



NOTA VERDERE VERWERKING

Rapport paleo-ecologie 2022-14

ANALYSE PALYNOLOGIE, MACROBOTANIE EN MOLLUSKEN, ¹⁴C-DATERING EN
MICROMORFOLOGIE

OOSTDUINKERKE POLDERSTRAAT (2021A198)

LUC ALLEMEERSCH, STORME ANNELIES, JUDIT DEÁK, JARI MIKKELSEN



© 2022 GATE BV, VENECOLAAN 52M

9880 AALTER

INHOUDSTAFEL

INHOUDSTAFEL	1
1. Inleiding.....	2
2. Materiaal.....	3
1 Methode	4
1.1 Methode palynologische analyse	4
1.2 Methode macrorestenanalyse (botanische macroresten en mollusken)	5
1.3 ¹⁴ C-datering	6
1.4 Micromorfologie	6
2 Resultaten analyse.....	7
2.1 Palynologische analyse	7
2.2 Macrobotanische analyse	9
2.3 ¹⁴ C-datering	11
2.4 Micromorfologie	11
3 Besluit analyses.....	12
4 Bibliografie	13
5 Bijlage	14

1. INLEIDING

In 2020 werd door GATE Archaeology een landschappelijk booronderzoek uitgevoerd te Oostduinkerke-Polderstraat (2020L35, Vergauwe and Lalloo 2020). Daarbij werd een bodem aangetroffen in de top van een pakket getijdengeulafzettingen. In de loop van de (late) middeleeuwen werd deze bodem overstoven met duinzand. Bij het daarop volgende proefsleuvenonderzoek (2021A198) door GATE Archaeology werd deze bodem bemonsterd in pollenbakken en bulkstalen. In het programma van maatregelen (Deconynck et al. 2021) werd een strategie geadviseerd voor de paleo-ecologische en bodemkundige uitwerking van deze stalen. In navolging van dat advies werd in een eerste stap het paleo-ecologisch potentieel van twee bodemhorizonten bepaald aan de hand van assessments van diatomeeën, pollen en macroresten. Dit assessment toonde aan dat er geen diatomeeën bewaard zijn. Pollen was goed bewaard in twee van de drie geteste niveaus en wijst op een vrij gelijkaardige vegetatiesamenstelling in beide organische lagen. Macroresten waren niet overvloedig aanwezig maar wel voldoende bewaard voor een beschrijving van de vegetatie ter plaatse. Er is ook voldoende materiaal voor een relevante ¹⁴C-datering op basis van zaden/vruchten van terrestrische planten. Ten slotte werden ook mollusken gevonden in de zeefresidu's. Op basis van deze resultaten werden twee pollenanalyses, twee macrorestenanalyses (incl. plantenresten en mollusken) en twee ¹⁴C-dateringen geadviseerd. Dit rapport is het verslag van deze analyses, aangevuld met micromorfologisch onderzoek van dezelfde begraven bodem, zoals opgenomen in het programma van maatregelen (Deconynck et al. 2021).

Palynologisch onderzoek omvat de studie van pollen, sporen en andere microfossielen met een organische wand. Planten produceren grote hoeveelheden pollen (zaadplanten) of sporen (sporenplanten) die door wind, water of dieren verspreid worden en zo in afzettingen terecht kunnen komen. Dankzij de resistente wand kunnen deze microscopische resten, samen met bijvoorbeeld resten van schimmels en algen, lange tijd in de ondergrond bewaard blijven op voorwaarde dat de afzetting afgesloten is van zuurstof. Niet alleen de vegetatie in de omgeving wordt weerspiegeld, maar ook het leven in en op de bodem zelf. Zo kunnen mestschimmels een aanwijzing zijn voor de aanwezigheid van vee; pollen van gewassen kunnen afkomstig zijn van landbouw of bewoning.

Botanische macroresten omvatten voornamelijk zaden en vruchten. Indien deze resten na afzetting (zo goed als) ononderbroken onder de watertafel blijven liggen, kunnen ze gedurende eeuwen en zelfs meerdere millennia goed tot zeer goed bewaard blijven. Dit is vaak het geval in waterverzadigde opvullingen van natuurlijke depressies of menselijke structuren en in sommige gevallen ook bodems – op voorwaarde dat ze vochtig genoeg bleven. Door te bepalen van welke plantentypes deze resten afkomstig zijn, kan de lokale vegetatie op de bemonsterde locatie gereconstrueerd worden. Als het gaat om het herkennen van gewassen, bieden macroresten meer taxonomisch detail dan pollen.

Mollusken omvatten onder andere bivalven (tweekleppigen) en gastropoden (slakken). De schelpen van deze weekdieren kunnen lang bewaard blijven op voorwaarde dat er geen ontkalking van de bodem plaatsvindt. De studie van deze schelpen uit zeefresidu's laat toe om het leefmilieu van de mollusken te achterhalen op basis van hun voorkeuren voor water of land, zoet of zout, stromend of stilstaand water, etc.

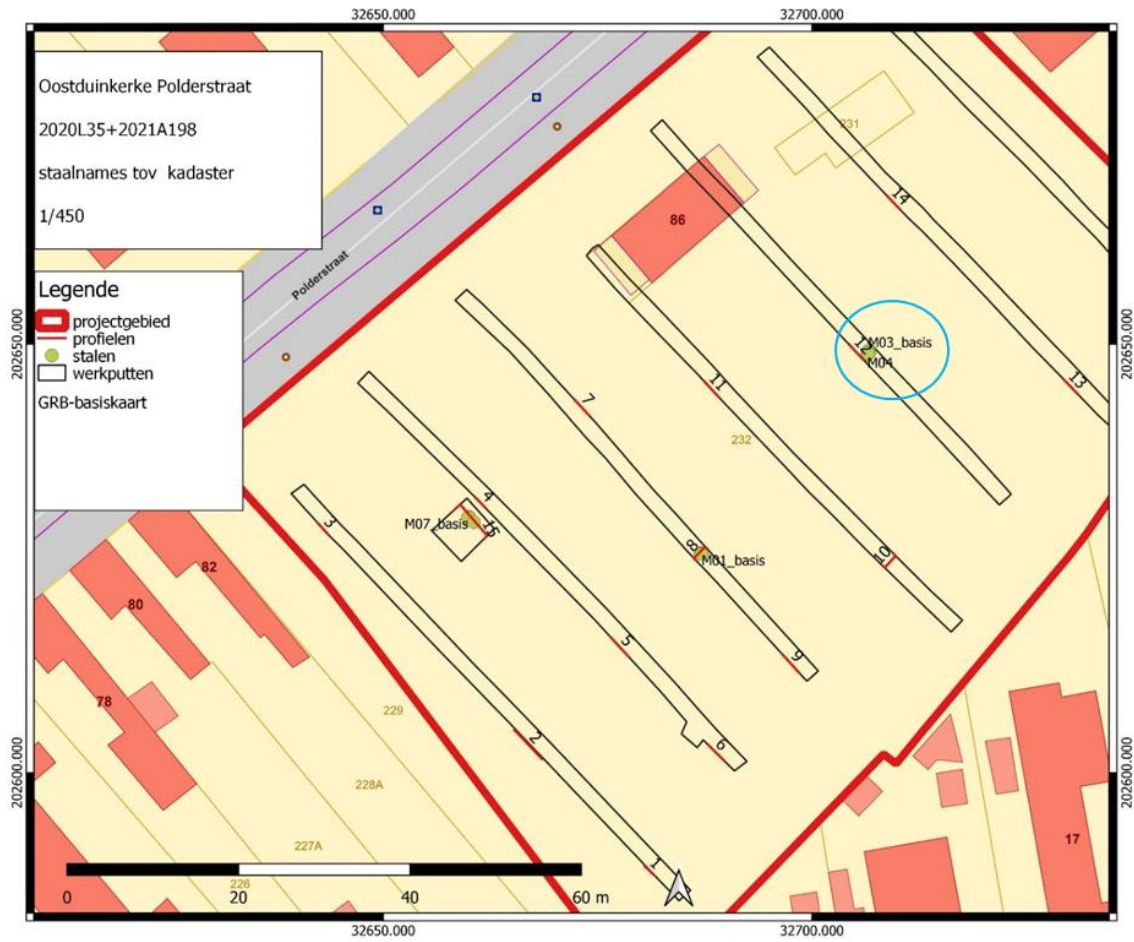
Micromorfologie betreft gedetailleerd onderzoek van bodemmateriaal op microscopisch niveau. Hiertoe worden uit onverstoorde bodemmonsters slijpplaten gemaakt die onder een microscoop onderzocht kunnen worden. Dit kan antwoord geven op een breed scala van vragen met betrekking tot de samenstelling en genese van (archeologische) afzettingen. Zo

kan worden bepaald welke vormen van (natuurlijke) bodemvorming hebben plaatsgevonden en kunnen allerlei antropogene invloeden worden herkend zoals grondbewerking, betreding, stookactiviteiten e.d.

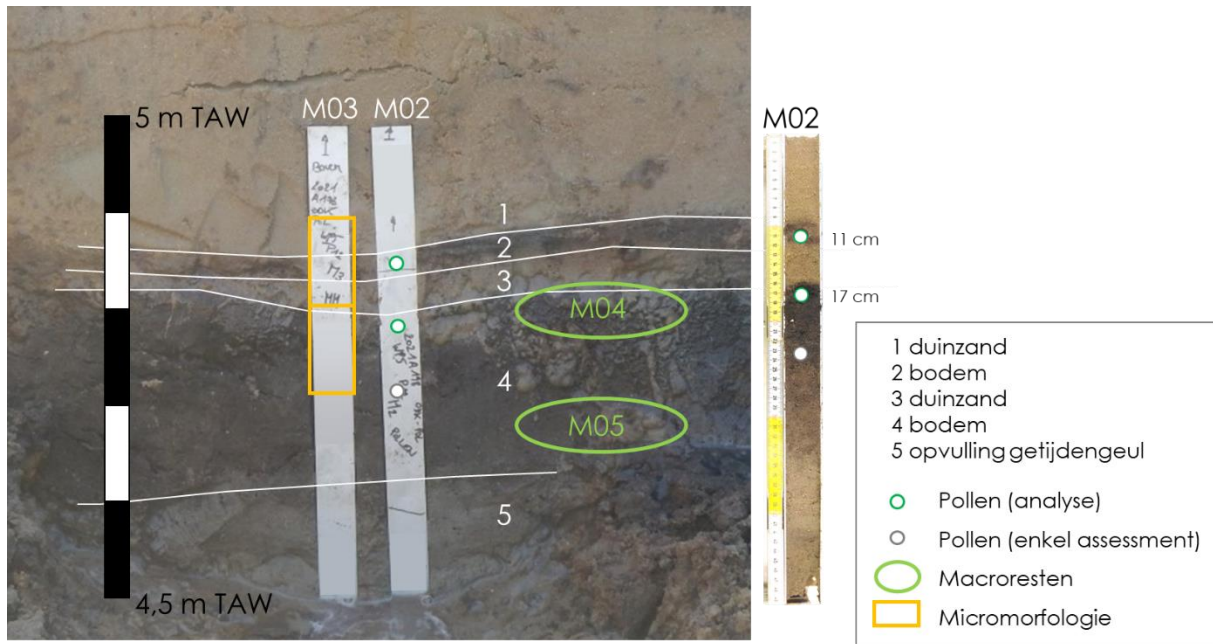
Het doel van deze analyses is om het ontstaan van de beide opeenvolgende bodemhorizonten te reconstrueren wat betreft milieu, vegetatie en landgebruik en een datering te geven van de verschillende fasen.

2. MATERIAAL

Het geanalyseerde materiaal is afkomstig uit profiel 12 in werkput 5 (Figuur 1). In dit profiel worden twee organische lagen onderscheiden (laag 2 en 4, Figuur 2), met daartussen een dun laagje duinzand (laag 3). De onderste organische laag (laag 4) werd in het veld geïnterpreteerd als een bodem die zich ontwikkelde in de top van de onderliggende geulafzettingen (laag 5) en de bovenste organische laag (laag 2) als een bodem in de top van de dunne laag duinzand (laag 3). Het geheel werd vervolgens afgedekt door een dik pakket duinafzettingen (laag 1). Deze dubbele bodem werd bemonsterd door middel van twee parallelle pollenbakken (M02 en M03, Figuur 2) en uit laag 4 werden twee bulkstalen verzameld in 10l-emmers (M04 en M05, Figuur 2, Tabel 1: Substalen voor analyse en datering (zie ook Figuur 2)). De geanalyseerde pollenstalen zijn genomen uit pollenbak M02: één uit de top van laag 4 en één uit laag 2 (Figuur 2, Tabel 1: Substalen voor analyse en datering (zie ook Figuur 2)). De slijpplaten voor micromorfologisch onderzoek zijn gemaakt van materiaal uit pollenbak M03 en omvatten respectievelijk laag 1-2-3 en laag 3-4 (Figuur 2, Tabel 1: Substalen voor analyse en datering (zie ook Figuur 2)).



Figuur 1: Kaart met locatie van de staalnames (Deconynck et al. 2021).



Figuur 2: Profiel 12 en pollenbak M02 met positie van de geanalyseerde (sub)stalen.

Tabel 1: Substalen voor analyse en datering (zie ook Figuur 2).

Profiel	Doel	Staal	Laag	Diepte in pollenbak	Hoogte	Labonummer	
WP5 - P12	Palynologische analyse	Pollenbak M02	L2	11 cm	4,91 m TAW	GAP 190	
			L4	17 cm	4,85 m TAW	GAP 191	
	Macrorestenanalyse + 14C-datering	Bulkstaal M04	L4			4,84 m TAW	
				Bulkstaal M05			4,63 m TAW
	Micromorfologie	Pollenbak M03	L1-2-3	6-15 cm	4,96-4,87 m TAW	TS_41.882	
			L3-4	15-24 cm	4,87-4,78 m TAW	TS_41.883	

1 METHODE

1.1 Methode palynologische analyse

De geselecteerde substalen werden in het labo voor Paleontologie van de Universiteit Gent behandeld volgens de standaardprocedure voor pollenpreparatie (Moore et al. 1991), inclusief acetolyse en oplossing in waterstoffluoride. Tijdens de preparatie werd aan ieder monster een gekende hoeveelheid *Lycopodium*-sporen toegevoegd om na telling de pollenconcentratie voor ieder geanalyseerd niveau te kunnen inschatten.

De geprepareerde residu's werden bekeken met een lichtmicroscop op 400x vergroting. Van de residu's werden microscoppreparaten gemaakt, die bekeken werden onder een lichtmicroscop op 400x vergroting. Alle palynomorfen, inclusief pollen, sporen en non-pollen palynomorfen (Moore et al. 1991; Beug 2004; Shumilovskikh 2020) werden geteld, tot een totaal van 400 pollenkorrels bereikt werd.

De getelde taxa (pollen, sporen, non-pollen palynomorfen) worden uitgedrukt als percentage van de pollensom, i.e. alle pollenkorrels van niet-aquatische planten (**AP**: *arboreal pollen* of stuifmeel van bomen en struiken & **NAP**: *non-arboreal pollen* of stuifmeel van kruiden). Verder werd de **pollenconcentratie** berekend op basis van het aantal getelde *Lycopodium*-sporen. De **kwaliteit van bewaring** werd geëvalueerd door een steekproef van 10 korrels te scoren op een schaal van 1 (zeer slecht) tot 5 (uitstekend) en hiervan het gemiddelde te berekenen. Deze gegevens (percentages, concentratie, bewaring) worden voorgesteld in een **pollendiagram** met behulp van TILIA software (Grimm 2015).

1.2 Methode macrorestenanalyse (botanische macroresten en mollusken)

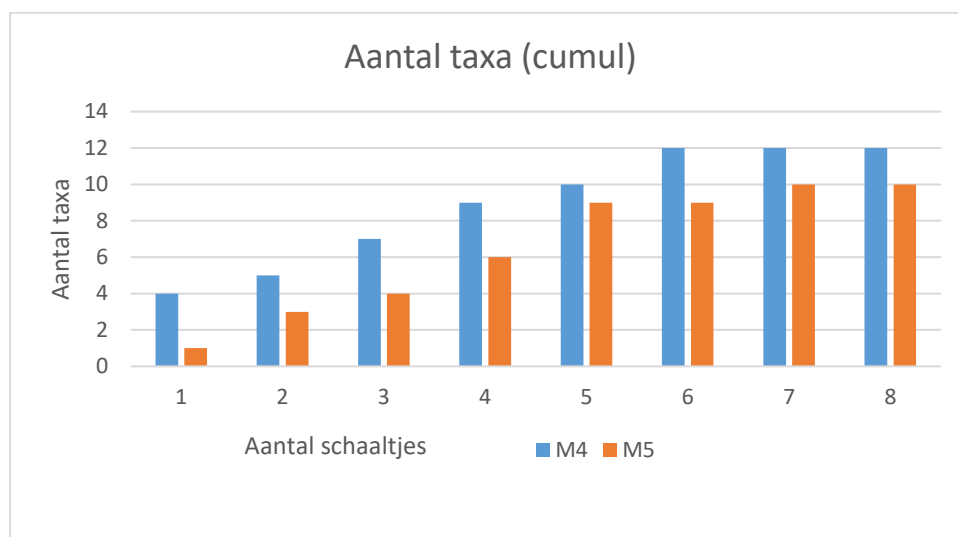
De macrorestenmonsters werden gezeefd met kraantjeswater onder lage druk op zeven van **2 mm** en **0,5 mm**. Het achtergebleven materiaal van beide zeven is verder onder binoculair bekeken: dit van 2 mm met 8 x vergroting en dit van 0,5 mm met 10 x vergroting. Herkenbare, botanische macroresten en mollusken werden uitgeraapt en het aantal taxa en exemplaren per monster werd genoteerd.

Voor de **determinatie** van **zaden en vruchten** is gebruik gemaakt van de 'Digitale Zadenatlas' (Cappers et al. 2012) en de 'synantropie flora van de *Niederrhein*' (Knörzer 2009). Voor bepaalde moeilijke groepen werden atlanten van families of andere groepen aangewend: voor Cyperaceae (zeggenfamilie) Nilsson and Hjelmquist (1967) en Berggren (1969), voor Poaceae (grassenfamilie) (Körber-Grohne 1964). Er is ook gebruik gemaakt van een collectie van recente zaden en vruchten, aanwezig bij GATE.

Voor de determinatie van de **mollusken** is gebruik gemaakt van Jansen & de Vogel (1965); Devriese et al. (1992) en Vilvens et al. (2008). Bij het tellen van mollusken hebben we ons beperkt tot de fractie groter dan 2 mm. Bij de kleinere fractie hebben we ofwel met fragmenten ofwel met juvenielen te maken, die niet tot op de soort kunnen bepaald worden.

Voor de naamgeving (zowel de wetenschappelijke namen als de Nederlandse) is nomenclatuur van de Belgische flora overgenomen (Lambinon et al. 2008).

Bij beide stalen werd alle materiaal, grover dan 2 mm onderzocht. Voor de fractie tussen 2 mm en 0,5 mm zijn er 8 schaaltes (Ø 9 cm) onderzocht. Vanaf 6 à 7 schaaltes zijn er nog weinig nieuwe taxa bij gevonden (zie Figuur 3).



Figuur 3: Aantal taxa (cumulatief) per petri-schaaltje voor M4 en M5.

Voor de indeling is hier gekozen voor ecologische soortengroepen (Runhaar et al. 2004). Met behulp van ecologische soortengroepen wordt beschreven welke plantensoorten binnen de **ecotooptypen** voorkomen. De ecologische soortengroepen corresponderen met de verschillende ecotooptypen en worden met dezelfde codes aangeduid. Ecotooptypen worden gedefinieerd als combinaties van kenmerkklassen. De legende van deze ecotooptypen staat in tabel 2.

Tabel 2: Legende bij de soortengroepen (Runhaar et al. 2004).

Hoofdletter	Eerste cijfer	Tweede cijfer	Suffix
Vegetatietype	Vochttoestand	Voedselrijkdom/ zuurtegraad	Aanvulling
H bos en struweel	2 nat	1 voedselarm zuur	kr kalkrijk (bas)
G gesloten korte vegetatie	4 vochtig	2 voedselarm zwak zuur	tr betreden
P soorten van pioniervegetaties	6 droog	3 voedselarm basisch	b brak
R ruigte		7 matig voedselrijk	
V veen		8 zeer voedselrijk	
W watervegetaties			

De **hoofdletter** verwijst naar de **vegetatiestructuur**. Het **1^e cijfer** verwijst naar de **vochttoestand** en het **2^e cijfer** naar de **voedselrijkdom en zuurtegraad**. Uitzonderlijk kan er nog een prefix of suffix aan toegevoegd worden. Zo verwijst het ecotooptype G47 naar een gesloten, korte vegetatie (G) op een vochtige (4), matig voedselrijke (7) bodem. Het ecotooptype P48tr verwijst naar een pioniervegetatie (P) op een vochtige (4), zeer voedselrijke (8) betreden bodem (tr). Planten kunnen in meer dan één ecotooptype regelmatig voorkomen. Er is hier

gekozen voor het type waar een bepaalde plant het meest in voorkomt. Meestal zijn het ook ecotooptypen die dicht bij elkaar aansluiten.

1.3 ¹⁴C-datering

Uit de twee macrobotanisch geanalyseerde bulkstalen werd materiaal geselecteerd voor datering. De voorkeur ging naar verkoolde zaden maar die werden niet gevonden. Daarom werd overgeschakeld op niet-verkoold materiaal. Het dateerbaar materiaal werd ingediend bij het KIK voor AMS ¹⁴C-datering. De resulterende ouderdommen werden gekalibreerd met Oxcal 4.4 (Bronk Ramsey 2009) op basis van de IntCal 20 kalibratiecurve (Reimer et al. 2020).

1.4 Micromorfologie

Voor de methoden gebruikt bij het micromorfologisch onderzoek verwijzen we naar het verslag in Bijlage 2.

2 RESULTATEN ANALYSE

2.1 Palynologische analyse

De resultaten van de palynologische analyse van de twee geselecteerde niveaus wordt grafisch weergegeven in een pollendiagram (Figuur 4) en in tabelvorm in bijlage.

Zoals het assessment reeds aangaf, is de **bewaring** in beide geanalyseerde niveaus eerder goed. De **pollenconcentratie** is matig in het onderste niveau en laag in het bovenste niveau. Ook de houtskoolconcentratie is eerder laag.

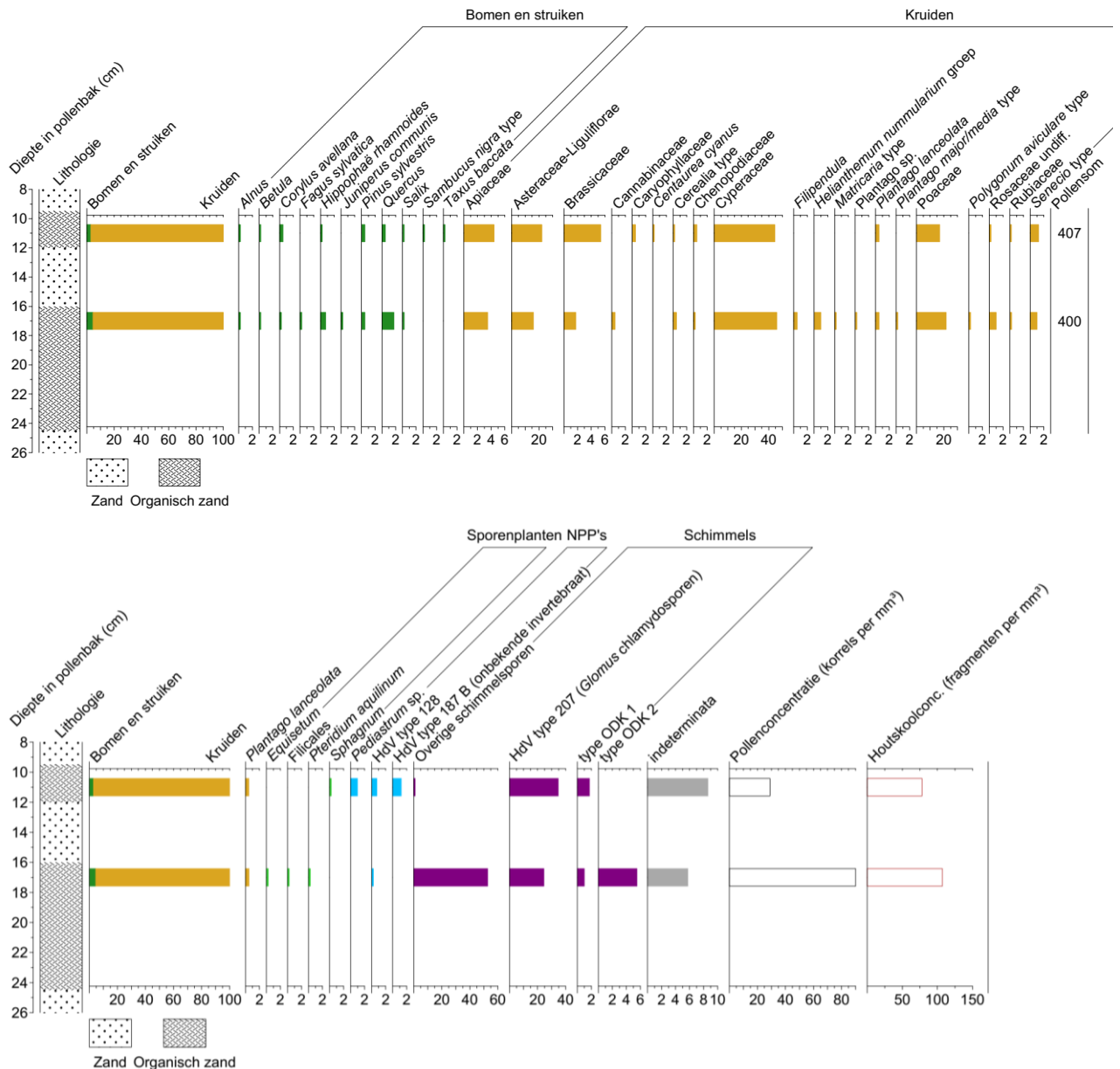
Beide pollenspectra vertonen met 3 à 5% zeer lage waarden voor het AP (**boompollen**). De variatie aan bomen en struiken is wel redelijk groot. Het gaat enerzijds om boompollen dat afkomstig is uit de bredere regio: *Alnus* (els), *Betula* (berk), *Corylus* (hazelaar), *Fagus* (beuk), *Pinus* (den) en *Quercus* (eik) maakten deel uit van de bossen in de zandstreek. Anderzijds gaat het om pollen van struiken die in de nabije omgeving van de site gegroeid kunnen hebben: *Hippophae rhamnoides* (duindoorn), *Juniperus communis* (jeneverbes) en *Sambucus nigra* (gewone vlier) type zijn struiken die geassocieerd worden met duinen. *Taxus baccata* (taxus) kwam voor zover bekend niet meer voor in de kustvlakte tijdens de middeleeuwen. Deze korrel is hoogstwaarschijnlijk herwerkt uit het Midden-Holocene kustveen.

Bij de **kruidentaxa** is eveneens een grote variatie te zien, met de hoogste waarden voor Cyperaceae (cypergrassenfamilie). Deze familie omvat vooral taxa van vochtige tot natte bodems, meestal met voorkeur voor zoet water, maar ook enkele soorten die groeien in brak of zout milieu. De hoge percentages (ca. 45%) doen vermoeden dat cypergrassen de lokale vegetatie domineerden tijdens de bodemvorming of afzetting van de organische lagen. Daarnaast kwamen ook Asteraceae-Liguliflorae (lintbloemigen) en Poaceae (grassen) veelvuldig voor met ca. 20%. Apiaceae (schermbloemigen) en Brassicaceae (kruisbloemigen) zijn vertegenwoordigd met 2-5%. Bij deze pollentypes kan meestal geen verder onderscheid gemaakt worden binnen de familie, dus het is niet duidelijk om welke soorten het gaat. Vermoedelijk kwamen deze kruiden ook voor in de lokale vegetatie, in de drassige zone die door cypergrassen gedomineerd werd en/of in de nabije duinen, waar ook het pollen van o.a. duindoorn vandaan komt. In alle genoemde families komen ook zoutminnende soorten voor, maar er werden geen obligate halofyten gevonden.

Bij de taxa die in lage percentages voorkomen, zien we enkele pollentypes die kunnen wijzen op landbouw: de Cannabaceae-familie omvat *Humulus lupulus* (hop) en *cannabis sativa* (hennep). Die laatste werd gekweekt voor de vezels, waarvan touw gemaakt werd. Cerealia (graan) type pollen kan afkomstig zijn van graan, maar ook van enkele wilde grassoorten. *Centaurea cyanus* (korenbloem), een plant die vanaf de middeleeuwen in onze streken voorkomt als onkruid in graanakkers, is eveneens een indicator van landbouw.

Verder zijn er enkel kruiden die vaak geïnterpreteerd worden als indicatoren van menselijke verstoring (vb. Senecio type; Polygonum aviculare type; Chenopodiaceae), maar die ook soorten van brakke tot zoute milieus omvatten (vb. respectievelijk *Aster tripolium* (zulte); *Polygonum maritimum* (strandvarkensgras); *Tripolium* (melde), *Salicornia* (zeekraal)).

Er werden geen pollen van **waterplanten** gevonden. Wel werden er enkele exemplaren van *Pediastrum* en Type HdV-128 gevonden, beide **algen** die wijzen op zoet water. Behalve deze enkele microfossielen van zoetwateralgen, zijn er in de pollenspectra geen elementen die een eenduidige indicatie geven van het zoutgehalte. Aangezien de zoetwateralgen ook herwerkt zouden kunnen zijn, kunne we dus geen uitsluitel geven over eventuele zoutwaterinvloed.



Figuur 4: Procentueel pollendiagram van de pollenspectra uit laag 2 en laag 4 in het bodemprofiel te Oostduinkerke Polderstraat.

Verder werden bij de **non-pollen palynomorfen** grote hoeveelheden gevonden van Type HdV-207. Dit zijn chlamydosporen van de *Glomus*, een arbusculaire mycorrhiza. Dit zijn schimmels die in de bodem leven en via boomvormig vertakte schimmeldraden verbonden zijn met plantenwortels. Zij leven in symbiose met de gastheer. In de geanalyseerde stalen gaat het vooral om kleine exemplaren (ca. 20 µm, Figuur 5c) en enkele grotere (tot ca. 100 µm, Figuur 5b). In pollenstalen uit waterbekkens worden deze microfossielen geïnterpreteerd als een indicator van input van geërodeerd materiaal. In dit geval mogen we gezien de grote hoeveelheid echter spreken van *in situ* groei van deze schimmel tijdens bodemvorming.

Daarnaast komt vooral in het onderste staal een grote hoeveelheid niet verder bepaalde schimmelsporen voor en werden in het bovenste staal enkele exemplaren van een vaasvormig microfossiel (type HdV-187B) gevonden dat afkomstig is van een onbekende ongewervelde

(Figuur 5a). Ten slotte werden twee types onderscheiden die niet gelinkt kunnen worden met een bekend NPP-type, maar zeer herkenbaar zijn van vorm. Ze werden hier aangeduid als Type ODK-1 en ODK-2 (Figuur 5d-e).



Figuur 5: Microscopfoto's van enkele non-pollen palynomorfen (NPP's) uit GAP 190/191: a. Type HdV-187 B; b. Glomus type (groot exemplaar); c. Glomus type (drie kleine exemplaren); d. type ODK-1 (microfossiel met 2 à 3 bolvormige segmenten); type ODK-2 (microfossiel met driehoekige basis en soms een buisvormig aanhangsel).

2.2 Macrobotanische analyse

Voor de ligging van de bulkstalen verwijzen we naar figuur 2. M4 bevindt zich bovenaan in een bodem en M5 onderaan een bodem die zich in duinzand ontwikkeld heeft. De soortenaantallen zijn laag. Het betreft dan ook een natuurlijke afzetting in een milieu, dat vermoedelijk regelmatig droogvalt en de plantenresten snel verteren. Menselijke invloed met aanvoer van materiaal van verderaf is er ook niet.

Voor de bespreking van de tabel is het van belang te wijzen op de determinatiemogelijkheden van *Carex* sp. (**zegge**) aangezien nootjes van dit genus overvloedig aanwezig zijn en er ook zeer veel pollen van gevonden worden. Macroresten van zeggen kunnen wel pas goed gedetermineerd worden bij zo goed als volledige bewaring van urntjes en nootjes. Hier hebben we uitsluitend met **onvolledig bewaarde nootjes** te maken.

Onvolledig bewaarde nootjes van *Carex acuta/nigra/trinervis* kunnen niet met zekerheid van elkaar onderscheiden worden. *Carex trinervis* (drienerfzegge) is een typische soort van **duinpannen**.

De groep *Carex flava* omvat meerdere soorten met voor België een verschillende ecologie maar de verschillen tussen de soorten zijn beperkt (Lambinon, 2008). Andere auteurs spreken dan ook bij voorkeur van ondersoorten. Een variëteit van *Carex viridula* (dwergzegge) komt voor in **duinpannen en vochtige heiden**.

Carex sect. *extensa* omvat o.a. *Carex distans* (zilte zegge) en *Carex extensa* (kwelderzegge). Beide soorten komen voor op **zilte tot zoute gronden**.

De verschillen tussen beide stalen zijn niet groot. Alle taxa met meer dan 2 exemplaren in één van beide stalen, komen in beide stalen voor. Toch zijn er uit deze gegevens verschillen qua vegetatie af te leiden. **M4** vertoont een **stabiel, natter** milieu met **grotere/hoger opgroeiende planten** die beter vertegenwoordigd zijn: voorbeelden hiervan zijn *Carex acuta/nigra/trinervis* (scherpe/zwarte/drienerfzegge) en *Lysimachia vulgaris* (grote wederk).

Tabel 3: botanische macroresten en mollusken in bulkstalen M4 en M5

bulkstalen profiel 12				
spoor/profiel		12	12	
staalnummer		M4	M5	
aantal schaaltsjes (2 mm < ...)		alles	alles	
aantal petri-schaaltsjes (2 mm < ... < 0,5 mm)		8	8	
ecologische groep				
Planten natte graslanden				
G28	<i>Carex cf. hirta</i>	2		cf. Ruige zegge
G28	<i>Eleocharis pal./uni.</i>	1		Gewone/Slanke waterbies
G2, R2	<i>Carex acuta/nigra/trinervis</i>	8	3	Scherpe/ Zwarte/3nerfzegge
G2	<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	2	14	Waternavel
G23, 27	<i>Mentha aquat./arv.</i>	1		Water-/Akkermunt
R2, G2	<i>Lysimachia vulgaris</i>	14	5	Grote wederik
G2 ??	<i>Carex gr. Flava</i>	3	8	groep Gele zegge
Planten matig natte tot droge graslanden				
G47	<i>Carex cf. ovalis</i>	1		cf. Hazezegge
G	Poaceae		1	Grassenfamilie
bG4, bG2	<i>Potentilla anserina (vrucht)</i>	1/1	6/27	Zilverschoon
	<i>Potentilla anserina (zaad)</i>	2	31	Zilverschoon
bG4, bG2 ??	<i>Carex sect. extensa</i>	2	11	Zegge (sect. extensa)
Bomen				
H	<i>Betula sp. (nootje)</i>	1		Ruwe/ Zachte berk
Niet nader te bepalen groepen				
	Cyperaceae	1		Zeggefamilie
	Indet.	2	1	Niet bepaald
DIEREN				
Bodemdieren				
	<i>Lumbricus terrestris (eierkapsel)</i>	1	2/1	Regenworm
Zoetwatermollusken				
	<i>Radix peregra/balthica</i>	17	30	Ovale poelslak
	<i>Stagnicola palustris</i>	12		Moeraspoelslak
	<i>Bithynia tentaculata</i>	2		Grote diepslak
Landmollusken				
	<i>Pupilla muscorum</i>	1	1	Mostonnetje
	<i>Cochlicopa lubrica</i>		2	Glanzende agaathoren

M5 vertoont meer kenmerken van een **tijdelijk droogvallende**, soms nog **stuivende** vegetatie met als voorbeelden *Carex gr. flava* met vermoedelijk *Carex viridula* (dwergzegge) maar zeker *Hydrocotyle vulgaris* (waternavel) en *Potentilla anserina* (**zilverschoon**). Indien de nootjes van *Carex sect. extensa* toebehoren aan *Carex distans* (zilte zegge) en/of *Carex extensa* (kwelderzegge), dan **zou** dit wijzen op een (**nog**) **zilt** karakter van de bodem.

Alhoewel resten van **waterplanten ontbreken**, zijn er 10-tallen herkenbare **zoetwatermollusken** aangetroffen. *Radix peregra/balthica* (ovale poelslak) en *Stagnicola palustris* (moeraspoelslak) hebben veel planten maar weinig water nodig maar kunnen **ook buiten het water** in een drassige omgeving overleven. *Bithynia tentaculata* (grote diepslak) is een snelle kolonisator van zoet water. Deze zoetwatermollusken verdragen wel een licht brak water.

Het landslakje *Pupilla muscorum* (mostonnetje) is een algemene soort van **kalkrijke graslanden**. *Cochlicopa lubrica* (glanzende agaathoren) komt zowat overal voor in vochtige milieus.

2.3 ¹⁴C-datering

Beide gedateerde niveaus uit laag 4 geven een middeleeuwse ouderdom en hun waarschijnlijkheidsintervallen overlappen voor een grotendeels. Het bovenste niveau dateert naar alle waarschijnlijkheid uit de 13^e eeuw (Tabel 2). Het onderste niveau dateert net iets ouder, met een kleine kans (5,9%) op datering op het einde van de 12^e eeuw (Tabel 2). Het einde van de bodemvorming vond dus plaats bij het begin van de late middeleeuwen.

Tabel 2: Resultaten van ¹⁴C-datering van macroresten uit twee niveaus uit laag 4.

Staal	Hoogte	Labonr.	Gedateerd materiaal	¹⁴ C-ouderdom	Gekalibreerde ouderdom
P12 - L4: M04	4,84 m TAW	RICH-30254	<i>Carex</i> sp. (15 ex.)	798±23BP	1215AD (95.4%) 1275AD
P12 - L4: M05	4,63 m TAW	RICH-30255	<i>Potentilla anserina</i> (4 + 21 fragm.)	821±23BP	1175AD (5.9%) 1195AD 1200AD (89.5%) 1270AD

2.4 Micromorfologie

Voor het uitgebreide verslag van het micromorfologisch onderzoek verwijzen we naar Bijlage 2 (Deák 2022). Hier geven we de belangrijkste waarnemingen en interpretaties mee.

Het **onderste staal** (TS_41.883) bevat twee lagen (laag 4 en laag 3). Laag 4 vertoont een geleidelijke overgang van zandig in de basis naar organisch in de top. De bovenste centimeter van dit staal (laag 3) behoort tot de afzetting die besproken wordt bij het bovenste staal.

Onderaan in laag 4 gaat het om een afzetting van los zand met weinig organisch materiaal in de poriën tussen de zandkorrels. Naar boven toe neemt het aandeel organische resten gradueel toe en zijn deze resten minder sterk vergaan en minder gefragmenteerd. **Bovenaan in laag 4** gaat het om goed bewaarde organische resten met zandkorrels in de matrix. Deze gradiënt wijst op een stabilisatie van het sediment door begroeiing met planten, gevolgd door bodemvorming en bioturbatie. Micritische calciëtprecipitatie is onderaan afwezig, maar komt wel voor in de plantenresten bovenaan in laag 4. Dit wijst op aanvankelijk drogere omstandigheden, gevolgd door het voorkomen van een tijdelijke ondiepe plas als gevolg van seizoensgebonden hoge waterstanden. Er zijn geen aanwijzingen voor permanent water. De goede bewaring van plantenresten helemaal bovenaan in laag 4 wijst op een plotse begraving door het zand van laag 3, waarschijnlijk op het einde van het groeiseizoen, waardoor de bodemvorming stil viel. De laag bleef relatief nat na begraving.

Het **bovenste staal** (TS_41.882, laag 1-2-3) bevat goed gesorteerd, licht kalkhoudend zand met een dunne (< 0,5 cm) laag waarin sterk vergane organische resten voorkomen. Het gaat hier om laag 2 die in het veld als mogelijk tweede bodemhorizont beschreven werd. De micromorfologische eigenschappen van dit staal bevestigen voor laag 1-2-3 de interpretatie als eolische afzetting met een korte fase van organische input. Er is geen bioturbatie

geassocieerd met laag 2, wat wijst op een eerder sedimentaire oorsprong van het organisch materiaal en geen stabilisatiefase met bodemvorming. Micritische precipitaties wijzen opnieuw op een seizoensgebonden hoge watertafel.

3 BESLUIT ANALYSES

Op basis van de analyses van pollen, botanische macroresten en mollusken kunnen we stellen dat de bemonsterde locatie bij het begin van de 13^e eeuw bestond uit een boomloos landschap met duinen in de nabije omgeving. De site bevond zich in een zone die grote delen van het jaar vochtig was, maar die ook regelmatig uitdroogde. Dit wordt bevestigd door micromorfologische waarnemingen. Onder invloed van de begroeiing vormde zich in het zandige substraat een bodem (laag 4). De lokale vegetatie werd gedomineerd door zeggen (*Carex*). Vanwege de onvolledig bewaarde nootjes is het niet mogelijk met zekerheid te bepalen om welke zeggesoorten het gaat, maar tot de gevonden types behoren wel soorten van duinpannen en zilte tot zoute gronden. De verschillende proxies wijzen op eerder zoet water, maar een licht brakke ondergrond valt niet uit te sluiten. De pollenkorrels van taxa die wijzen op bos en landbouw worden geïnterpreteerd als afkomstig van de regionale pollenneerslag. Binnen laag 4 zijn er aanwijzingen voor een evolutie van meer frequent droogvallende bodem naar stabielere, natter milieu. Dit wordt ondersteund door het micromorfologisch onderzoek.

De plotse onderbreking van organische afzetting en bodemvorming door de windafzetting van laag 3 wijst op een fase van sterke input van duinzand ergens in de loop van de 13^e eeuw. Na deze eerste overstuiving volgde nog een korte terugkeer naar een natte plas met afzetting van organische resten, alvorens het geheel definitief afgedekt werd door duinzand. Figuur 6 geeft een indruk van het type landschap dat op basis uit de analyses afgeleid kan worden.



Figuur 6: Duinpannevegetatie van kalkrijke, vochtige milieus in De Panne (Bron: ecopedia.be)

4 BIBLIOGRAFIE

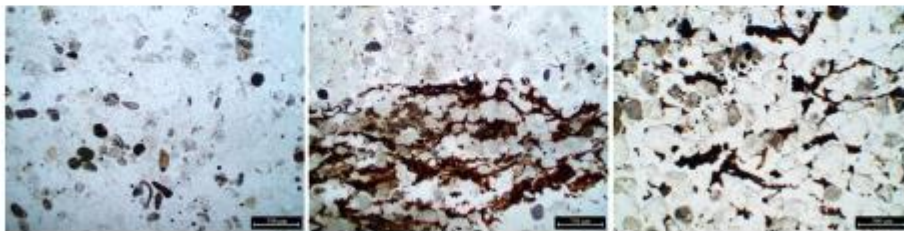
- Beug H-J (2004) Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete. Pfeil, München
- Berggren G (1969) Atlas of seeds and small fruits of Northwest-European plant species (Sweden, Norway, Denmark, East Fennoscandia and Iceland) with morphological descriptions. Part 2: Cyperaceae. Swedish National Research Council, Stockholm
- Deconynck J, Vergauwe R, Laloo P, Storme A (2021) Nota Programma van maatregelen landschappelijk booronderzoek 2020L35 & proefsleuven 2021A198 - Oostduinkerke Polderstraat
- Devriese R, Warmoes T, Vercoutere B (1992) Land- en zoetwatermollusken van de Benelux. Jeugdbond voor Natuurstudie en Milieubescherming, Gent
- Jansen AW, de Vogel EF (1965) Zoetwatermollusken van Nederland. Nederlandse Jeugdbond voor Natuurstudie, Amsterdam
- Knörzer KH (2009) Geschichte der synantropen Flora im Niederrheingebiet. Verlag Zabern
- Körper-Grohne U (1964) Bestimmungsschlüssel für Subfossile Juncus-Samen und Gramineen-Früchte. In: Haarnagel W (ed) Probleme der Küstenforschung im südlichen Nordseegebiet, Band 7. p 47
- Lambinon J, et al. 2008: *Nouvelle Flore de la Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg, du Nord de la France et des Régions voisines*. Cinquième édition (2^e tirage). 1167 p. Meise.
- Nilsson Ö, Hjelmquist H (1967) Studies on the Nutlet Structure of South Scandinavian Species of Carex. Lunds Botaniska Museum
- Moore PD, Webb JA, Collinson ME (1991) Pollen analysis. Blackwell Science, Oxford
- Runhaar J, Van Landuyt W, Groen C, et al (2004) Herziening van de indeling in ecologische soortengroepen in Nederland en Vlaanderen. Gorteria 30:12–26
- Shumilovskikh L (2020) Non-pollen palynomorphs. <http://nonpollenpalynomorphs.tsu.ru/>. Accessed 20 Mar 2020
- Vergauwe R, Laloo P (2020) Nota Verslag van Resultaten landschappelijk bodemonderzoek 2020L35 - Oostduinkerke Polderstraat 86
- Vilvens C, Marée B, Meuleman E, et al (2008) Mollusques terrestres et dulcicoles de Belgique. Société Belge de Malacologie, Jodoigne

5 BIJLAGE

Bijlage 1: Telgegevens pollen (aantallen en procenten)

Labonummer	TELLINGEN		PROCENTUEEL	
	GAP 190	GAP 191	GAP 190	GAP 191
Pollenbak	P12 - M02	P12 - M02	P12 - M02	P12 - M02
Diepte	11 cm	17 cm	11 cm	17 cm
Bomen en struiken			2,9%	4,5%
<i>Alnus</i>	1	1	0,2%	0,3%
<i>Betula</i>	1	1	0,2%	0,3%
<i>Corylus avellana</i>	2	1	0,5%	0,3%
<i>Fagus sylvatica</i>		1		0,3%
<i>Hippophaë rhamnoides</i>	1	3	0,2%	0,8%
<i>Juniperus communis</i>		1		0,3%
<i>Pinus sylvestris</i>	2	2	0,5%	0,5%
<i>Quercus</i>	2	7	0,5%	1,8%
<i>Salix</i>	1	1	0,2%	0,3%
<i>Sambucus nigra</i> type	1		0,2%	
<i>Taxus baccata</i>	1		0,2%	
Kruiden			97,1%	95,5%
Apiaceae	18	14	4,4%	3,5%
Asteraceae-Liguliflorae	90	64	22,1%	16,0%
Brassicaceae	22	7	5,4%	1,8%
Cannabaceae		2		0,5%
Caryophyllaceae	2		0,5%	
<i>Centaurea cyanus</i>	1		0,2%	
Cerealia type	1	2	0,2%	0,5%
Chenopodiaceae	2	1	0,5%	0,3%
Cyperaceae	181	184	44,5%	46,0%
<i>Filipendula</i>		2		0,5%
<i>Helianthemum nummularium</i> type		4		1,0%
<i>Matricaria</i> type		1		0,3%
<i>Plantago</i> sp.		1		0,3%
<i>Plantago lanceolata</i>	2	2	0,5%	0,5%
<i>Plantago major/media</i> type		1		0,3%
Poaceae	69	87	17,0%	21,8%
<i>Polygonum aviculare</i> type		1		0,3%
Rosaceae undiff.	1	4	0,2%	1,0%
Rubiaceae	1	1	0,2%	0,3%
<i>Senecio</i> type	5	4	1,2%	1,0%
Pollensom	407	400	100,0%	100,0%
Sporenplanten				
<i>Equisetum</i>		1		0,3%
Filicales		1		0,3%
<i>Pteridium aquilinum</i>		1		0,3%
<i>Sphagnum</i>	1		0,2%	
Non-pollen palynomorfen				
<i>Pediastrum</i> sp.	4		1,0%	
Type HDV-128	3	1	0,7%	0,3%
Type HDV-187B (onbekende invertebraat)	5		1,2%	
Type HDV-207 (<i>Glomus</i> chlamydo spores)	141	98	34,6%	24,5%
Overige schimmelsporen	4	211	1,0%	52,8%
Type ODK-1	7	4	1,7%	1,0%
Type ODK-2		22		5,5%
indeterminata	35	23	8,6%	5,8%
Pollenconcentratie (korrels per mm ³)	29	90	29	90
Houtskoolconcentratie (fragmenten per mm ³)	78	107	78	107

Micromorphological study of a sand dune site at Oostduinkerke (Flanders, Belgium)



Judit Deák

4terres

Consulting and study bureau in geo-
and archaeopedology and soil
protection

judit.deak@bluewin.ch

www.4terres.ch



www.orcid.org/0000-0001-9502-9394

www.researchgate.net/profile/Judit_Deak5

Table of content

1. Introduction	1
2. Methods.....	2
3. Discussion and interpretation	2
References.....	6
Appendixes.....	7
A01. Abbreviations used in this document:	7
A02. Micromorphological descriptions.....	8
A03. Inventory of images concerning the features observed in the thin sections.....	10

Cover page (from left to right):

- pure, loose sand (thin section 41.882, photo 025, see Appendix 03);
 - relatively well preserved horizontally layered organic matter at upper part of thin section 41.883 (photo 006, Appendix 03);
 - strongly decomposed organic matter in the middle part of the thin section 41.883 (photo 011, Appendix 03)
-

1. Introduction

The study was done on behalf of Raakvlak, Archaeology, Monuments and Landscapes of Bruges and Hinterland, Belgium. I would like to thank for M Jari Hinsch Mikkelsen for the opportunity to work on this project.

This report concerns 2 thin sections sampled in the landward part of present-day coastal dune belt (Fig. 1). The sampled profile and the location of the samples is illustrated by figure 2.

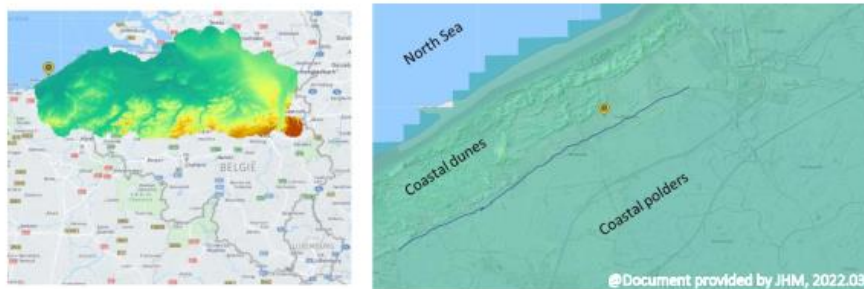
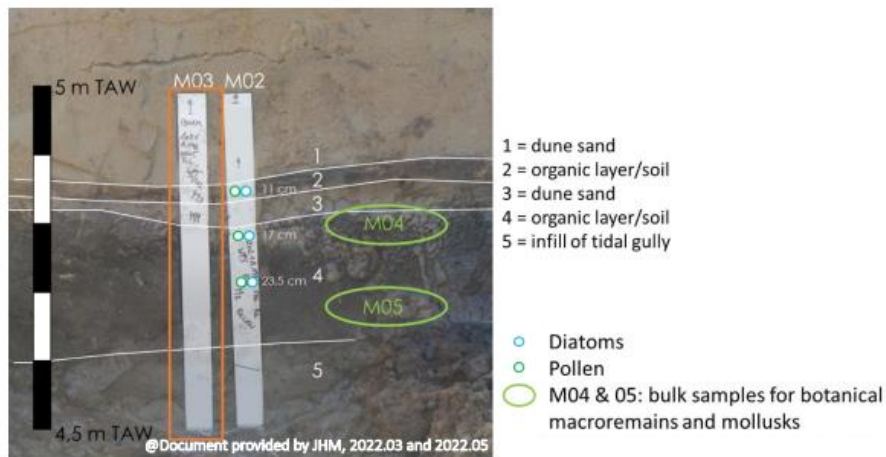


Fig. 1 Location of the studied site.



Note: thin section 41.882-covers layers 1, 2, 3; ; thin section 41.883-covers layers 3,4 (JHM, com.pers)

Fig. 2 Sampled profile and location of the thin sections.

The purpose of this study is a micromorphological description and interpretation of the two samples available. In addition one specific questions has been also raised: "are the sand grains of the lower part of section 41.883 monocoated?"

2. Methods

The two 60*90 mm sized and oriented thin section were studied with incident light and with plain polarised (PPL) and cross polarised (XPL) transmitted light at various magnifications (6 to 400).

The description of the thin sections is according the reference handbook for thin section descriptions (Stoops, 2003). For the study of the organic fragments the works of Ismail-Meyer (2017), Pümpin et al. (2017) and of Verrechia and Tombino (2021) have been also consulted.

The detailed standard descriptions are presented in Appendix 02 here below.

3. Discussion and interpretation

The upper sample (TS_41.882) is a well sorted, loose, slightly calcareous sand with a very thin, less than 0.5 cm thick level containing strongly decomposed organic fragments (Fig.3). The micromorphological characteristics of this sample confirm the field hypothesis of an aeolian sand with a short phase of organic material input. There is no any particular bioturbation associated to this organic fragment containing level. This suggest that this level of organic matter input is rather sedimentary and not related with a stabilisation phase. This interpretation should be confronted with the field data.

Locally some micritic precipitations could be observed. They might indicate the seasonal high water-table as it will be discussed here below.

The second samples (TS_41.883) is composed of a succession of (Fig.4)

- In the upper part an about 1 cm thick layer of well sorted loose sand similar of those composing the overlying sample;
- Followed by relatively well preserved organic fragment rich level incorporating sand grains; the transition to the underlying is gradual both in terms of quantity of organic fragments and the degree of decomposition of these plant fragments;
- a loose sandy sediment containing, less and less, strongly decomposed, strongly fragmented, tinny plant residues and undifferentiated organic matter in the packing pores of the sand grains.

The sandy sediment in the upper part can be interpreted as wind-blown sands as above.

The organic material rich level reveals a multi-phased history. The distribution gradient of the organic components (more and more decomposed plant fragments and less and less in quantity with depth) suggests a phase of stabilisation of the sediments by vegetation cover, followed by soil formation and bioturbation. The organic material is strongly decomposed, therefore it is impossible to characterise the vegetation. Nevertheless the few less decomposed organic tissues suggest a grass like vegetation.

No monomorphic organic coating could be observed around the sand grains in the lower part of this thin section. For further interpretation of this element, the reader should take in consideration, that the

thin section analysed it is a 8 cm thick part of the sampled soil profile. It is composed of 0.5 cm of sand described as layer 3 (see Fig.2) and the upper 7.5 cm of layer 4.

The uppermost level of the layer 4 is particular as the horizontally laid plant tissues (that are possibly leaves or fine twigs) are somewhat better preserved (Fig.4). This indicate a sudden change in the site evolution. The soil described above was suddenly buried and the pedogenetic processes (fragmentation, decomposition and bioturbation of the organic remains) ended. This can be explained by the sudden arrival of an important amount of sandy deposit, which hindered the above mentioned soil processes. The uppermost part of this relatively well preserved organic layer contains some micritic calcite precipitations inside the organic tissues (Fig.4c). This suggest a seasonal high water table with formation of a shallow pond at the level of the sampled site. These micritic calcite accumulations are absent in the deeper part of the thin section. This suggest that the seasonal high water-table was most probably more dominant towards the end of the soil formation. The relative well preservation of this organic material is supplementary argument for this interpretation. The total absence of hydromorphic features exclude the presence of long lasting, reduced environmental conditions.

Last but not least it is likely that the new sand deposition arrived by the end of the growing seasons, when the vegetation that accumulated on the soil surface was not yet disturbed by the soil fauna. Last but not least the part of the profile containing this sediment stayed relatively wet after the burial, so the plant tissues did not decayed completely. A relatively short timespan between the burial event and the sampling might contribute to the fact that organic tissues rich layer still preserved.

No direct anthropic (grazing or other disturbances) could be observed in any of the thin sections.

To conclude: the following landscape evolution can be proposed:

- stabilisation by vegetation and soil formation in at least seasonal high water-table environment; the high water-table conditions seems to be present especially in the final part of the pedogenesis, with micromorphological evidences for formation of a short lasting pond;
- a sudden and important quantity of aeolian sand input, burying the organic matter accumulated at the soil surface.
- during the sand accumulation a thin level containing strongly decomposed organic fragments could be observed; as no particular bioturbation could be documented, it is proposed that the organic material is of sedimentary origin; a short lasting pond environment was also detected during and/or after the deposition of this organic fragment containing level.

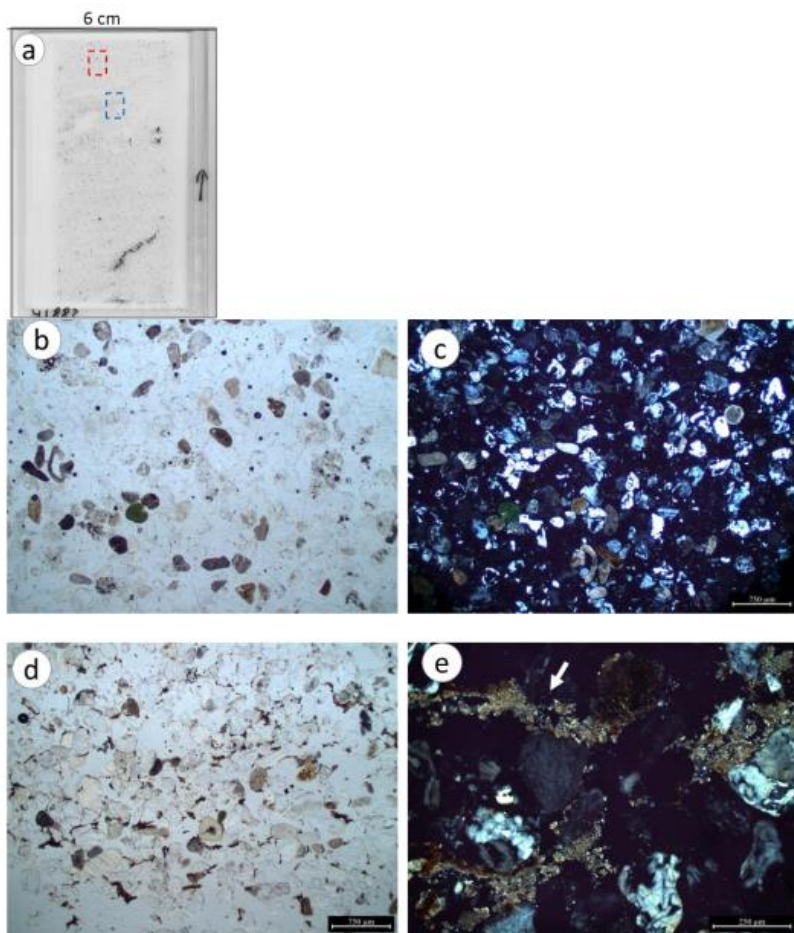


Fig. 3. Micro-photographs of features observed in thin section 41.882.

3a. the thin section 41.882; **red rectangle:** location of picture 3b and 3c; **blue rectangle:** location of picture 3d and 3e;
3b. pure loose sand, same magnification as 3b; NII (photo 001; see Appendix 03); **3c.** as 3a but N+(photo 026);
3d. thin level with strongly decomposed plant fragments; NII (photo 027), **3e.** as 3d, but N+ and higher magnification; the arrow indicate the micritic calcite precipitation (photo 031)

Legend for figure 4 (next page) → → → → → →

4a. the thin section 41.883; **red rectangle:** location of picture 4b,c, d; **blue rectangle:** location of picture 4i; **red circle:** location of picture 4e; **green circle:** location of picture 4g; **blue circle:** location of picture 4

4b. upper part of the thin section: pure sand covering horizontally disposed relatively well preserved plant remains; NII (photo 006); **4c.** as 4b but with N+; note the micritic calcite precipitation indicated by the white arrow (photo 017);

4d. plant remain partially decomposed by the soil microfauna in the upper part of the section; NII (photo 008); **4e.** morphology of the horizontal disposed plant residues in the upper part of the thin section; NII (photo 007);

4f. to 4h morphology of the more and more decomposed plant remains at different depths; NII (4f=photo 009; 4g=photo 011; 4h=photo 012); **4i.** lowermost part of the thin section with few plant remains in the packing pores of the loose sand; NII (photo013).

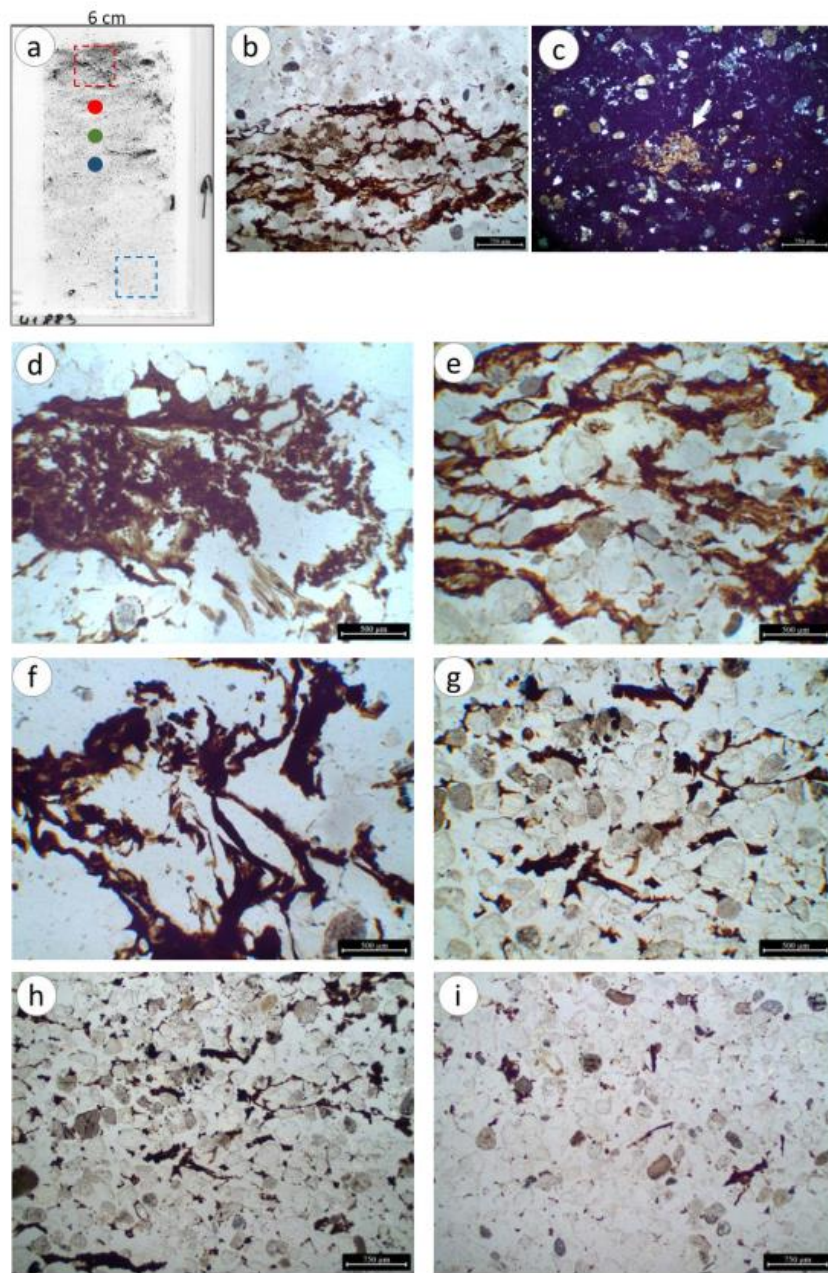


Fig. 4. Micro-photographs of features observed in thin section 41.883.
 Legend: see previous page.

References

Ismail-Meyer K. 2017.

Plant remains. In: Nicosia C., Stoops G. (eds.), *Archaeological Soil and Sediment Micromorphology*. Wiley, Chichester. pp. 121-136.

Pümpin C., Le Bailly M. and Pichler S. 2017.

Ova of intestinal parasites. In: Nicosia C., Stoops G. (eds.), *Archaeological Soil and Sediment Micromorphology*. Wiley, Chichester. pp. 91-97.

Stoops G. 2003.

Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin. 184 pp.

Verrecchia E.P. and Trombino L. 2021

A Visual Atlas for Soil Micromorphologists. Springer, Cham.

<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-67806-7>

Appendixes

A01. Abbreviations used in this document:

The micromorphological terminology is according to *Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections* (Stoops, 2003).

c/f_{rd}	coarse-fine related distribution; the coarse fine limit for all the samples analysed; here is 10 µm
c/f_{ratio}	coarse fine ratio;
d.	diameter
up	upper part;
lp	lower part;
TS	thin section
PPL	plain polarised light
XPL	cross polarised light

A02. Micromorphological descriptions

Note : Part of the samples strongly are over polished (possibly impregnation problems, that often occur in such sandy sediments).

General characterisation		<p>TS41.882: Loose sandy sediment with a thin layer of strongly decomposed organic material in the upper third (fine organic fragments in few of the pores and undifferentiated organic fine material bridging the sand grains) and two channels containing strongly decomposed roots. Contains calcareous grains and shell fragments.</p> <p>TS41.883: from up to down composed of: - thin layer of pure sand; - 1.5 cm thick organic material rich layer (horizontally laid organic material interstratified with thin layers of sandy sediments); - sandy sediment containing horizontally and/or randomly distributed and more or less strongly decomposed organic fragments in the packing pores; the later are more abundant in the upper part of this unit and gradually less downwards;</p>	
Microstructure TS_41.88 and 41.883		single grain	
Voids TS_41.882 and 41.883	Shape	<p>TS_41882: packing voids and few channels; for the later: most of them empty; one filled with strongly decomposed organic matter (decayed root)</p> <p>TS_41.883: packing voids and channels; the later are more common under the organic fragments; some of them seems to be left after a complete decay of the organic matter that it contained;</p>	
	abondance	<p>TS_41882: 5-10 %</p> <p>TS_41883: 10-15 %</p>	
Groundmass	c/f_{fine}	not relevant as there is no fine material	
	c/f_{rd}	Coarse monic	
	Coarse material TS41.882 541.883:	Size and shape	Mostly 250-400 µm, some of them up till 700 µm, rarely up to 1200 µm. Globally sorted aspect. The sand grains are rounded to subrounded. The can are of both high (rounded) and low (elongated) sphericity.
		Distribution pattern	Random
	Mineralogy	Quartz, quartzite, feldspar, calcite (both fresh and some slightly weathered), shell fragments (some of them strongly rounded, others more elongated), rare entire mollusc shells, few chert fragments (slightly weathered in general); rare micritic limestone fragments; rare fresh glauconite grains.	
Organic components		<p>TS_41.882: - strongly decomposed organic fragments in few of the pores; - locally here and there undifferentiated organic fine material bridging the sand grain; - one level of undifferentiated, horizontal organic matter accumulation in the lowermost part; few les decomposed plant fragments in the lower part</p> <p>TS41.883: - in the upper part horizontally distributed orange-brown large plant fragments; the organic material is largely decomposed but the cellular structure and the tissues are still slightly visible; locally needle fiber calcite associated to them; in several parts they are decomposed by the micro-faunal activity; - in depth more darker brown, to black undifferentiated plant remains; in this part the organic remains are homogenous and have a colloidal aspect; - in depth the common, randomly distributed small fragments of the above mentioned black plant remains in the packing pores; some of them are associated with excrements of micro soil-fauna;</p>	

C. Pedofeatures

TS41.882 (Fig. 3)	In the upper part the sand grains seems to be compactly packed (crust formation); Few biochannels; one of them filled with decomposed organic material (root); Some of the shell fragments are weathered. Locally very thin micritic CaCO ₃ layer (in an overpolished part of the thin section); locally also associated to the plant remains containing thin level.
TS41.883 (Fig. 4)	Biodegradation of the plant remains and microfaunal excrements; Gradual downward decreasing organic matter (bioturbation); Thin micritic precipitation in the horizontal voids of the organic fragments in the upper part; No monomorphic coating in the lower part of the thin section.

General comments:

- no traces of hydromorphy in any of the samples

A03. Inventory of images concerning the features observed in the thin sections

Photo nr.	Thin section nr.	Description	Magnification	Light
001	41.882	general aspect- upper part; note the fresh glauconite grain; no scale on the image	2.5	NII
002	41.882	general aspect- upper part; note the fresh glauconite grain; no scale on the image;	2.5	N+
003	41.882	general aspect-middle part; note the shell fragment; no scale on the image;	2.5	N+
004	41.882	with decayed root; no scale on the image;	2.5	NII
005	41.882	with decayed root; no scale on the image;	4	N+
006	41.883	upper part: pure sand covering the less decomposed vegetal tissue + CaCO ₃ precipitation; (green)	2.5	NII
007	41.883	morphology of the plant residues -uppermost part	4x	NII
008	41.883	as above, another position	4x	NII
009	41.883	general aspect with organic matter ; 1 cm deeper	4x	NII
010	41.883	general aspect with organic matter ; 1 cm deeper	2.5	NII
011	41.883	as above, higher magnification	4	NII
012	41.883	2 cm deeper	2.5	NII
013	41.883	deepest part of the thin section	2.5	NII
014	41.883	as above- crossed porolisers	2.5	N+
015	41.883	lower part of thin section	2.5	N+
016	41.883	upper part of thin section; vegetable remains and CaCO ₃ precipitation	2.5	N+
017	41.883	Same, but better good oriented	2.5	N+
018	41.883	Upper most part -general aspect	2.5	NII
019	41.883	more decomposed organic matter in depth	2.5	NII
020	41.883	strongly decomposed OM and shell fragment	2.5	NII
021	41.883	as above, but higher magnification; possible pollen in the middle;	10	NII
022	41.883	as above but N+	10	N+
023	41.883	lower most part of the thin section with pure sand and 1 fresh root	4	NII
024	41.883	middle part: organic matter in decomposition with fauna droplets	10	NII
025	41.882	upper part: general aspect pure sand	2.5	NII
026	41.882	as above	2.5	N+
027	41.882	level of undifferentiated organic matter in the upper third (chert and glauconite grains)	2.5	NII
028	41.882	as above, but higher magnification	4	NII
029	41.882	as above, but higher magnification	10	NII
030	41.882	another position of organic matter and CaCO ₃	4	NII
031	41.882	as above	4	N+
032	41.882	as above, but higher magnification	10	N+
033	41.882	lower most part: organic matter in decomposition	10	NII
034	41.882	as above; lower magnification	4	NII

10



Judit Deák

8.05.2022, Marin-Epagnier, Switzerland
