

Diatomeeën als ecologische indicatoren in de Vlaamse archeologie: Romeins en middeleeuws Oudenburg (prov. West-Vlaanderen)

Hendrik Demiddele¹ & Anton Ervynck
met een bijdrage van Brigitte Cooremans

De vindplaats Oudenburg

Door de studie van bepaalde vondstcategorieën van organisch materiaal uit archeologische contexten is het voor een deel mogelijk landschap en vegetatie rond vroegere menselijke woonplaatsen te reconstrueren. Dergelijke ecologische reconstructies zijn met name interessant voor sites die een lange bewoning gekend hebben maar die in een duidelijk veranderende omgeving gelegen zijn. Oudenburg in de provincie West-Vlaanderen is daar een voorbeeld van. Het dorp bevindt zich geografisch op de overgang van de kustvlakte en de zandstreek, wat naast een hellingsgradiënt ook een overgang van klei- naar zandbodem inhoudt. Vooral de kustvlakte kende in de loop der laatste millennia grote landschapswijzigingen onder invloed van de wisselende inwerking van de zee, traditioneel beschreven in een model van transgressie- en regressiefasen². Deze fenomenen worden steeds beter beschreven door recent geologisch onderzoek³, wat een kader biedt voor huidige ecologische reconstructies.

Voor Oudenburg beschikken we over een eerste reconstructie van het landschap in de Romeinse en de vol-middeleeuwse periode dank zij recente archeologische gegevens⁴ en het onderzoek van mijten (Acari) uit twee stalen afkomstig uit het site Ter Beke⁵. Hieruit bleek dat het onderzochte terrein tijdens de periode van het einde van de 2de tot het midden van de 3de eeuw een ruraal karakter

had en kan beschreven worden als een open, vochtig landschap, wellicht grasland, waarin een opvallend zilte invloed merkbaar was. Samen met een sterke vervuiling, hoogstwaarschijnlijk door de uitwerpselen van dieren, doet dit veronderstellen dat de gronden voor veeteelt werden benut. De zilte invloed geeft aan dat de invloed van de zee zich tijdens de zgn. 'Romeinse regressiefase', wellicht via getijdegeulen, nog tot aan de rand van de kustvlakte manifesteerde⁶. Tijdens de vol-middeleeuwse periode (11de - 12de eeuw) is van een mariene invloed geen sprake meer. Alhoewel in die periode de 'Duinkerke-III-transgressiefase' plaatsgreep, toont geologisch onderzoek aan dat inderdaad geen klei werd afgezet ten oosten van de lijn Oostende - Zandvoorde. Het is dus aannemelijk dat tijdens de volle middeleeuwen geen zee- of brak water meer in de buurt van het site kwam⁷.

Om bovenstaande interpretaties en vooral de ecologische reconstructies op basis van de mijtenresten verder te testen, werd besloten nieuwe stalen uit de onderzochte contexten te onderzoeken op de aanwezigheid van diatomeeën. Deze organismen zijn immers bij uitstek geschikt om veranderende mariene invloeden op een vindplaats te detecteren⁸. In wat volgt stellen we eerst kort de diatomeeën als groep organismen voor, gaan daarna in op de mogelijkheden voor ecologische reconstructie bij archeologische staalname en de daarbij gebruikte methodiek, waarna de resultaten voor het site te Oudenburg ter sprake komen⁹.

1 Wetenschappelijk medewerker Laboratorium voor Paleontologie, U. Gent, Krijgslaan 281 S8, 9000 Gent.

2 Ameryckx 1958.

3 Zie o.a. Baeteman 1981; Mostaert 1989. Een overzicht wordt gegeven bij Denys 1993.

4 Hollevoet 1992.

5 Schelvis & Ervynck 1992, 1993.

6 Schelvis & Ervynck 1992.

7 Schelvis & Ervynck 1993, dit volume.

8 Denys 1986.

9 Dit onderzoek steunt in hoge mate op het werk van Dr. L. Denys (U.I. Antwerpen) die we danken voor de vele raadgevingen. Voor specifieke hulp bij dit onderzoek danken wij Prof. Dr. E. Coppejans, Prof. Dr. Van Der Veken en K. Sabbe (allen Lab. Morf. & Syst. der Planten, U.G.). Dr. J. De Coninck (Lab. Paleontologie, U.G.) en C. Cocquyt (Lab. Morf. & Syst. der Planten, U. G.) lazen een eerste versie van de tekst kritisch na. Laatstgenoemde danken wij ook hartelijk voor het ter beschikking stellen van de gegevens van haar man, Dr. A. Caljon.

Diatomeeën

Diatomeeën¹⁰ (Bacillariophyceae) zijn eencellige wiertjes, variërend in grootte van 5 µ tot 2 mm. Ze worden gekenmerkt door een skelet in de celwand, opgebouwd uit silicaat, wat deze groep organismen de nederlandsstalige naam 'kiezelwieren' gaf (fig. 1). Determinatie van actuele (en fossiele) specimens gebeurt op het skelet. Na hun dood dwarrelen de schaaltes van de kiezelwieren in de waterkolom naar beneden waarna ze langzaam oplossen of opgenomen worden in het sediment. In sommige gevallen ontstaat een echte accumulatie van de resten en wordt zgn. diatomiet gevormd.

Wereldwijd zijn 20.000 tot 25.000 soorten kiezelwieren beschreven, die meestal voorkomen in zout, brak en zoet water maar ook kunnen gevonden worden in de bodem of vastgehecht op planten. In bepaalde biotopen kunnen de wiertjes hoge densiteiten bereiken, o.a. omdat ze zich bij gunstige omstandigheden zeer vlug (door eenvoudige celdeling) kunnen vermenigvuldigen. Zo kan een liter zeewater soms miljoenen van deze organismen bevatten. Kiezelwieren zijn autotroof, wat wil zeggen dat ze hun voedsel of organische bouwstenen zelf samenstellen uit anorganische componenten uit de omgeving. Dit gebeurt via fotosynthese door het bladgroen in de cel. Dit kenmerk beperkt het voorkomen van kiezelwieren waar licht doordringt, dus b.v. enkel in de bovenste waterlagen van de oceanen. Kiezelwieren vertonen verschillende levensvormen: planktonisch (vrij zwevend in de waterkolom), epontisch (vastgehecht aan een vast substraat) of bentisch (levend op een los substraat). De laatste groep kan verder verdeeld worden in epipelische (passief op het substraat rustend of er overheen bewegend) en epipsamische vormen (vastgehecht aan zandkorrels). Vele kiezelwieren vertonen een mengeling of een tussenstadium van deze levensvormen. Kiezelwiersoorten komen meestal voor in specifieke biotopen die verschillen in kenmerken als voedselrijkdom, stroomregime, pH of vervuilingsgraad. De ecologie van een diatomeeënsoort kan dan ook vastgelegd worden door een set van parameters te beschrijven met behulp van een codesysteem¹¹. Als voorbeeld geven we de codering voor de tolerantie van een soort voor de saliniteit van het water waarin die voorkomt¹²:

- 0: niet gekend
- 2: marien
- 3: marien tot marien-brak

- 4: marien-brak
- 5: marien-brak tot brak-marien
- 6: brak-marien
- 7: brak-marien tot brak
- 8: brak
- 9: brak tot brak-zoet
- 10: brak-zoet
- 11: brak-zoet tot zoet-brak
- 12: zoet-brak
- 13: zoet-brak tot zoet
- 14: zoet

In deze studie gebruiken we acht karakteristieken¹³:

1. *levensvorm*: planktonisch, epontisch tot bentisch (zie boven);
2. *saliniteit* van het biotoop: marien, brak tot zoet (zie boven), vaak ook beschreven als euhalien (klasse 2: vol-marien), polyhalien (klasse 3 tot en met 7: biotopen met hoge zoutconcentraties), mesohalien (klasse 8 tot en met 11: biotopen met middelmatige zoutconcentraties) en oligohalien (klasse 11 tot en met 14: biotopen met lage zoutconcentraties);
3. *trofieconditie* (mate van voedselrijkdom van het biotoop): van eutroof (voedselrijk water), oligotroof (voedselarm water) tot dystroof (voedselarm, door humus bruin gekleurd water);
4. *saprobie* (mate van verstoring van de voedselketens in het biotoop, in feite een maat voor de vervuiling): polysaproob (erg verstoord) tot xenosaproob (niet verstoord);
5. *tolerantie voor getijdewerking*: pseudo-ampotifiel (bij voorkeur voorkomen in het intergetijdegebied) tot ampotixen (niet aangepast aan de dynamiek van de getijdezone);
6. *droogtetolerantie*: aquatisch (steeds in water voorkomend) tot subaërisch (grotendeels blootgesteld aan de lucht);
7. *stroomspectrum*: rheofiel (levend in stromend water) tot limnofiel (voorkomend in stilstaand water);
8. *pH-voorkeur*: alkalibiont (levend in basische condities) tot acidobiont (levend in zure condities).

De codes voor deze parameters worden beschreven bij Denys¹⁴. Als voorbeeld zien we dat de acht beschreven ecologische parameters voor *Rhopalodia gibba* kunnen vastgelegd worden als (6, 12, 2, 6, 1, 3, 4, 4), wat betekent dat het een epontische soort betreft, bij voorkeur levend in zoet-brak, eutroof, matig vervuild, stromend of stilstaand water, met een pH liefst groter dan 7. De soort wordt niet blootgesteld aan de getijdewerking maar is tolerant aan periodieke blootstelling aan de lucht.

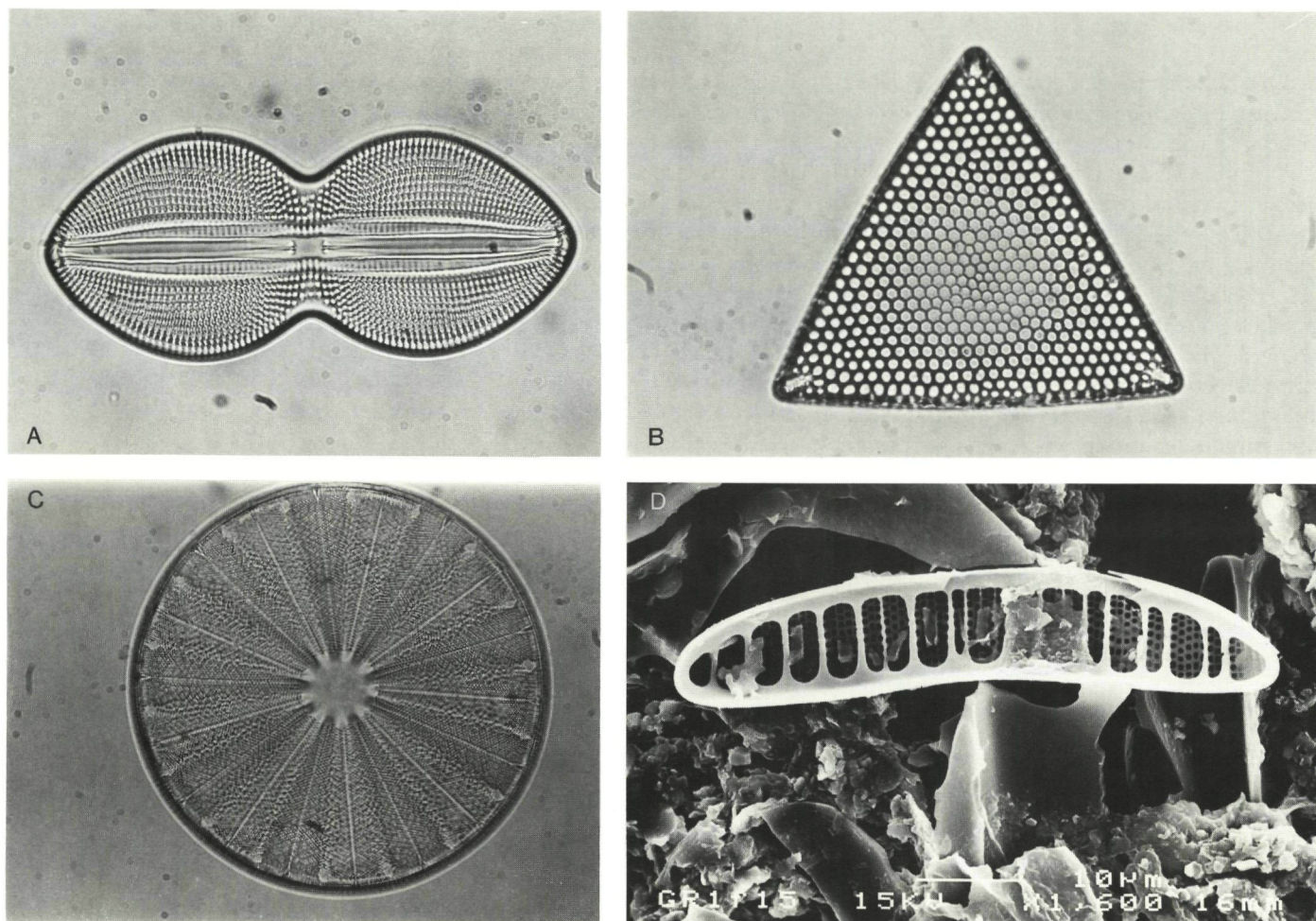
10 Deze inleidende paragraaf is gebaseerd op Brasier 1980; Denys 1986, 1993.

11 Denys 1991.

12 Volgens het halobiesysteem van van der Werff 1958, zie Denys 1991.

13 Waarbij de codering volgens Denys (1991) gevolgd wordt.

14 Denys 1991, 1993.



1 Schaaltjes van kiezelwieren uit de Romeins periode, aangetroffen te Oudenburg: A: *Diploneis bombus* (Ehr.) Ehr. (130 μ); B: *Triceratium favus* Ehr. (160 μ); C: *Actinopterychus splendens* (Shadb.) Ralfs. (100 μ); D: fragment van een ongeïdentificeerde soort, binnenzicht op de skeletstructuur (50 μ) (A-C: lichtmicroscop, D: scanning electronenmicroscop).

Valves of diatoms from the Roman sample from Oudenburg: A: *Diploneis bombus* (Ehr.) Ehr. (130 μ); B: *Triceratium favus* Ehr. (160 μ); C: *Actinopterychus splendens* (Shadb.) Ralfs. (100 μ); D: fragment of an unidentified specimen, inner view of the skeletal structure (50 μ) (A-C: light microscope, D: scanning electron microscope).

Diatomeeën als ecologische indicatoren

Of de resten van een organisme bij ecologische reconstructies binnen de archeologie kunnen gebruikt worden, hangt af van velerlei processen die gegroepeerd worden onder de termen van fossilisatie, staalname, determinatie en interpretatie.

Allereerst moeten er voor een groep organismen mogelijkheden bestaan om resten of sporen na te laten die bij archeologisch onderzoek in beduidende aantallen kunnen teruggevonden worden. Omdat kiezelwieren een vrij resistent skelet bezitten, zijn deze fossilisatiekansen inderdaad reëel. Diatomeeën komen bovendien in vrijwel alle, bij ons voorkomende aquatische biotopen voor, en doen dat

vaak in grote aantallen. Dit vergroot de kans dat in een archeologisch site kiezelschaaltjes worden afgezet, vaak in grote hoeveelheden.

Noodzakelijk voor fossilisatie is dat na het afsterven van het organisme de kiezelschaaltjes in het sediment worden opgenomen en aldus eventueel bewaard blijven. De fossilisatiekansen hangen dus in de eerste plaats af van de mogelijkheden tot sedimentatie, die vooral worden tegengewerkt door oplossingsverschijnselen in water, op hun beurt beïnvloed door de temperatuur, de pH en andere fysische en biotische factoren¹⁵. Mechanische fragmentatie vóór inbedding in een sediment kan veroorzaakt worden door de schurende werking van sedimentdeeltjes in de waterkolom (b.v. in intergetijdegebieden) of door predatie-acti-

viteit van planktonische of benthische dieren¹⁶.

Wanneer de schaaltes in de bodem zijn opgenomen, kunnen ze terug door oplossings- en fragmentatieverschijnselen worden vernietigd. Oplossing van de schaaltes treedt op wanneer deze zich bevinden in watervoerende zandlagen of in oppervlakkige bodemlagen waarin regenwater doorsijpelt. Verder speelt natuurlijk de fysico-chemische samenstelling van de bodemlaag een rol, net zoals biotische factoren. Het is bekend dat de bewaring van diatomeeënschaaltes vaak slecht is in kalkrijke afzettingen¹⁷ en dat een aantal hogere planten in belangrijke mate silicaat aan de bodem onttrekken¹⁸. Mechanische fragmentatie van de schaaltes kan ook in de bodem optreden, o.a. door vorstwerking, bioturbatie en herwerking of compactering van het sediment¹⁹.

Indien de bewaringscondities gunstig zijn, bereiken diatomeeën in een archeologische context vaak hoge densiteiten. Dit maakt dat de bewerking van een klein staalvolume vaak reeds voldoende studiemateriaal oplevert. Dit is niet alleen praktisch bij veldwerk maar zorgt er ook voor dat kiezelwieren kunnen bemonsterd worden uit archeologische afzettingen die fysisch slechts een klein volume innemen (of slechts voor een klein deel bewaard zijn).

De recuperatie van de kiezel-schaaltes uit archeologische bodemstalen is vrij makkelijk en goedkoop (zie verder). De determinatie van 'archeologische' kiezelwieren en van recente specimens, uit te voeren met een lichtmicroscop, steunt in beide gevallen op de(zelfde) kenmerken van het skelet. De taxonomie²⁰ van de recente vormen is dan ook dezelfde als deze van de fossiele (of archeologische) vondsten. Tellingen met het oog op kwantitatieve analyse worden bevooroordeeld doordat elk specimen binnen elke soort initieel steeds twee schaaltes nalaat²¹. Het minimum aantal individuen dat resten naliet in een archeologisch staal, kan dus eenvoudig geschat worden. Enkel fragmentatie vormt hierbij een complicerende factor.

Een verder voordeel van het gebruik van kiezelwieren bij ecologische reconstructie is dat deze groep een groot aantal soorten telt, waarvan de meeste een nauw omschreven biotoopvoorkoor vertonen. De ecologische kenmerken van de bij ons voorkomende soorten zijn door recent plantkundig onderzoek goed beschreven. Bovendien kan op deze groep het actualiteitsprincipe toegepast worden, waarbij wordt aangenomen dat de ecologische ken-

merken van de huidige specimens dezelfde zijn als van hun fossiele of archeologische soortgenoten²². Aan de hand van de ecologische kenmerken van de in een archeologisch staal aanwezige soorten kan aldus het afzetting-milieu gereconstrueerd worden.

Toch mag men niet aannemen dat het vroegere soortenspectrum (ten tijde van de afzetting) zich exact weerspiegelt in de archeologische vondstenverzameling. Allereerst spelen de reeds beschreven tafonomische filters mee. Verschillen in sedimentatie- en bewaringskansen zorgen er bovendien voor dat soorten onder- of oververtegenwoordigd zijn in een archeologische context, een gegeven dat vooral duidelijk wordt bij vergelijking van de fossilisatiekansen van planktonische versus benthische soorten.

Doordat de schaaltes van diatomeeën zeer klein zijn, kunnen ze makkelijk met water of via de lucht over grote afstanden verplaatst worden. Een belangrijke vraag bij de interpretatie van archeologische diatomeeënspectra is dan ook steeds de herkomst van het gevonden materiaal. Een reconstructie van het plaatselijk sedimentatiemilieu kan immers lijden onder de aanwezigheid van aangevoerde, allochtone²³ kiezel-schaaltes. Het voorkomen van allochtonie kan echter vrijwel steeds geregistreerd worden, allereerst doordat de biotoopvoorkoor van de aanwezige soorten niet in één sedimentatiemilieu kunnen samengebracht worden. Wanneer b.v. mariene planktonische soorten samen gevonden worden met epontische subaërische, dan is een van de twee groepen allochtoon. Welke nu precies de allochtone soorten in een staal zijn, kan niet alleen afgeleid worden uit de levensvorm maar o.a. ook herkend worden door verschillen in bewaringstoestand. Aangevoerde specimens kunnen meer gefragmenteerd zijn dan ter plaatse afgezette vormen. Verder helpt natuurlijk de studie van andere groepen organismen in het staal (zoals mollusken²⁴) of van sedimentaire structuren in de archeologische context. Ruwweg kan men steeds stellen dat in een staal de benthische soorten de meeste kans hebben autochtoon te zijn terwijl planktonische vormen het makkelijkst verplaatst worden.

Wanneer de autochtone soorten in een staal als dusdanig geïdentificeerd zijn, kan men er gezien de geringe actieradius van diatomeeën van uitgaan dat deze vrijwel uit de onmiddellijke buurt van de staalnameplaats komen. Dit alles betekent overigens niet dat allochtone soorten niet bij een ecologische reconstructie betrokken worden. Hun aanwezigheid kan

16 Denys 1993, 3.39.

17 Foged 1970 in Denys 1993, 3.36.

18 Brockmann 1940; Scherer 1988 in Denys 1993, 3.38.

19 Denys 1993, 3.39.

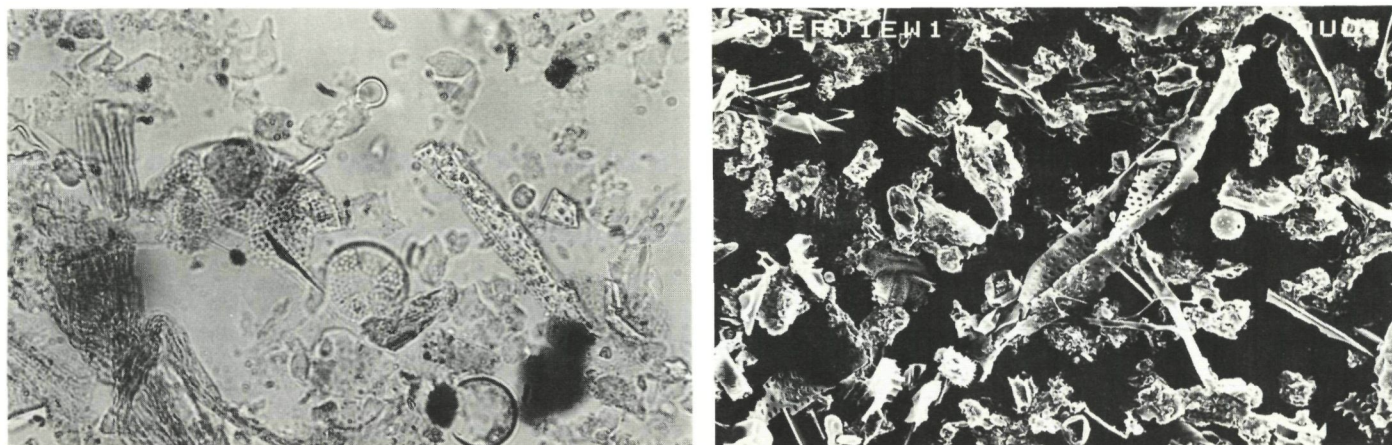
20 Studie van de classificatie van organismen.

21 Denys 1993, 3.1.

22 Denys 1986.

23 Zie voor een bespreking van de termen 'autochtoon' en 'allochtoon' Denys 1993, 3.40.

24 J. De Coninck (Lab. Paleontologie, U.G.), persoonlijke mededeling.



2 Preparaten voor diatomeeënonderzoek, afkomstig uit de Romeinse poel te Oudenburg: links: voor lichtmicroscop; rechts: voor scanning electronenmicroscop.

Mounts prepared for diatom analysis, extracted from the Roman context at Oudenburg: left: for light microscope; right: for scanning electron microscope.

informatie verstrekken over sedimenttransport of over hydrogeografische of geomorfologische fenomenen.

De geschetste karakteristieken van kiezelwieren maken deze groep tot waardevolle ecologische indicatoren bij reconstructies van landschap en vegetatie rond archeologische sites. Nochtans is deze studie nog niet vaak bij Vlaamse archeologische projecten betrokken. Voor zover wij weten, werd ze voor het eerst geïntroduceerd door L. Denys bij het onderzoek van het site Gent - Hogeweg²⁵ en later ook toegepast op de middeleeuwse grachtvulling in de Gentse Gouvernmentstraat²⁶.

Staalname en verwerking

PREPARATIE

Uit beide contexten werd een volume van 4 tot 5 gram genomen, waaruit de diatomeeën werden geprepareerd volgens de methode van van der Werff²⁷. Het sediment wordt daarbij in een beker geplaatst, overgoten met 30% H_2O_2 en afgedekt. Hierdoor ontstaat een trage aantasting van de organische fractie in het staal. Na ongeveer 5 minuten voegt men 1 mg $KMnO_4$ in poedervorm toe, waarna de oplossing na enkele minuten begint te borrelen en dan plots een kortstondige, heftige reactie volgt waarbij de temperatuur tot meer dan 80° oploopt. Deze heftige reactie gaat onmiddellijk over maar vernietigt het grootste deel van de organische fractie. Beide reacties veroor-

zaken slechts onschadelijke dampen en bijkomende opwarming is niet nodig. Als de reactie met mangaan een dioxidelagje vormt, kan dit opgelost worden door 10% HCl toe te voegen. Hierdoor verdwijnt ook kalkmateriaal uit de oplossing.

De oplossing wordt gefilterd op gaas met maaswijdte van 100 μ en vervolgens gecentrifugeerd gedurende 2 min. op 2000 toeren/min. De bovenstaande vloeistof wordt afgegoten en het bezinksel wordt gespoeld met gedistilleerd water. Hierna volgt een tweede centrifugebeurt en in sommige gevallen ook een derde. Tenslotte kan het materiaal na droging als preparaat gemonteerd worden in een inbedmiddel, zoals Naphrax.

DETERMINATIE

De identificaties werden uitgevoerd met behulp van een lichtmicroscop, alhoewel enkele ook getoetst werden met opnamen via een scanning electronenmicroscop (fig. 2)²⁸. Voor de determinatie werd gebruik gemaakt van beschrijvingen, afbeeldingen en foto's uit de literatuur²⁹. De toegepaste nomenclatuur volgt Denys³⁰. De telling van de diatomeenschaaltjes gebeurde onder de lichtmicroscop met een objectief van 100x en een oculair van 10x. Alle volledige schaaltes werden in de telling opgenomen, terwijl fragmenten die minstens de helft van het centrale gedeelte van een volledig schaalte omvatten, en een determinatie toelieten, ook als volledig wer-

25 Denys, manuscript opgesteld voor de Gentse Vereniging voor Stadsarcheologie, maar nooit gepubliceerd.

26 Denys 1990, 1992.

27 van der Werff 1955.

28 Met dank aan S. Van Cauwenberghe, E. Sevens (Geologisch Instituut, U.G.) en J. Verniers (Lab. Paleontologie, U.G.) voor de hulp bij het gebruik van de S.E.M.

29 Vnl. het werk van Caljon (1983), Kalbe (1973), Hustedt en van der Werff (zie de referenties in Denys (1993).

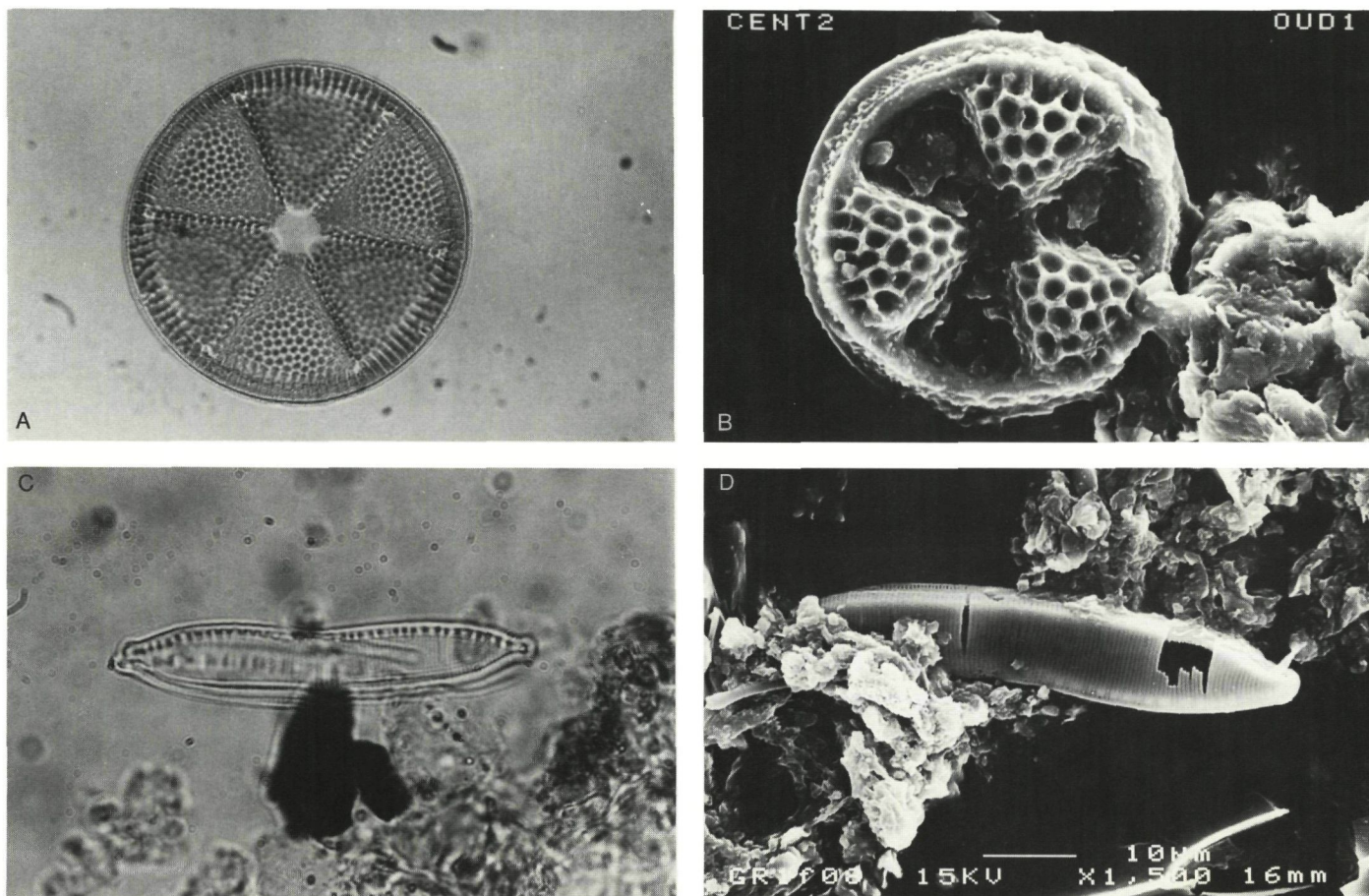
30 Denys 1991.

Tabel 1

Aantal (n) kiezelwieren per soort, aangetroffen in het Romeinse staal te Oudenburg. Weergegeven zijn tevens de ecologische codes per soort, zoals beschreven in de tekst: 1: levensvorm; 2: saliniteit van het biotoop; 3: trofieconditie; 4: saprobie; 5: tolerantie voor getijdewerking; 6: droogtetolerantie; 7: stroomspectrum; 8: pH-voorkeur.

Number (n) of diatoms per species, found in the Roman sample from Oudenburg. The ecological codes, as explained in the text, are also given: 1: lifeform; 2: salinity of the habitat; 3: trophic condition; 4: saprobity; 5: tolerance to intertidal exposure; 6: tolerance to exposure to air; 7: current preference; 8: pH preference.

Ecologische code								n	soort
1	2	3	4	5	6	7	8		
6	7	1	1	3	2	1	6	6	<i>Achnanthes brevipes</i> Ag.
6	8	2	0	4	3	4	4	3	<i>Achnanthes delicatula</i> (Kütz.) Grun.
4	3	1	1	0	2	1	1	3	<i>Actinocyclus octonarius</i> Ehr.
3	4	1	1	4	2	1	1	14	<i>Actinopteryx senarius</i> (Ehr.) Ehr.
3	2	1	1	4	2	1	1	13	<i>Actinopteryx splendens</i> (Shadb.) Ralfs
7	12	2	5	1	3	4	4	2	<i>Amphora ovalis</i> (Kütz.) Kütz.
2	11	3	6	1	2	5	5	39	<i>Asterionella formosa</i> Hassal
3	2	1	1	0	2	1	1	9	<i>Aulacodiscus argus</i> (Ehr.) A. Schmidt
2	12	2	6	1	2	4	4	42	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Simonsen
3	9	2	6	1	3	4	5	2	<i>Bacillaria paxillifer</i> (Müll.) Hendey
8	12	3	6	1	3	4	5	3	<i>Caloneis ventricosa</i> (Ehr.) Meister
6	5	1	1	4	2	1	1	2	<i>Cocconeis scutellum</i> Ehr.
2	2	1	1	1	2	1	1	8	<i>Coscinodiscus perforatus</i> var. <i>pavillardii</i> (Forti) Hust.
4	13	9	6	1	2	4	4	33	<i>Cyclotella kuetzingiana</i> Thwaites
4	10	2	4	1	3	4	4	11	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.
4	8	0	3	4	3	4	4	29	<i>Cyclotella striata</i> (Kütz.) Grun.
8	12	2	6	1	2	4	4	13	<i>Cymatopleura elliptica</i> (Bréb.) W. Sm.
4	2	1	1	4	2	1	1	7	<i>Cymatosira belgica</i> Grun.
6	12	3	6	1	2	4	4	2	<i>Cymbella tumida</i> (Bréb.) V.H.
6	12	3	6	1	3	3	5	18	<i>Diatoma vulgare</i> Bory
7	4	1	1	4	2	1	1	4	<i>Diploneis bombus</i> (Ehr.) Ehr.
8	5	1	1	4	2	1	1	35	<i>Diploneis didyma</i> (Ehr.) Cl.
8	8	2	0	4	3	0	4	26	<i>Diploneis interrupta</i> (Kütz.) Cl.
8	11	9	6	1	4	4	4	3	<i>Diploneis ovalis</i> (Hilse) Cl.
6	14	7	8	1	4	4	10	12	<i>Eunotia exigua</i> (Bréb.) Rabenh.
6	14	5	7	1	4	4	7	1	<i>Eunotia praeurupta</i> Ehr.
3	10	2	0	1	3	0	4	2	<i>Fragilaria construens</i> var. <i>subsalina</i> Hust.
3	12	3	6	1	3	4	4	67	<i>Fragilaria construens</i> var. <i>venter</i> (Ehr.) Grun.
8	12	9	4	1	5	4	11	71	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grun.
8	11	2	4	1	3	4	4	39	<i>Navicula capitata</i> var. <i>hungarica</i> (Grun.) Ross
8	12	9	4	1	4	4	4	4	<i>Navicula cryptocephala</i> Kütz.
8	12	3	4	1	3	4	4	5	<i>Navicula cuspidata</i> Kütz.
								1	<i>Navicula exigua</i> (Greg.) Grun.
8	12	4	8	1	2	5	7	2	<i>Neidium iridis</i> (Ehr.) Cl.
8	12	3	5	1	3	4	4	4	<i>Nitzschia dissipata</i> (Kütz.) Grun.
8	7	1	1	4	2	1	1	27	<i>Nitzschia navicularis</i> (Bréb.) Grun.
8	7	2	4	4	3	0	4	9	<i>Nitzschia sigma</i> (Kütz.) W. Sm.
8	10	2	4	4	3	4	4	11	<i>Nitzschia tryblionella</i> Hantzsch
3	2	1	1	4	2	1	1	1	<i>Odontella rhombus</i> (Ehr.) Kütz.
8	12	4	8	1	5	4	8	9	<i>Pinnularia borealis</i> Ehr.
8	13	6	8	1	4	4	7	14	<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehr.) Cl.
8	12	4	4	1	4	4	6	7	<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehr.
3	2	1	1	4	2	1	1	81	<i>Podosira stelligera</i> (Bailey) A. Mann
4	3	1	1	0	2	1	1	18	<i>Pseudopodosira westii</i> (W. Sm.) Sheshukova-Poretzkaya
6	4	1	1	2	2	1	1	49	<i>Rhaphoneis amphicerus</i> Ehr.
								1	<i>Rhaphoneis surirella</i> (Ehr.) Grun.
6	12	2	6	1	3	4	4	3	<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehr.) Müll.
8	6	1	1	2	2	1	1	5	<i>Scoliopleura tumida</i> (Bréb.) Rabenh.
8	12	9	4	1	3	4	6	5	<i>Stauroneis phoenicenteron</i> (Nitzsch.) Ehr.
6	12	3	6	1	2	5	4	26	<i>Synedra capitata</i> Ehr.
3	3	1	1	0	2	1	1	1	<i>Thalassiosira decipiens</i> (Grun.) Jørgensen
3	4	1	1	0	2	1	1	1	<i>Thalassiosira eccentrica</i> (Ehr.) Cl.
4	2	1	1	0	2	1	1	1	<i>Triceratium favus</i> Ehr.



3 Kiezelwieren uit Romeins Oudenburg (A & C: lichtmicroscop; B & D: scanning electronmicroscop).

Diatoms from Roman Oudenburg (A & C: light microscope; B & D: scanning electron microscope).

A-B: *Actinopteryx senarius* (Ehr.) Ehr. (125 µ); C-D: *Hantzschia amphioxys* (Ehr.) Grun. (50 µ).

den beschouwd. Schaaltjes van langwerpige diatomeeën waren steeds gebroken in de onderzochte preparaten. Bij deze vormen werd het aantal apikale gedeeltes³¹ geteld en vervolgens gehalveerd. Volgens experimenteel onderzoek³² moet er bij fossiel materiaal tenminste 400 schaaltjes geteld worden. In deze studie werden echter veel meer schaaltjes geteld, omdat we met een laag soortenaantal³³ en een sterke fragmentatie te maken hadden.

Het Romeinse staal

Uit een staal uit de Romeinse poel 91/Ou/II/16³⁴, volgens de archeologische gege-

vens daterend uit de eerste helft van de 3de eeuw³⁵, werden 804 diatomeeënschaaltjes geteld (tabel 1, fig. 3). De identificatie leverde 53 taxa op, waaronder 51 met gekende ecologische kenmerken³⁶. Vermits de overige twee taxa slechts een onbeduidend vondstenaantal vertegenwoordigen, kunnen zij bij de hierna volgende interpretaties verwaarloosd worden. Figuur 4 geeft de relatieve frequentie van de aangetroffen levensvormen weer, figuur 5 de verdeling van planktonische, benthische en andere soorten over de saliniteitsklassen. Beide verdelingen zijn berekend op basis van de ecologische codes vermeld in tabel 1 en steunen dus op 802 vondsten.

Qua levensvormen behoort 47,6% van de vondsten in het Romeinse staal tot het plankton (fig. 4: klassen 2 tot en met 4). Het is hoogst onwaarschijnlijk dat deze planktonische soorten in de onderzochte poel zelf voorkwamen; daarvoor is het volume te klein en als leefgebied ongeschikt. De planktonsoorten zijn dus vrijwel zeker allochtone vormen, die met water zijn aangevoerd. Deze veronderstelling gaat zeker op voor het grote aandeel van vondsten van mariene, euhaliene taxa binnen

31 Spitse uiteinden van de schaal.

32 Foged 1970; Florin 1970.

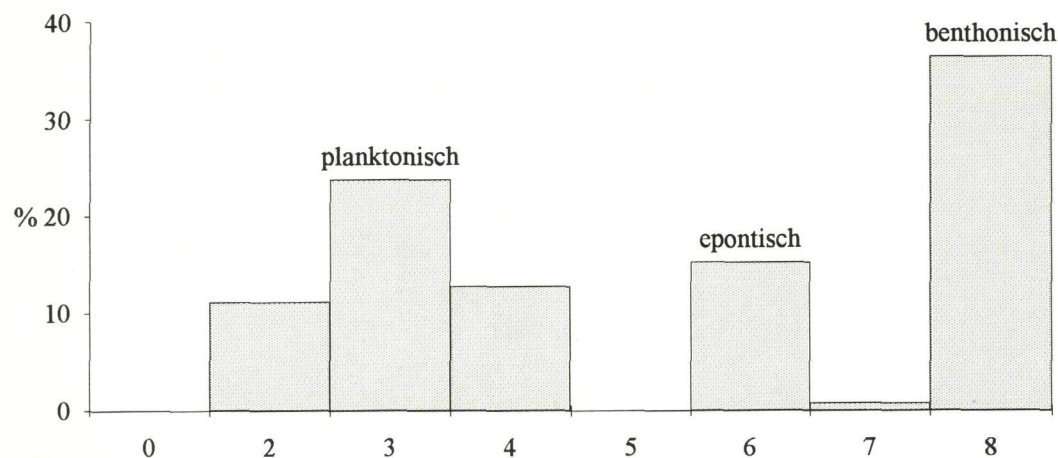
33 De veel voorkomende soorten in een staal zijn immers vaak diegene die de minst nauwe eisen stellen aan hun leefmilieu. Daarom telt men dikwijls meer materiaal, in de hoop zeldzame soorten te vinden met een beperkte ecologische tolerantie. Deze laatste zijn bij ecologische reconstructies immers vaak het interessantst.

34 Zie fig. 1: A in Schelvis & Eryvynck 1993, dit volume.

35 Gegevens Y. Hollevoet.

36 Volgens Denys 1991.

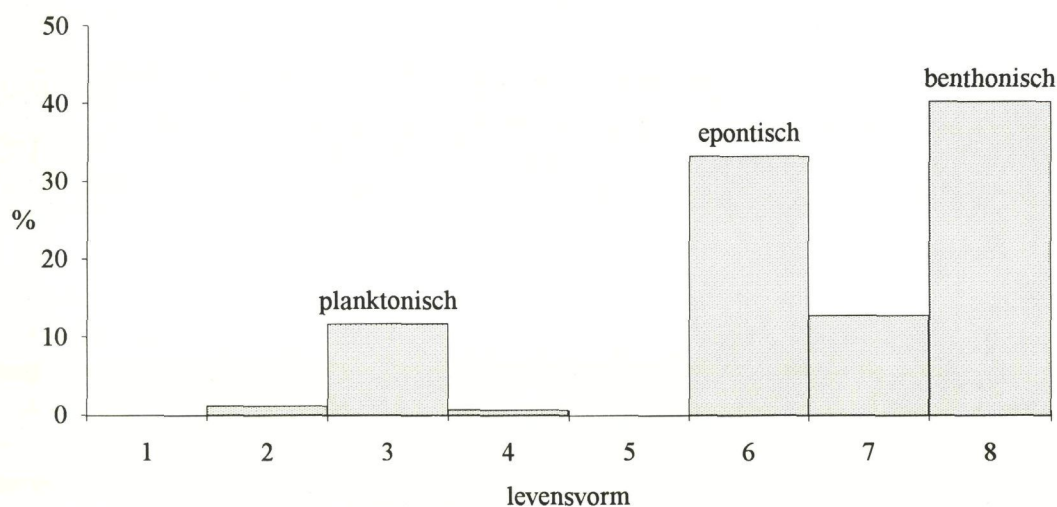
Romeins



4 Verdeling van de vondsten uit de Romeinse en de middeleeuwse context per levensvorm.

Distribution per lifeform of the finds from the Roman and the medieval context.

middeleeuws



de groep (fig. 5: saliniteitsklasse 2), die onmogelijk in de poel zelf kunnen geleefd hebben. Hun aanwezigheid kan best verklaard worden door aan te nemen dat zeewater het site bereikte en planktonische soorten meebracht.

Gezien de allochtonie gaan we voor een reconstructie van het afzettingsmilieu in de eerste plaats enkel uit van de schaaltes van benthische soorten, die 36,4% van de totale vondstencollectie uitmaken (fig. 4: klasse 8). Bij deze groep overwegen de aantallen van oligohaliene soorten met 46,9% (fig. 5: saliniteitsklasse 12 tot en met 14) maar zitten ook 26% polyhaliene specimens (fig. 5: saliniteitsklassen 3 tot en met 7). *Diploneis didyma* is binnen deze polyhaliene benthische groep het

frequentst en is een soort die voorkomt in sterk brak water, langs de kust, in estuaria of in kweldersloten. Ook andere soorten bij het benthos verwijzen naar schorre- of wadmilieus³⁷. Daarnaast bevatte het Romeinse staal 27,1% resten van mesohaliene benthische soorten (fig. 5: saliniteitsklasse 8 tot en met 11), typisch voorkomend in brak tot brak-zoet water. Alles samen wijst de benthische groep op een zoetwatermilieu met belangrijke brakke tot mariene invloeden. Het voorkomen van *Hantzschia amphioxys* en *Pinnularia borealis* zou bovendien een indicatie zijn van periodiek drogere omstandigheden³⁸. Deze interpretatie wordt ondersteund door het voorkomen van subaërische soorten³⁹.

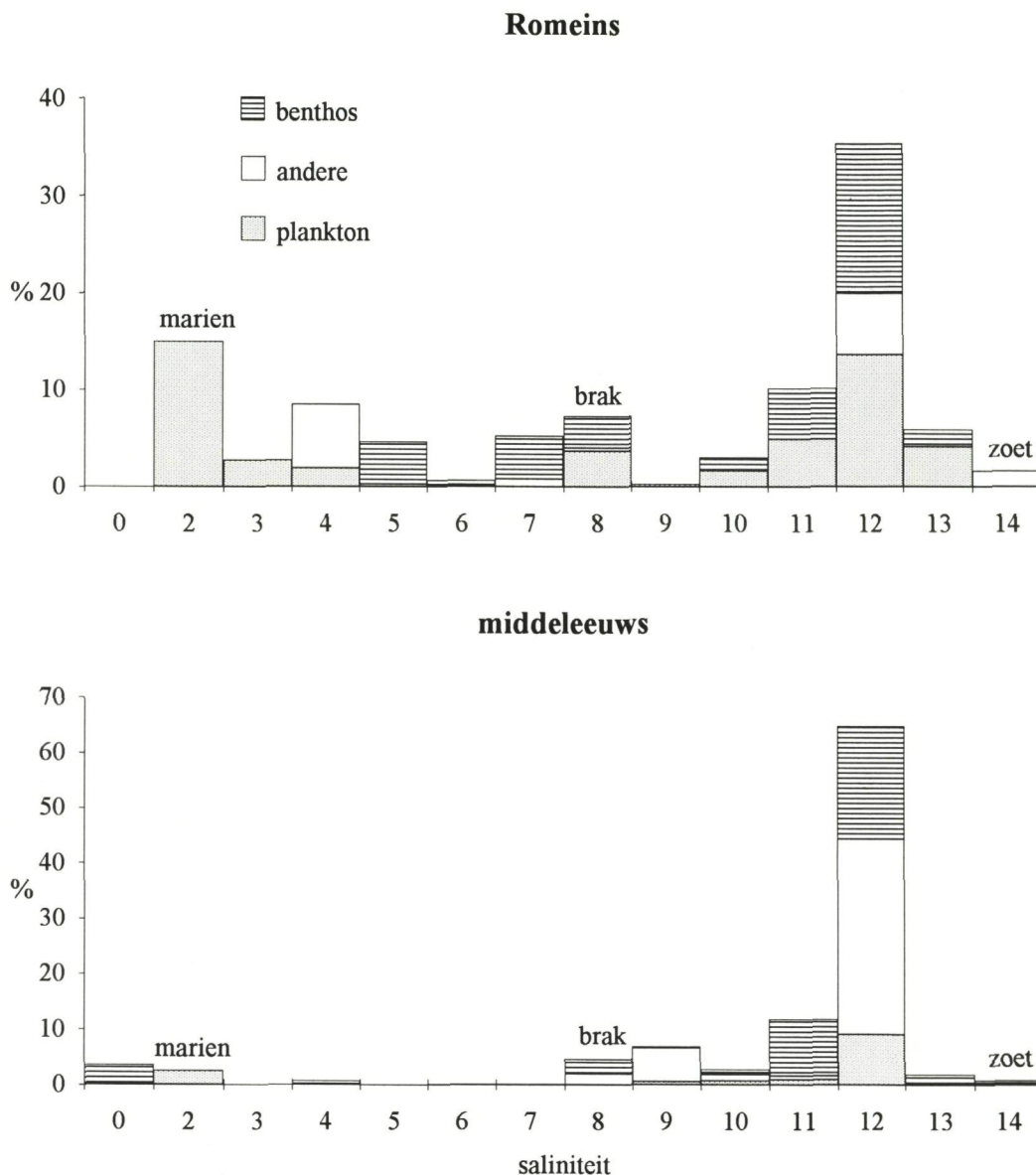
37 Vergelijk met Vos & De Wolff 1988.

38 Denys 1989, 1990.

39 De verdeling van de codes voor trofie, pH-voorkleur, saprobie en droogtetolerantie zijn niet weergegeven in figuur maar werden berekend uit tabel 1.

5 Verdeling van de vondsten uit de Romeinse en de middeleeuwse context over de saliniteitsklassen.

Distribution over the salinity classes of the finds from the Roman and the medieval context.



In het trofiespectrum der benthische vormen overheerst de groep die voorkomt in eutrofe (voedselrijke) biotopen. Veel van deze soorten zijn bovendien aangepast aan een alkalisch milieu ($\text{pH} > 7$). Het saprobiespectrum wijst op een behoorlijk verstoord milieu, gekenmerkt door een sterke organische vervuiling en een laag zuurstofgehalte.

Alles samen kunnen we, op basis van de kiezelwieren en gezien de ligging van het site aan de rand van de kustvlakte, het biotoop in de Romeinse tijd reconstrueren als een schorre of met meer waarschijnlijkheid als een zoutweidegebied waarin zich getijdegeulen aftekenen die periodiek zout water aanvoeren of waarin toch zeker zeewater bij springtij of

stormvloed doordringt. Het site was sterk vervuild en doorgaans drassig alhoewel perioden van relatieve droogte moeten voorgekomen zijn.

Deze reconstructie is sterk in overeenstemming met deze op basis van de mijtenresten⁴⁰, die een biotoop voorstelde gekenmerkt door een open landschap, wellicht een grasland, waarin een uitgesproken zilte invloed merkbaar was. De onderzochte context was sterk organisch vervuild, meer bepaald door de uitwerpselen van dieren. De aanwijzingen voor organische vervuiling uit de kiezelwierspectra kunnen, naar analogie met de studie van de mijten, gecorreleerd worden met het gebruik van het terrein als weide voor vee.

40 Schelvis & Eryvnc 1992.

Tabel 2

Aantal (n) kiezelwieren per soort, aangetroffen in het middeleeuwse staal te Oudenburg. Weergegeven zijn tevens de ecologische codes per soort, zoals beschreven in de tekst (zie tabel 1).

Number (n) of diatoms per species, found in the medieval sample from Oudenburg. The ecological codes, as explained in the text, are also given (see table 1).

Ecologische code								n	soort
1	2	3	4	5	6	7	8		
6	12	3	4	1	4	4	4	125	<i>Achnanthes lanceolata</i> (Bréb.) Grun.
3	4	1	1	4	2	1	1	1	<i>Actinopteryx senarius</i> (Ehr.) Ehr.
7	10	2	2	1	3	4	4	13	<i>Amphora veneta</i> Kütz.
8	10	2	4	1	3	4	4	1	<i>Anomoeoneis sphaerophora</i> (Ehr.) Pfitzer
2	11	3	6	1	2	5	5	10	<i>Asterionella formosa</i> Hassal
2	12	2	6	1	2	4	4	4	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehr.) Simonsen
3	9	2	6	1	3	4	5	6	<i>Bacillaria paxillifer</i> (Müll.) Hendey
8	10	2	4	1	3	4	2	4	<i>Caloneis amphisbaena</i> (Bory) Cl.
4	10	2	4	1	3	4	4	8	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kütz.
6	12	3	6	1	3	4	4	2	<i>Cymbella cistula</i> (Ehr.) Kirchner
6	12	3	6	1	3	3	5	9	<i>Diatoma vulgare</i> Bory
7	4	1	1	4	2	1	1	2	<i>Diploneis bombus</i> (Ehr.) Ehr.
8	8	2	0	4	3	0	4	2	<i>Diploneis interrupta</i> (Kütz.) Cl.
6	12	3	6	1	3	4	3	3	<i>Epithemia turgida</i> (Ehr.) Kütz.
6	14	7	8	1	4	4	10	4	<i>Eunotia exigua</i> (Bréb.) Rabenh.
6	12	5	6	1	3	4	7	3	<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehr.) Mills
3	12	3	6	1	3	4	4	1	<i>Fragilaria construens</i> (Ehr.) Grun.
3	12	3	6	1	3	4	4	80	<i>Fragilaria construens</i> var. <i>venter</i> (Ehr.) Grun.
6	12	3	4	1	4	4	4	44	<i>Fragilaria vaucheriae</i> (Kütz.) Petersen
6	12	6	6	1	3	4	11	27	<i>Gomphonema gracile</i> Ehr.
6	11	9	5	1	3	4	4	8	<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Bréb.
6	12	3	2	1	3	4	5	52	<i>Gomphonema parvulum</i> (Kütz.) Kütz.
8	12	9	4	1	5	4	11	80	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grun.
8	11	2	4	1	3	4	4	35	<i>Navicula capitata</i> var. <i>hungarica</i> (Grun.) Ross
8	11	9	4	1	5	4	4	84	<i>Navicula cincta</i> (Ehr.) Ralfs
8	6	1	1	4	2	1	1	1	<i>Navicula crucicula</i> (W. Sm.) Donk.
8	12	9	4	1	4	4	4	86	<i>Navicula cryptocephala</i> Kütz.
8	7	1	1	4	2	1	1	1	<i>Navicula digitoradiata</i> (Greg.) Ralfs
8	12	9	6	1	3	4	6	6	<i>Navicula radiosa</i> Kütz.
8	12	9	4	1	3	4	4	15	<i>Navicula rhynchocephala</i> Kütz.
8	8	2	0	4	3	4	4	2	<i>Navicula salinarum</i> Grun.
8	0	1	1	0	2	1	1	41	<i>Navicula subinflata</i> Grun.
7	12	2	4	1	2	4	4	134	<i>Navicula viridula</i> (Kütz.) Ehr.
8	12	2	6	1	3	4	4	10	<i>Nitzschia fonticola</i> Grun.
8	14	0	6	1	3	4	7	5	<i>Nitzschia hantzschiana</i> Rabenh.
8	9	2	4	1	3	4	4	3	<i>Nitzschia hungarica</i> Grun.
8	10	2	4	4	3	4	4	6	<i>Nitzschia tryblionella</i> Hantzsch
8	8	2	0	0	4	0	4	6	<i>Nitzschia vitrea</i> var. <i>salinarum</i> Grun.
8	12	4	8	1	5	4	8	24	<i>Pinnularia borealis</i> Ehr.
8	13	9	4	1	3	4	7	2	<i>Pinnularia gibba</i> Ehr.
8	13	6	8	1	4	4	7	19	<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehr.) Cl.
8	12	4	4	1	4	4	6	7	<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehr.
3	2	1	1	4	2	1	1	29	<i>Podosira stelligera</i> (Bailey) A. Mann
6	4	1	1	2	2	1	1	5	<i>Rhaphoneis amphiceros</i> Ehr.
8	12	5	6	1	3	4	7	9	<i>Surirella linearis</i> W. Sm.
8	8	2	4	4	3	4	4	20	<i>Surirella ovalis</i> Bréb.
3	12	3	4	1	2	4	4	20	<i>Synedra acus</i> Kütz.
6	8	2	6	4	3	4	4	23	<i>Synedra fasciculata</i> (Ag.) Kütz.
6	9	2	4	4	4	4	4	71	<i>Synedra pulchella</i> Ralfs
6	12	2	4	1	3	4	5	11	<i>Synedra ulna</i> (Nitzsch) Ehr.

1164

Totaal

Een onderzoek van pollen uit dezelfde Romeinse poel⁴¹ wijst op de aanwezigheid van een vochtig grasland, met in de buurt nog enkele bosjes van els en hazelaar. In tegenstelling tot het mijten- en diatomeeënonderzoek zijn er echter geen aanwijzingen voor zilte omstandigheden of schorrevegetatie. Mogelijk kan de omgeving echter bestaan hebben uit zout gras- of weiland (*prés salés*). Deze interpretatie zou dan de bevindingen van mijten-, kiezelwieren- en pollenonderzoek verzoenen. De vervuiling van het site zou zich in het pollenspectrum kunnen gemanifesteerd hebben via de aangetroffen stuifmeelkorrels van enkele ruderaalplanten.

Het vol-middeleeuws staal

Uit het staal uit de 11de-12de-eeuwse context⁴² werden 1164 kiezelchaaltjes geïdentificeerd, behorend tot 50 taxa, die alle qua ecologische codes gekend zijn (tabel 2). Van de 53 taxa uit het Romeinse staal werden er slechts 19 in het middeleeuwse teruggevonden, dat dus 31 nieuwe taxa bevatte. Hierdoor komt het totaal aantal taxa voor het Oudenburgse site op 84, waarbij de geringe overlapping in soortenspectrum tussen de twee stalen reeds kan gezien worden als een aanwijzing voor beduidende verschillen in de sedimentatiemilieus.

In het middeleeuwse staal is het aandeel van chaaltjes van planktonische soorten beduidend lager dan in het Romeinse (13,7% versus 47,6%, fig. 4: klasse 2 tot en met 4). Tegelijk is ook het aantal vondsten van polyhaliene soorten binnen de bentische groep zeer laag (0,5% in het middeleeuwse staal versus 26% in het Romeinse, fig. 5: saliniteitsklasse 3 tot en met 7). Beide vaststellingen suggereren dat de invloed van de zee in het 11de-12de-eeuwse staal onbeduidend was. De diatomeeënflora wordt inderdaad gedomineerd door soorten met een voorkeur voor een leefomgeving met laag zoutgehalte.

Uit de verdeling van de aangetroffen specimens volgens de andere ecologische codes⁴³ valt af te leiden dat de onderzochte middeleeuwse context verder te karakteriseren is als eutroof, alkalisch en behoorlijk verstoord. De eutrofiëring en saprobiegraad zou daarbij zelfs hoger kunnen liggen dan in het Romeinse staal, wat moet wijzen op een sterke organische vervuiling.

Deze vaststellingen kunnen terug vergeleken worden met deze op basis van de

mijtenresten⁴⁴. Het afwezig zijn van de zilte invloed op het site in de middeleeuwse periode is daarbij een overeenkomst tussen beide groepen van ecologische indicatoren. Ook de vervuiling van de onderzochte plek, volgens de mijten veroorzaakt door organisch materiaal maar niet door mest, wordt door beide onderzoeken aangetoond.

Besluit

De resultaten van de ecologische reconstructies aan de hand van kiezelwieren onderschrijven de gegevens bekomen uit de studie van de mijtenresten. Met name de vervuiling van beide stalen, de zilte invloed op de vegetatie in het Romeinse staal en het ontbreken daarvan in de middeleeuwse context worden door beide onderzoeken aangetoond. Een pollenanalyse van de Romeinse poel kon de invloed van zee- of brak water niet aantonen maar duidt net zoals de studie van de mijtenresten op de aanwezigheid van een vochtig grasland. Een interpretatie als zou de omgeving er in de eerste helft van de 3de eeuw als een zout weiland hebben uitgezien, kan misschien door alle vondstengroepen ondersteund worden. Uit het reeds te Oudenburg uitgevoerde ecologisch onderzoek komt dan ook als belangrijkste besluit naar voor dat enkel een combinatie van de interpretaties van verschillende groepen van indicatoren een vrij betrouwbare ecologische reconstructie van het landschap rond een archeologisch site kan geven. Verder is o.i. aangetoond dat de studie van kiezelwieren een belangrijke bijdrage vormt binnen dit geheel.

SUMMARY

Diatoms as ecological indicators in Flemish archaeology: Roman and medieval Oudenburg (prov. of West Flanders)

The Roman and medieval site of Oudenburg (West Flanders) is situated at the border of the coastal plain, where the sandy region of inland Flanders begins. Previous ecological reconstructions of landscape and vegetation around the site in Roman and medieval times were based on mite remains (*Acari*)⁴⁵. These suggested that the site, during the first half of the 3rd century, can be described as a rural, wet and open grassland, with a pronounced marine influence caused by the presence of

41 Cooremans, zie p. 229-231.

42 Zie fig. 1: B in Schelvis & Ervynck 1993, dit volume.

43 De verdeling van de codes voor trofie, pH-voorkeur en saprobie zijn niet weergegeven in figuur maar werden berekend uit tabel 2.

44 Schelvis & Ervynck 1993, dit volume. Uit de middeleeuwse context zijn geen pollenstalen genomen omdat, aangezien de structuur in een woning lag, de kansen op pollencaptatie te gering waren.

45 Schelvis & Ervynck 1992, 1993.

tidal gullies, bringing salt water inland. In an 11th-12th century context, this marine influence could no longer be detected, suggesting that salt or brackish water did not reach the site during that period. The acarid fauna further showed a significant pollution during both occupation periods sampled.

In this report the conclusions based on the mites are further tested against the analysis of another group of organisms present in the samples, i.e. diatoms (fig. 1). For the ecological reconstructions based on these organisms, the ecological characteristics of the species are used as synthesised by Denys⁴⁶. In this author's approach, the ecology of each species is described using numerical codes that evaluate the species' lifeform, preference for salinity, trophic conditions, saprobity, pH and water current, and tolerance to intertidal or air exposure. For the analysis of the Oudenburg material, samples were processed and slides were prepared using the method of van der Werff⁴⁷. Identifications were done by means of a light microscope, although some were evaluated by scanning electron microscope photographs (fig. 2).

Table 1 gives the number per species found in the Roman sample (fig. 3), together with their ecological codes. Considering lifeform, 47,6% of the valves found belong to planctonic species, while 36,4% belong to benthic forms (fig. 4). The first group comprises a majority of remains of marine, euhaline species and is without doubt allochthonic. The valves of these diatoms must have been transported to the inland site by water coming from the sea. Within the benthic group, most probably exclusively autochthonous to the site, 26% of the finds can be described as polyhaline, further proving the strong influence of the sea (fig. 5).

This pattern suggests the presence of a salt marsh vegetation or a salty pasture (*pré salé*) near the site. The ecological codes for trophic conditions, saprobity and pH preference of the benthic species strongly suggest that the site was heavily polluted. These interpretations corroborate the reconstruction based on mite remains. However, the analysis of pollen from the same structure (table 3, fig. 6 to 8)⁴⁸ could not confirm a clear salty influence on the site's vegetation, which reduces the likelihood of the presence of a salt marsh near the site. A reconstruction of the natural surroundings of the Roman site as a pasture ground or grassland, sporadically reached by sea water from nearby tidal gullies or creeks, could integrate the interpretations from the three groups of ecological indicators studied.

The diatom flora from the medieval sample (table 2) contains less planctonic specimens (13,7%) than the Roman sample (fig. 4). The fraction of polyhaline forms within the benthic group is almost non-existent (fig. 5). In fact, the whole finds assemblage is dominated by the remains of autochthonous species preferring water with low salinity. This again proves the disappearance of the marine influence on the site during the Middle Ages. The diatoms from the medieval context further corroborate the presence of heavy organic pollution, already suggested by the mites.

The present state of the analysis of the environmental archaeology of the site at Oudenburg points to the conclusion that only a combination of the interpretations based on different groups of ecological indicators can provide a sound reconstruction of the former landscape and vegetation. In our opinion, it has been proved that the analysis of diatoms is a valuable tool in this context.

BIBLIOGRAFIE

AMERYCKX J. 1958: Bodem en bewoning in de zeepolders, *Natuurwetenschappelijk Tijdschrift* 40, 176-193.

BAETEMAN C. 1981: *De Holocene ontwikkeling van de westelijke kustvlakte (België)*, onuitgegeven doctoraatsproefschrift V.U. Brussel.

BRASIER M.D. 1980: *Microfossils*, London.

CALJON A. 1983: *Brackish-water Phytoplankton of the Flemish Lowland*.

DENYS L. 1986: Diatoméeën in kustafzettingen: kiezelalgen als gidsen voor paleomilieu en zeeniveau, *Gea* 19 (3), 80-87.

DENYS L. 1989: Observations on the Transition from Calais Deposits to Surface Peat in the Western Belgian Coastal Plain, Results of a Paleoenvironmental Diatom Study, *Belgische Geologische Dienst Professional Paper* 241, 20-43.

DENYS L. 1990: Diatoméeënonderzoek middel-eeuwse grachtovulling Gouvernmentstraat (Gent), *Stadsarcheologie. Bodem en Monument in Gent* 14 (4), 51-67.

46 Denys 1991.
47 van der Werff 1955.
48 Cooremans, zie p. 229-231.

DENYS L. 1991: *A check-list of the diatoms in the Holocene deposits of the Western Belgian Coastal Plain with a survey of their apparent ecological requirements*, Belgische Geologische Dienst Professional Paper 246.

DENYS L. 1992: On the significance of marine diatoms in freshwater deposits at archaeological sites, *Diatom Research* 7 (1), 195-197.

DENYS L. 1993: *Paleoecologisch diatomeeënonderzoek van de holocene afzettingen in de westelijke Belgische kustvlakte*, onuitgegeven doctoraatsproefschrift Universitaire Instelling Antwerpen.

FOGED N. 1970: The diatomaceous flora in a postglacial kieselguhr deposit in southwestern Norway. In: GERLOFF J. & CHOLNOKY B.J. (eds), *Diatomaceae II*, Nova Hedwigia Beiheft 31, 169-202.

FLORIN M.-B. 1970: Late-Glacial diatoms of Kirchner Marsh, Southeastern Minnesota. In: GERLOFF J. & CHOLNOKY B.J. (eds), *Diatomaceae II*, Nova Hedwigia Beih. 31, 667-756.

HOLLEVOET Y. 1992: Speuren onder het sportveld. Romeinse en middeleeuwse sporen ten zuiden van de Stedebeek te Oudenburg, *Archeologie in Vlaanderen II*, 195-207.

KALBE L. 1973: *Kieselalgen in Binnengewässern*, Wittenberg.

MOSTAERT F. 1989: Holocene sea-level indicators in the eastern part of the Belgian coastal plain. In: BAETEMAN C. (ed.), *Quaternary sea-level investigations from Belgium*, Belgische Geologische Dienst Professional Paper 241, 44-58.

SCHELVIS J. & ERVYNCK A. 1992: Mijten (Acari) als ecologische indicatoren in de archeologie. Onderzoek op de Romeinse vindplaats Oudenburg (prov. West-Vlaanderen), *Archeologie in Vlaanderen II*, 175-189.

SCHELVIS J. & ERVYNCK A. 1993: Mijten (Acari) uit middeleeuws Oudenburg (prov. West-Vlaanderen): een reconstructie van het landschap, *Archeologie in Vlaanderen III*, 00.

VAN DER WERFF A. 1955: A new method of concentrating and cleaning diatoms and other organisms, *Verhandelingen van de Internationale Vereniging voor Limnologie* 12, 276-277.

VOS P.C. & DE WOLFF H. 1988: Methodological aspects of paleoecological diatom research in coastal areas of the Netherlands, *Geologie en Mijnbouw* 67, 31-40.

Palynologisch onderzoek van een Romeinse poel te Oudenburg

door Brigitte Cooremans

Inleiding

Stuifmeel of pollenanalyse is gebaseerd op het feit dat sporen en stuifmeel, onder gunstige, anaërobe omstandigheden, onbepaald bewaard kunnen blijven. Niet alleen natuurlijke sequenties, maar ook monsters uit archeologische contexten, zoals waterputten, afvalputten, drinkpoelen en dergelijke kunnen op pollen onderzocht worden. Deze tweede categorie stalen zal vooral een beeld geven van de lokale vegetatie in de onmiddellijke omgeving van de bemonsteringsplaats, op een bepaald tijdstip in de geschiedenis.

Uit de poel waar ook monsters voor mijten⁴⁹ en diatomeeënonderzoek⁵⁰ werden verzameld, is ook een staal voor stuifmeel of pollenanalyse genomen. Deze poel (91/Ou/II/16) dateert uit de eerste helft van de 3de eeuw⁵¹. Voor de extractie van het stuifmeel werd het staal op de traditionele manier behandeld⁵². Zo werden de monsters achtereenvolgens onderworpen aan een behandeling met 10% HCl, 40% HF, 10% KOH, scheiding in

een zware vloeistof (Zn₂Cl met densiteit 2) en acetolyse. Preparaten werden gemaakt met 'glycerine jelly'.

Resultaten⁵³

Het preparaat was zeer rijk aan stuifmeelkorrels welke zich in een redelijk goede bewaringstoestand bevonden. Tabel 3 geeft de telresultaten. Voor de naamgeving van de planten werd de *Flora van Nederland* gevolgd⁵⁴.

Het pollen spectrum brengt een geheel ontbost milieu aan het licht. De som van het boompollen⁵⁵ bedraagt slechts 9,2% van het totaal, wat wijst op een open landschap⁵⁶. Enkel els, in de vochtige depressies, en hazelaar op de drogere plaatsen, hadden enig belang. Deze kwamen waarschijnlijk hier en daar in bosjes in de buurt voor. Alhoewel graan- en gewassen in pollenspectra meestal ondervertegenwoordigd zijn⁵⁷ geven de lage waarden voor de cerealia (tabel 3) een aanduiding dat de korenvelden zich waarschijnlijk niet in de

49 Schelvis & Eryvynck 1992.

50 Zie boven.

51 Zie fig. 1: A in Schelvis & Eryvynck 1993, dit volume.

52 Moore *et al.* 1991; Faegri & Iversen 1989.

53 We willen hier prof. A.V. Munaut (U.C.L.) bedanken voor de hulp bij de analyses en het kritisch door-nemen van de tekst.

54 Heukels & Van Oost-stroom 1977.

55 % AP, zie tabel.

56 Heim 1970.

57 Heim 1970; Diot 1992.

onmiddellijke nabijheid van de poel bevonden. Enkele vertegenwoordigers van de groep van de ruderaalplanten, o.a. alsem en weegbree, zijn ook te verwachten in een dergelijke omgeving. Deze soorten komen immers voor op stikstofrijke en door mens en dier veel betreden en verstoorde plaatsen.

Het overwicht van de grassen en het belang van *Trifolium* sp. (klaversoorten, fig. 6) wijzen erop dat in de directe nabijheid van de bemonsteringsplaats vochtig grasland aanwezig was. Dit diende waarschijnlijk als graasplaats voor vee, in dit geval waarschijnlijk schapen⁵⁸. Ook tal van andere graslandplanten waaronder b.v. *Centaurea* sp. (fig. 7) en andere soorten composieten (tabel 3) zijn aanwezig. In tegenstelling tot het mijten- en diatomeeënonderzoek, geven de pollen echter geen aanwijzing voor een zilte invloed op de vegetatie. Het aandeel van de Chenopodiaceae (ganzevoetfamilie, fig. 8) en alsem, die in een dergelijke omgeving bij de zoutminnende planten mogen gerekend worden, is immers gering.

Besluit

Het pollenspectrum weerspiegelt de vegetatie van een vochtig grasland met in de buurt nog enkele bosjes van els en hazelaar. Ook de mijtenresten wezen hierop. In tegenstelling tot mijten- en diatomeeënonderzoek zijn er echter geen aanwijzingen voor zilte omstandigheden of schorrevegetatie. Gezien de beperkte grootte van de poel en het daarmee samengaan de beperkte opvanggebied voor het stuifmeel, geeft dit monster een beeld van de vegetatie van de onmiddellijke omgeving van de drinkpoel. Vochtig grasland is dan ook precies wat in de lijn van de verwachtingen lag. Eerder palynologisch onderzoek te Oudenburg⁵⁹ geeft een heel ander beeld. Aangezien echter niet helemaal duidelijk is waar precies de staalname gebeurde, uit welke context ze afkomstig is en uit welke periode ze precies dateert, is het niet mogelijk hiermee vergelijkingen te maken.

SUMMARY

The pollenspectrum of a Roman puddle at Oudenburg (prov. of West Flanders)

The pollenspectrum of a Roman puddle (first half of the 3rd C.) on the site of Oudenburg (West Flanders) shows a moist grassland vegetation with a few alders and hazels in the vicinity. This is in correspondence with the results from both the mite and diatom

Tabel 3

Pollenanalyse: lijst van de soorten uit het Romeinse staal.

Pollen analysis: list of the species present in the Roman sample.

BOMEN (trees) %		
<i>Alnus</i>	2,8	els
<i>Betula</i>	0,3	berk
<i>Corylus</i>	2,8	hazelaar
<i>Fagus</i>	0,6	beuk
<i>Pinus</i>	0,3	den
<i>Prunus</i>	0,6	pruim - kers
<i>Quercus</i>	0,9	eik
<i>Tilia</i>	0,9	linde
Totaal AP %	9,2	
KRUIDEN (herbs) %		
Cerealìa	2,8	granen
<i>Artemisia</i>	0,3	alsem
<i>Plantago</i>	0,9	weegbree
<i>Rumex</i> type	2,8	zuring
Labiatae	0,6	lipbloemigen
<i>Calluna</i>	0,3	struikheide
Chenopodiaceae	1,5	ganzevoetfamilie
Gramineae	56,3	grassen
Compositae	0,3	composieten
<i>Achillea</i> type	0,3	duizendblad
<i>Crepis</i> type	1,2	streepzaad
<i>Centaurea</i> sp.	0,6	centaurie
<i>Centaurea pratensis</i> type	0,6	gewoon knooppkruid
Cruciferae	1,2	kruisbloemigen
Caryophyllaceae	0,3	anjerfamilie
<i>Lotus</i> type	0,3	rolklaver
<i>Trifolium</i> type	11,0	klaver
<i>Ranunculus</i> type	0,9	boterbloem
Umbelliferae	0,3	schermbloemigen
Cyperaceae	2,8	cypergrassen
<i>Pteris</i>	0,9	adelaarsvaren
Monolete spore	0,6	
Trilete spore	0,3	
Totaal NAP %	90,8	
Indeterminata	0,6	
Pollensom	327	

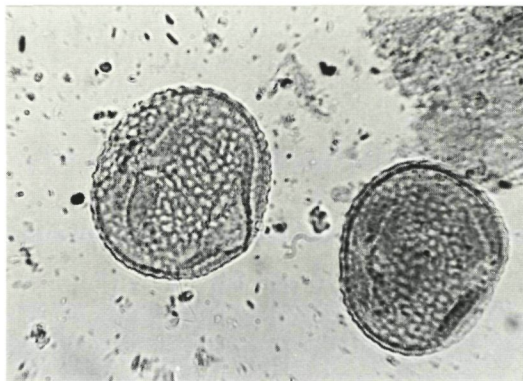
research, previously performed on samples from the same context⁶⁰. However, the pollen give no indication of the influence of silt conditions or the presence of a salt marsh vegetation, as suggested by mite and diatom analysis. Considering the limited size of the puddle, this sample gives a view of the vegetation in the immediate surroundings of the watering place. Consequently, moist grassland is exactly what was expected (fig. 6 to 8).

58 Schelvis & Ervynck 1992.

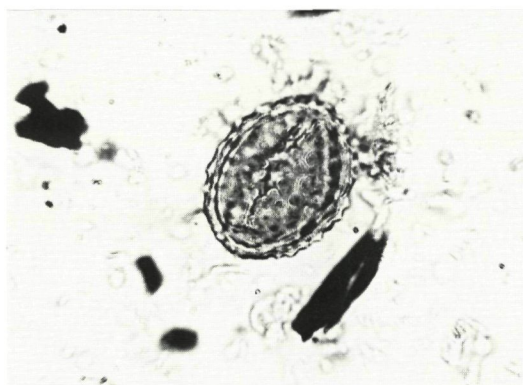
59 Mullenders in Mertens 1958, Verbruggen in Thoen 1978.

60 Schelvis & Ervynck 1992, 1993.

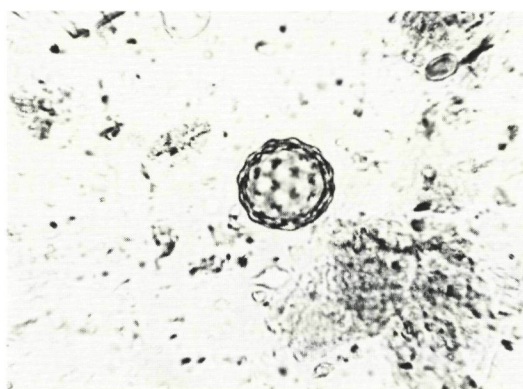
6 Pollenkorrel van klaver (*Trifolium* sp., 30 μ).
Pollen grain of clover (*Trifolium* sp., 30 μ).



7 Pollenkorrel van centaure (Centaurea sp. 30 μ).
Pollen grain of knapweed (*Centaurea* sp., 30 μ).



8 Pollenkorrel van Chenopodiaceae (ganzevoetfamilie, 20 μ).
Pollen grain of Chenopodiaceae (goosefoot family, 20 μ).



BIBLIOGRAFIE

DIOT M.F. 1992: Etudes palynologiques de blés sauvages et domestiques issus de cultures expérimentales. In: *Préhistoire de l'agriculture: nouvelles approches expérimentales et ethnographiques*, Monographie du CRA 6, 107-111.

FAEGRI K. & IVERSEN J. 1989: *Textbook of pollen analysis*. Fourth edition, Chichester.

HEIM J. 1970: *Les relations entre les spectres polliniques récents et la végétation actuelle en Europe Occidentale*, onuitgegeven doctoraatsthesis K.U. Leuven.

HEUKELS H. & VAN OOSTSTROOM S.J. 1977: *Flora van Nederland*, Groningen.

MERTENS J. 1958: *Oudenburg en de Vlaamse Kustvlakte tijdens de Romeinse periode*, *Archaeologia Belgica* 39.

MOORE P.D., WEBB J.A. & COLLINSON M.E. 1991: *Pollen analysis*. Second edition, London.

SCHELVIS J. & ERVYNCK A. 1992: Mijten (*Acari*) als ecologische indicatoren in de archeologie. Onderzoek op de Romeinse vindplaats Oudenburg (prov. West-Vlaanderen), *Archeologie in Vlaanderen* II, 175-189.

THOEN H. 1978: *De Belgische Kustvlakte in de Romeinse tijd. Bijdrage tot de studie van de landelijke bewoningsgeschiedenis*, Brussel, Koninklijke Academie voor Wetenschappen, Letteren en Schone Kunsten van België.