

WEST-VLAAMSE ARCHEOLOGICA



24

2011

Demiddele H. 2011: "Archeo-Ecologisch onderzoek van een Karolingische waterput gevonden bij de aanleg van de nieuwe ring ten noorden van Roeselare", *West-Vlaamse Archeologica* 24, 23-35.

Scan uit jaargang 24, 2011, ter beschikking gesteld via www.vobow.be. Alle rechten blijven bij de verantwoordelijke uitgever, de V.O.B.o.W. (Vereniging voor Oudheidkundig Bodemonderzoek in West-Vlaanderen). Overname is toegelaten mits verwijzing naar het tijdschrift

ARCHEO-ECOLOGISCH ONDERZOEK VAN EEN KAROLINGISCHE WATERPUT GEVONDEN BIJ DE AANLEG VAN DE NIEUWE RING TEN NOORDEN VAN ROESELARE

Hendrik Demiddele

De archeologie is als onderzoekdiscipline in vele opzichten nog in volle ontwikkeling. Naast de traditionele cultuurhistorische interesse punten komt steeds meer de relatie tussen de mens en zijn omgeving in de belangstelling. De evolutie van deze interactie wordt bestudeerd aan de hand van een steeds groeiende waaier van organische resten ingezameld tijdens opgravingen. Dat de recent steeds meer bestudeerde loopkevers, mijten en kiezelwieren daarbij waardevolle vondstcategorieën zijn wordt aangegeven door theoretische argumenten en voorbeelden uit de praktijk. Het onderzoek beperkt zich niet alleen meer tot pollen en zaden en beenderresten.

Het onderzoeksgebied archeobotanie omvat het onderzoek van botanisch materiaal uit, of in relatie tot archeologische opgravingen. Daarbij zijn verschillende vondstgroepen te onderscheiden: botanische micro- en macroresten (zaden, vruchten e.d.), pollen en hout/houtskool, diatomeeën, fytolieten, thecamoeben, wormeiren of larven, schimmels enz.

Elk van deze groepen vereist een eigen onderzoeksmethodiek en draagt op eigen wijze bij aan het beantwoorden van archeologische vraagstellingen. Ook de geschiedenis van het onderzoek van deze verschillende groepen is divers; het zelfde geldt voor de huidige stand van kennis.

Sinds enkele decennia is er sprake van een toenemende integratie tussen archeoecologisch en archeologisch onderzoek. Daarbij trad er een verschuiving op van biologische naar meer economische en cultureel getinte vraagstellingen. Botanisch onderzoek leverde vanouds al een belangrijke bijdrage om de reconstructie van het voormalige landschap; ook bij dit thema wordt echter steeds meer aandacht besteed aan de wisselwerking tussen menselijke bewoning en het landschap.

Onderzoek van kiezelwieren

Om archeologisch onderzoek te doen werden de stalen eveneens onderzocht op

de aanwezigheid van kiezelwieren. Deze plantjes, gekend onder de wetenschappelijke naam van diatomeeën, vormen een soortenrijke groep die voorkomt op vrijwel alle plekken waar water of toch een beduidende luchtvochtigheid aanwezig is. Ze bezitten een skelet van silicaat of kiezel dat goed kan bewaren in de bodem en in vele afzettingen komen ze in grote densiteiten voor. De grote vondstaantallen, de goede bewaringskansen en de soortenrijkdom maken dat kiezelwieren als groep van organismen uitermate geschikt zijn als milieu-indicatoren voor waterrijke plekken. Aan de hand van de kennis van de ecologie van de soorten (meer bepaald hun favoriete leefomgeving, zouttolerantie, zuurstofbehoefte enz.) kan men, vertrekkend van het soortenlijstje uit een archeologisch staal, een idee krijgen over de omgeving waar in de bemonsterde laag is afgezet.

Wanneer ecologische reconstructies worden opgesteld aan de hand van kiezelwieren is het steeds belangrijk een onderscheid door te voeren tussen de autochtone en allochtone soorten in het onderzochte staal. De eerste groep omvat de diatomeeën die ter plaatse, op de bemonsterde plek, leefden, terwijl de tweede groep de soorten omvat die van elders zijn aangevoerd. De autochtone soorten geven informatie over de plaatselijke omstandigheden, maar de allochtone soorten kunnen aanwijzen in

welke mate materiaal werd aangevoerd, bvb door inspoeling of overstroming. Het verschil tussen allochtone en autochtone vondsten kan onder andere worden gemaakt aan de hand van de fragmentatie van de kiezelskeletjes, waar bij aangevoerd materiaal in regel veel meer beschadigd is.

Resultaten en bespreking

Diatomeeën

De 24 taxa die in de twee monsters werden aangetroffen worden weergegeven in Tabel 1. De meest voorkomende soorten zijn *Achnanthes lanceolata*, *Epithemia adnata*, *-Hantzschia amphioxys* en de *Pinnularia* soorten.

Ecologische kenmerken van de soorten met een abundantie groter dan 2%:

- *Achnanthes lanceolata*: euryhaline-limnobiont, eurytrafent, oligo-mesosaprobiont, perifytisch, litoraal, alkalifiel
- *Amphora ovalis*: zwakke euryhaline-limnobiont, eutrafent, oligo-mesosaprobiont, bentisch, litoraal, alkalifiel
- *Cocconeis placentula* Ehr.: euryhaline-limnobiont, eutrafent, mesosaprobiont, alkalifiel, bentisch, perifytisch
- *Epithemia sorex*: zwakke euryhaline-limnobiont, eutrafent, mesosaprobiont, alkalifiel, litoraal, bentisch, perifytisch
- *Hantzschia amphioxys*: zwakke euryhaline-limnobiont, eutrafent, mesosaprobiont, litoraal, bentisch, aërofiel
- *Pinnularia borealis*: limnobiont, oligotrafent, oligosaprobiont, aërofytisch, litoraal
- *Pinnularia gibba*: limnobiont, oligotrafent, oligosaprobiont, litoraal
- *Pinnularia microstauron* (Ehr.) Cl.: limnobiont, oligotrafent, oligosaprobiont, litoraal

Wat levensvormen betreft behoort 81,59% in staal nr.1 en 86,62% in staal nr.2 tot de epontische-benthische soorten.

Epontische soorten verschaffen informatie over de aanwezigheid van vaste substraten. Met epontisch (s.l.) wordt bedoeld de op biologische (planten: epifyton; dieren: epizoön) als niet biologische substraten (stenen: epilithon) vastzittende soorten. Onder benthos worden de niet verankerde, maar toch op een substraat levende soorten verstaan. Voor bepaalde berekeningen werd er onderscheid gemaakt tussen autochtoon en allochtoon.

De saliniteit wijst hoofdzakelijk op een oligalien milieu, hiervoor werd gebruik gemaakt van de saliniteits classificatie volgens Van der Werff (1958). Oligalien betekent hier dat het Cl (in mg/L) gelegen is tussen <100-500 en een S (mg/L) van <180-900. Er werd één mariene soort in gevonden (staal nr.2) nl. *Aulacodiscus argus* (Ehr.) A. Schmidt (waarschijnlijk door menselijke oorzaak, vogels of zelfs door insecten).

In het trofiespectrum der benthische soorten overheerst de groep die voorkomt in een eutroof tot dystroof biotoop.

Volgens Cholnoky (1968 in Denys 1993, 3.31) is de trofiegraad veeleer bepaald door het gehalte van organische stikstofverbindingen, hij gaat uit van het vermogen om dergelijke stoffen, vooral aminozuren, te assimileren. Volgens Cholnoky kunnen stikstofautotrofe, facultatief stikstofheterotrofe en obligaat stikstofheterotrofe diatomeeën onderscheiden worden, waarbij de twee laatste typen in eutrofe omstandigheden leven. In de beide monsters hebben we te maken met een N(C) autotroof biotoop.

De vervuilingsgraad wordt gekenmerkt door twee abundante soorten, bijna de helft bestaat uit α - mesosaprobe soorten, of organisch vervuild milieu met een laag zuurstofgehalte. Een tweede groep (maar in mindere mate) bestaat uit een oligosaproob biotoop, wat dan weer wijst op een periode met zuurstof rijk - en zuiver water, gekenmerkt door relatief weinig soorten en een gering aantal individuen.

Voor het bepalen van de zuurtegraad werd

rekening gehouden met de indifferente groepen zoals vooropgesteld door Renberg en Hellberg (1982). Door

toepassing van meervoudige regressie werd volgende index bekomen:

$$B = \frac{\% \text{ indifferente} + 5 (\% \text{ acidofiele}) + 40 (\% \text{ acidobiont})}{\% \text{ indifferente} + 3,5 (\% \text{ alkalifiel}) + 108 (\% \text{ alkalibiont})}$$

volgende regressie werd toegepast $pH = 6,4 - 0,85 \log B$ (Denys *et al.* 1990; Flower 1986; ter Braak en van Dam 1989)

- alkalibiont: pH9

Voor staalname nr. 1 werd een pH berekend van 5,64, voor staalname nr. 2 werd een pH berekend van 5,95. Na een vergelijking van gepubliceerde transferfuncties op basis van deze groepen stellen ter Braak & van Dam (1989) als bruikbare optima voor:

In dit geval kunnen we spreken van een acidobiont milieu, levend bij $pH < 7$ en optimaal rond pH 5,5 of lager.

- acidobiont: pH 3
- acidofiel: pH 5
- indifferent (circumneutraal): pH 7
- alkalifiel: pH 8

De vochtigheidsgraad wordt gekenmerkt door 3 zones. Autochtoon gezien (nr.1) hebben we te maken met een uit voor de helft bestaand droog subaërisch biotoop en voor een kwart uit een meestal vochtig subaërial. Voor monster nr.2 zien we een ander biotoop met zowel een droge periode als een periode van periodiek water als een vochtig subaërial.

Tabel 1: soorten lijst van de taxa uit monster nr.1 en monster nr.2

L= levensvorm; H= saliniteit; R= zuurtegraad; T= trofie; N= organisch gebonden stikstof; S= saprobie; O= zuurstof; M= droogte tolerantie; C= current

Soort	L	H	R	T	N	S	O	M	C	Inslib- bing (1)	%	- 4m (2)	%
Achnanthes lanceolata (Breb.) Grun.	6	12	4	3	5	4	2	4	4	23	6,52	36	8,16
Amphora ovalis (Kütz) Kütz.	7	12	4	2	5	5	3	3	4	11	3,12	21	4,76
Aulacodiscus argus (Ehr.) A. Schmidt	3	2	1	1	1	1	1	2	1		0,00	1	0,23
Cocconeis placentula Ehr. + var. euglypta (Ehr.) Grun., var. lineata (Ehr.) V.H.	6	12	4	3	5	5	0	3	4	3	0,85	9	2,04
Cymbella cistula (Ehr.) Kirchner	6	12	4	3	5	6	2	3	4		0,00	3	0,68

Denticula tenuis Kütz.	6	13	4	0	5	0	0	3	4	3	0,85	0,00
Diploneis elliptica (Kütz.) Cl.	8	12	4	9	5	9	0	4	5	1	0,28	0,00
Epithemia adnata (Kütz.) Br,b.	6	12	3	3	5	6	0	3	4	23	6,52	0,00
Epithemia sorex Kütz.	6	11	3	2	5	6	2	3	4	9	2,55	2 0,45
Epithemia turgida (Ehr.) Kütz.	6	12	3	3	5	6	0	3	4	3	0,85	0,00
Eunotia pectinalis (Müll.) Rabenh. + var. minor (Kütz.) Rabenh.	6	13	8	5	5	8	2	4	4	1	0,28	8 1,81
Fragilaria pinnata Ehr.	7	12	5	2	5	6	2	4	4	4	1,13	0,00
Gyrosigma attenuatum (Kütz. Rabenh.	8	12	2	2	5	6	0	3	4	1	0,28	6 1,36
Hantzschia amphioxys (Ehr.) Grun.	8	12	11	9	5	4	0	5	4	142	40,2	241 54,6
Navicula contenta Grun.	8	13	7	6	5	0	2	5	4	10	2,83	17 3,85
Navicula mutica f. intermedia Hust.	8	10	5	2	5	0	3	5	4	6	1,70	0,00
Navicula nivalis Ehr.	8	11	5	2	5	0	0	5	4		0,00	1 0,23
Nitzschia fonticola Grun.	8	12	4	2	0	6	3	3	4		0,00	5 1,13
Nitzschia frustulum (Kütz.) Grun.	7	9	4	2	2	6	4	4	4	3	0,85	0,00
Nitzschia tryblionella Hantzsch	8	10	4	2	5	4	3	3	4		0,00	2 0,45
Pinnularia borealis Ehr.	8	12	8	4	5	8	0	5	4	16	4,53	4 0,91
Pinnularia divergentissima (Grun.) Cl.	8	14	8	6	5	0	0	4	0	4	1,13	6 1,36
Pinnularia gibba Ehr.	8	13	7	9	5	4	4	3	4	19	5,38	12 2,72
Pinnularia microstauron (Ehr.) Cl.	8	13	7	6	5	8	3	4	4	71	20,1	67 15,1

Totaal

353

441

Chrysophyceae

Voor de determinatie van de Chrysophyte stomatocysten werd gebruik gemaakt van de "Atlas of Chrysophycean Cysts" door K.E. Duff, Barbara A. Zeeb en John P. Smol. In beide bodemonsters waren massaal stomatocysten aanwezig. Volgende stomatocysten werden waargenomen; Stoma 117, stoma 167, stoma 166, stoma 136 en stoma 164. Van deze volgt een korte ecologische beschrijving:

- Stoma 117, Zeeb *et al.* 1990: van deze soort is geen biologische affiniteit gekend. Deze werd geklasseerd als een indicator voor oligotrofie. Meestal wordt deze gevonden in licht acidisch tot circumneutrale productieve milieus.

- Stoma 167, Zeeb en Smol 1993: Geen biologische affiniteit gekend. Als lid van een collectieve categorie, was deze stomatocyst vrij algemeen in acidisch tot circumneutrale omgevingen.

- Stoma 166, Zeeb en Smol 1993: Deze stomatocyst wordt waarschijnlijk geproduceerd door *Mallomonas crassisquama* (Asmund) Fott (Gretz *et al.* 1979). *M. crassisquama* is een veel voorkomende soort die een brede tolerantie kent voor vele milieuveranderingen (pH, specifieke geleidbaarheid, trofie en temperatuur) hoewel die niet gevonden wordt in zeer acidische milieus (pH < 5,0).

-Stoma 136, Duff & Smol in Duff *et al.* 1992: Geen biologische affiniteit gekend. Deze soort wordt geassocieerd met ondiep water (Duff *et al.* 1992; Rull 1986;

Levensthal 1970) en wordt waarschijnlijk geproduceerd door een litorale (perifytische) soort. In Duff *et al.* (1992) was deze soort vrij algemeen in een relatief voedselrijke omgeving. Volgens Rull (1991), wordt deze soort geassocieerd met een verhoogde productiviteit.

- Stoma 164, Zeeb en Smol 1993: Geen biologische affiniteit. Deze cyste wordt geproduceerd door een soort die een brede pH tolerantie kent, echter met een voorkeur voor alkalisch water (Rybak 1986; Rybak *et al.* 1991; Duff 1994).

4. Pollenonderzoek

Lijst der aangetroffen plantensoorten. De aantallen zijn berekend per 20 liter sediment.

MEELVRUCHTEN:

<i>Avena sp.</i>	5	haver
Ceriale fragmenten	60	graan fragmenten
<i>Hordeum vulgare</i>	7	gerst
<i>Triticum aestivum (compactum)</i>	9	tarwe
<i>Secale cereale</i>	15	rogge

RUDERAALPLANTEN

<i>Atriplex patula/hastata</i>	19	uitstaande/ Spiesmelde
<i>Anthemis cotula</i>	4	stinkende kamille
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	240	herderstasje
<i>Cirsium arvense</i>	10	akkerdistel
<i>Conium maculatum</i>	90	gevlekte scheerling
<i>Hyoscyamus niger</i>	15	bilzekruid
<i>Polygonum ariculare</i>	275	varkensgras
<i>Ranunculus sardous</i>	7	behaarde Boterbloem
<i>Rumex crispus/abtusifolius</i>	260	krul/ridderzuring
<i>Urtica dioica</i>	900	grote brandnetel
<i>Urtica urens</i>	200	kleine brandnetel

ONKRUIDEN VAN WINTERGRAANAKKERS

<i>Agrostemma githago</i>	2	bolderik
<i>Polygonum convolvulus</i>	3	zwaluwtong
<i>Ranunculus arvensis</i>	2	akkerboterbloem
<i>Raphanus raphanistrum</i>	4	knopherik
<i>Rumex acetosella</i>	20	schapezuring
<i>Sinapis arvensis</i>	100	herik
<i>Spergula arvensis</i>	3	gewone spurrie
<i>Valerianella dentata</i>	4	veldsla
<i>Vicia hirsuta</i>	30	ringelwikke

ONKRUIDEN VAN ZOMERGRAANAKKERS / MOESTUINEN

<i>Anagallis arvensis</i>	15	guichelheil
---------------------------	----	-------------

<i>Chenopodium album</i>	130	melganzevoet
<i>Echinochloa crus-galli</i>	1	hanepoot
<i>Euphorbia helioscopia</i>	3	kroontjeskruid
<i>Fumaria officinalis</i>	7	gewone duivekervel
<i>Polygonum lapathifolium</i>	90	knopige duizend-knoop
<i>Solanum nigrum</i>	170	zwarte nachtschade
<i>Stellaria media</i>	56	vogelmuur

VRUCHTEN EN GEKWEEMTE PLANTEN

<i>Brassica rapa</i>	40	raapzaad
<i>Corylus avellana</i>	3	hazelnoot
<i>Malus cf. sylvestris</i>	10	appel
<i>Morus nigra</i>	1	zwarte moerbei
<i>Prunus avium</i>	2	kers
<i>Prunus spinosa</i>	1	sleedoorn
<i>Rubus fruticosus</i>	50	braam
<i>Sambucus ebulus</i>	8	kruidvlier
<i>Sambucus nigra</i>	40	vlier

GRASLANDPLANTEN

<i>Potentilla erecta</i>	13	tormentil
<i>Prunella vulgaris</i>	4	gewone brunel
<i>Stellaria graminea</i>	2	grasmuur
<i>Poa annua</i>	3	straatgras
<i>Luzula cf. multiflora</i>	18	veelbloemige veld-bies
<i>Poacea sp.</i>	45	grassen

PLANTEN VAN NATTE / VOCHTIGE PLAATSEN

<i>Bidens tripartitus</i>	9	driedelig tandzaad
<i>Eleocharis palustris</i>	21	gewone waterbies
<i>Mentha arvensis/aquatica</i>	35	akker/watermunt
<i>Montia fontana</i>	7	bronkruid
<i>Polygonum hydropiper</i>	21	waterpeper
<i>Ranunculus sardous</i>	26	behaarde boter-bloem
<i>Scirpus lacustris</i>	21	mattenbies
<i>Stachys palustris</i>	9	moerasandoorn

PLANTEN VAN DIVERSE STANDPLAATSEN

<i>Carrex sp.</i>	51	zegge
<i>Chenopodium sp.</i>	4	ganzevoet
<i>Cyperaceae</i>	43	cypergrassenfamilie
<i>Rumex obtusifolius</i>	59	ridderzuring
<i>Vicia sp.</i>	21	wikke

OVERIGE

Pteridium blaadjes	9	adelaarsvaren
Mos	11	

Er bestaan verschillende manieren waarop zaden en vruchten in een waterput terecht kunnen komen. De inhoud van een dergelijke put is vaak heterogeen van

samenstelling, zeker wat het plantaardig materiaal betreft. Men kan twee herkomstcategorieën onderscheiden. Eerst zijn er de resten die op een min of

meer natuurlijke manier hun weg naar de put hebben gevonden, ten tweede de resten die door toedoen van een of andere menselijke activiteit in de put zijn beland.

De eerste groep geeft een beeld van de vegetatie in de onmiddellijke omgeving van de put, en ook van het landschap in de buurt. Bij de tweede groep behoort ook een deel van het vorige component. Dit materiaal zal samen met afval in de waterput terecht gekomen zijn. De tabel geeft een overzicht van de gevonden soorten. Voor de naamgeving werd de flora van Nederland gevolgd (Heukels en Van Oostroom 1977).

De ligging van een waterput, gewoonlijk onder de grondwatertafel, biedt meestal een perfecte bewaring van botanisch materiaal. De gebruiksplanten bepalen slechts een klein deel van de gevonden soorten.

Van de meelvruchten zijn haver, gerst, rogge en tarwe gevonden. Rogge en tarwe zijn de belangrijkste vertegenwoordigers van de granen. Beide soorten kan men bij de wintergranen rekenen. Daarbij vinden we dan soorten onkruiden typisch voor wintergraanakkers, zoals bv. de knopherik.

Het voorkomen van de onkruiden wijst op de lokale verbouwing van deze soorten. Haver en gerst komen minder voor, dit komt waarschijnlijk omdat ze van minder belang waren in het granen aanbod. Misschien werden deze soorten als dierlijk voer gebruikt. Tarwe en rogge maakten het belangrijkste deel uit van de graangewassen. Het aantal resten van zowel roggetarwe, haver en gerst is klein om conclusies te trekken.

Hazelnoot, braam en vlier zullen waarschijnlijk in de buurt in het wild verzameld zijn.

De ruderaal planten ontstaan door menselijke invloed. Deze groep omvat planten die op mesthoven, stortplaatsen, langs wegen en paden en dergelijke groeien. Zo vinden we o.a. grote brandnetel, weegbree en varkensgras. Al die soorten groeien op plaatsen die betreden worden.

We vinden onder de planten van grasland

vegetaties en vochtige standplaatsen enkele gras-, klaver- en biessoorten. Waarschijnlijk groeiden ze elders en kwamen ze er met hooi en strooisel.

Aan de hand van de onkruiden blijkt dat de gronden in de onmiddellijke omgeving gebruikt werden voor het verbouwen van granen, dan wel voor het houden van vee. Het belangrijkste aandeel zijn de ruderaal planten. Bepaalde soorten die kenmerkend zijn voor een natuurlijke vegetatie komen praktisch niet voor.

De typische planten voor een oevervegetatie vonden hun standplaats waarschijnlijk direct rondom de waterput. Bij de vruchten en gekweekte planten vinden we ook raapzaad (*Brassica rapa*) die gekweekt werd voor de oliehoudende zaden. Het is waarschijnlijk afkomstig uit het Middellandse-Zeegebied en als oliezaad bij ons in cultuur genomen.

Sleedoorn (*Prunus spinosa*), braam (*Rubus fruticosus*) zijn inheemse soorten. De vruchten zijn verzameld in de buurt. Sleedoorn kwam voor in hagen die destijds de akkers omringden.

Planten die thuis horen in een matig bemest grasland op vrij vochtige grond tot schraal droog grasland op zure gronden zijn o.a. grasmuur (*Stellaris graminea*) en tormentil (*Potentilla erecta*).

Het hout- en houtskoolonderzoek:

Bij het spectrum kwamen volgende houtsoorten voor: els (*Alnus*), berk (*Betula*), eik (*Quercus*), es (*Fraxinus*), wilg (*Salix*) en beuk (*Fagus*).

De houtskoolmonsters leveren vier houtsoorten op. Berk, els beuk en eik.

Mos: In de grondmonsters werd er mos gevonden. Deze zijn niet in een tabel opgenomen. Mos kan aangetroffen worden in nederzettingen, moerassen, hoogveen, bossen en heiden. Mos kan zijn gebruikt voor het dichten van gaten en kieren en voor verpakkingsdoeleinden.

Conclusie

Xerotische milieus hebben een meer kenmerkend en veel minder rijke flora dan doorlopend vochtige (Denys 1993).

Naarmate de vochtigheid van het milieu afneemt, daalt immers de taxonomische diversiteit sterk. Uiteindelijk blijven in de meest extreme omstandigheden slechts enkel zeer resistente soorten over, die dan ook zeker domineren.

In milieus met een zeer geringe waterdiepte, die daarenboven tijdelijk droogvallen, zijn veranderingen in de abundantie van aërofielen vaak moeilijk te interpreteren. Wijzigingen in andere milieuomstandigheden dan de vochtigheidsgraad (waterkwaliteit, vegetatie ontwikkeling) kunnen hier immers de talrijkheid van bepaalde taxa op gelijkaardige wijze beïnvloeden. Een kritische selectie van de droogte-indicatoren kan in dergelijke gevallen een uitweg bieden (Denys 1988). In bepaalde gevallen kan de inspoeling van bodemdiatomeeën in meer permanente waters, ten gevolge van solifluctie en andere erosie verschijnselen, aanwijzingen omtrent de intensiteit van dergelijke processen verschaffen. In topografie- en stromingsarme omstandigheden zal dit gewoonlijk echter verband houden met een relatieve uitbreiding van een moerassige oeverzone, t.o.v. de oppervlakte open waters, door verlanding of daling van de waterstand.

In subaërische omstandigheden kunnen korttermijn milieuveranderingen, de lokale microtopografie, de geringe sediment- en diatomeeën accumulatie, transport verschijnselen en slechte bewaring van de schaaltes (bodemprocessen versnellen sterk de afbraak) aanzienlijke problemen bij de interpretatie van de fossiele gemeenschappen te weeg brengen (Denys 1988).

Als stomatocysten vrij talrijk zijn, dan zijn deze laatste volgens Brockmann (1940) vaak erg talrijk in de sedimenten van periodiek uitdrogende watertjes. De

enigszins hogere concentraties zijn te verklaren door een tragere sedimentatiegradatie. Naast de vrij talrijke stomatocysten, vormen de soorten-armoede een de hoge waarde van *Pinnularia* en in minder mate de aanwezigheid van *Hantzschia amphioxys*, eveneens kenmerken van een niet permanent geïnundeerd milieu.

Bijzonder goed te associëren met een mos- en bodembiotop, waarvan de vochtigheid wisselt, zijn ondermeer *Hantzschia amphioxys*, *Navicula contenta*, *N. mutica*, *N. nivalis*, *Pinnularia borealis* en *P. divergentissima*.

Deze subaërische flora werd aan sterk wisselende omstandigheden en vrij bijzonder hydrologische situaties blootgesteld. *Hantzschia amphioxys*, hoewel in alle min of meer xerotische biotopen sterk vertegenwoordigd, lijkt vooral in circumneutrale tot alkalische niet te voedselarme milieus het best te gedijen. Voor Körber- Grohne (1967) is deze soort zelfs een eutrofiëringindicator.

De meeste van de gevonden wilde plantensoorten behoren vooral tot vegetatietypen geassocieerd met menselijke activiteiten. Naast het voorkomen van cerealen geven de akkeronkruiden een onrechtstreekse indicatie voor akkerbouw. De meeste van de gevonden zaden worden geproduceerd door planten kenmerkend voor sterk door de mens beïnvloede standplaatsen (de ruderalen). Naast akkers vinden we ook grasland. Deze maakte deel uit van de natuurlijke omgeving en werd waarschijnlijk als veeweide en/of hooiland gebruikt.

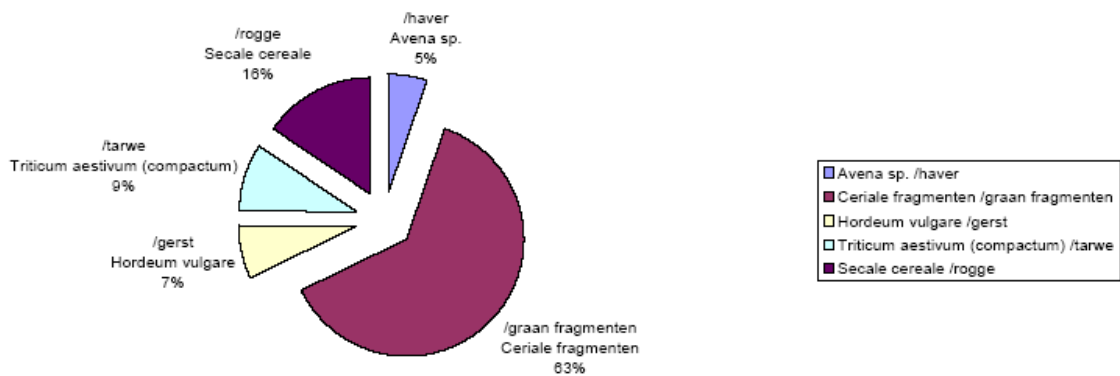
Aan de hand van de planten denken we hier te maken te hebben met een open landschap met akkers en weiden. De meeste van de gevonden Karolingische waterputten wijzen op een vulling met een sterk antropogeen karakter.

Bibliografie

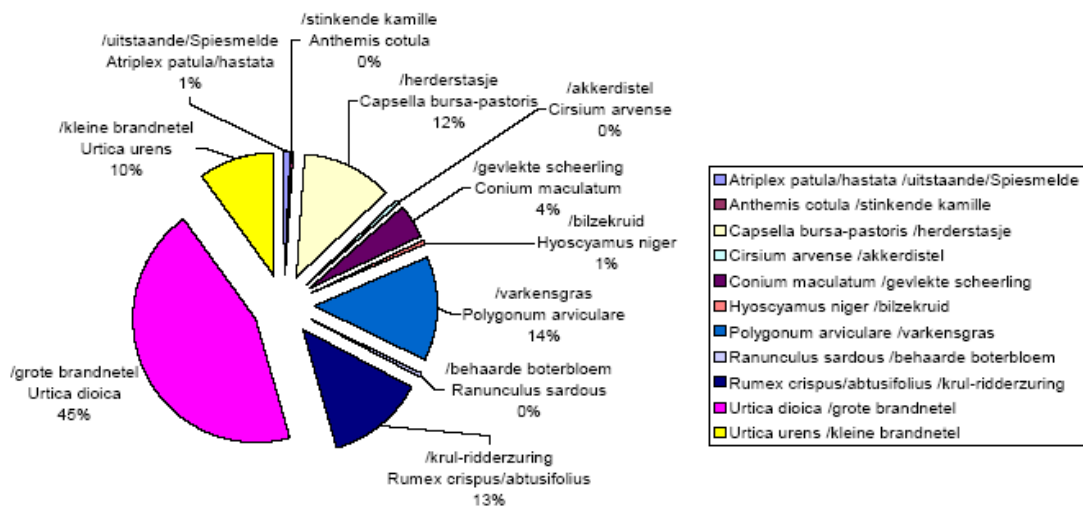
- Behre, K. E. 1981: Anthropogenic indicators in pollen diagrams, *Pollen et Spores* 23, 225-245.
- Brockmann, C. 1940: Die diatomeen als Leitfossilien in Küstenablagerungen, *Westküste* 2, 150-181.
- Caljon, A. G. 1983: Brackish-water Phytoplankton of the Flemish Lowland, *Developments in hydrobiology* 18: 272 pp.
- Cholnoky, B. J. 1968: *Die Ökologie der Diatomeen in Binnengewässern*, Vaduz.
- Demiddele, H. en A. Eryvynck 1993: Diatomeeën als ecologische indicatoren in de Vlaamse archeologie: Romeins en middeleeuws Oudenburg, *Archeologie in Vlaanderen III 1993*, 217-231.
- Demiddele, H. en A. Eryvynck 1996/2: Loopkevers, mijten en kiezelwieren: bewijsmateriaal bij archeologische milieureconstructies, *Tijdschrift voor Ecologische Geschiedenis*, 9-16.
- Denys, L. 1988: Subaërische diatomeeën in afzettingen, *Diatomededelingen* 6, 16-18.
- Denys, L. 1991/2 & 1991/3: A check-list of the diatoms in the Holocene deposits of the western Belgian coastal plain with a survey of their apparent ecological requirements. II. Centrales, *Prof. Paper. Belg. Geol. Dienst.* 246-47, 1-41; 1- 92.
- Denys, L. 1993: *Paleoecologische diatomeeën onderzoek van de holocene afzettingen in de westelijke Belgische kustvlakte*, Antwerpen. (Onuitgegeven doctoraatsproefschrift Universitaire Instelling Antwerpen)
- Denys, L., C. Verbruggen en P. Kiden 1990: Paleolimnological aspects of a Late-Glacial shallow lake in Sandy Flanders, Belgium, *Hydrobiologia* 214, 273-278.
- Duff, K. E. 1994: *Relationships of sedimentary chrysophycean stomatocyst assemblages in lake sediments to environmental gradients*, Ontario. (Ph.D. Thesis)
- Duff, K. E., M. S. V. Douglas en J. P. Smol 1992: Chrysophyte cysts in 36 Canadian High Arctic ponds, *Nordic Journal of Botany* 12, 471-499.
- Duff, K. E., B. A. Zeeb en Jh. P. Smol 1995: *Atlas of Chrysophycean Cysts*, Dordrecht.
- Ellenberg, H. 1979: Zeigerwerte der Gefässpflanzen Mitteleuropas, 2de Ed, *Scripta Geobotanica* 9.
- Fægri K., P. E Kaland en K. Krywinski 1989: *Textbook of pollen analysis, 4de Ed.*, New York.
- Florin, M. B. 1970: Late- Glacial diatoms of Kirchner Marsh. Southeastern Minnesota, in J. Gerloff, B. J. Cholnoky (eds.) *Diatomacea II. Nova Hedwigia Beih.* 31, 667-756.
- Flower, R. J., 1986: The relationship between surface sediment diatom assemblages and pH in 33 Galloway lakes: some regression models for reconstructing pH and their application to sediment cores, *Hydrobiologia* 143, 93-103.
- Foged, N. 1970: The diatomaceous flora in a postglacial kieselguhr deposit in southwestern Norway, in J. Gerloff, B. J. Cholnoky (eds.) *Diatomacea II. Nova Hedwigia Beih.* 31, 169- 202.
- Gretz, M. R., M. R. Sommerefeld en D. E. Wujek 1979: Scaled chrysophycea of Arizona: a preliminary survey, *Journal Ariz.-Nev. Acad. Sci.* 14, 75-80.
- Halbriter, H., in R. Buchner en M. Weber 2000: PalDat – a palynological database: Description, and information retrieval, <http://www.paldat.org/>.
- Halbriter, H., M. Weber en R. Zetter, A. Frosch-Radivo, R. Buchner en M. Hesse 2006: *PalDat-Illustrated Handbook on Pollen Terminology*, Vienna.
- Heukels–Van Ooststroom, S. J. 1977: *Flora van Nederland*, Groningen.
- Köber-Grohne, U. 1967: *Geobotanische Untersuchungen auf der Feddersen Werde*, Wiesbaden.
- Krammer, K. en H. Lange-Bertalot 1986-1993: *Bacillariophyceae 1 Teil: Naviculaceae. 2/1. Bacillariophyceae 2 Teil : Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae 2/2. Bacillariophyceae 3 Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae 2/3. Bacillariophyceae 4 Teil: Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula und Gomphonema 2/4.*
- Leventhal, E. A. 1970: The Chryomonadina, *Transactions of the American Philosophical Society* 60, 123-142.
- Moore, P. D., J. A. Webb en M. E. Collinson 1991: *Pollen analysis, Second edition*, Londen
- Rybak, M. 1986: The chrysophycean paleocyst flora of the bottom sediments of Kortowskie Lake (Poland) and its ecological significance, *Hydrobiologia* 150, 257-272.
- Rybak, M., I. Rybak en K. Nicholls 1991: Sedimentary chrysophycean cysts assemblages as paleoindicators in acid sensitive lakes, *Journal of Palaeolimnology* 5, 19-72.
- Renberg, I. en T. Hellberg 1982: The pH history of lakes in south-western Sweden, as calculated from the subfossil diatom flora of the sediments, *Ambio* 11, 30-33.
- Rull, V. 1986: Diatomeas y crisoficeas en los sedimentos acuáticos de una depression cárstica Del Pirineo catalán, *Oecologia aquatica* 8, 11-24.
- Rull, V. 1991: Palaeoecological significance of chrysophycean stomatocysts: a statistical approach, *Hydrobiologia* 220, 161-165.

- Schweingruber, F. H. 1978: *Microscopic wood anatomy*, Birmensdorf.
- ter Braak, C. en H. van Dam 1989: Inferring pH from diatoms; a comparison of old and new calibration methods, *Hydrobiologia* 178, 209-223
- van Dam, H., A. Mertens en J. Sinkeldam 1994: A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands, *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 28(1), 117-223.
- van Der Werff, A. 1955: A new method of concentrating and cleaning diatoms and other organisms, *Verh. Int. Ver. Limnol.* 12, 276- 277.
- van Der Werff, A. en H. Huls 1957-1974: *Diatomeeënflora van Nederland. Repr. 1976*, Koenigstein.
- van Landingham, S. L., 1967-1979: *Catalogue of the fossil and recent genera and species of diatoms and their synonyms. Parts I- VIII*, Vaduz.
- Weeda, E. J., R. Westra en T. Westra 1987: *Nederlandse oecologische flora, deelk2* (wilde planten en hun relaties. I.V.N.), Amsterdam.
- Zeeb, B. A., K. E. Duff en J. P. Smol 1990: Morphological descriptions and stratigraphic profiles of chrysophycean stomatocysts from the recent sediments of Little Round Lake, Ontario, *Nova Hedwigia* 51, 361-380.
- Zeeb, B. A. en J. P. Smol 1993: Chrysophycean cyst flora from the postglacial sediments of Elke Lake, Minnesota, *Canadian Journal of Botany* 71.

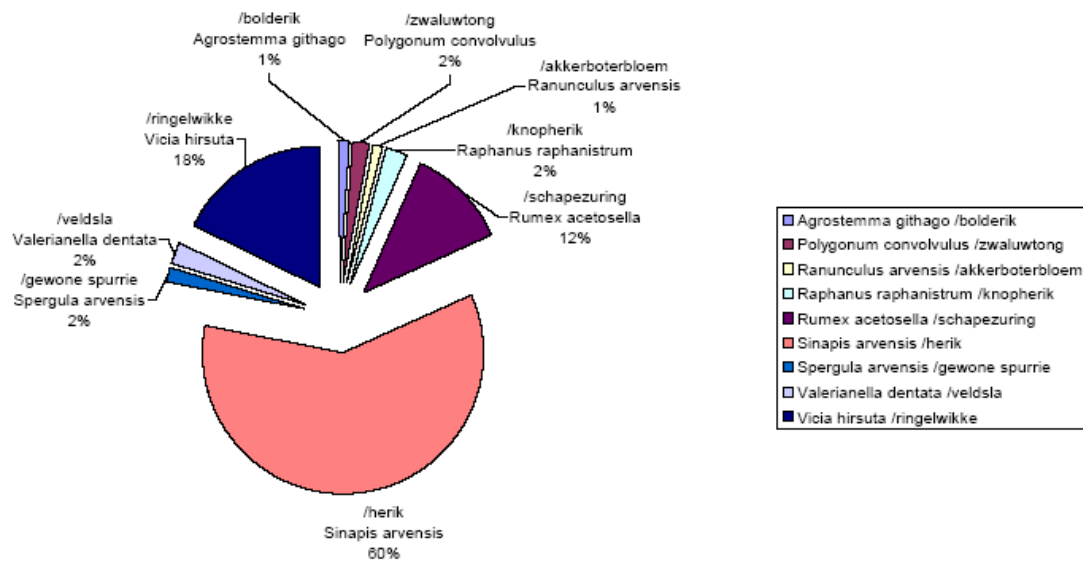
Meelvruchten



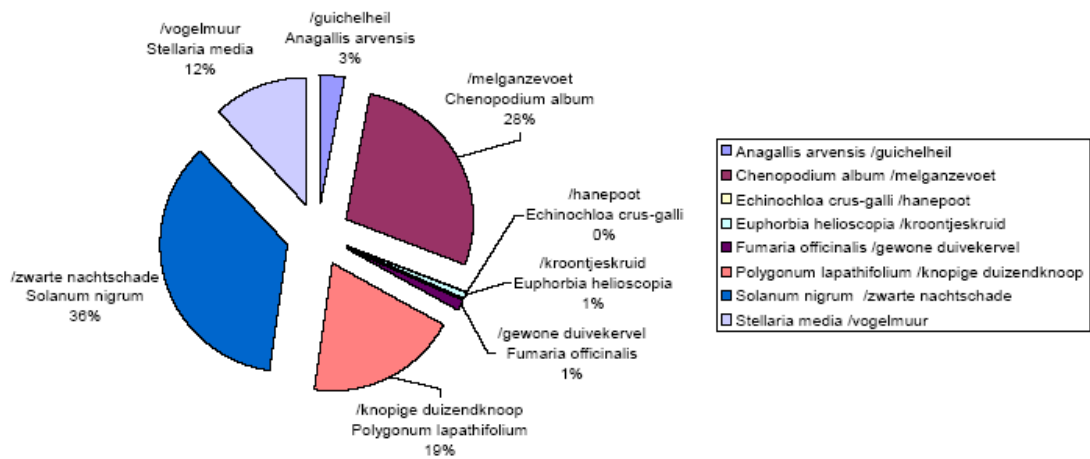
Ruderaalplanten



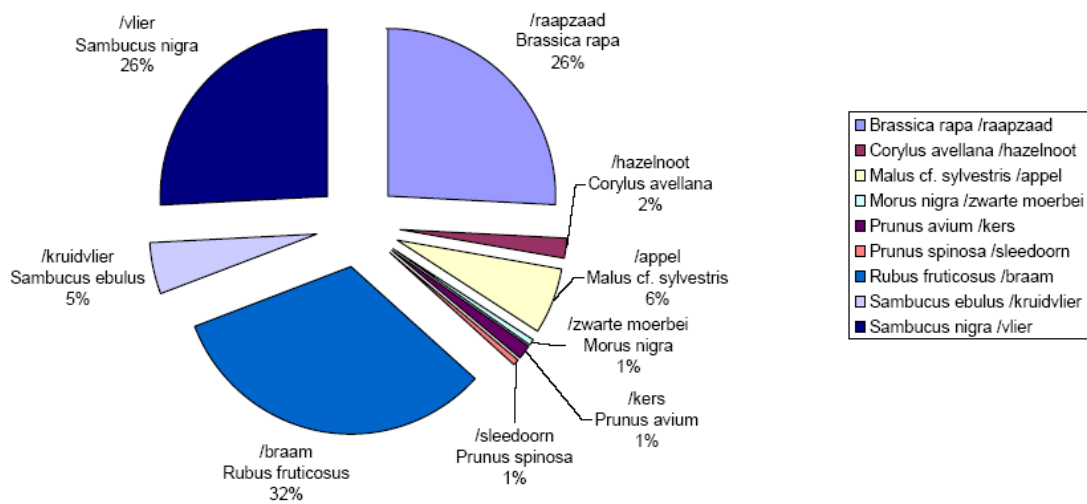
Onkruiden van wintergraanakkers



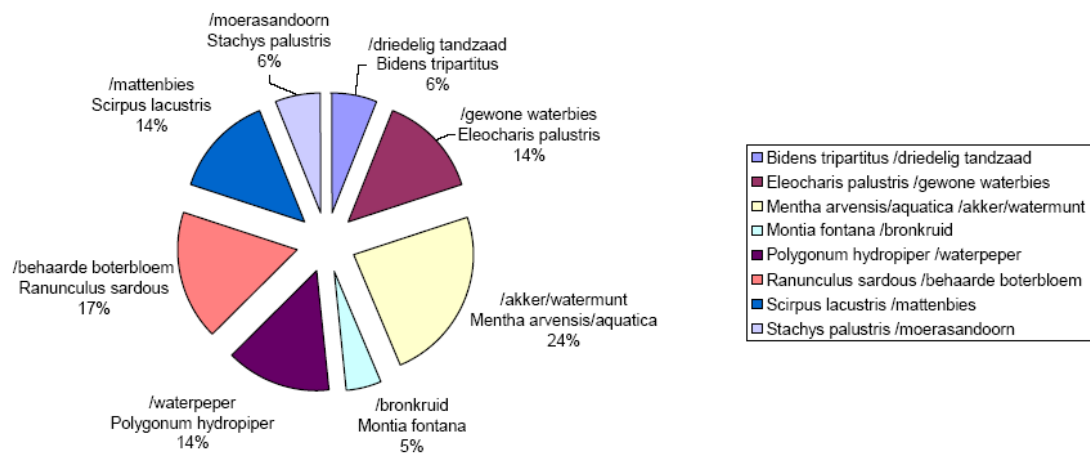
Onkruiden van zomergraanakkers/moestuinen



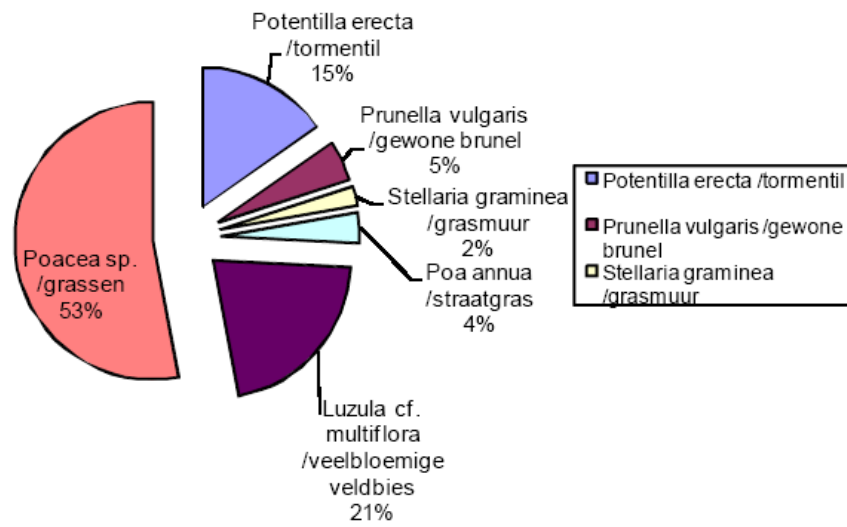
Vruchten en gekweekte planten



Planten van natte/vochtige plaatsten



Graslandplanten



Planten van diverse standplaatsen

