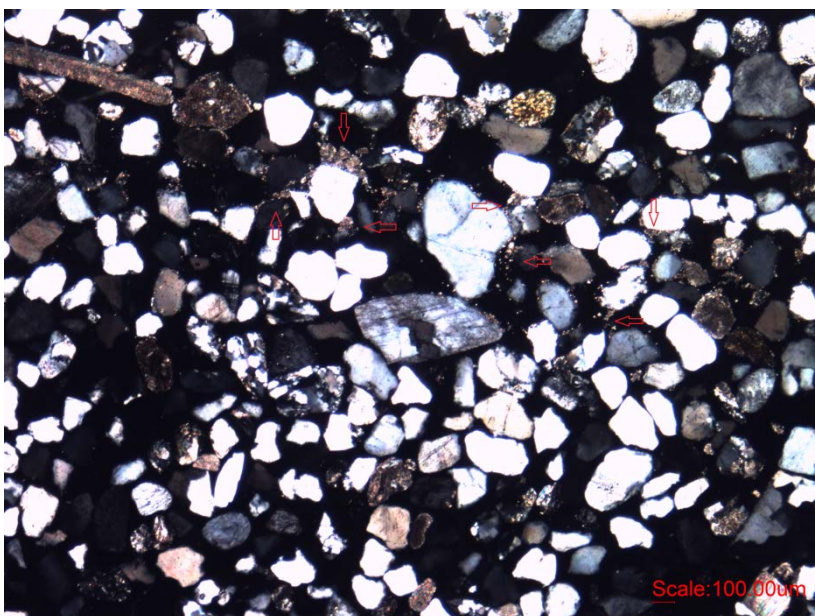
In beide monsters bestaat de grondmassa uit een pakket opgespoten kalkrijk zand. Het aanwezige kalk bestaat hoofdzakelijk uit schelp(restanten). Op basis van eerdere uitgevoerde bodemmicromorfologische onderzoeken blijkt dat kalk in duinafzettingen nagenoeg altijd uit schelp(restanten) bestaat¹. Op beide monsterlocaties heeft (pionier)vegetatie geleid tot een geringe mate van doorworteling. De sterke dubbelbrekende eigenschappen van de wortelresten betekent dat de cellulose hierin nog intact is en er nog nauwelijks enige wortelafbraak heeft plaatsgevonden (Figuur 3.14).

¹ Van Kappel, 2011 en 2015 ; Exaltus, 2012.

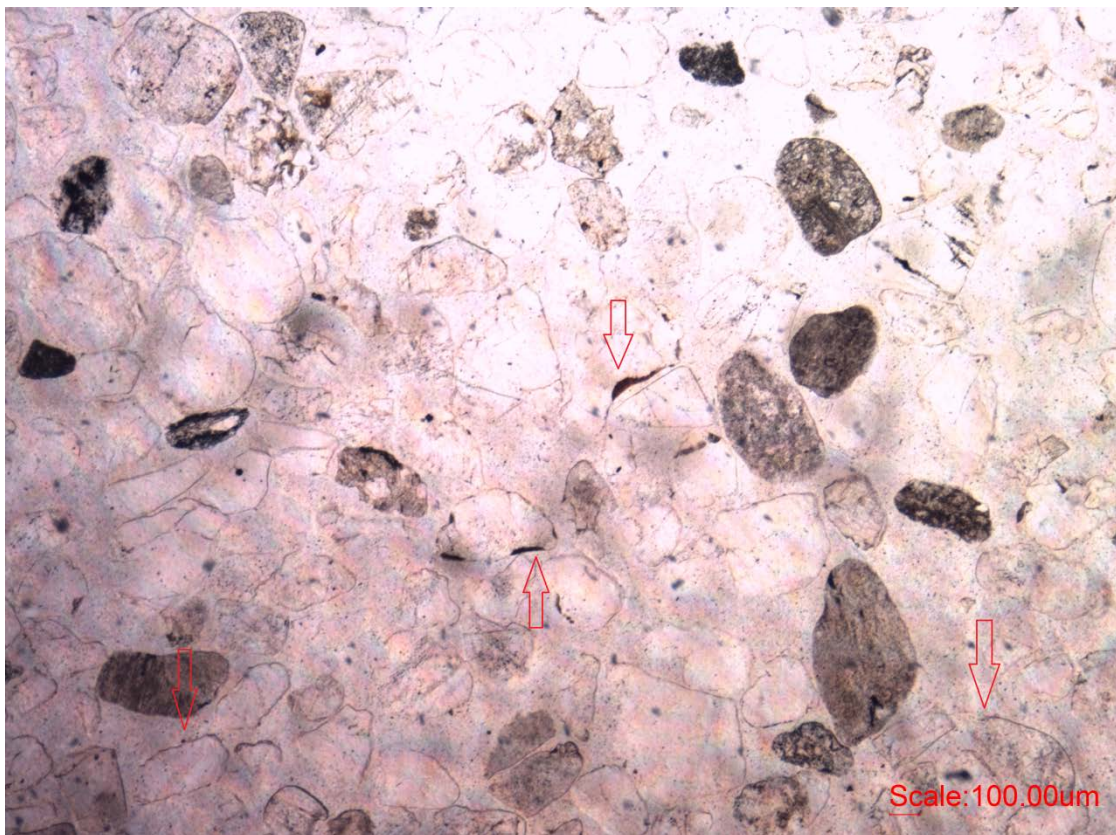


Figuur 3.14 Grondmassa met daarin een wortelrestant, XPL

Vegetatiegroei gaat vaak gepaard met de activiteit van bodemfauna waarbij plant-, en wortelrestanten worden omgezet tot moder-, en/of stofhumus en homogenisatie van de grondmassa plaatsvindt. Sporen van dierlijke bioturbatie ontbreken echter volledig. Aangezien er nagenoeg geen organisch materiaal aanwezig is, is de monsterlocatie (nog) niet aantrekkelijk voor bodemfauna. De horizontale gelaagdheid van de grondmassa is hierdoor ook nog volledig intact. De beginnende bodemvorming is vooralsnog beperkt tot een geringe verwerking van de aanwezige schelp(restanten) in de top van de bemonsterde profielen (laag 1), een minimale mate van uit- en inspoeling van ijzer-, en stofhumus en een geringe mate van doorworteling (Figuur 3.15 en Figuur 3.16).



Figuur 3.15 Grondmassa met daarin verweerde kalk (rode pijlen), XPL



Figuur 3.16 Grondmassa met enkele ijzer-, humuscoatings rondom de zandkorrels, PPL

In monster SD2 is de verwerking van kalk sterker en tot een dieper niveau onder de top van de monsterbak opgetreden dan in monster SD1 het geval is. Verwerking van kalk is afhankelijk van de volgende factoren²:

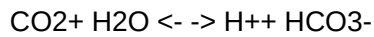
- a. Jaarlijkse neerslag minus evapotranspiratie;
- b. Temperatuur;
- c. pH;
- d. natuurlijke verzuring door CO₂ concentratie in de bodematmosfeer door micro-organismen en/of plantenwortels bij pH hoger dan 5.

Monsters SD1 en SD2 zijn beide afkomstig uit het noordelijke deel van de duinvallei. De punten a tot en met c zullen op beide locaties dan ook (nagenoeg) gelijk en van vergelijkbare invloed zijn op de mate van ontkalking. De activiteit van micro-, en bodemfauna op de afbraak van kalkdeeltjes speelt geen rol aangezien aanwijzingen voor dierlijke bioturbatie in beide monsters volledig ontbreken. Monster SD2 bevat meer wortelrestanten dan monster SD1. Het is zeer waarschijnlijk dat de concentratie CO₂ in monster SD2 dan ook hoger zal zijn dan die van monster SD1. Aangezien CO₂ leidt tot verzurende omstandigheden in de bodem, kan dit een verklaring zijn voor de sterkere verwerking van de kalk in monster SD2. Deze natuurlijke verzuring treedt met name op door het niet gesloten zijn van de koolstofkringloop, waardoor basen, zoals calcium en magnesium, samen met bicarbonaten of organische anionen uitspoelen naar het grondwater³. Fotosynthese gevolgd door mineralisatie is het belangrijkste

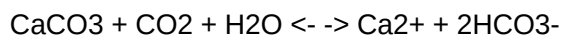
² Van Breemen en Buurman, 2002.

³ Breeuwsema en De Vries 1984.

mechanisme waardoor CO₂ vanuit de atmosfeer naar de gasfase van de bodem wordt verplaatst. Bij voldoende hoge pH (pH>5) lost een deel hiervan op in water en vormt carbonzuur, wat door dissociatie deels uit een valt in bicarbonaat (HCO₃⁻) en zuur (H⁺) volgens reactie:



Carbonzuur is een zogenaamd zwak zuur. Dat betekent dat er meer H⁺ ionen worden afgesplitst naarmate de pH toeneemt. Daaruit volgt dat de vorming van zuur door dissociatie van CO₂ vooral van belang is in kalkrijke gronden met een hoge pH. De zuurproductie wordt in die gronden genaturaliseerd door het oplossen van kalk volgens reactie:



4 Conclusies

Omdat het gebied bestaat uit opgespoten zand zijn er slechts beperkte verschillen in de korrelgroottepatronen in het gebied. Het zand is vrij uniform en bestaat merendeels uit een korrelgrootte van 150-700 µm. Soms komen er lagen voor met een hoog gehalte schelpenresten. Er is geen lutum aangetroffen in de monsters.

Onze eerste indruk is dat de percentages organisch materiaal en stikstof verwaarloosbaar klein zijn. Dit wijst erop dat het risico op te voedselrijke grond met de bijbehorende ongewenste nutriëntminnende vegetatie klein is. Dit is gunstig voor de ontwikkeling van de doelhabitats H2190B en H2130. Omdat er geen verschillen zijn gevonden in de diepteklassen, is er geen effect te verwachten van de verdiepingsmaatregel op deze variabele.

De waarden van pH en calciumcarbonaat zijn in het gehele gebied hoog. Dit is normaal voor opgespoten zeezand langs de Zuid-Hollandse kust, en is gunstig voor de ontwikkeling van kalkminnende vegetatie behorend tot vochtige duinvallei (H2190B). De hoge pH-waarden gelden voor alle diepteklassen, waardoor geen effect te verwachten is van de verdiepingsmaatregel op de zuurgraad in het gebied.

De resultaten van de macrorestenanalyse beschrijft een zeer beperkte zaadbank. Het is opvallend dat in het veld, in de directe omgeving van de monsterlocaties, veel meer soorten zijn aangetroffen dan in de monsters. Het ligt in de lijn der verwachting dat in de komende jaren de zaadbank zal toenemen (zowel in diversiteit als dichtheid), zowel door aanvoer vanuit de omgeving als door de soorten die al groeien in de vallei. De Krielparnassia (*Sagina nodosa*) kwam voor in zowel de zaadbank als levend in de vallei, en is een soort die behoort tot de doelvegetatie H2190B.

Op basis van de micromorfologische analyse kan geconcludeerd worden dat er sprake is van minimale/beginnende bodemvorming. De beginnende bodemvorming is in beide monsters vooralsnog beperkt tot een geringe mate van doorworteling (pioniervegetatie), een geringe verwerking van de aanwezige schelp(restanten) in de top van de bemonsterde profielen en minimale uit- en inspoeling van ijzer-, en stofhumus. Gezien het korte tijdsbestek (ca. 10 jaar) waaraan de top van het opgebrachte sediment aan bodemvormende processen blootgesteld heeft gestaan, is dit vanuit bodemkundig en ecopedologisch opzicht in lijn der verwachting. Op basis van deze analyse kan dan ook vastgesteld worden dat, op moment van schrijven, de randvoorwaarden met betrekking tot de voedselrijkdom en zuurgraad voor een vochtige duinvallei optimaal zijn.

Verwacht wordt dat de vegetatie zich in de loop der jaren sterker zal ontwikkelen en hiermee de activiteit van bodemfauna op gang zal komen. De snelheid waarmee kalk zal verwerken, zal door deze ontwikkelingen toenemen. Het is dan ook aan te bevelen om beide monsterlocaties (van de micromorfologische analyse) te monitoren. Parameters die van belang zijn om te monitoren, zijn; vegetatie(ontwikkeling), biologisch activiteit door bodemfauna, kalkgehalte en pH.

Aanleiding van dit onderzoek was het ontbreken van kennis over de eigenschappen van de bodem die bepalend zijn voor de vegetatieontwikkeling in het gebied. Daarnaast kunnen de resultaten goed gebruikt worden in de uitwerking van de beslissing om de vallei uit te diepen.

De vallei zal in het najaar van 2018 plaatsgewijs maximaal 55 cm worden uitgediept. Uit de resultaten van de geochemische analyse blijkt dat de bodemsamenstelling op 50 cm diepte niet significant verschilt van de huidige ondiepe laag (2-10 cm) van de bodem. De bodemsamenstelling op de uitgravingsdiepte vormt dus geen belemmering voor het uitvoeren van deze maatregel.

Hoewel de zaadbank nu nog beperkt is, is het de verwachting dat na het volgende bloeiseizoen de diversiteit en hoeveelheid zaden in de bodem zal zijn toegenomen. Daarom is het advies om een deel van de vallei niet uit te diepen, namelijk het gebied waar *Krielparnassia* staat. Deze optie is al opgenomen in het voorstel ter verdieping van de vallei.

Het voornemen om later dit jaar een deel van het gebied mechanisch te verdiepen, zal in bodemkundig en ecopedologisch opzicht geen nadelige gevolgen hebben voor het gestelde natuurdoeleinde in 2033. Na afgraven zal het maaiveld dicht bij het grondwater komen te liggen wat naar verwachting een gunstig effect zal hebben op de ontwikkeling van het vegetatietype dat hoort bij een "vochtige duinvallei". Bioturbatie door bodemfauna zal door de natte-, en vrijwel zuurstofloze condities (nagenoeg) niet opgang komen waardoor humusvorming tot een minimum beperkt blijft. Dit is een gewenst effect aangezien voedselarme omstandigheden één van de vereiste parameters is voor het habitatype "vochtige duinvallei". Tevens zal ontkalking tot een minimum beperkt blijven doordat de bodem, door de maaiveldsverlaging, nagenoeg altijd waterverzadigd zal zijn.

5 Referentielijst

Arens, S.M. *et al.* (2017) Jaarverslag beheer Spanjaards Duin 2016. Stichting het Zuid-Hollands Landschap Rapport nr. 11-5-2017. 28 pp.

Breemen, N., van en Buurman, P. (2002). Soil Formation. Wageningen.

Breeuwsma, A & De Vries, W. (1984) Gevolgen van de zure regen voor de bodem, 2: aandeel in de bodemverzuring in Nederland. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering. Stiboka rapport 1787.

Bisdorn, E.B.A. & Schoonderbeek, D. (1983) The characterization of the shape of mineral grains in thin sections of soils by Quantimet and BES1. Geoderma. 30, 303 - 332.

Bullock, P., Federoff, N., Jongerius, A., Stoops, G.J. & Turstina, T. (1985) Handbook for thin section description. Wolverhampton.

Exaltus, R.P. in Halverstad, R.N. (2012) Zijdepark te Leidschendam. Amersfoort (ADC-rapport 2016).

IJff, S.D., Van der Valk, B., Van der Meulen, F. (2017) Leidraad beheer Spanjaards Duin. Deltares. Rapport nr. 1230642-002. 35 pp.

Jongerius, A. and Heintzberger, G. (1975) Methods in soil micromorphology; a technique for the preparation of large thin sections. Soil survey papers 10., Soil Survey Institute, Wageningen, The Netherlands.

Macphail, R.I. & Goldberg, P. (2017) Applied Soils and micromorphology in archaeology. Cambridge university press, Cambridge.

Stoops, G.J., (2003) Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections. Wolverhampton.

Synbiosys Alterra. (2017) Solleveld en Kapittelduinen - Vereisten voedselrijkdom.
<https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/gebiedendatabase.aspx?subj=n2k&groep=9&id=n2k99&topic=ecologischevereisten#vereisten> [Bekeken op 07-12-2017]

Veel, P. (2017) Jaarverslag beheer Spanjaards Duin 2016; Ontwikkeling Duincompensatie Delfland 2009-2016. Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek, Artesia Water Research Unlimited.

Van Kappel, K. en Van der Feijst, L.M.B. (2011) Westland Naaldwijk Hoogeland Proefsleuvenonderzoek. Amersfoort

Van Kappel, K. en Houkes, R.A. (2015) Een akker op de strandwal. Amersfoort

Van Mastrigt, A. (2016) Verslag bijeenkomst handelingsperspectief op 24 augustus 2016

A Foto's van het veldwerk



Figuur I.1 Het nemen van een boring met de Edelmanboor.



Figuur I.2 In beeld brengen van het boorprofiel



Figuur I.3 De bodemonsters

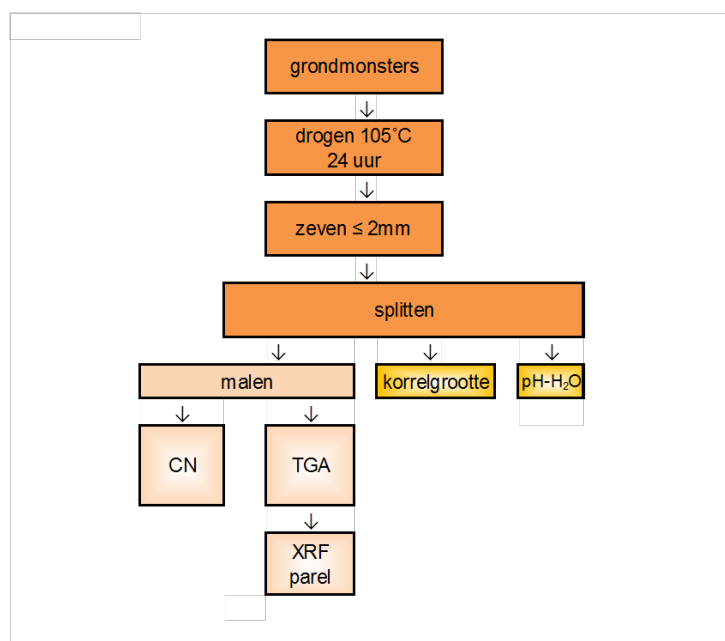


Figuur I.4 Gelaagdheid van de bodem, zichtbaar bij het nemen van een monster voor de slijpplaatanalyse De kuil is 50 cm diep. De laagjes in het bodem profiel zijn waarschijnlijk het gevolg van de opspuiting (uitstromen van het natte zand uit de spuitmonden verspreiden met een sjofel).

B Methode en resultaten korrelgrootte analyse en geochemische analyses

Methode

De grondmonsters zijn bij binnenkomst in het Deltares Laboratorium te Utrecht (samen met laboratoria van TNO en de Universiteit Utrecht vormen zij Utrecht Castel) gedroogd in een droogstoof bij 105°C voor minimaal 24 uur. Vervolgens zijn de monsters gezeefd bij 2 mm en gesplitst in een splitter (Rocky, cargo). Een deel is gemalen met de maalmachine (Retsch), om vervolgens CN analyses en TGA (thermogravimetrische analyse) analyses op uit te voeren. Op de gloeirest van de TGA analyses zijn XRF parel analyses uitgevoerd. Op het ongemalen deel is een korrelgrootte analyse uit gevoerd en pH-H₂O te bepaald. De procedure van de monsters is schematisch weergegeven in figuur 2.2.



Figuur II.1 Aanpak geochemische analyse stroom

CN element analyses

Voor het bepalen van de koolstof en stikstof concentraties in de grondmonsters is er gemeten op een Fisons NA 1500 NCS met Dumas flash combustion setup. De nauwkeurig afgewogen grondmonsters zijn in tin folie gevouwen, om vervolgens te worden geladen in een automatische sampler. In de aanwezigheid van een externe zuurstofstroom ontstaat flits verbranding. Hierdoor verbrand het tin (exogeen) en het monster bij 1600-1800°C.

De gevormde stikstofoxyden en zuurstof werden door een kwarts buis bij 650°C geleid, gevuld met koper. De aanwezige stikstofoxyden worden gereduceerd tot stikstof, zuurstof en koperoxide. De overgebleven gassen zijn geïntroduceerd op een gaschromatograaf oven, waar stikstof en koolstofdioxide werden gescheiden op een 2m, 6x4 Porapak QS kolom. De detectie werd uitgevoerd met een TCD detector. Meten en dataverwerking is uitgevoerd met Eager200 software.

Kalibratie is uitgevoerd door met vaste frequentie atropine en aceetanilide als referentiemonster mee te nemen.

TGA analyses

De kwantitatieve bepaling van het gewichtsverlies in de monsters werd uitgevoerd met behulp van een thermogravimetrische analysator (TGA; LECO TGA-701). Gedurende de analyse werd de temperatuur verhoogd in een geconditioneerde kamer tot 1000°C. Bij de temperaturen 105, 450, 550, 800 en 1000°C werd de temperatuur constant gehouden totdat er geen gewichtsverlies meer optrad. Het organische stofgehalte is berekend door het gewichtsverlies van 105°C tussen 550°C (NEN-6620). Het calciumcarbonaatgehalte is bepaald door het gewichtsverlies van 550°C tussen 800°C. Een gewichtsverlies van 0,05% is betrouwbaar te analyseren, maar bij een dusdanig beperkte gewichtsafname moet er wel rekening mee worden gehouden dat ook andere processen, zoals het ontwijken van vocht uit kleimineralen, een gewichtsafname in dezelfde temperatuurtrajecten kunnen veroorzaken. Kwaliteitscontrole vindt plaats door bij elke meetserie een referentiemonster te analyseren.

XRF parel analyses

Op het overgebleven monstermateriaal van de TGA analyses zijn XRF parel analyses uitgevoerd, voor de concentratie bepaling van de gehalten van de hoofdelementen. Het monstermateriaal is gemengd met lithiumtetraboraat, lithiummetaboraat en lithiumjodide, het geheel in platina kroesje is verhit tot een temperatuur boven de 1200°C en in 10 minuten geheel gesmolten. De geproduceerde parel is geanalyseerd op een XRF (Röntgen Fluorescentie analyse, ARL™ PERFORM'X Sequential Spectrometer (Thermo Scientific™)) voor element compositie. De techniek is gebaseerd op de emissie van fluorescerende (secundaire) röntgenstralen uit een monster. Elk element produceert een karakteristieke set van röntgenstralen. Door deze uitgestraalde intensiteit per element te vergelijken met de opgewekte straling bij bekende monsters, wordt de concentratie gekwantificeerd.

Korrelgrootte analyses

Op het gezeefde deel van het monster is een korrelgrootte bepaling uitgevoerd met behulp van laserdiffractie apparatuur (Malvern Particle Sizer 2000), om meer inzicht te krijgen in de bodemclassificatie. Allereerst zijn de monsters voorbehandeld met waterstofperoxide om de aanwezige organische stof te oxideren, vervolgens een behandeling met zoutzuur om de aanwezige carbonaten in oplossing te brengen. Een representatief deel is geanalyseerd op de Malvern Particle Sizer 2000. Laserdiffractie is een techniek die gebaseerd is op de correlatie tussen de hoeken van verstrooiing van korrels en de distributie van deze korrels in een straal van monochromatisch licht van een He-Ne laser (maximaal 4mW (CW)). Het meetprincipe van deze methode is gebaseerd op de lichtdiffractie patronen van deeltjes. Het verstrooide licht wordt opgevangen door een detector bestaande uit 52 concentrische ringen. Elke van deze ringen vangt het licht-verstrooiingspatroon op, veroorzaakt door de deeltjes in de laserstraal. De resultaten worden weergegeven in volumepercentage per fractie, de fracties lopen van 0,010 tot 2000 µm.

pH-H₂O analyses

De zuurgraad van het monsters is bepaald in een 1:5 (V/V) suspensie van het < 2 mm deelmonster (volgens de NEN 5750). De suspensie werd gemaakt in gedemineraliseerd water.

Resultaten

ResultatenTabel II.5.1

Resultaten pH, TGA en CN-analyse. In procenten weergegeven (behalve de pH).

Code	Diepte	pH	TGA								CN	
			105	450	550	800	1000	LOI	CaCO3	OM	C	N
Z1-2-2	2-10 cm	8.51	0.116	0.161	0.064	2.299	0	2.524	5.23	0.225	0.71	0.0087
Z1-2-3	50-60 cm	8.87	0.11	0.118	0.061	2.132	0	2.311	4.85	0.179	0.66	0.0081
Z1-2-4	90-100 cm	8.93	0.096	0.083	0.053	1.162	-0.009	1.289	2.64	0.136	0.35	0.0000
Z1-3-2	2-10 cm	8.93	0.107	0.12	0.074	2.567	0.006	2.767	5.83	0.194	0.75	0.0000
Z1-3-3	50-60 cm	9.02	0.095	0.091	0.048	2.098	-0.007	2.23	4.77	0.139	0.60	0.0000
Z1-3-4	90-100 cm	9.04	0.078	0.074	0.048	1.189	0.007	1.318	2.70	0.122	0.33	0.0052
Z1-4-2	2-10 cm	9.02	0.089	0.078	0.048	1.645	-0.004	1.767	3.74	0.126	0.44	0.0000
Z1-4-3	50-60 cm	9.05	0.065	0.057	0.03	0.54	-0.01	0.617	1.23	0.087	0.24	0.0000
Z1-4-4	90-100 cm	9.06	0.073	0.064	0.037	0.882	-0.022	0.961	2.00	0.101	0.25	0.0000
Z1-5-2	2-10 cm	9.00	0.14	0.139	0.092	3.221	-0.002	3.45	7.32	0.231	0.83	0.0000
Z1-5-3	50-60 cm	8.95	0.08	0.061	0.039	0.822	-0.018	0.904	1.87	0.100	0.26	0.0000
Z1-5-4	90-100 cm	9.06	0.072	0.064	0.038	0.888	-0.022	0.968	2.02	0.102	0.26	0.0000
N1-2-2	2-10 cm	9.03	0.101	0.117	0.05	1.905	-0.043	2.029	4.33	0.167	0.57	0.0062
N1-2-3	50-60 cm	9.14	0.086	0.071	0.044	1.234	-0.013	1.336	2.80	0.115	0.43	0.0000
N1-2-4	90-100 cm	9.23	0.089	0.123	0.049	2.264	-0.035	2.401	5.15	0.172	0.65	0.0057
N1-3-2	2-10 cm	9.15	0.065	0.083	0.044	1.314	-0.033	1.408	2.99	0.127	0.38	0.0056
N1-3-3	50-60 cm	9.13	0.072	0.064	0.031	0.637	-0.058	0.674	1.45	0.095	0.18	0.0000
N1-3-4	90-100 cm	9.12	0.079	0.067	0.038	0.833	-0.045	0.893	1.89	0.105	0.25	0.0054
N1-4-2	2-10 cm	9.24	0.105	0.091	0.055	1.945	-0.01	2.081	4.42	0.146	0.61	0.0000
N1-4-3	50-60 cm	9.22	0.099	0.12	0.066	2.03	-0.012	2.204	4.61	0.186	0.59	0.0000
N1-4-4	90-100 cm	9.20	0.085	0.104	0.049	1.643	-0.03	1.766	3.73	0.153	0.52	0.0058
N1-5-2	2-10 cm	9.19	0.11	0.094	0.057	2.108	0.002	2.261	4.79	0.151	0.60	0.0062
N1-5-3	50-60 cm	9.29	0.126	0.108	0.065	2.495	0.009	2.677	5.67	0.173	0.69	0.0055
N1-5-4	90-100 cm	9.21	0.122	0.124	0.116	2.865	0.009	3.114	6.51	0.240	0.90	0.0072
N2-2-2	2-10 cm	9.26	0.094	0.07	0.046	1.721	-0.024	1.813	3.91	0.116	0.52	0.0057
N2-2-3	50-60 cm	9.22	0.087	0.074	0.046	1.069	-0.024	1.165	2.43	0.120	0.28	0.0056
N2-3-2	2-10 cm	9.34	0.155	0.145	0.114	3.673	0.013	3.945	8.35	0.259	1.11	0.0091
N2-3-3	50-60 cm	9.33	0.089	0.091	0.061	1.324	0	1.476	3.01	0.152	0.39	0.0053
N2-4-2	2-10 cm	9.31	0.133	0.101	0.069	2.308	0	2.478	5.25	0.170	0.69	0.0061
N2-4-3	50-60 cm	9.30	0.132	0.098	0.074	2.286	-0.003	2.455	5.20	0.172	0.66	0.0067
N2-5-2	2-10 cm	9.32	0.12	0.083	0.065	2.294	-0.009	2.433	5.21	0.148	0.69	0.0000
N2-5-3	50-60 cm	9.26	0.116	0.079	0.059	2.082	-0.004	2.216	4.73	0.138	0.60	0.0000
M1-2	2-10 cm	9.22	0.087	0.058	0.045	1.093	-0.035	1.161	2.48	0.103	0.33	0.0000
M1-3	50-60 cm	9.30	0.099	0.065	0.055	1.16	-0.017	1.263	2.64	0.120	0.34	0.0057
M2-2	2-10 cm	9.31	0.114	0.107	0.068	2.5	0.003	2.678	5.68	0.175	0.75	0.0000
M2-3	50-60 cm	9.30	0.083	0.07	0.049	1.304	0	1.423	2.96	0.119	0.35	0.0000
M3-2	2-10 cm	9.24	0.128	0.105	0.067	2.522	-0.005	2.689	5.73	0.172	0.75	0.0062
M3-3	50-60 cm	9.26	0.091	0.15	0.062	2.965	-0.033	3.144	6.74	0.212	0.84	0.0076
M4-2	2-10 cm	9.30	0.12	0.092	0.068	2.375	0.004	2.539	5.40	0.160	0.68	0.0054
M4-3	50-60 cm	9.43	0.122	0.137	0.096	2.939	0	3.172	6.68	0.233	0.93	0.0073
M5-2	2-10 cm	9.32	0.088	0.114	0.053	1.689	-0.043	1.813	3.84	0.167	0.49	0.0063
M5-3	50-60 cm	9.32	0.067	0.083	0.041	1.047	-0.04	1.131	2.38	0.124	0.36	0.0000
M6-2	2-10 cm	9.37	0.111	0.117	0.069	2.673	0.002	2.861	6.08	0.186	0.76	0.0069
M6-3	50-60 cm	9.35	0.074	0.078	0.046	0.985	-0.026	1.083	2.24	0.124	0.34	0.0061
M7-2	2-10 cm	9.33	0.116	0.099	0.061	2.311	-0.017	2.454	5.25	0.160	0.79	0.0078
M7-3	50-60 cm	9.41	0.14	0.138	0.097	3.247	0.008	3.49	7.38	0.235	0.90	0.0061

Tabel II.5.2 Resultaten XRF-analyse

code	SiO2	Al2O3	TiO2	Fe2O3	CaO	MgO	Na2O	K2O	P2O5	Cr	Ni	Sr	Ba	Zr
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Z1-2-2	89.2	2.43	0.244	0.458	2.94	0.166	0.458	1.03	< 0.05	236	420	101.4	192	176.4
Z1-2-3	89.5	2.41	0.225	0.420	2.86	0.156	0.449	1.05	< 0.05	236	575	100.6	190	141.6
Z1-2-4	92.0	2.48	0.197	0.306	1.59	0.118	0.415	1.16	< 0.05	244	551	74.0	214	111.5
Z1-3-2	88.7	2.49	0.165	0.399	3.27	0.185	0.467	1.07	< 0.05	135	183	111.8	169	142.0
Z1-3-3	90.0	2.43	0.186	0.342	2.79	0.186	0.460	1.01	< 0.05	154	152	90.9	170	91.9
Z1-3-4	92.5	2.45	0.148	0.237	1.57	0.128	0.454	0.98	< 0.05	106	74	67.1	159	1,217.7
Z1-4-2	90.9	2.53	0.187	0.344	2.12	0.167	0.491	1.01	< 0.05	143	134	80.6	171	99.2
Z1-4-3	95.0	1.74	0.199	0.129	0.78	0.070	0.278	0.81	< 0.05	145	132	46.7	156	173.9
Z1-4-4	93.5	2.04	0.178	0.228	1.32	0.099	0.327	0.94	< 0.05	199	177	60.4	173	139.6
Z1-5-2	87.0	2.64	0.174	0.415	4.10	0.222	0.512	1.13	< 0.05	139	127	135.2	174	74.3
Z1-5-3	93.2	2.30	0.218	0.268	1.17	0.099	0.377	1.07	< 0.05	205	183	61.4	187	146.7
Z1-5-4	93.4	2.07	0.218	0.228	1.31	0.109	0.347	0.93	< 0.05	189	170	61.4	177	28.7
N1-2-2	90.7	2.22	0.265	0.353	2.49	0.098	0.343	1.12	< 0.05	276	257	100.9	213	31.4
N1-2-3	91.8	2.54	0.237	0.326	1.62	0.138	0.464	1.11	< 0.05	207	185	71.0	187	45.4
N1-2-4	90.2	1.95	0.254	0.293	3.09	0.088	0.312	0.95	< 0.05	249	232	117.1	197	30.3
N1-3-2	92.8	1.95	0.187	0.227	1.71	0.079	0.306	0.98	< 0.05	204	195	73.9	172	25.6
N1-3-3	94.5	1.65	0.288	0.268	0.99	0.060	0.219	0.86	< 0.05	326	295	53.6	179	28.8
N1-3-4	93.7	1.85	0.277	0.287	1.29	0.069	0.268	0.91	< 0.05	336	299	63.4	182	40.6
N1-4-2	90.6	2.30	0.235	0.392	2.58	0.157	0.431	0.97	< 0.05	216	193	89.1	158	94.0
N1-4-3	90.5	2.27	0.244	0.284	2.66	0.098	0.381	1.09	< 0.05	200	188	105.6	194	28.4
N1-4-4	92.1	1.81	0.255	0.246	2.14	0.069	0.265	0.91	< 0.05	258	236	90.4	177	29.5
N1-5-2	90.4	2.31	0.195	0.352	2.76	0.147	0.420	0.96	< 0.05	145	128	94.8	156	109.5
N1-5-3	89.2	2.44	0.214	0.399	3.13	0.175	0.467	1.02	< 0.05	134	116	104.1	161	80.8
N1-5-4	87.9	2.48	0.194	0.388	3.80	0.213	0.465	1.07	< 0.05	136	119	126.0	161	73.6
N2-2-2	91.0	2.32	0.255	0.403	2.32	0.157	0.432	0.96	< 0.05	281	250	81.5	160	49.1
N2-2-3	92.5	2.33	0.237	0.326	1.53	0.109	0.395	1.08	< 0.05	257	228	69.2	178	43.5
N2-3-2	85.5	2.76	0.183	0.461	4.90	0.259	0.538	1.16	< 0.05	128	108	156.6	181	100.9
N2-3-3	92.3	2.35	0.158	0.227	1.74	0.099	0.365	1.12	< 0.05	121	117	78.8	202	62.1
N2-4-2	89.7	2.35	0.205	0.458	3.00	0.156	0.449	0.96	< 0.05	160	139	97.5	145	123.9
N2-4-3	89.4	2.41	0.205	0.458	3.13	0.176	0.458	1.00	< 0.05	176	149	100.5	153	98.5
N2-5-2	89.3	2.52	0.215	0.420	3.05	0.166	0.488	1.04	< 0.05	202	176	99.5	157	122.0
N2-5-3	89.6	2.44	0.274	0.469	3.00	0.166	0.460	0.99	< 0.05	218	182	96.8	165	137.9
M1-2	92.6	2.24	0.267	0.356	1.57	0.119	0.385	0.99	< 0.05	310	285	68.2	173	41.5
M1-3	92.4	2.35	0.227	0.336	1.56	0.128	0.425	0.98	< 0.05	237	210	67.1	163	27.6
M2-2	88.7	2.60	0.195	0.428	3.39	0.185	0.506	1.07	< 0.05	179	160	110.0	169	96.3
M2-3	92.4	2.16	0.177	0.286	1.78	0.128	0.404	0.90	< 0.05	162	146	68.0	137	41.4
M3-2	88.5	2.57	0.224	0.496	3.38	0.195	0.516	1.07	< 0.05	207	180	108.0	153	90.5
M3-3	88.5	2.03	0.232	0.349	3.90	0.097	0.329	1.02	< 0.05	305	304	142.4	180	34.9
M4-2	89.5	2.50	0.185	0.370	2.96	0.175	0.487	1.04	< 0.05	157	152	95.5	156	56.5
M4-3	87.5	2.67	0.184	0.426	3.82	0.223	0.513	1.17	< 0.05	180	168	127.8	178	61.0
M5-2	91.1	2.20	0.295	0.373	2.19	0.088	0.344	1.11	< 0.05	325	298	93.3	214	31.4
M5-3	93.4	1.86	0.227	0.257	1.48	0.059	0.257	0.97	< 0.05	280	259	71.2	176	39.5
M6-2	88.7	2.40	0.194	0.418	3.49	0.165	0.476	1.00	< 0.05	146	126	110.7	145	122.4
M6-3	93.0	2.19	0.208	0.287	1.39	0.099	0.366	1.02	< 0.05	219	202	64.3	182	29.7
M7-2	89.4	2.33	0.234	0.468	3.22	0.166	0.439	0.97	< 0.05	233	201	103.4	158	149.2
M7-3	87.2	2.58	0.174	0.405	4.04	0.222	0.512	1.08	< 0.05	123	109	133.2	145	89.8

Tabel II.5.3 Resultaten korrelgrootte analyse. Kolom S/G geeft aan of materiaal > 2mm uit schelp of grind bestond.

code	>2mm S/G	0.0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	0.5-1	1-2	2-4	4-6	6-8	8-16	16-25	25-35	35-50	50-63	63-75	75-88	88-105	105-125	125-150	150-177	177-210	210-250	250-300	300-354	354-420	420-500	500-600	600-707	707-850	850-1000	1000-1150	1150-1410	1410-1680	1680-2000											
Z1-2-2	2.15 S+G	0	0	0	0	0	0	0	0.108	0.347	0.374	0.276	0.304	0.301	0.419	0.409	0.268	0.413	3.216	7.972	15.203	20.262	20.266	13.521	7.745	3.918	1.806	1.154	1.503	0.313	0	0	0	0	0										
Z1-2-3	0.28 S	0	0	0	0	0	0	0.116	0.493	0.415	0.427	0.575	0.284	0.284	0.683	0.761	0.898	1.436	3.859	8.012	13.878	18.157	18.627	12.919	8.338	4.345	2.172	1.313	1.552	0.291	0	0	0	0	0										
Z1-2-4	0.20 S	0	0	0	0	0	0	0.114	0.164	0.241	0.339	0.289	0.439	0.284	0.218	0.301	0.898	0.661	0.932	1.935	5.182	10.613	17.541	18.3	17.28	11.944	6.827	3.274	1.253	0.272	0	0	0	0	0										
Z1-3-2	0.34 S	0	0	0	0	0	0	0	0.146	0.224	0.24	0.268	0.296	0.439	0.453	0.398	0.793	4.184	9.342	16.676	21.015	19.814	12.433	6.634	3.118	1.28	0.804	1.234	0.209	0	0	0	0	0	0										
Z1-3-3 spoorrij	S	0	0	0	0	0	0	0	0.198	0.197	0.525	0.414	0.344	0.499	0.438	0.426	0.54	0.743	4.041	4.575	9.284	14.758	18.539	16.173	13.047	8.365	4.485	2.182	1.612	0.191	0	0	0	0	0										
Z1-3-4 spoorrij	S	0	0	0	0	0	0	0	0.127	0.142	0.515	0.401	0.602	0.519	0.512	0.613	0.864	1.135	2.091	4.011	8.263	14.18	19.22	17.56	13.93	3.721	1.328	0.882	0.096	0	0	0	0	0	0										
Z1-4-2 spoorrij	S	0	0	0	0	0	0	0.038	0.195	0.369	0.263	0.229	0.325	0.25	0.289	0.378	0.46	0.531	1.674	4.682	10.724	18.237	23.096	18.949	14.296	5.367	0.788	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
Z1-4-3	0.59 S	0	0	0	0	0	0	0	0.169	0.274	0.24	0.332	0.286	0.207	0.222	0.408	0.667	0.936	1.217	2.713	6.454	12.773	16.645	19.166	17.078	12.084	6.026	2.129	0	0	0	0	0	0	0	0									
Z1-4-4 spoorrij	S	0	0	0	0	0	0	0	0.041	0.159	0.391	0.302	0.248	0.373	0.287	0.212	0.523	0.58	0.97	1.602	4.102	8.607	14.445	16.374	17.07	14.016	10.287	5.619	3.039	0.252	0	0	0	0	0	0									
Z1-5-2	0.42 S	0	0	0	0	0	0	0	0.116	0.178	0.466	0.275	0.372	0.41	0.522	0.654	0.624	0.643	1.383	5.616	11.307	18.894	22.38	19.873	10.386	4.939	0.92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
Z1-5-3	0.00 S	0	0	0	0	0	0	0	0	0.108	0.347	0.276	0.304	0.301	0.419	0.409	0.268	0.413	3.216	7.972	15.203	20.262	20.266	13.521	7.745	3.918	1.806	1.154	1.503	0.313	0	0	0	0	0	0	0	0							
Z1-5-4	0.00 S	0	0	0	0	0	0	0	0.108	0.347	0.276	0.304	0.301	0.419	0.409	0.268	0.413	3.216	7.972	15.203	20.262	20.266	13.521	7.745	3.918	1.806	1.154	1.503	0.313	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
N1-2-2	1.91 S	0	0	0	0	0	0	0	0.044	0.17	0.426	0.326	0.275	0.371	0.288	0.23	0.262	0.344	0.409	0.795	1.832	4.336	8.146	12.592	13.937	15.154	14.566	12.011	7.766	5.164	0.878	0	0	0	0	0	0								
N1-2-3	0.00 S	0	0	0	0	0	0	0	0.038	0.148	0.36	0.278	0.248	0.336	0.268	0.264	0.319	0.423	0.537	1.322	3.289	7.603	13.748	19.286	18.34	15.785	9.56	4.432	1.69	1.499	0.227	0	0	0	0	0	0								
N1-2-4	1.40 S	0	0	0	0	0	0	0	0.039	0.149	0.372	0.273	0.231	0.31	0.27	0.253	0.265	0.327	0.491	1.253	2.716	5.393	8.461	10.989	10.416	10.195	9.518	9.045	7.026	5.529	1.52	0	1.589	6.873	6.497	0	0								
N1-3-2	0.06 S	0	0	0	0	0	0	0	0.139	0.199	0.531	0.433	0.377	0.511	0.441	0.385	0.407	0.576	0.812	1.345	2.112	3.911	6.757	12.646	15.03	15.389	13.411	8.443	4.958	0.662	0	0	0	0	0	0	0	0							
N1-3-3	0.20 S	0	0	0	0	0	0	0	0	0.162	0.235	0.196	0.253	0.203	0.168	0.165	0.219	0.305	0.519	0.86	1.743	3.431	6.527	9.799	14.715	18.548	19.295	13.487	7.711	1.467	0	0	0	0	0	0	0	0							
N1-3-4	1.06 S+G	0	0	0	0	0	0	0	0	0.236	0.244	0.22	0.312	0.247	0.195	0.21	0.34	0.527	0.82	1.232	2.641	5.675	10.683	14.067	17.19	17.089	14.19	8.464	4.798	0.618	0	0	0	0	0	0	0	0							
N1-4-2	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0.037	0.146	0.372	0.278	0.269	0.298	0.342	0.446	0.413	0.318	0.645	8.057	14.438	18.548	18.507	12.837	8.751	5.275	3.083	1.655	1.463	0.229	0	0	0	0	0	0	0	0							
N1-4-3	1.20 S+G	0	0	0	0	0	0	0	0.129	0.188	0.502	0.387	0.519	0.408	0.382	0.417	0.552	0.826	1.8	3.433	6.472	10.257	14.107	14.338	14.31	12.125	9.193	5.562	3.385	0.341	0	0	0	0	0	0	0	0							
N1-4-4	0.18 S	0	0	0	0	0	0	0	0.04	0.155	0.379	0.284	0.266	0.353	0.284	0.226	0.236	0.368	0.559	0.88	1.347	2.864	5.998	10.886	13.654	15.809	15.157	13.101	9.132	6.716	1.326	0	0	0	0	0	0	0							
N1-5-2	0.21 S	0	0	0	0	0	0	0	0.113	0.361	0.261	0.261	0.276	0.275	0.314	0.449	0.398	0.2	0.401	3.688	8.41	15.413	19.617	18.923	11.937	7.702	4.451	3.046	1.991	1.739	0.235	0	0	0	0	0	0	0	0						
N1-5-3	0.09 S	0	0	0	0	0	0	0	0.037	0.147	0.367	0.267	0.273	0.237	0.36	0.519	0.428	0.193	0.579	4.531	10.384	18.207	22.178	19.94	11.662	5.33	1.932	0.513	0.567	1.182	0.168	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
N1-5-4	0.34 S+G	0	0	0	0	0	0	0	0.036	0.148	0.373	0.273	0.284	0.258	0.383	0.536	0.442	0.298	0.812	5.03	10.913	18.489	21.93	19.197	10.868	4.798	1.79	0.713	0.743	1.414	0.312	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
N2-2-2 spoorrij	S	0	0	0	0	0	0	0	0.108	0.343	0.249	0.22	0.304	0.232	0.271	0.333	0.354	0.435	1.492	4.404	9.74	15.744	19.821	16.755	13.018	7.983	4.036	1.964	1.842	0.362	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
N2-2-3	0.17 S	0	0	0	0	0	0	0	0.079	0.215	0.183	0.284	0.236	0.21	0.244	0.373	0.567	1.127	2.256	4.991	9.454	15.208	17.22	18.012	14.679	9.205	4.002	1.453	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
N2-2-3	0.08 S	0	0	0	0	0	0	0	0.22	0.211	0.545	0.417	0.4	0.443	0.619	0.711	0.591	0.708	2.179	7.889	14.139	20.899	22.022	17.211	7.621	3.061	1.112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
N2-2-3	0.22 S	0	0	0	0	0	0	0	0.155	0.386	0.3	0.247	0.37	0.294	0.242	0.282	0.442	0.612	0.983	1.798	4.16	8.36	13.944	16.091	17.204	14.74	10.351	5.443	3.134	0.425	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
N2-4-2	0.14 S	0	0	0	0	0	0	0	0.119	0.181	0.479	0.377	0.382	0.459	0.56	0.696	0.668	0.667	1.331	5.243	10.451	17.177	20.226	18.152	10.279	5.799	2.42	1.365	1.117	1.55	0.302	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
N2-4-3	0.22 S	0	0	0	0	0	0	0	0.045	0.181	0.479	0.383	0.39	0.445	0.539	0.665	0.598	0.525	1.167	5.082	18.046	21.333	19.052	10.453	5.559	1.903	0.788	0.543	0.734	0.074	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
N2-5-2 spoorrij	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0.151	0.213	0.219	0.182	0.329	0.5	0.405	0.188	0.688	4.903	10.882	18.63	22.122	19.642	10.649	5.608	1.858	0.625	0.454	1.336	0.408	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
N2-5-3	spoorrij	S	0	0	0	0	0	0	0	0.103	0.329	0.25	0.266	0.287	0.387	0.558	0.526	0.396	0.83	4.757	10.626	18.692	22.948	21.039	11.451	5.648	0.907	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
M1-1	5.78 S+G	0	0	0	0	0	0	0	0.136	0.206	0.542	0.406	0.355	0.508	0.489	0.485	0.531	0.784	1.44	3.285	5.651	9.137	12.285	14.341	12.603	11.299	9.091	7.216	4.929	3.686	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
M1-2	0.36 S	0	0	0	0	0	0	0	0.044	0.17	0.438	0.348	0.313	0.477	0.387	0.312	0.351	0.57	0.84	1.308	2.188	4.915	9.645	16.104	17.391	16.934	12.944	7.627	4.001	2.712	0.352	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M1-3	spoorrij	S	0	0	0	0	0	0	0.123	0.174	0.458	0.351	0.395	0.458	0.366	0.297	0.36	0.616	0.909	1.503	2.701	5.148	12.217	18.862	19.35	17.																			

C Macrorestenanalyse

Achtergrond

Sinds de aanleg (2009) is Spanjaards Duin nu ongeveer 8 jaar in ontwikkeling. Verstuiving overheerst nog volop, zowel in de hogere, droge delen (waar grijs duin het doeltypetype is), als ook in de lagere, hier en daar al vochtige valleiden (waar een vochtige duinvalleivegetatie het doeltypetype is). Spanjaards Duin is aangelegd met opgespoten zeebodemzand. De vallei heeft andere bodemkenmerken (zeker wat trofie-gehalte betreft) dan die van een natuurlijke, primaire duinvallei, die ontstaan is uit door zeegolven geselecteerd en aangevoerd zand; of van een secundaire duinvallei, die ontstaan is door uitstuiving van een bestaand duin opgebouwd met zand dat eerder door aeolisch transport is gesorteerd en aangevoerd.

Het zoete grondwater is inmiddels op de laagste plaatsen de valleibodem tot 40-50 cm genaderd (winterstand). De chemie daarvan wordt regelmatig gemeten. Van de bodem zelf was tot nu toe echter nog niets bekend. Tijdens de expert-meeting in augustus 2016 is aangedrongen op bodemonderzoek in de vallei. Dit is ook op schrift gesteld in de Leidraad Spanjaards Duin (2017). Een en ander is nog belangrijker geworden nu de vallei op bepaalde plaatsen begint dicht te groeien met duintjes van helm, rood zwenkgras en zandzegge. Er is inmiddels besloten om deze te verwijderen; een klein deel ervan is al verwijderd in april 2017. Het is de bedoeling dat er in 2017/18 ook nog een mechanische maaiveldverlaging gaat plaatsvinden in een groot deel van het lage terrein. Juist voor dat laatste is het uitvoeren van onderzoek naar de bodemeigenschappen van belang: zo krijgen we te weten wat de condities zijn van het sediment dat na afgraving aan het oppervlak zal komen te liggen. Bovendien krijgen we ook een indruk van de bodemeigenschappen op de plaatsen waar geen maaiveldverlaging gaat plaatsvinden. In deze memo worden de resultaten gepresenteerd van de macrorestenanalyse. Deze analyse is uitgevoerd voor twee bodemonsters in de laaggelegen delen van de noordelijke vallei in het Spanjaards Duin.

Doel van de analyse

Om een beeld te krijgen van de vegetatieontwikkeling die we kunnen verwachten in de vallei van het Spanjaards Duin, is het belangrijk om kennis te hebben van de zaadbank die al in het gebied aanwezig is. Deze kennis draagt ook bij aan de vraag of het aan te raden is om bij het afgraven van de vallei delen van de vallei 'te sparen', om de zaadbank daar te behouden. Het doel van de macrorestenanalyse is daarom om inzicht te krijgen in de zaadbank die zich mogelijkerwijs al heeft gevormd in Spanjaards Duin..

Methode

Er is één vochtig gebied in het noordelijk laagste deel van de vallei dat ecologisch interessant is met het oog op een kalkrijk duinmoeras. In dit gebied zijn door Deltares (Bert van der Valk en Stéphanie IJff) en Frank van der Meulen op twee locaties bodemonsters genomen van circa 1 liter (M1 en M2). De monsters zijn genomen uit de bovenste 2 centimeter van de bodem. Omdat het bodemoppervlak zich verlaagt door uitstuiving, is het de verwachting dat in diepere lagen van de bodem weinig tot geen zaden te vinden zullen zijn.

M1 is genomen op een relatief kale plek met een dun mostapijt (Figuur). M2 is genomen binnen een gebied met opgaande vegetatie (Figuur). De directe omgeving heeft een vegetatie bedekkingsgraad van ca. 5-10%, waarvan alle soorten behalve helm max 30 cm hoog zijn. Op het oog stonden er in de directe omgeving zo'n 14 verschillende soorten. De monsters zijn door BIAAX Consult geanalyseerd op macrobotanische resten. Dit is gedaan door Henk van Haaster. Guido van Reenen (UvA) heeft de mossoort gedetermineerd, en Tom Meijer heeft de evertrebraten gedetermineerd. De monsters zijn

met leidingwater gezeefd over twee zeven van 0,25 en 0,5 mm maaswijdte. Vervolgens zijn de residuen (zaden en andere vondsten) onder de microscoop geanalyseerd en op naam gebracht.



Figuur III.1 Locatie monster M1



Figuur III.2 Locatie monster M2

Resultaten

In de monsters M1 en M2 zijn de zaden gevonden van 11 verschillende plantensoorten (Tabel). Naast de zaden zijn ook andere resten aangetroffen zoals schelpfragmenten (Tabel).

Tabel III.1 Resultaten macrorestenanalyse Spanjaards Duin – zaden (e = enkele; + = tientallen; ++ = honderden, +++ = duizenden)

Wetenschappelijke naam	M1 (volume 1,1 l)	M2 (volume 1 l)	Nederlandse naam
<i>Poa annua</i>	+	.	Straatgras
<i>Agrostis stolonifera</i>	1	.	Fioringras
<i>Senecio inaequidens</i>	++	+	Bezemkruiskruid
<i>Cerastium <u>diffusum</u>/pumilum</i>	++	+	Scheve <u>hoornbloem</u> /Steenhoornbloem

<i>Sonchus asper</i>	2	.	Zeemelkdistel
<i>Cardamine flexuosa/hirsuta</i>	1	.	Bosveldkers/Kleine veldkers
<i>Epilobium hirsutum</i>	+	+	Harig wilgenroosje
<i>Erigeron canadensis</i>	1	.	Canadese fijnstraal
<i>Urtica dioica</i>	1	.	Grote brandnetel
<i>Sagina nodosa</i>	.	+	Krielparnassia
<i>Juncus bufonius</i>	.	+	Greppelrus
<i>Sagina procumbens</i>	.	1	Liggende vetmuur

Tabel III.2 Resultaten macroanalyse Spanjaards Duin – Overige vondsten (e = enkele; + = tientallen; ++ = honderden, +++ = duizenden)

Wetenschappelijke naam	M1 (volume 1,1 l)	M2 (volume 1 l)	Nederlandse naam
<i>Bryum cf. dichotomum</i> Hedw, rhizoiden en broedknoppen	+	++	Grofkorrelknikmos
Konijnenkeutels	5	.	
Ophiuroidea, skeletelementen	1	.	Brokkelsterren
Ostracoda, schalen	+	+	Mosselkreeftjes
Mollusca, fragmenten	++	++	Schelpen
<i>Echinocardium cordatum</i> , stekels	+++	+++	Hartegel (zeeklit)
<i>Echinocyamus pusillus</i> , exoskelet	1	.	Zeeboon
Echinoidea (regulair), stekels	1	.	Zee-egel
Metaalspatten	+	e	
Staphylinidae, fragmenten	1	+	Kortschildkever

Tabel III.3 Soorten die in het veld zijn gesignaleerd in een straal van ca. 10 meter rondom de monsterlocaties SD1 en SD2.

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam
<i>Poa annua</i>	Straatgras
<i>Senecio inaequidens</i>	Bezemkruiskruid
<i>Sonchus asper</i>	Gekroesde melkdistel
<i>Epilobium hirsutum</i>	Harig wilgenroosje
<i>Erigeron canadensis</i>	Canadese fijnstraal
<i>Sagina nodosa</i>	Krielparnassia
<i>Ammophila arenaria</i>	Helm
<i>Gnaphalium luteo-album</i>	Bleekgele droogbloem
<i>Sagina procumbens</i>	Liggende vetmuur
<i>Jacobaea vulgaris</i>	Jacobskruiskruid
<i>Leontodon sp.</i>	Leeuwentand
<i>Festuca rubra</i>	Rood zwenkgras
<i>Eryngium maritimum</i>	Blauwe zeedistel
<i>Cerastium semidecandrum</i>	Zandhoornbloem

Discussie

De resultaten laten zien dat zowel in M1 als in M2 de zaadbank nog maar klein is. Dit geldt voor het aantal soorten en ook voor de hoeveelheid zaden per soort. Dit komt overeen met de verwachting. Immers, door het hoog dynamische karakter van het gebied met veel wind en zandverplaatsing, is het waarschijnlijk dat veel zaden niet blijven liggen maar wegwaaien. De resultaten komen ook overeen met de observatie in het veld, dat slechts sinds circa twee jaar de eerste pioniersoorten behorend tot de doelvegetatie H2190B (zoals Krielparnassia) in de diepe delen van de vallei op gang begint te komen.

Naast de zaden zijn ook andere resten gevonden in de monsters. Dit betreft naast mos en konijnenresten ook resten van mariene organismen en metaalspatten. Dat er resten van mariene organismen in het monster te vinden zijn is niet zo verwonderlijk, aangezien het materiaal van de zeebodem op het terrein is gespoten. Waarschijnlijk zijn de metaalspatten afkomstig van de buizen waarin het sediment is getransporteerd tijdens het opspuiten.

Hoewel het aantal soorten en de totale hoeveelheid zaden in de bodemonsters gering is, is het toch de verwachting dat dit een belangrijke basis is voor de vestiging van H2190B doelvegetatie in de diepe delen van de vallei. Het heeft namelijk bijna 10 jaar geduurd (2008 tot 2017) om deze zaadbank aan te leggen, en het is de vraag hoe lang het duurt voordat een nieuwe zaadbank ontstaat na de verdiepingsmaatregel. Het is daarom aan te bevelen om bij het afgraven van de vallei, enkele delen in de diepe delen van de vallei te sparen om zo een deel van de zaadbank intact te laten.

D Bodem-micromorfologisch onderzoek



Kirsten van Kappel

partner by **ARCHEOPRO**

Kustuitbreiding Spanjaards Duin

**Bodem-micromorfologisch
onderzoek**

Kirsten van Kappel

april 2018



Kirsten van Kappel

partner by **ARCHEO**PRO

Kustuitbreiding Spanjaards Duin

Bodem-micromorfologisch onderzoek

Colofon	
Opdrachtgever:	Deltares
Status:	definitief
ISSN:	1569-7363
Auteur:	ir. K. van Kappel; senior bodem-micromorfooloog
Autorisatie:	drs. R. Exaltus; senior bodem-micromorfooloog
© Copyright 2018 ArcheoPro	

Inhoudsopgave

No table of contents entries found.

1 Administratieve gegevens

Soort onderzoek:	Micromorfologisch onderzoek
Provincie:	Zuid-Holland
Gemeente:	Westland
Plaats:	's-Gravenzande
Toponiem:	Spanjaards Duin
 Opdrachtgever:	 Deltares
	Mevrouw S. IJff

2 Inleiding

2.1 Algemeen

In 2008 is voor de kust van Delfland ter hoogte van 's-Gravenzande een nieuw duingebied, genaamd Spanjaards Duin, aangelegd. Dit gebied dient als compensatie van verwachte negatieve effecten van toegenomen stikstofdepositie na in gebruik name van Maasvlakte 2.⁴ Voor 2033 dient 6,1 hectare van dit nieuwe duingebied, als 'Vochtige duinvallei' (Habitatype 2190B) ontwikkeld te zijn.⁵ Natuurlijke vochtige duinvalleien worden gevormd op plaatsen waar jonge duinruggen een strandvlakte afsluiten (primaire duinvalleien) of waar uitstuiving van oudere duinen tot op het grondwater plaatsvindt (secundaire duinvalleien). Randvoorwaarden voor dit duintype zijn:⁶

- Vochtgehalte: Ondiep droogvallend water tot nat
- Zuurgraad: Zwak zuur tot basisch (kalkrijk)
- Voedselrijkdom: Matig voedselrijk tot voedselrijk
- Zoutgehalte: Zoet tot zeer zoet

Chemische-, en fysische effecten zoals verzuring/vermesting door koolstofdioxide en stikstof uit de atmosfeer en verdroging, kunnen deze randvoorwaarden verstoren.

Spanjaards Duin is aangelegd met opgespoten zeebodemzand en heeft andere bodemkenmerken dan die van een natuurlijk gevormde duinvallei. In de afgelopen jaren is de aangelegde duinvallei door de wind (verder) uitgestoven. Hierdoor is in de diepere delen het maaiveld dichtter bij het grondwater gekomen. Desondanks zijn in de periode 2015-2016 helmduintjes ontstaan in de diepe delen van de vallei. Deze ontwikkeling vormt een bedreiging voor het behalen van de compensatie-doelstellingen in 2033. Daarom heeft de Commissie Dagelijks Beheer Duincompensatie (CDBD) in 2017 besloten om maatregelen te treffen. Eén van de maatregelen is mechanische maaiveldverlaging van delen van de vallei.

Om meer inzicht te krijgen in de initiële bodemontwikkeling die is opgetreden sinds 2008, zijn verschillende bodemonderzoeken uitgevoerd waaronder een bodem-micromorfologisch onderzoek. Voor dit onderzoek zijn door Deltares, in de noordelijke vallei van Spanjaards Duin twee locaties (N1.3 (SD1) en PQ13 (SD2)) geselecteerd en bemonsterd (zie afbeelding 1). De insteek voor dit onderzoek is een analyse maken van welke soorten biologische activiteiten er sinds 2008 in de opgeworpen grondmassa opgetreden zijn (zoals doorworteling, graafgangen, schimmeldraden, soorten organisch materiaal, etc), zodat meer inzicht verkregen wordt in de bodemgesteldheid en beoordeeld kan worden of dit aansluit bij de gewenste ontwikkeling van het duingebied.

⁴ Veel, 2017.

⁵ Ijff et al., 2017.

⁶ Synbiosys Alterra, 2017.



Afb.1 Locaties SD1 (boven) en SD2 (onder) (foto: Stéphanie Ijff, Deltares)

2.2 Bemonstering en monsterverwerking

Ten behoeve van dit onderzoek zijn door Deltares twee monsterbakken (10x10x50 cm) geslagen (SD1 en SD2), zie afbeelding 2. Bij het nemen van monster SD2 is de bodem gedeeltelijk weg gezakt, daarom is een tweede monster genomen. Dit monster was wel intact (zie afbeelding 2, rechtse foto). In eerste instantie zouden per bak twee deelmonsters van elk 3 cm breed en 10 cm hoog genomen worden. Op die manier zou uit beide monsterbakken een traject van 20 cm onder de top van de monsterbak bemonsterd worden. Aangezien het te bemonsteren materiaal in de top van de monsterbakken te los was kon deze monsterstrategie niet toegepast worden. Door ArcheoPro is besloten om bredere deelmonsters uit de top van de monsterbakken te nemen. Uit monsterbak SD1 is één deelmonster van 10 cm hoogte en 6 cm breedte genomen en één monster van 10 cm hoogte en 3 cm breedte. Op deze manier is een traject bemonsterd van 2 cm tot en met 22 cm beneden de top van monsterbak SD1. Uit monsterbak SD 2 is één deelmonsters van 10 cm hoogte en 6 cm breedte genomen. Op deze manier is een traject bemonsterd van 2 cm tot en met 12 cm beneden de top van deze pollenbak. De genomen monsters zijn gedurende drie maanden klimaatgedroogd. Het is essentieel dat de monsters rustig gedroogd worden, zodat geen vervorming van het monstermateriaal op kan treden en er geen microstructuren verloren kunnen gaan. Tevens is het van groot belang dat de monsters volledig droog zijn. De polyesteroplossing, waar de monsters mee geïmpregneerd worden, kan namelijk niet in het monster dringen als dit nog vochtig is. Nadat de monsters volledig gedroogd zijn, zijn ze meerdere malen geïmpregneerd met een kleurloze onverzadigde polyesteroplossing. Na deze impregnatie zijn de monsters meerdere malen onder een vacuüm geplaatst om de aceton in de polyesteroplossing te laten verdampen en zo het gehele monster volledig doortrokken te krijgen met polyester. Dit proces duurt ongeveer een maand. Na verdamping van het grootste gedeelte van de aceton uit de polyesteroplossing zijn de monsters door middel van gammaradiatie volledig uitgehard.⁷ Dit traject duurt eveneens ongeveer een maand. Vervolgens zijn van de uitgeharde blokken slijpplaten gemaakt. De slijpplaten met een grootte van 10 x 7 cm (kubiëna-formaat) en een dikte van 25 µm, zijn gemaakt uit de kern van het verharde blok, dit om verstoringen zoveel mogelijk uit te sluiten.⁸ Het vervaardigen van de slijpplaten uit de verharde blokken neemt ongeveer een maand tijd in beslag.

De analyse is uitgevoerd door ir. K. van Kappel (senior bodem-micromorfoloog) en heeft in maart 2018 plaatsgevonden. De slijpplaten zijn geanalyseerd met een polarisatie lichtmicroscop met vergrotingen tot 500 maal. Bij de analyse is gebruik gemaakt van de hiervoor gangbare handboeken.⁹

2.3 Leeswijzer

Met de wetenschap dat de monsters genomen zijn uit antropogeen opgebrachte mariene afzettingen (opgespoten zand), kunnen er karakteristieke bodemeigenschappen onderscheiden worden, die in beide bemonsterde profielen in het plangebied voorkomen en die door antropogene of natuurlijke invloeden aan verandering onderhevig kunnen zijn. De geselecteerde karakteristieken zijn gevoelig voor veranderingen die optreden in de grondmassa als ze blootgesteld worden aan oppervlakteprocessen.

De voor dit onderzoek geselecteerde karakteristieken zijn:

- gelaagdheid
- kalk (ontkalking)
- organisch materiaal (plantenwortels en humusneerslag)
- bodemfauna (graafgangen en vraatsporen)
- in- en uitspoeling

Met behulp van deze karakteristieken zijn laagtypologieën geformuleerd. Een laagtypologie is een karakterisering van een laag die op een of meerdere van bovengenoemde punten afwijkt van een andere laag in hetzelfde profiel.

De resultaten van de analyses zijn weergegeven in schematische overzichtsfiguren waarbij de in elk van de afzonderlijke trajecten onderscheiden verschijnselen als volgt zijn gekwantificeerd.

++	komt veel voor / sterk ontwikkeld
+	komt regelmatig voor / matig ontwikkeld
+/-	komt hier en daar voor / zwak ontwikkeld
-	ontbreekt nagenoeg / hier en daar enigszins zichtbaar
--	volledig afwezig/ niet ontwikkeld

⁷ Deze methode staat beschreven in Bisdom & Schoonderbeek, 1983.

⁸ Deze preparatiemethode staat uitgebreider beschreven in Jongerius & Heintzberger 1975.

⁹ Bullock et al 1985 en Macphail et al 2017.

Vervolgens is een profielfoto opgenomen met daarin de genomen monsters en de onderscheiden lagen. Daarna is een beschrijving gegeven van de aangetroffen verschijnselen met daaropvolgend de interpretatie.

3 Analyseresultaten

3.1 Analyse

Tabel 1.1 Resultaten van de analyse van monsternummers SD1 en SD2

Cm's	Omschrijving	Kalk	Bodem - fauna	Wortel-restanten	SD 1	SD 2	Wortel-restanten	Bodem - fauna	Kalk	Omschrijving
2	Zeer zwak ontwikkelde bodemhorizont	+	--	-			+/-	--	+	Zwak ontwikkelde bodemhorizont
3										
4	Kalkrijk zand	++	--	-			-	--	++	Zwak ontwikkelde bodemhorizont
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										

Legenda

	Zwak ontwikkelde bodem
	Zeer zwak ontwikkelde bodem
	Zand



Afb. 2 De monsterbakken met nummers SD1 (foto links) en SD2 (foto rechts), met daarop afgebeeld in het zwart het voor bodem-micromorfologisch onderzoek bemonsterde deel. De gele lijnen en cijfers representeren de lagen die zijn onderscheiden (fotos: Stéphanie Ijff, Deltares).

3.2 Beschrijving SD1 en SD2

Beschrijving SD1:

Laag 1 2-3 cm –top monsterbak; De grondmassa bestaat uit kalkrijk zand (hoofdzakelijk kwarts). Het zand is vrij uniform en bestaat voor het merendeel uit de korrelgroottes van 150-700 micron (zeer fijn zand tot en met uiterst grofzand). De kalk, hoofdzakelijk bestaand uit schelp(restanten), is in de volgende vormen in de grondmassa aanwezig:

1. Afgeronde fragmenten met een scherpe begrenzing die qua grootte overeenkomen met de hiervoor genoemde zandfracties;
2. Een geringe hoeveelheid afgeronde fragmenten waarvan de randen rafelig en diffuus zijn;
3. Een minimale hoeveelheid fijnkorrelige neerslag tussen en rondom enkele zandkorrels

De grondmassa is gelaagd. De gelaagdheid wordt veroorzaakt door de horizontale oriëntatie van langwerpige schelprestanten. Rondom de enkele zandkorrels zijn zeer dunne huidjes ijzer of humusstof aanwezig. Op een enkele plek in de grondmassa is een wortelrestant aanwezig. De wortelrestanten die overdwars zijn aangesneden hebben een diameter van ongeveer 150 micron. Plantenwortels die in de lengte zijn aangesneden zijn ongeveer 90 micron breed en 425 micron lang. Bij gepolariseerd licht zijn deze wortelrestanten sterk dubbelbrekend.

Laag 2 3-22 cm –top monsterbak; De grondmassa bestaat uit kalkrijk zand (hoofdzakelijk kwarts). Het zand is vrij uniform en bestaat merendeels uit de korrelgroottes van 150-700 micron (zeer fijn zand tot en met uiterst grofzand). De kalk bestaat uit schelp(restanten) die sterk zijn afgerond en een scherpe begrenzing hebben. Qua formaat komen deze kalkdeeltjes overeen met de hiervoor genoemde zandfracties. De grondmassa is gelaagd. De gelaagdheid wordt voornamelijk veroorzaakt door de horizontale oriëntatie van langwerpige schelprestanten. Rondom de zandkorrels zijn zeer dunne huidjes van ijzer-, en stofhumus aanwezig. Op een enkele plek in de grondmassa is een wortelrestant aanwezig. De wortelrestanten die overdwars zijn aangesneden hebben een diameter van ongeveer 150 micron. Plantenwortels die in de lengte zijn aangesneden zijn ongeveer 90 micron breed en 425 micron lang. Bij gepolariseerd licht zijn deze wortelrestanten sterk dubbelbrekend.

Beschrijving SD2:

Laag 1 2-4 cm –top monsterbak; De grondmassa bestaat uit kalkrijk zand (hoofdzakelijk kwarts). Het zand is vrij uniform en bestaat merendeels uit de korrelgroottes van 150-700 micron (zeer fijn zand tot en met uiterst grofzand). De kalk is in de volgende vormen in de grondmassa aanwezig:

De kalk, hoofdzakelijk bestaand uit schelp(restanten), is in de volgende vormen in de grondmassa aanwezig:

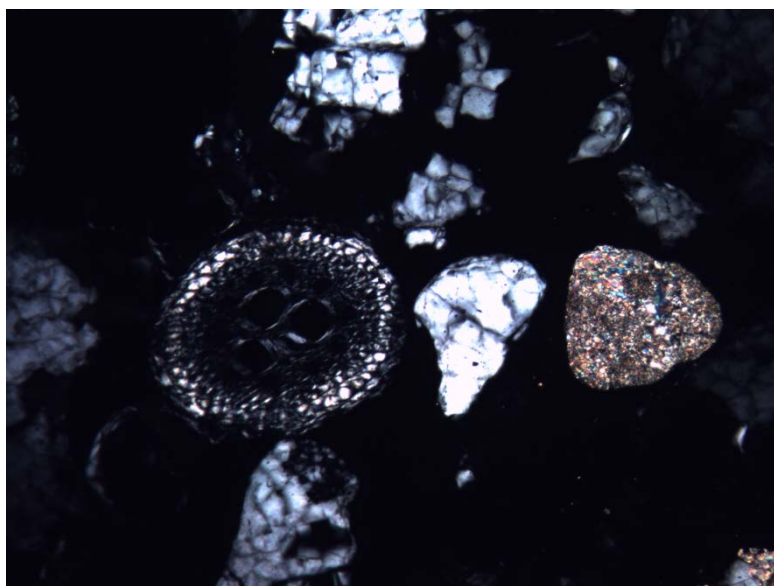
1. Afgeronde fragmenten met een scherpe begrenzing die qua grootte overeenkomen met de hiervoor genoemde zandfracties;
2. Een geringe hoeveelheid afgeronde fragmenten waarvan de randen rafelig en diffuus zijn;
3. Een geringe hoeveelheid fijnkorrelige neerslag tussen en rondom enkele zandkorrels

De grondmassa is gelaagd. De gelaagdheid wordt veroorzaakt door de horizontale oriëntatie van langwerpige schelprestanten. Rondom de meeste zandkorrels zijn zeer dunne huidjes kalk, lutum of ijzer-, en stofhumus aanwezig. Verspreid door de grondmassa zijn enkele wortelrestanten aanwezig. De wortelrestanten die overdwars zijn aangesneden, hebben een diameter van ongeveer 150 micron. De wortelrestanten die in de lengte zijn aangesneden zijn ongeveer 90 micron breed en 425 micron lang. Er is één wortelrestant aanwezig met een lengte van 1,5 cm en een dikte van enkele tienden van een millimeter.

Laag 2 4-12 cm –top monsterbak; De grondmassa bestaat uit kalkrijk zand (hoofdzakelijk kwarts). Het zand is vrij uniform en bestaat merendeels uit de korrelgroottes van 150-700 micron (zeer fijn zand tot en met uiterst grofzand). De kalk bestaat uit schelp(restanten) die sterk zijn afgerond en een scherpe begrenzing hebben. Qua formaat komen deze kalkdeeltjes overeen met de hiervoor genoemde zandfracties. De grondmassa is gelaagd. De gelaagdheid wordt voornamelijk veroorzaakt door de horizontale oriëntatie van langwerpige schelprestanten. Rondom de zandkorrels zijn zeer dunne huidjes van ijzer-, en stofhumus aanwezig. Verspreid door de grondmassa zijn enkele wortelrestanten aanwezig. De wortelrestanten die overdwars zijn aangesneden hebben een diameter van ongeveer 150 micron. Plantenwortels die in de lengte zijn aangesneden zijn ongeveer 90 micron breed en 425 micron lang. Bij gepolariseerd licht zijn deze wortelrestanten sterk dubbelbrekend.

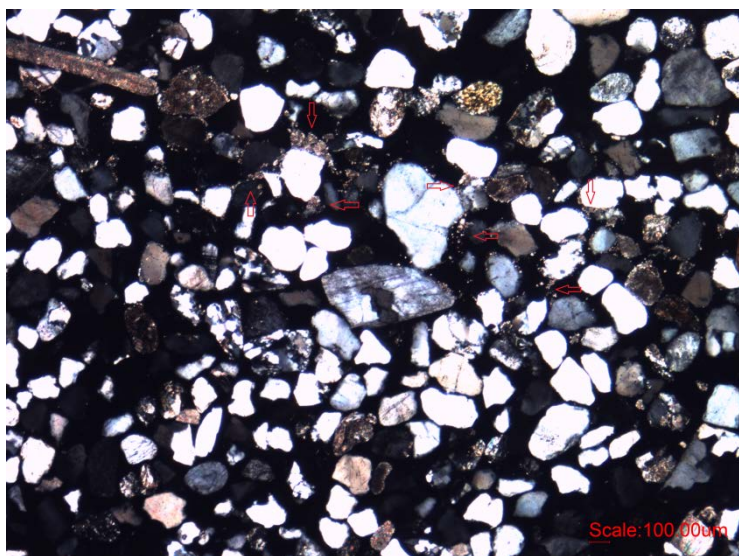
4 Interpretatie SD1 en SD2

In beide monsters bestaat de grondmassa uit een pakket opgespoten kalkrijk zand. Het aanwezige kalk bestaat hoofdzakelijk uit schelp(restanten). Op basis van eerdere uitgevoerde bodemmicromorfologische onderzoeken blijkt dat kalk in duinafzettingen nagenoeg altijd uit schelp(restanten) bestaat.¹⁰ Op beide monsterlocaties heeft (pionier)vegetatie geleid tot een geringe mate van doorworteling. De sterke dubbelbrekende eigenschappen van de wortelresten betekent dat de cellulose hierin nog intact is en er nog nauwelijks enige wortelaafbraak heeft plaatsgevonden (zie afbeelding 3).



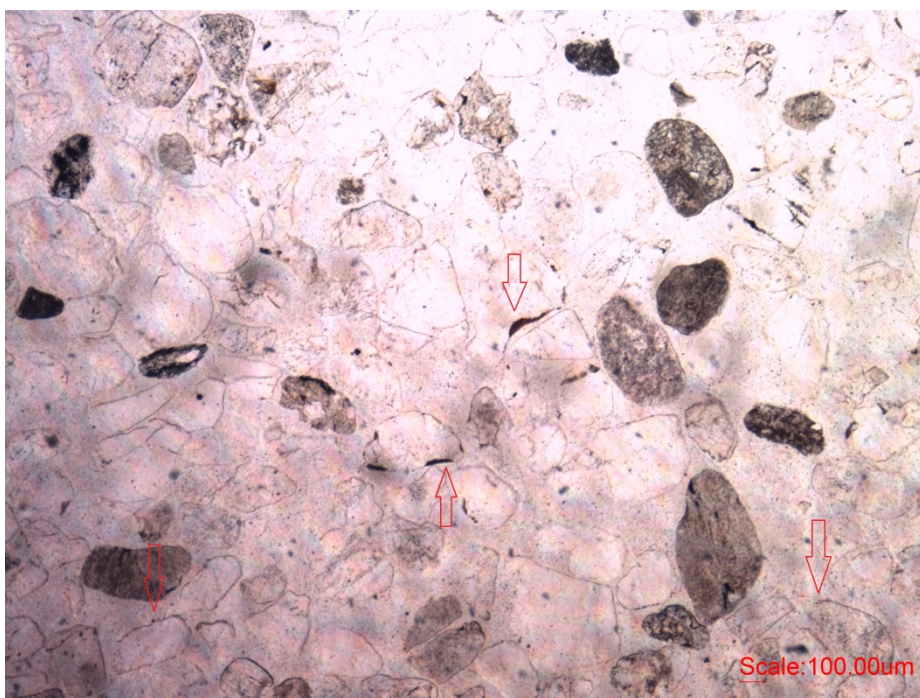
Afb. 3. Grondmassa met daarin een wortelrestant, XPL

Vegetatiegroei gaat vaak gepaard met de activiteit van bodemfauna waarbij plant-, en wortelrestanten worden omgezet tot moder-, en/of stofhumus en homogenisatie van de grondmassa plaatsvindt. Sporen van dierlijke bioturbatie ontbreken echter volledig. Aangezien er nagenoeg geen organisch materiaal aanwezig is, is de monsterlocatie (nog) niet aantrekkelijk voor bodemfauna. De horizontale gelaagdheid van de grondmassa is hierdoor ook nog volledig intact. De beginnende bodemvorming is vooralsnog beperkt tot een geringe verwerking van de aanwezige schelp(restanten) in de top van de bemonsterde profielen (laag 1), een minimale mate van uit- en inspoeling van ijzer-, en stofhumus en een geringe mate van doorworteling (zie afbeelding 4 en 5).



Afb. 4 Grondmassa met daarin verweerde kalk (rode pijlen), XPL

¹⁰ Van Kappel, 2011 en 2015 ; Exaltus, 2012.

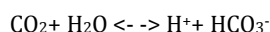


Afb. 5. Grondmassa met enkele ijzer-, humuscoatings rondom de zandkorrels, PPL

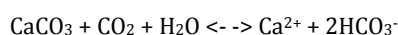
In monster SD2 is de verwerking van kalk sterker en tot een dieper niveau onder de top van de monsterbak opgetreden dan in monster SD1 het geval is. Verwerking van kalk is afhankelijk van de volgende factoren: ¹¹

- Jaarlijkse neerslag minus evapotranspiratie;
- Temperatuur;
- pH;
- natuurlijke verzuring door CO₂ concentratie in de bodematmosfeer door micro-organismen en/of plantenwortels bij pH hoger dan 5.

Monsters SD1 en SD2 zijn beide afkomstig uit het noordelijke deel van de duinvallei. De punten a tot en met c zullen op beide locaties dan ook (nagenoeg) gelijk en van vergelijkbare invloed zijn op de mate van ontkalking. De activiteit van micro-, en bodemfauna op de afbraak van kalkdeeltjes speelt geen rol aangezien aanwijzingen voor dierlijke bioturbatie in beide monsters volledig ontbreken. Monster SD2 bevat meer wortelrestanten dan monster SD1. Het is zeer waarschijnlijk dat de concentratie CO₂ in monster SD2 dan ook hoger zal zijn dan die van monster SD1. Aangezien CO₂ leidt tot verzurende omstandigheden in de bodem, kan dit een verklaring zijn voor de sterkere verwerking van de kalk in monster SD2. Deze natuurlijke verzuring treedt met name op door het niet gesloten zijn van de koolstofkringloop, waardoor basen, zoals calcium en magnesium, samen met bicarbonaten of organische anionen uitspoelen naar het grondwater. ¹² Fotosynthese gevolgd door mineralisatie is het belangrijkste mechanisme waardoor CO₂ vanuit de atmosfeer naar de gasfase van de bodem wordt verplaatst. Bij voldoende hoge pH (pH>5) lost een deel hiervan op in water en vormt carbonzuur, wat door dissociatie deels uit een valt in bicarbonaat (HCO₃⁻) en zuur (H⁺) volgens reactie:



Carbonzuur is een zogenaamd zwak zuur. Dat betekent dat er meer H⁺ ionen worden afgesplitst naarmate de pH toeneemt. Daaruit volgt dat de vorming van zuur door dissociatie van CO₂ vooral van belang is in kalkrijke gronden met een hoge pH. De zuurproductie wordt in die gronden genaturaliseerd door het oplossen van kalk volgens reactie:



¹¹ Van Breemen en Buurman, 2002.

¹² Breeuwsema en De Vries 1984.

5 Conclusie en Discussie

In Spanjaards Duin, aan de Delflandse kust, 's Gravenzande, heeft in 2008 een kustuitbreiding plaatsgevonden, waarin in 2033 een “vochtige duinvallei”, gerealiseerd moet zijn. Door Deltares zijn in de noordelijke vallei van dit duingebied twee locaties (N1.3 (SD1) en PQ13 (SD2)) geselecteerd en bemonsterd, die vervolgens door ArcheoPro bodem-micromorfologisch onderzocht zijn. De insteek voor dit onderzoek was om een analyse te maken van welke soorten biologische activiteiten er sinds 2008 in de opgebrachte grondmassa opgetreden zijn (zoals doorworteling, graafgangen, schimmeldraden, soorten organisch materiaal, etc), zodat meer inzicht verkregen wordt in de bodemgesteldheid en beoordeelt kan worden of dit aansluit bij de gewenste ontwikkeling van het duingebied.

Op basis van dit onderzoek kan geconcludeerd worden dat er sprake is van minimale/beginnende bodemvorming. De beginnende bodemvorming is in beide monsters vooralsnog beperkt tot een geringe mate van doorworteling (pioniervegetatie), een geringe verwerking van de aanwezige schelp(restanten) in de top van de bemonsterde profielen en minimale uit- en inspoeling van ijzer-, en stofhumus. Gezien het korte tijdsbestek (ca. 10 jaar) waaraan de top van het opgebrachte sediment aan bodemvormende processen blootgesteld heeft gestaan, is dit vanuit bodemkundig en ecopedologisch opzicht in lijn der verwachting. Op basis van dit onderzoek kan dan ook vastgesteld worden dat, op moment van schrijven, de randvoorwaarden met betrekking tot de voedselrijkdom en zuurgraad voor een vochtige duinvallei optimaal zijn.

Organisch materiaal is minimale mate aanwezig. Vegetatiegroei gaat vaak gepaard met de activiteit van bodemfauna maar is in beide monsters niet aanwezig. Het ontbreken van deze activiteit hangt samen met het relatief ‘jonge’ stadium (pioniersfase) waarin de ontwikkeling van vegetatie zich bevindt. Activiteit van bodemfauna hangt sterk samen met de hoeveelheid organisch materiaal in de bodem. Aangezien er nagenoeg geen organisch materiaal aanwezig is, is de monsterlocatie (nog) niet aantrekkelijk voor bodemfauna. Het korte tijdsbestek waaraan de top van het opgebrachte sediment aan bodemvormende processen blootgesteld heeft gestaan (ca. 10 jaar), in combinatie met de relatief ‘arme’ mineralogische samenstelling van het sediment (voornamelijk kwarts en kalk) en de aan-, en afvoer van door de wind verplaatst materiaal, zijn allen factoren die van invloed zijn op de minimale ontwikkeling van de vegetatie. Op de foto's (zie afbeelding 2), is te zien dat in de directe omgeving van monsterlocatie SD1, in tegenstelling tot monsterlocatie SD2, helemaal geen vegetatie aanwezig is. In de slijpplaten is dit terug te zien in de hoeveelheid aanwezige wortelrestanten. Deze zijn in monster SD1 minder talrijk dan in SD2. Aangezien er tussen beide monsters geen verschil zit in het moedermateriaal en de tijdsduur waaraan beide monsters blootgesteld hebben gestaan aan oppervlakteprocessen, zal het verschil in de doorworteling/vegetatieontwikkeling naar alle waarschijnlijkheid veroorzaakt worden door een verschil in (micro)topografie en/of (micro)klimaat.

In de top van beide monsters is hier en daar enige verwerking van schelp(restanten), gepaard gaande met precipitatie van secundaire kalk opgetreden. In monster SD2 is deze verwerking sterker dan in SD1. De aanwezigheid van meer wortels in monster SD2 zorgt voor een hogere CO₂ concentratie waardoor meer H⁺ ionen vrijkomen en kalk zal oplossen. Van verzuring is echter geen sprake aangezien er nog voldoende kalk aanwezig is in het sediment om de zuurproductie te naturaliseren. Gezien de minimale verwerking van kalk in de afgelopen 10 jaar, de aanzienlijke hoeveelheid kalk die in het sediment aanwezig is en de relatief trage ontwikkeling van vegetatiegroei, zal het nog een flink aantal jaren duren alvorens de pH in de toplaag zal gaan dalen.

Verwacht wordt dat de vegetatie zich in de loop der jaren sterker zal ontwikkelen en hiermee de activiteit van bodemfauna op gang zal komen. De snelheid waarmee kalk zal verwerken, zal door deze ontwikkelingen toenemen. Het is dan ook aan te bevelen om beide monsterlocaties te monitoren. Parameters die van belang zijn om te monitoren, zijn; vegetatie(ontwikkeling), biologisch activiteit door bodemfauna, kalkgehalte en pH.

Het voornemen om later dit jaar een deel van het gebied mechanisch te verdiepen, zal in bodemkundig en ecopedologisch opzicht geen nadelige gevolgen hebben voor het gestelde natuurdoeleinde in 2033. Na afgraven, zal het maaiveld dicht bij het grondwater komen te liggen wat naar verwachting een gunstig effect zal hebben op de ontwikkeling van het vegetatietype dat hoort bij een “vochtige duinvallei”. Bioturbatie door bodemfauna zal door de natte-, en vrijwel zuurstofloze condities (nagenoeg) niet opgang komen waardoor humusvorming tot een minimum beperkt blijft. Dit is een gewenst effect aangezien voedselarme omstandigheden één van de vereiste parameters is voor het habitattype “vochtige duinvallei”. Tevens zal ontkalking tot een minimum beperkt blijven doordat de bodem, door de maaiveldsverlaging, nagenoeg altijd waterverzadigd zal zijn.

Literatuur

Breemen, N., van en P. Buurman, 2002. *Soil Formation*. Wageningen.

Breeuwsma, A & W. de Vries, 1984. *Gevolgen van de zure regen voor de bodem, 2: aandeel in de bodemverzuring in Nederland*. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering. Stiboka rapport 1787.

Bisdom, E.B.A. & D. Schoonderbeek, 1983. *The characterization of the shape of mineral grains in thin sections of soils by Quantimet and BESI*. Geoderma. 30, 303 - 332.

Bullock, P., N. Federoff, A. Jongerius, G.J. Stoops & T. Turstina, 1985. *Handbook for thin section description*. Wolverhampton.

Exaltus, R.P. in Halverstad, R.N., 2012: *Zijdepark te Leidschendam*. Amersfoort (ADC-rapport 2616).

Jongerius, A. and Heintzberger, G., 1975. *Methods in soil micromorphology; a technique for the preparation of large thin sections*. Soil survey papers 10., Soil Survey Institute, Wageningen, The Netherlands.

Stoops, G.J., 2003: *Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections*. Wolverhampton.

Macphail, R.I. & P. Goldberg, 2017. *Applied Soils and micromorphology in archaeology*. Cambridge university press, Cambridge.

Veel, P. 2017. *Jaarverslag beheer Spanjaards Duin 2016; Ontwikkeling Duincompensatie Delfland 2009-2016*. Arens Bureau voor Strand- en Duinonderzoek, Artesia Water Research Unlimited.

Van Kappel, K in Feijst, L.M.B. van der, 2011: *Westland Naaldwijk Hoogeland Proefsleuvenonderzoek*. Amersfoort

Van Kappel, K in Houkes, R.A., 2015: *Een akker op de strandwal*. Amersfoort
