KONINKRIJK BELGIE

MINISTERIE VAN ECONOMISCHE ZAKEN

Administratie der Mijnen - Geologische dienst van België
Jennerstraat, 13 - 1040 Brussel

HET PALEOMILIEU ROND HET ROMEINS ZOUTWINNINGSSITE VAN LEFFINGE

door

C. BAETEMAN, P. CLEVERINGA, C. VERBRUGGEN

PROFESSIONAL PAPER 1981/7
Nr 186

BELGISCHE GEOLOGISCHE DIENST - PROFESSIONAL PAPER 1981/7 - 186

HET PALEOMILIEU ROND HET ROMEINS ZOUTWINNINGSSITE VAN LEFFINGE

C. BAETEMAN, P. CLEVERINGA, C. VERBRUGGEN

INHOUD

Algemene inleiding 4

I. GEOLOGISCH ONDERZOEK - C. Baeteman 5
1. Inleiding 5
2. Holocene geologie van de kustvlakte in het gebied rond het opgravingssite 6
2.1. De Pleistocene ondergrond 6
2.2. De Holocene opvullingssequentie 8
2.2.1. Geologische profielen 8
2.2.2. Chronologie van het basisveen 11
2.2.3. Geologische kaart 12
3. Paleogeografische reconstructie van het landschap in het gebied rond het opgravingssite 14
4. Besluit 16

II. PALYNOLOGISCH ONDERZOEK 17
1. Inleiding - C. Verbruggen 17
2. Onderzoek 20
2.1. Algemene opbouw van het veen - P. Cleveringa 20
2.2. Het Romeins oppervlak - C. Verbruggen 28

Algemeen besluit 31

Literatuur 32

HET PALEOMILIEU ROND HET ROMEINS ZOUTWINNINGSSITE VAN LEFFINGE

C. BAETEMAN*, P. CLEVERINGA**, C. VERBRUGGEN***

Algemene inleiding

I. GEOLOGISCH ONDERZOEK - C. Baeteman

1. Inleiding
2. Holocene geologie van de kustvlakte in het gebied rond het opgravingssite

2.1. De Pleistocene ondergrond
2.2. De Holocene opvullingssequentie
2.2.1. Geologische profielen
2.2.2. Chronologie van het basisveen
2.2.3. Geologische kaart

3. Paleogeografische reconstructie van het landschap in het gebied rond het opgravingssite
4. Besluit

II. PALYNOLOGISCH ONDERZOEK

1. Inleiding - C. Verbruggen
2. Onderzoek

2.1. Algemene opbouw van het veen - P. Cleveringa
2.2. Het Romeins oppervlak - C. Verbruggen

Algemeen besluit

Literatuur

* Belgische Geologische Dienst, Jennerstraat 13, B-1040 Brussel
** Rijks Geologische Dienst van Nederland, Spaarne 17, Postbus 157, 2000 AD Haarlem, Nederland
***Rijksuniversiteit Gent, Krijgslaan 281, B-9000 Gent

Algemene inleiding

Het archeologisch site, LEFFINGE, waar omstreeks de ROMEINSE tijd zoutwinning plaats vond, is gelegen in de Westelijke kustvlakte, ten oosten van de IJzer, op het grondgebied van de gemeente Leffinge (fig. 1).

De archeologische opgravingen werden uitgevoerd tijdens een 5- tal campagnes in de jaren 1973 tot 1978 onder leiding van Dr. H. Thoen en dhr. E. Cools. Opdrachtgever was de Vereniging voor Oudheidkundig Bodemonderzoek in West-Vlaanderen.

In het kader van deze opgravingen werd omvangrijk natuurwetenschappelijk onderzoek verricht, aangezien op deze plaats in de kustvlakte de (chrono-)stratigrafische positie van het Romeins niveau voor het eerst duidelijk was. De aanwezigheid van dit (chrono-)stratigrafisch belangrijk referentieniveau in het site heeft aanleiding gegeven tot een uitgebreid geologisch en palynologisch onderzoek, waarvan de resultaten niet alleen de lokale ontwikkeling van het site aanbelangen, maar waardoor tevens een beter inzicht werd verkregen in de algemene opbouw en bewoonbaarheid van de kustvlakte.

Met behulp van het geologisch en palynologisch onderzoek was het mogelijk de voor de archeologen zo belangrijke vragen te beantwoorden, namelijk hoe zag het landschap eruit waar de zoutwinning plaats vond en hoe was het met de aanwezigheid van zout- (of brak-) water in de onmiddellijke omgeving van het site zelf gesteld. Deze vragen waren des te belangrijk omdat het site zich relatief ver van de toenmalige, Romeinse kustlijn bevindt. Bovendien zouden, volgens de gangbare verklaringen in de literatuur, de kreken (en geulen), die het zoutwater ver landinwaarts brachten, pas gevormd kunnen zijn tijdens de post-Romeinse Dunkerque II-transgressie (vierde eeuw AD).

In de navolgende hoofdstukken wordt het feitemateriaal aangedragen dat tot de hernieuwde inzichten geleid heeft.

I. GEOLOGISCH ONDERZOEK

1. INLEIDING

Het geologisch-paleogeografisch onderzoek van het opgravingssite van Leffinge heeft tot doel een reconstructie te maken van het landschap in de Romeinse periode. Het onderzoek was dan ook meer in het bijzonder gericht op de situering van het site ten opzichte van verschillende morfologische elementen in het landschap, zoals bv. de aanwezigheid van de zee, geulen, hoger gelegen delen, moerassen,... . Zo'n reconstructie vormt een belangrijk aspect bij een archeologische opgraving, omdat nooit uit het oog mag verloren worden dat een kustvlakte een zeer dynamisch landschap is.

De kustvlakte zoals we die nu kennen, is in feite een polder, dit wil zeggen een gebied gewonnen op en beschermd van de zee door dijken en gecontroleerd door de mens door middel van kunstmatige afwatering via grachten, kanalen en sluizen.

Om een landschap in een bepaalde periode te kunnen reconstrueren, moeten we echter ook de volledige geschiedenis van de opvulling van de kustvlakte indachtig zijn. Het is zeker niet voldoende om alleen maar het bovenste pakket sedimenten te bestuderen, want deze geven te weinig informatie om bepaalde verschijnselen te kunnen interpreteren. De configuratie van een kustvlakte, dit wil zeggen het voorkomen van landschappelijke of morfologische elementen in een bepaalde periode en voor een bepaald gebied, wordt gedetermineerd door het geheel van wat vooraf is gebeurd en dit reeds vanaf het begin van de geschiedenis van de opvulling van de vlakte. De oorzaken voor het wel of niet voorkomen van bepaalde elementen in het landschap zijn reeds te zoeken bij de initiële opvulling van een kustvlakte. Het is dan ook verkeerdelijk om nog steeds te denken dat uitsluitend de "Duinkerkiaanse transgressie(s)" van overwegend belang is voor de verklaring van de ontstaansgeschiedenis van de kustvlakte, zoals dit altijd in de literatuur werd geschreven.

2. Holocene geologie van de kustvlakte in het gebied rond het opgravingssite.

Om de volledige Holocene sequentie en het verloop van de opvulling van de kustvlakte rondom het site te achterhalen, werd in een ruim gebied rond het opgravingssite een gedetailleerd geologisch onderzoek verricht, waarbij een 150 tal handboringen* werden gemaakt. Deze boringen werden steeds uitgevoerd tot in de top van de Pleistocene ondergrond, behalve in bepaalde gebieden waar de Holocene sequentie te dik is en de sedimenten ervan hoofdzakelijk zandig zijn, waardoor handboringen technisch niet uitvoerbaar zijn.

Aan de hand van de boringen werden een reeks geologische profielen opgemaakt , evenwijdig aan mekaar en loodrecht gericht op de aktuele kustlijn, omdat op die manier een volledig beeld kan verkregen worden van de evolutie in de opbouw van de kustvlakte.

In de profielen werden de boringen gekorreleerd op basis van lithogenetische eenheden ; dit zijn lithologische beschrijfbare eenheden, gedefinieerd op basis van de kenmerken van de afzettingsmilieus.

De lithogenetische eenheden die hier in de profielen onderscheiden worden, zijn het lagunair, het wad, het getijdengeul en het kustveenmoeras-facies. De kenmerken van deze sedimentaire lithogenetische eenheden werden in de vorm van een tabel samengevat (tabel 1).

2.1. De Pleistocene ondergrond.

De ontwikkeling van de Holocene sequentie is voor een groot gedeelte afhankelijk van de morfologie van de onderliggende Pleistocene sedimenten. Daarom werd deze morfologie dan ook nader uitgekarteerd in de omgeving van het site (fig. 2).

* Een groot gedeelte van de boringen in de omgeving van het site werd uitgevoerd door Hilde Hofman in het kader van een licentie verhandeling "Archeo-Geologisch Onderzoek in de omgeving van Leffinge, Westelijke Belgische Kustvlakte", VUB, 1977, 61 p.
Dirk Ooijevaar en Tom Balsem (Vrije Universiteit Amsterdam, Instituut voor Aardwetenschappen) verzorgden de bemonstering van het veen geanalyseeerd door P. Cleveringa.

Tabel 1

SEDIMENTAIR AFZETTINGSMILIEU	TEXTUUR	STRUKTUREN EN KENMERKEN	
Lagune (rietmoeras) (la)	slib	homogeen sterke doorgroeiing van rietrhizomen reduktievlekken	subtidal
Wad (wa) schorre (br, wa)	hoofdzakelijk slib	brakwaterlaminaties slib/zand strukturen van plantenwortels soms schelpenconcentraties geen bioturbaties van bodembewonende dieren	supratidal
slikwad (sl,wa)	slib weinig zandige intercalaties	geen strukturen sterke bioturbatie schelpen in levenspositie	intertidal
gemengd wad (sls, wa)	slib en zand	slib/zand laminaties flaser bedding	
zandwad (s,wa)	zand, silteus soms slib in de ribbels	klein schalige cross bedding zwakke bioturbaties concentratie van schelpen en gebroken schelpen	
Getijdegeul (rn)	zand	slib/zand laminaties cross bedding, multidirectionaal ribbel strukturen grovere zandlagen en sliblaagjes kleikeitjes en veenbrokken talrijke schelpenfragmenten zeer zwakke bioturbaties	subtidal

Het gehele gebied rond het opgravingssite is gekenmerkt door de relatief hoge ligging van de Pleistocene ondergrond die er bestaat uit dekzanden van Weichselien ouderdom. De Pleistocene ondergrond vormt er een soort "plateau" dat niet dieper daalt dan -2 m. Dit plateau is echter gekenmerkt door een sterk golvend reliëf met een opeenvolging van kleine depressies en ruggen, waardoor sterke verschillen in niveau op zeer korte afstand kunnen voorkomen. In de onmiddellijke nabijheid van het site geven bv. 2 boringen op een afstand van 150 m een hoogteverschil van 4 m.

In het midden van dit plateau komt een vrij belangrijke depressie voor die,aanvankelijk tussen Mannekensvere en St. Pieters-Kapelle, oost-west gericht is en een diepte heeft tussen -6 en -4 m. Vervolgens draait de depressie in een E-NE richting, waarbij de diepte nog steeds -4 à -2 m bedraagt.

2.2. De Holocene opvullingssequentie.

2.2.1. Geologische profielen. (profielen 1,2,3,4,5,6 en 7 en fig. 3)

Uit de profielenreeks komt het golvend karakter van de Pleistocene ondergrond duidelijk tot uiting (cf. profiel 5). De Pleistocene sedimenten zijn nagenoeg altijd bedekt door het basisveen*.

* basisveen : het veen dat voorkomt aan de basis van de Holocene sequentie. In profiel 1 bv. komt het basisveen overeen met wat destijds in de literatuur als "Oppervlakte veen" werd beschreven, maar wegens zijn stratigrafische positie (aan de basis van de Holocene sequentie) moet het gerekend worden tot het basisveen.

Daar waar de Pleistocene ondergrond zich op een relatief hoog niveau bevindt, is enkel het basisveen aanwezig (cf. het S en SE gedeelte van de profielen 1,2,3 en 7). In de profielen meer naar het westen, bij een diepere ligging van de Pleistocene ondergrond daarentegen, komen er naast het basisveen ook nog één of meerdere veenlagen voor.

De veenlagen zijn gescheiden door klei van het lagunair facies dat in meer zeewaartse richting uitwigt tegen het zandwad facies (cf. het N en NW gedeelte van de profielen 1,2 en 5).

De bovenste veenlaag is in de meeste gevallen, behalve in de onmiddellijke nabijheid van het dagzomend Pleistoceen, bedekt door het lagunair facies dat er bestaat uit een sterk organische klei van meestal maar enkele cm dikte. Zo'n lagune moet voorgesteld worden als een ondiep zoetwater milieu met tamelijk veel vegetatie dat, afhankelijk van de seizoenen en de neerslag, tijdelijk droog komt te liggen. Het veen wordt hier dus niet rechtstreeks bedekt door zuivere mariene sedimenten.

Het bovenste gedeelte en tevens het jongste pakket sedimenten van de gehele Holocene opvullingssequentie wordt overal gevormd door het wad facies. Geologisch is dit pakket sedimenten als homogeen te beschouwen. Begroeiingshorizonten of vegetatieniveaus worden er niet in aangetroffen.

Het archeologisch site bevindt zich uitgerekend op een plaats waar de Pleistocene sedimenten een hoger gelegen ruggetje vormen dat bedekt is door het basisveen (cf. profiel 7, boring 193). Op het veen rust een dun pakket bestaande uit de organische klei van het lagunair facies waarop dan het site van de zoutwinning voorkomt. Dit alles is op zijn beurt bedekt door kleiige wadsedimenten.

Al de geologische profielen van dit gebied zijn gekenmerkt door het voorkomen van een belangrijke geul. Deze geul, die de "Spermaliegeul" zal genoemd worden, is in het oostelijk deel van het gebied gelokaliseerd vlak tegenaan de rand van een Pleistocene opduiking, zoals duidelijk te zien is in de profielen 1,3 en 5.

Profiel 7, dat opgesteld werd aan de hand van boringen uitgevoerd voor de aanleg van de autosnelweg, geeft meer informatie betreffende de Spermaliegeul. De geul wordt trouwens verscheidene keren door het profiel doorsneden.

In de meeste boringen is het duidelijk te zien dat het geulfacies wel degelijk gevormd wordt door de typische sedimenten van een getijdegeul : schelprijk en relatief grof materiaal aan de basis met een gradueel fijner worden van de sedimenten naar de top toe. De basis van de geul bevindt zich in dit gebied op het niveau -4 m, aanzienlijk dieper dan het omliggende Pleistocene oppervlak.

De vraag dient gesteld te worden of de Spermaliegeul al dan niet de Pleistocene ondergrond geërodeerd heeft of een reeds bestaande depressie ingenomen heeft.

Slechts in één enkele boring (profiel 7, B 171) werd er basisveen aangetroffen op de bodem van de depressie. Er kan met zekerheid aangenomen worden dat dit veen, met een dikte van meer dan 0.50 m, in situ ligt en dat het niet om een geremaniëerde veenbrok gaat, door de geul zelf aangebracht. Het veen wordt overigens onmiddellijk bedekt door een pakket wadsedimenten van 1 m dikte, bestaande uit klei, wat absoluut geen erosief karakter vertegenwoordigt. De geulsedimenten komen pas boven deze wadsedimenten voor.

De aanwezigheid van dit basisveen wijst erop dat op deze plaats de depressie in de Pleistocene ondergrond reeds aanwezeig was nog vóór de Holocene mariene invloed er zich geuit heeft.* Pas later werd de depressie er door de getijdegeul ingenomen.

* Uit de aanwezigheid van het basisveen in slechts één enkele boring is uiteraard niet uit te maken of dit mag veralgemeend worden voor de gehele loop van de getijdegeul.

2.2.2. Chronologie van het basisveen

Zoals reeds vermeld, bevindt het archeologisch site zich op een plaats waar de Pleistocene sedimenten een hoger gelegen ruggetje vormen dat bedekt is door het basisveen.

De basis van dit veen werd in het site en in de onmiddellijke omgeving ervan gedateerd. De basis van het veen zelf heeft een 14-C ouderdom van 4465 ± 220 j.B.P. (IRPA 282), terwijl stukken van bomen die op het Pleistoceen oppervlak groeiden (houtstronk en stuk van een eik) resp. 4630 ± 140 j.B.P. (ANTW 102) en 5190 ± 140 j.B.P. (ANTW 105) gedateerd werden.

Ook de top van het veen werd op meerdere plaatsen in het site gedateerd : 3520 ± 61 j.B.P. (ANTW 227)
2960 ± 50 j.B.P. (Hv 8800)
3140 ± 165 j.B.P. (IRPA 283)
3340 ± 85 j.B.P. (IRPA 337)
3225 ± 160 j.B.P. (IRPA 338)

Uit deze dateringen kan afgeleid worden dat in de omgeving van het opgravingssite de veengroei begonnen is rond ongeveer 4500 j.B.P. en eindigde rond 3200 à 3300 j.B.P.

2.2.3. Geologische kaart.

De lithogenetische eenheden, die beschreven werden in de verschillende profielen, werden tevens voorgesteld op een geologische kaart om de verspreiding ervan aan te tonen (fig. 4).

De voorkeur werd gegeven aan een profieltypenkaart omdat deze, in tegenstelling met de traditionele geologische kaart, niet uitsluitend de bovenste lagen weergeeft, maar de volledige sequentie van de top tot de basis. Dit betekent dus dat de basis van de verschillende profieltypen gevormd wordt door de Pleistocene sedimenten.

In het schematisch profiel dat de verschillende profieltypen verklaart, worden de verschillende lithogenetische eenheden voorgesteld onafhankelijk van hun dikte en diepte waarop ze voorkomen.

De profieltypenkaart van het gebied rondom het opgravingssite is geen sterk gedetailleerde kaart, dit om de gebieden met typische kenmerken duidelijk te laten uitkomen.

De kaart is opgebouwd uit 7 verschillende profieltypen.

Profieltypen 1 en 2 komen voor in een gebied nabij het dagzomend Pleistoceen en bestaan uit brakwadsedimenten die slechts een dikte bereiken tot ongeveer 2,5 m, rustend op een dunne laag organische klei en basisveen in profieltype 2.

Profieltype 3, dat voorkomt in een belangrijk gedeelte van het gebied, bestaat uit een afwisseling van een veen en klei van het lagunair facies die afgedekt wordt door een pakket brakwadsedimenten. Het geheel rust op het basisveen. In dit type kunnen zowel één of meerdere veenlagen voorkomen in die afwisseling.

Het gebied wordt doorsneden door een getijdegeul voorgesteld door het profieltype 5. De geul, die de Spermaliegeul wordt genoemd, loopt voorbij Spermalie in een west-oost richting en draait aan Sint-Pieters-Kapelle in noordelijke richting tot juist voorbij het opgravingssite om dan opnieuw een west-oost richting aan te nemen.

De invloed van deze getijdegeul komt duidelijk tot uiting in de gebieden in de onmiddellijke omgeving ervan. Profieltype 4 is hoofdzakelijk terug te vinden aan de westelijke zijde, maar komt ook beperkt voor in de omgeving van de getijdegeul ter hoogte van het site. Dit profieltype werd

speciaal geselekteerd omdat de onderste sequentie ervan (onder de onderste veenlaag) bestaat uit een afwisseling van het lagunair en het wad facies. De aanwezigheid van het wad facies aldaar wijst op mariene invloed die in het westen van het gebied direct werd aangebracht door de zee, terwijl in het gebied ter hoogte van het site, dit wad facies werd aangebracht via de getijdegeul.

Ook de zones bepaald door profieltype 6 getuigen van deze invloed. Dit profieltype bestaat uitsluitend uit wadsedimenten en komt voor in een smalle zone langsheen de getijdegeul en tevens in het westen van het gebied dat een inham vormt gedomineerd door de directe invloed van de zee.

Het meest noordelijke deel van het gebied wordt voorgesteld door profieltype 7, een type dat de mariene invloed bij uitstek aantoont. Het bestaat uit zandwadsedimenten die een dikte tot ongeveer 20 m kunnen bereiken, bedekt door een pakket klei en zandige klei van het wad facies.

Zoals reeds gebleken is uit de verscheidene profielen, is het gebied in de onmiddellijke omgeving van het site gekenmerkt door grote verschillen in de geologische opbouw en dit op zeer korte afstanden. Deze verschillen zijn hoofdzakelijk te wijten aan het sterke reliëf van de Pleistocene ondergrond.

Volgens de kaart ligt het site in een gebied gedefinieerd door profieltype 3, d.w.z. dat onder de deklaag, bestaande uit brakwadsedimenten, er een afwisseling voorkomt van veen met klei van het lagunair facies. Maar in werkelijkheid ligt het site eigenlijk op een plaats waar het Pleistoceen zich relatief zeer hoog bevindt, waardoor de afwisseling van veen en klei ontbreekt. Uitsluitend het basisveen, bedekt door een zeer dunne laag organische klei en op zijn beurt bedekt door klei van het wad facies, vormen daar de Holocene sequentie. En het gehele gebied in de onmiddellijke omgeving van het site, met uitzondering van het zuidoosten, is gekenmerkt door het voorkomen van talrijke kleine gebieden waar de top van het Pleistoceen op een hoog niveau ligt en de afwisseling van veen en klei ontbreekt. De voorstelling van die kleine zones op kaart zou leiden tot de aanwezigheid van een reeks zeer kleine eilandjes van het type 2, wat de duidelijkheid van de kaart zeker niet in de hand zou werken. Daarom werd die gehele zone met zijn lokale verschillen voorgesteld door slechts één enkel profieltype, nl. profieltype 3, dat representatief is voor het grootste gedeelte van dat gebied.

3. Paleogeografische reconstructie van het landschap in het gebied rond het opgravingssite.

Aan de hand van de lithologische, palynologische en chronologische gegevens kan voor de omgeving van het site een beeld gereconstrueerd worden van het fysische landschap.

In de periode vóór de Romeinse nederzetting was het grootste gedeelte van het gebied gekenmerkt door de aanwezigheid van het kustveenmoeras waarvan de vorming begonnen is rond 4800 j.B.P. (fig. 5). Echter niet het gehele gebied was erdoor ingenomen. Een belangrijke getijdegeul, de Spermaliegeul, was nog steeds actief en liep doorheen dat kustveenmoeras vanaf Mannekensvere in W-E richting over Spermalie tot St. Pieters-Kapelle en vervolgens in een S-N en W-E richting. Landwaarts (ten NE van St. Pieters-Kapelle) funktioneerde de getijdegeul heel waarschijnlijk als veenstroom, want de oppervlakte afwatering van het (voormalige) dagzomend Pleistoceen gebied werd voor een groot gedeelte gedraineerd naar de getijdegeul. Aan landzijde werd het milieu weliswaar steeds minder zout in de geul door deze zoetwatertoevoer en door de faktoren die, in deze periode, de direkte mariene invloed op de vlakte beperkten zoals o.m. bredere sedimentatiezone, hogere opslibbing en verminderde zeespiegelrijzing. Daardoor kon het veenmoeras zich steeds dichter en dichter naar de geul toe uitbreiden. De geul zelf bleef echter steeds open en ging in het landwaartse gedeelte als veenrivier funktioneren.

Langsheen de Spermaliegeul ten W van St. Pieters - Kapelle was nagenoeg overal een smalle zone ingenomen door het wadmilieu, waar klei- en zandsedimentatie plaats vond. Dit milieu kon zich aldaar blijven handhaven juist door de aanwezigheid van de Spermaliegeul die de direkte zee-invloed landwaarts binnenbracht.

Ook de meer zeewaartse gebieden ten NW en W van het site bleven een wad. Dit was ook het geval voor een beperkt gebied, west-oost gericht, juist ten zuiden van Slijpe waar een smalle uitloper van het wadmilieu zich in het kustveenmoeras drong.

Aan deze periode, waarin de kustvlakte gekenmerkt was door voornamelijk de aanwezigheid van het uitgebreid kustveenmoeras, kwam een einde tussen 3300 en 3000 j.B.P.. Vanaf 3300 à 3000 j.B.P. vertoonde de kustvlakte inderdaad een volledig ander beeld.

Een te plotse hoge grondwaterstand, de toevoer van minerogeen materiaal en de invloed van eutroof en of brakwater veroorzaakten het einde van de mosvegetatie.

De oorzaak van deze verschijnselen is heel waarschijnlijk te wijten aan een nieuwe doorbraak van de zee, waardoor de beschermende duinengordel werd opgeruimd en de getijdegeulen weer aktief werden. Via deze getijdegeulen kon het zout- en brakwater verder landwaarts reiken. De geulen, en hier in het bijzonder de Spermaliegeul, waren echter ook verantwoordelijk voor het feit dat aan de randen van het kustveenmoeras mariene erosie optrad waardoor via de bestaande veenriviertjes een intense drainage van het veengebied ging optreden. Hierdoor ontstond een relatieve inklinking waardoor het veenlandschap onder water te staan. Het is niet uitgesloten dat gedurende deze periode het gebied ook nog gekenmerkt was door een verhoogde neerslag, die een nog hoger grondwaterniveau veroorzaakte.

Al deze invloeden hebben de vegetatie in zo'n mate gehinderd dat de veenaccumulatie erdoor definitief tot een einde kwam en vervangen werd door de afzetting van een sterk organische klei die tot bezinking kwam in de lagunes.

Dit betekent dus dat in het algemeen de veengroei niet overal tot een einde is gekomen door een rechtstreekse overstroming van de zee, zoals steeds in de literatuur wordt beschreven.

Het landschap in de periode vanaf 3000 j.B.P. bestond in de omgeving van het site hoofdzakelijk uit lagunes (fig. 6). Dit waren zeer ondiepe moerassige depressies die, naargelang de neerslag en de oppervlakteafvloeiing van het nabije (voormalige) dagzomend Pleistoceen gebied, tijdelijk (of seizoenaal) droger of natter waren.

Middenin dit belangrijk lagunair gebied bevond zich de Spermaliegeul die, in deze periode, door zijn vergrote aktiviteit de directe zeeinvloed nu nog verder landwaarts bracht. De voormalige wadgebieden langsheen de Spermaliegeul en in de meer zeewaartse gebieden bleven zich handhaven en kenden daarenboven zelfs nog een iets grotere uitbreiding.

Dit landschap, dat tot stand kwam rond ongeveer 3000 j.B.P., is nagenoeg onveranderd gebleven voor een tamelijk lange periode, meer bepaald tot ongeveer 1700 j.B.P. (2e helft 3e eeuw AD, Thoen, 1978). Het is in dit landschap dat we de Romeinse zoutwinning moeten situeren.

Het einde van deze toestand werd veroorzaakt door een nieuwe, zeer belangrijke invasie van de zee die het gehele gebied overspoelde en omvormde tot een uitgestrekt wadgebied dat thans overeenkomt met de huidige kustvlakte. Deze invasie is gelijk te stellen met de in de literatuur gekende D II-trasgressie.

4. Besluit.

Uit de reconstructie van het landschap in de Romeinse periode blijkt dat de lokalisatie van de zoutwinning vrij gunstig was ten opzichte van de verschillende morfologische elementen in het landschap.

De uitbating zelf was gesitueerd in het lagunair milieu waar het veen, de noodzakelijke brandstof, zich heel dicht tegen het oppervlak bevond, daar het slechts bedekt was door een zeer dun pakket organische modder. De aanwezigheid in de onmiddllijke nabijheid van het site van een vrij belangrijke getijdegeul, de Spermaliegeul, verzekerde een continue aanvoer van zout water, de grondstof voor de zoutwinning.

II. PALYNOLOGISCH ONDERZOEK

1. Inleiding.

Vergeleken bij de "grote" takken van de wetenschap, mag gezegd worden dat de pollenanalyse een jonge discipline vertegenwoordigt. Eén van de redenen hiervoor ligt in de zuiver technische aspekten die aan het onderzoek zijn gebonden. Enerzijds is er voor het waarnemen van de stuifmeelkorrels een zeer goede licht-microscoop nodig om de fijne en soms ingewikkelde strukturen van de korrels, die zelf maar 20 à 50 u groot zijn, waar te nemen.
Anderzijds is er de laboratoriumpreparatie. Hierbij komt het er op aan om via chemische en technische procédés uit het bodemmonster een zo hoog mogelijke concentratie pollenkorrels af te zonderen. De vier elementen die dienen te worden verwijderd zijn : mineraal materiaal (zand, klei), organisch materiaal (plantenresten), humuszuren en kalk. Hoewel de bewerkingen die hiervoor nodig zijn als vrij eenvoudig mogen worden aanzien, het op punt stellen van goede preparatiemethodes heeft toch mede de ontwikkeling van de pollenanalyse bepaald. Belangrijk hierbij is de geleidelijke ontdekking van het biezonder chemisch weerstandbiedend karakter van de buitenwand van de pollenkorrel : de stof waaruit deze wand is opgebouwd wordt sporopollenine genoemd en is bestand tegen de sterkste zuren en temperaturen tot meer dan 200°. Van deze eigenschappen wordt o.a. gebruik gemaakt om het zand van de veen- of bodemmonsters op te lossen door het gedurende twee tot drie dagen in geconcentreerd fluoorwaterstofzuur te brengen. Behalve dit zeer sterke zuur wordt ook zwavelzuur gebruikt tijdens het preparatieproces.

Algemeen wordt de Zweedse botanist-geoloog Von Post als de grondlegger van de moderne pollenanalyse of palynologie beschouwd en dit op basis van een studie die hij in 1916 openbaar maakte. Hij was de eerste die de stuifmeelkorrels per soort ging tellen en de frekwenties ervan in een pollendiagram voorstelde.

Aanvankelijk werd alleen het pollen van de bomen geteld en verwerkt. Dit kwam omdat men bij de eerste onderzoeken goed ontwikkelde bosvenen uitkoos. Naarmate men echter ook andere veensoorten en andere losse sedimenten, die organisch materiaal bevatten, zoals gyttja, alluviale of

mariene klei en zelfs bodems, ging onderzoeken, vond men pollenassociaties die niet in een homogeen boslandschap waren ontstaan. Hetzij men te doen heeft met omstandigheden uit koude klimaatsperioden - ijstijden, hetzij men te doen heeft met tijden of plaatsen waar de mens actief was, bij de pollensoorten die men hierbij aantreft, behoren steeds belangrijke, zoniet overheersende hoeveelheden kruiden.
Middeleeuwse lagen typeren zich zo door hun massale aanwezigheid van Cerealia (graangewassen)-stuifmeel met bijhorende akker onkruiden. Maar ook tijdens de Romeinse tijd blijkt al belangrijke kultuur van graangewassen aanwezig te zijn geweest. Als gevolg van deze evolutie worden thans in een pollendiagram alle palynomorfen (pollenkorrels van bomen, kruiden, waterplanten ; sporen van varens en mossen) die in de onderzochte laag worden gevonden, aangegeven.

De mogelijkheden die de pollenanalyse bij het onderzoek van het paleomilieu biedt, hebben zich steeds uitgebreid. Vanaf haar botanische oorsprong is de discipline in de laatste 30 jaar dermate in gebruik genomen door geologen, Kwartair morfologen en archeologen dat ze thans als de voornaamste en beste informatiebron voor de kennis van de paleo-ecologie dient te worden beschouwd.

Vanuit metodologisch standpunt bekeken,dient de archeologie-palynologie als de minst volmaakte te worden beschouwd. Botanisch gaat men er van uit dat een pollenspectum (= telresultaat van één niveau) de weergave is van de regionale pollenregen : d.i. de neerslag van het stuifmeel van de planten uit een straal van tenminste 500 meter tot 1 km. Om dit te bekomen heeft men een sedimentatiemilieu nodig in de vorm van een afgesloten waterplas met open water, die voldoende groot is (bevoorbeeld straal = 100 meter). Verder streeft men er naar om veensekwenties te onderzoeken die voldoende dik zijn (min. 1 meter), teneinde zo veel en zo langdurig mogelijke evoluties in het veen te kunnen onderscheiden.

Het ligt voor de hand dat bij archeologische sites zelden of nooit aan deze voorwaarden is voldaan. Veelal heeft men hier te doen met oude bodemoppervlakken, opgevulde sleuven, afvalputten enz... Dit levert niet alleen dunne sekwenties op ; maar ook is de polleninhoud van zulke lagen

steeds sterk aan de locale (regionale) omstandigheden gebonden. In principe zou men kunnen stellen dat een archeologisch site een kortstondig en zeer plaatselijk beeld van de omgeving weergeeft, terwijl men in de paleobotanie regionale en langdurige evoluties wenst te bestuderen. Het is dank zij sekwenties van dit laatste type dat men inzicht verwerft in de botanische, ecologische en klimatologische wijzigingen die zich in de loop der tijden hebben voorgedaan. Omgekeerd is het op basis van deze kennis dat men kortere sekwenties korrekt in de tijd kan situeren, waardoor het dus mogelijk wordt om dunne organische lagen te dateren. Op dit laatste punt biedt de archeologie dan weer het voordeel dat ze aan de hand van de vonsten zelf een datering voor de lagen geeft. Rekening houdend met de problematiek die zich hierbij op palynologisch vlak stelt, wordt het begrijpelijk dat de konfrontatie tussen de archeologische en pollenanalytische datering meestal de grootste moeilijkheid vormt bij dit soort onderzoeken.

Van het site te Leffinge kan gezegd worden dat het een type voorbeeld van deze problematiek vormt : de rekonstruktie van een dun Romeins oppervlak ingesloten tussen meer dan 3-meter venige en kleiige sedimenten van een zich opvullende kustvlakte.

Het algemeen verloop van deze opvulling wordt uiteengezet in de bijdrage van C. BAETEMAN en in de hiernavolgende tekst bij het pollendiagram L.F.Z. 1(fig. 7) van P.CLEVERINGA. Het detailonderzoek werd door ons uitgevoerd op basis van de diagrammen L.F.Z.2 en L.F.Z. 3 (fig. 8 en 9).

2. Onderzoek.

2.1. De algemene opbouw van het veen

2.1.1. Inleiding

De samenstelling van het veen geeft het plaatselijke palaeomilieu weer en de eventuele veranderingen die daarin door de tijd heen zijn opgetreden. Om de betekenis hiervan in een groter kader te plaatsen is het nodig hierbij de vegetatieontwikkeling in een groter gebied te betrekken. Hiervoor kan het pollenanalytisch onderzoek dienen, omdat van het in het veen aangetroffen stuifmeel slechts een deel afkomstig is van de lokale vegetatie, terwijl een ander deel is aangevoerd uit de wijde omgeving. Dit betekent dat uit de stuifmeelinhoud van het onderzochte veen zowel informatie over de lokale- als regionale vegetatie afgeleid wordt. Bij de vertaling van de gevonden pollenassociaties naar vegetatiebeelden moet daarom naast de verschillende biologische factoren (wind- of insektenbestuiving, overdadige, matige of slechte stuifmeelproduktie) rekening worden gehouden met het lokale karakter van de pollenanalytisch onderzochte afzetting.
Om het inzicht in de palaeoecologische veranderingen te krijgen is het gebruikelijk een pollendiagram te zoneren. Met behulp van de zonering is getracht de wijzigingen van het palaeomilieu te reconstrueren.

2.1.2. De zonering van het pollendiagram Leffinge (L.F.Z.1, fig. 7).

Bij de zonering van het pollendiagram wordt gelet op de aan- of afwezigheid van bepaalde (boom) soorten, de veranderingen in de pollenpercentages van de afzonderlijke boomsoorten en hun onderlinge verhouding. De kruidenpercentages bieden daarnaast een verdere mogelijkheid tot (sub) zonering van het diagram. In tabel 2 zijn de karakteristieken van de onderscheiden zones weergegeven.

Zone VII B (102-85) A (120-102)	De Quercuswaarden nemen iets toe. De Alnus- en Coryluswaarden schommelen rond de 40 % Hogere waarden voor de kruiden. Artemisia aanwezig	Max. waarden voor Chenopodiaceae en Dryopteris. Hogere waarden voor Myrica en Dryopteris Max. waarden voor Sphagnum en Ericaceae
Zone VI (138-120)	Terugval van Betula- en Corylus-percentages. Opkomst van Alnus. Myrica en Fagus verschijnen. Kruidenpercentages (Chenopodiaceae, Ericaceae en Sphagnum) nemen toe	
Zone V (195-138)	Afnemende waarden Quercus en Alnus. Hoge percentages voor Betula (55%) en Corylus (± 40 %). Lage waarden Ulmus, Tilia en kruiden	
Zone IV B (204-295) A (217.5-204)	Wisselende percentages voor Alnus, Quercus en Corylus. Betulawaarden iets hoger. Fraxinus verschijnt. Opvallend hoge waarden voor Dryopteris. Artemisia aanwezig	Hoge waarden voor Ulmus (± 5%) Max. waarden Dryopteris (40 %) Lage waarden voor Ulmus (± 1 à 2 %) Stijgende perc. Dryopteris
Zone III (229.5-217.5)	Maximale waarden Quercus (65 %). Waarden Alnus en Corylus variëren rond de 20 %. Kruidenperc. laag	
Zone II (241.5-229.5)	Dominantie Alnus (70 %). Hogere waarden Quercus (± 30 %). Corylus en Tilia aanwezig. Kruidenpercentages laag	
Zone I (249.5-241.5)	Corylus (55 %), Quercus (15 %), Alnus (± 20 %), Tilia (± 5 %). Lage perc. Ulmus en kruiden	

Tabel 2. Pollenzonering van het pollendiagram Leffinge 1 (L.F.Z. 1)

2.1.3. Interpretatie van het pollendiagram Leffinge 1

De hoge waarden van *Corylus* in zone I lijken verband te houden met bodemvorming. Onder normale omstandigheden is de conservering van pollenkorrels in een bodem zeer slecht, waardoor in een bodemprofiel het stuifmeel van een fossiele bosvegetatie vrijwel nooit teruggevonden wordt (Havinga, 1962). Met name de resistente pollenkorrels (o.a. *Corylus* en *Tilia*) zijn in zo'n geval oververtegenwoordigd.

In zone II breidt *Alnus* zich uit. Dit wijst op een toenemende vernatting van het milieu. Deze toenemende vernatting en/of verzuring van de bodem is gunstig voor de conserveringsomstandigheden van de stuifmeelkorrels. Dat naast *Alnus* de elementen van het gemengde eikenbos (*Quercus*, *Tilia* en *Corylus*) zich weten te handhaven laten de zones II en III duidelijk zien.
De hogere percentages van *Quercus* in zone III zouden kunnen wijzen op een regionale vernatting, mogelijk onder invloed van toenemende mariene activiteit. Dit is te verklaren doordat de vernatting en eventuele mariene overstromingen een afbraak van de elzenbroekvegetatie veroorzaken, wat de verspreiding van het stuifmeel van de *Quercus*, die op hogere plaatsen in het landschap groeit, bevordert. Soortgelijk gedrag van het stuifmeel van *Quercus* is waargenomen in Noord-Nederland (Cleveringa 1978) en in het rivierengebied van West-Nederland (de Jong 1971 , v.d. Woude 1981, Zagwijn 1965).
Na deze vernatting herstelt de vegetatie, waarvan *Alnus*, *Quercus* en *Corylus* de hoofdbestanddelen vormen, zich weer. *Alnus* staat op de wat nattere plekken, terwijl *Quercus* en *Corylus* de voorkeur geven aan een iets drogere standplaats. *Dryopteris* vormt de belangrijkste ondergroei van het elzenbroek. Bovendien is in deze zone (IV) de continue aanwezigheid van *Artemisia* opvallend, wat erop wijst dat de zee niet al te veraf is.
De laatste toename van *Ulmus* is reden geweest om zone IV in 2 subzones onder te verdelen. Voor de datering blijkt deze laatste piek van *Ulmus* belangrijk te zijn. In paragraaf2.1.4wordt zowel op de geringe ophopingssnelheid van het veen in deze zone als het gedrag van *Ulmus* nader ingegaan.
Na zone IV treedt een verandering in de vegetatie op. De rijkere mesotrofe vegetatie wordt vervangen door een arme mesotrofe tot licht oligotrofe. *Betula* en *Corylus* bepalen het gezicht van de begroeiing met hier en daar nog wat *Quercus* en *Alnus*. In het bovenste gedeelte van het venige traject is nog net zichtbaar (zone VI) dat de arme mesotrofe vegetatie door een oligotrofe heideveenmosveenvegetatie wordt vervangen.
De over het veen afgezette klei bevat naast pollen en sporen van oligotrofe plantensoorten (*Ericaceae*, *Sphagnum* en *Myrica*) ook stuifmeelkorrels van zoutminnende soorten (*Chenopodiaceae* en *Artemisia*).
De gevonden pollenassociaties zijn te verklaren door mariene omwerking van de oligotrofe vegetatie. In hoofdstuk 2.1.4. komt dit uitgebreider aan de orde.

2.1.4. Ouderdom van het veenpakket

Vergelijking met andere diagrammen uit zowel de Belgische/Zuidnederlandse- als de Noordnederlandse kustvlakte (Baeteman en Verbruggen 1979, Baeteman 1981, Cleveringa 1978, Munaut 1966, Roeleveld 1974) biedt de mogelijkheid om de zones I, II en III wat nader in de tijd te plaatsen.
De percentages aan *Corylus*, de aanwezigheid van *Tilia*, *Quercus*, *Alnus* en *Ulmus* en het vrijwel ontbreken van *Pinus* maken een subboreale ouderdom voor het onderste deel van het diagram waarschijnlijk.
Voor een nauwkeuriger tijdsbepaling waarop de veengroei te Leffinge begint, is van belang dat bij een kartering in de omgeving van de monsternameplaats, door Balsem en Ooijevaar (1975), plaatselijk onder het veen, in de laagstgelegen delen van het zandige substraat, een dun kleilaagje werd aangetoond. Dit kleilaagje houdt vermoedelijk verband met de in het pollendiagram geconstateerde vernatting onder invloed van toenemende mariene activiteit (zone III) en hangt samen met de uit de omgeving van Leffinge bekende Calais IV afzettingen, die tussen ± 4400 en ± 3700 BP gedateerd kunnen worden.
Hoewel dit in het diagram onduidelijk te zien is, blijkt uit onderzoek in de omgeving van Leffinge dat het elzenbroekbos zich na deze natte fase herstelt (Baeteman en Verbruggen 1979).
Zone IV B, met hogere *Ulmus*waarden, is naar alle waarschijnlijkheid te correleren met de laatste *Ulmus*opleving, zoals Munaut (1966) die bij Terneuzen heeft gevonden. Deze *Ulmus*zone is omstreeks 3800 BP gedateerd. Uit vergelijking van de datering van de mariene invloed en die van de *Ulmus*zone valt een geringe veenontwikkeling van het monsternamegebied af te leiden in de periode rond 4000 BP. Dit verklaart mogelijk het onregelmatig voorkomen van *Taxus*stuifmeelkorrels in de zones II, III en IV (niet in het pollendiagram weergegeven). De aanwezigheid van *Taxus*, zoals door Munaut (1966) bij Terneuzen aangetoond, is ook elders in Zuidwest-Nederland en in het strandwallengebied bekend (pers. mededelingen resp. de Jong en van de Plassche). De door Munaut (1966) gedateerde *Taxus*zone (± 4200 - ± 3800 BP) bevestigt de datering van de periode waarin de toenemende vernatting te Leffinge optreedt.
De mariene kleien die het veen afdekken, worden gekarakteriseerd door pollenassociaties, die kenmerkend zijn voor een hoogveenvegetatie. Naast het omgewerkte pollen van oudere hoogveenafzettingen zijn de percentage van de zoutminnende ganzevoetachtigen (*Chenopodiaceae*) hoog. Op grond van de ge-

ringe waarden van *Fagus* is een subboreale ouderdom van het bovenste deel van het veenpakket en onderste deel van het kleipakket waarschijnlijk. De afzetting van dit deel van het kleipakket kan daardoor na 3700 BP gedateerd worden. Op grond van het onderzoek van Baeteman (1981) en Baeteman en Verbruggen (1979) is een datering geruime tijd na 3700 BP waarschijnlijk. Het kleipakket is vermoedelijk in de DO-transgressiefase afgezet.
De verschillen in pollenassociaties tussen de onderscheiden subzones VII A en B wijzen op een tweedeling in het kleiige traject. Een door Balsem en Ooijevaar (1975) in deze sectie waargenomen aslaagje op 1.00 meter wijst in dezelfde richting. Dit aslaagje geeft dan het (erosie) oppervlak aan, waarop de zoutwinning heeft plaatsgevonden.
De hogere *Chenopodiaceae*waarden in subzone VII B zijn toe te schrijven aan mariene activiteiten in de D II-transgressiefase. De aanwezigheid van *Carpinus* in deze subzone (pollenspectra 85 en 93.5 : 0.3 %) bevestigt de subatlantische datering.

2.1.5. De reconstructie van het palaeomilieu

Aan de hand van de vegetatieontwikkeling, zoals die uit het subboreale/subatlantische pollendiagram L.F.Z. 1 is afgeleid, is het mogelijk het palaeomilieu te reconstrueren. Bij deze reconstructie bieden pollendiagrammen uit de directe omgeving van de monsternameplaats èn informatie uit gebieden die een vrijwel identieke veenontwikkeling laten zien, een welkome aanvulling.
Afhankelijk van de grondwaterstand en de ligging t.o.v. de zee begint er in het Subboreaal op uitgebreide schaal in het Belgisch-Nederlandse kustgebied veen te groeien. Deze veengroei vangt aan op een oud bodemoppervlak, waarvan de polleninhoud, afhankelijk van de conservatieomstandigheden, van plaats tot plaats varieert. Het eutrofe tot mesotrofe veen, dat op het oude bodemoppervlak gevormd wordt, is veelal afkomstig van een elzenbroek. Pollenanalytisch onderzoek van het veen te Leffinge en in de directe omgeving wijst op de aanwezigheid van een gemengd eikenbos (met hazelaar als ondergroei) op de hogere plaatsen in het landschap, terwijl op de lagere plaatsen elzen, soms berken, de vegetatie bepalen.

Op grond van correlatie met een elders gedateerde laatste uitbreiding van *Ulmus* en een gedateerde mariene invloed, die in Leffinge verantwoordelijk is voor de plaatselijke afzetting van een kleilaagje, is het mogelijk voor de basis van het onderzochte veenprofiel een minimale veengroei vast te stellen. De periode van ± 4400 - ± 3800 BP, die te Leffinge een geringe veenvorming opleverde, wordt elders gekenmerkt door een uitgebreide elzenbroekvegetatie en, afhankelijk van de lokale omstandigheden, afzetting van kleien (Griede 1978, v.d. Woude 1981, v.d. Plassche 1982, Roeleveld 1974 en Verbraeck 1970).
Dat op de monsterplaats het moerasbos zich nauwelijks ophoogt, heeft met de topografie te maken. De relatief hoge ligging is verantwoordelijk voor de geringe accumulatie van organisch materiaal. Voor elzenbroekbossen is dit een niet onbekend verschijnsel. Zo worden in de benedenlopen van beekdalen soms dikke paketten elzenbroekbos aangetroffen, terwijl in de bovenlopen deze afzettingen veelal een geringe dikte hebben. Pollenanalytische en C14-dateringen van de basis en de bovenkant van deze venen, in boven- en benedenloop, laten maar geringe verschillen in ouderdom zien, terwijl de dikteverschillen aanzienlijk zijn.
Voor het pollenanalytisch onderzoek heeft dit verschil in ophoging consequenties. De conserveringsomstandigheden voor het stuifmeel zijn slecht bij een geringe ophoging, omdat de oxydatiekansen sterk vergroot worden. Een continue registratie van de vegetatieontwikkeling op grond van één veenprofiel is in de meeste gevallen dan ook niet te vinden.
Na de elzenbroekperiode gaat, onder wat drogere en/voedselarme omstandigheden, de berk het vegetatiebeeld bepalen. Het optreden van de berk in de overgangsfase naar de oligotrofe veenvorming is in grote delen van het kustgebied een algemeen verschijnsel. Uiteindelijk resulteert deze ontwikkeling elders vaak in afzetting van 1 à 1.5 m dikke hoogveenpakketten.
Zowel uit de lithologische opbouw van het veenpakket L.F.Z. 1 als uit de pollenassociatie van zones V en IV valt af te leiden dat de echte hoogveenontwikkeling in het onderzochte profiel vrijwel ontbreekt. Door Stockmans en Vanhoorne (1954), Baeteman (1981) en Baeteman en Verbruggen (1979) is de aanwezigheid van dit hoogveen in het Belgische kustgebied duidelijk aangetoond. (°)

Opvallend is de uitgebreide *Myrica*opslag die in deze hoogvenen plaatsvindt (Baeteman en Verbruggen 1979).
Ook in Noord-Nederland (A. Elink Schuurman 1977) en in het oligotrofe veengebied in Zuid-Holland (mond. meded. van de Plassche) worden in hoogvenen, die eind subboreaal / begin subatlanticum gevormd zijn, macroscopisch herkenbare niveaus met hout- en bladresten van *Myrica* aangetroffen.
Voorlopige onderzoeksresultaten wijzen er op, dat veraarding, die samenhangt met ontwatering en afbraak van het veen, de groei van *Myrica* sterk bevorderd heeft. Hoewel in het kustgebied indirecte beïnvloeding van de vegetatieontwikkeling door de DI- en DI A-transgressies, op grond van geologische opnamen voor de hand ligt, moet door datering van de *Myrica*niveaus de relatie nader vastgesteld worden. Tot nu toe zijn geen macroscopisch herkenbare klastische afzettingen in of onder de *Myrica*niveaus aangetroffen.
Op de monsternameplaats, waar slechts een aanzet tot de heidemosveenvegetatie herkenbaar is, stagneert de hoogveengroei omstreeks 3700 BP. Het klastische pakket dat de veenlaag afdekt, is gedeeltelijk in de DO-transgressiefase afgezet (± 3300 - ± 3100 BP). Op dit klei/veenoppervlak konden de bewoners van de kustvlakte hun zoutwinnende activiteiten beginnen.
Dat de werk- en leefomstandigheden niet alleen in het Belgische kustgebied gunstig waren blijkt uit archeologische en geologische gegevens van Noord-Nederland. Ten noorden van de stad Groningen - de Paddepoel - was, ondanks de lage ligging van het gebied, in de Romeinse tijd een uitgebreide bewoning mogelijk (Cleveringa 1972, van Es 1968). Voor dit gebied is dan ook vastgesteld dat de periode van ± 200 v. Chr. - 200 n. Chr. relatief droog moet zijn geweest. Deze droogte is er tevens verantwoordelijk voor dat in de Paddepoel de veenontwikkeling minimaal is. De reconstructie van het palaeomilieu wordt hierdoor bemoeilijkt. Hetzelfde zien we in Leffinge.
Nauwkeurige geologische karteringen en archeologische opnamen, naast gedetailleerd palynologisch onderzoek, bieden een mogelijkheid om de problemen, die zich voordoen als het registratiemechanisme onvolledig werkt, op te lossen. In de bijdrage van Verbruggen komt dit nader aan de orde.

(°) Om tegenspraak met hiervoor ingenomen stellingen (Verbruggen 1979, Baeteman and Verbruggen 1979) te vermijden is het noodzakelijk deze

zin in zijn juiste context te plaatsen. Met "hoogveen" wordt enkel bedoeld : oligotroof = voedselarm veen, dus niet : hoog opgegroeid veen. Enkel wanneer men hierbij alle oligotrofe elementen betrekt, zoals *Eriophorum* en *Myrica* (zie hierna) kan men zeggen dat deze pakketten 1 tot 1,5 meter dikte bereiken. De gedeelten in het veen, rijk aan *Ericaceae* en vooral aan *Sphagnum*, zijn echter zeer beperkt. Ruimtelijk gezien bevond dit veentype zich meer in afgesloten gebieden buiten het bereik van de getijdegeulen. Morfologisch lag het nauwelijks of niet hoger dan het laagveen, dat zich omstreeks het waterniveau van de getijdegeulen vormde.

2.2. Het Romeins oppervlak

Het oppervlak waarop de zoutovens werden gevonden, bevindt zich aan de top van de sekwentie L.F.Z. 1. Teneinde via de pollenanalyse een beeld van een omgeving uit de Romeinse tijd te verkrijgen werden door ons - in tegenstelling met profiel L.F.Z. 1 - enkel monsters van het bovendeel van het veen genomen. Op de schets (fig. 10) is aangegeven waar twee bakjes van 30 cm in de opgravingswand werden geplaatst. Uit deze bakjes konden dan naar believe de monsters worden genomen die aanleiding gaven tot diagrammen L.F.Z. 2 en L.F.Z. 3 (fig. 8 en 9). Vergeleken met een site op pleistocene zandgrond levert een site op mariene kleibodems een groot probleem voor wat betreft het precies terugvinden van het archeologisch oppervlak. Niet alleen is in klei de aftekening van het humeuze oppervlak veel minder duidelijk, maar er mag ook verwacht worden dat bij veelvuldig betreden van een vochtige kleibodem vervorming kan optreden.
Bovendien stelt zich in dit gebied de vraag in hoeverre het site gevrijwaard was van overstroming en dus van nieuwe opslibbing. In ieder geval vertonen de drie pollenspectra van niveaus 15,14 en 13,5 in diagram 2, die zeer dicht boven elkaar, op de hoogte van het vermoede Romeins oppervlak, werden genomen, niets biezonders en evenmin afwijkende resultaten t.o.v. de onderliggende niveaus. Wat uit dit diagram wel kan worden afgeleid, is het feit dat de pollenspectra 10,5 en 6, die afkomstig zijn uit de kleiophoging waarin de oventjes werden gebouwd, met deze van het oorspronkelijk oppervlak overeenkomen, zodat mag worden aangenomen dat de klei voor deze ovens terplaatse werd verzameld. Het bovenste niveau van dit diagram werd genomen uit de wand van een oventje waar zich de zgn. zelas bevindt. De afwezigheid van pollen in dit materiaal is in overeenstemming met de hoge temperatuur die op deze plaats heeft geheerst.

Aangezien het eigenlijk loopvlak van de zoutwinners palynologisch niet te herkennen valt, blijft ons enkel te pogen een algemeen beeld te maken van het fysisch landschap uit die periode aan de hand van de diagrammen 2, 3 en de interpretatie die door P. Cleveringa aan het overeenstemmende bovendeel van 1 werd gegeven.

Het grootste probleem hierbij is de discontinuïteit die specifiek in het onderzocht gedeelte van de veen-klei afzetting voorkomt. Niet alleen is gebleken dat het hier om een ingewikkelde onderbreking van de sedimenta-

tie gaat, maar bovendien was het opgravingssite in feite de eerste plaats in de kustvlakte, waar dit fenomeen aan het licht kwam.
Van een stuk hout dat zich onderaan in het bakje van profiel 2 bevond, werd een 14-C datering gemaakt die een ouderdom van 3225 ± 160 B.P. opleverde. Van hun kant laten de pollendiagrammen 2, 3 en het bovendeel van 1 toe om vast te stellen dat de overeenkomstige afzettingen van eind-subboreale en subatlantische ouderdom zijn. Deze konklusie steunt op de relatief belangrijke aanwezigheid van *Fagus* in het bovendeel van diagram 1 en in diagram 3, alsmede op het voorkomen van *Carpinus* aan de top van diagrammen 1 en 2. Van *Fagus* weten we dat hij in Vlaanderen zijn belangrijkste uitbreiding kende in de Romeinse tijd, terwijl *Carpinus* slechts verschijnt vanaf ± 2.800 B.P.
We durven dus zeggen dat de onderzochte sedimenten werden afgezet grosso modo tussen 3000 B.P. en de tijd van de zoutwinning. Hoe stellen we ons dan het uitzicht van de kustvlakte voor, tijdens dewelke deze zeer beperkte sedimentatie plaats greep ?

Zoals uit de profielschets (fig. 10) is te merken, werden de twee bakjes van diagram 2 en 3 naast elkaar, met een overlappend gedeelte in van elkaar verschillende sedimenten genomen : onderaan veen, bovenaan sterk organische tot venige klei. We zijn van mening dat het golvend oppervlak van de top van de veenlaag een natuurlijke situatie - zonder erosie - vertegenwoordigt. Het verschil tussen het veen en de organische klei is in de diagrammen 2 en 3 duidelijk te merken. In het veen overheersen de bomen (AP) met in hoofdzaak *Betula*. In de klei vindt men veel hogere kruidenwaarden (NAP) te wijten aan *Ericaceae*, terwijl bij de bomen *Alnus* en ook *Corylus* belangrijkst zijn. Men merkt tevens dat deze gegevens bevestigd worden in de overlappende gedeelten van diagrammen 2 en 3. De overgang van veen naar klei is nog net zichtbaar onderaan in diagram 3 en duidelijk te zien bovenaan in diagram 2. Zowel het sterk organisch karakter als de polleninhoud van de kleilaag tonen aan dat het hier niet om een zgn. transgressieve afzetting als gevolg van inbraak van de zee gaat. Hoewel meer en specifiek onderzoek zal nodig zijn om een precies inzicht in de omstanheden te verwerven, hebben we in een andere studie (C. Baeteman and C. Verbruggen, 1979) getracht om een interpretatie te geven aan de merkwaardige pollencombinatie van eutrofe elementen zoals *Alnus*, *Corylus* en in

mindere mate *Sparganium* en van mesotrofe en oligotrofe elementen zoals *Myrica*, *Ericaceae* en *Sphagnum*, die in de organische klei aanwezig is. Van zijn kant geeft P. Cleveringa een verklaring in dezelfde zin wanneer hij het bovendeel van het diagram L.F.Z. 1 behandelt. Samengevat kan het daar op neer komen dat in de Romeinse tijd de kustvlakte, in de omgeving van Leffinge, niet door direkte zee-invloed werd bedreigd.
Wel kon langs steeds openblijvende getijdegeulen en kreken (zie C. Baeteman) zout of brak water het land binnendringen. Als gevolg van het stijgend zeepeil kon het regenwater evenwel moeilijk afvloeien, waardoor het gebied - vooral 's winters - onder water kwam te staan. In een dergelijke situatie durven we vooropstellen dat de mens in de zomer het gebied betrad om er seizoenaal aan zoutwinning te gaan doen. Hoe dikwijls en hoe intens deze kortstondige uitbatingen plaatsgrepen, is een vraag waarop we het antwoord wel graag aan de archeologen overlaten.

Algemeen besluit

De resultaten van het stratigrafisch, morfologisch en paleoecologisch onderzoek laten duidelijk toe om het site van Leffinge als een geschikte plaats voor zoutwinning aan te wijzen : - zo dicht mogelijk bij de hoger gelegen Pleistocene zandgebieden van het binnenland;

- binnen het onmiddellijk bereik van aanvoer van zout water;

- op een plaats, die minstens in de zomer, voldoende toegankelijk was, voor de zoutwinningsaktiviteiten.

Omdat dit Romeins niveau zich juist bevindt op de overgang tussen de organische sedimenten onderaan, en de klastische bovenaan, vormt het een hoogst waardevol referentieniveau. Voor de geschiedenis van de veenvorming kwam hier voor het eerst duidelijk aan het licht dat het laatste millenium vóór onze tijdrekening een tot op heden moeilijk te rekonstrueren periode vertegenwoordigt. Er dient te worden uitgemaakt of we te maken hebben met een tijd waarin de sedimentatie erg beperkt is gebleven, ofwel met een fase waarin erosie een aanzienlijke rol heeft gespeeld.

Voor de stratigrafie van de bovenliggende kleilagen, de zgn. Duinkerke-afzettingen, is de determinatie van dit Romeins referentieniveau belangrijk omdat op heden geen of enkel betwiste kriteria voor de chronostratigrafische indeling van deze kleilagen zijn gebruikt.

Literatuur

Baeteman C. (1981) - De holocene ontwikkeling van de westelijke kustvlakte. Proefschrift Vrije Universiteit, Brussel, 297 pp.

Baeteman C. and Verbruggen C. (1979) - A new approach to the evolution of the so-called surface peat in the Western Coastal Plain of Belgium. Prof. Paper 1979/11, n° 167, 21 pp.

Balsem T. en Ooijevaar D.P. (1975) - Opgravingen te Leffinge (België). Intern veldwerkverslag V.U. (Inst. v. Aardwetenschappen), Amsterdam.

Cleveringa P. (1972) - De Paddepoel, verslag van het veldwerk gedurende de zomer van 1971 verricht in het stadsuitbreidingsgebied De Paddepoel van de gemeente Groningen. Intern rapport Inst. v. Aardwetensch., V.U., Amsterdam.

Cleveringa P. (1978) - Pollenanalytische gegevens van de Woldformatie in Noordoost-Friesland. pp. 140-147. In : Het ontstaan van Frieslands Noordhoek. Proefschrift J.W. Griede (1978).

Elink Schuurman A. (1977) - Palynologisch onderzoek van een boring nabij de Joussenpolder, Friese kustvlakte ten noorden van Leeuwarden. Intern rapport Inst. v. Aardwetensch., V.U., Amsterdam.

Es W.A. van (1968) - Paddepoel, excavations of frustrated terps 200 B.C. - 250 A.D. Palaeohistoria 14, pp. 187-357.

Griede J.W. (1978) - Het ontstaan van Frieslands Noordhoek. Proefschrift, Amsterdam, 186 pp.

Havinga A.J. (1962) - Een palynologisch onderzoek van in dekzand ontwikkelde bodemprofielen. Thesis, Wageningen, 165 pp.

Hofman H. (1977) - Archeo-Geologisch Onderzoek in de omgeving van Leffinge, Westelijke Belgische kustvlakte. Proefschrift Vrije Universiteit Brussel, 61 pp.

Jong J. de (1971) - Pollen and C14 analysis of Holocene deposits in Zijderveld and environs. Ber. Rijks. Oudh. Bodemonderz., 20-21, pp. 75-88.

Munaut A. (1966) - Etude paléo-écologique d'un gisement tourbeux situé à Terneuzen (Pays-Bas). Agricultura, n° 14 (2e série 3), pp. 361-389.

Plassche O. van de (1982) - Sealevel change and waterlevel movements in the Netherlands during the Holocene. Thesis, Amsterdam, 138 pp.

Roeleveld W. (1974) - The Groningen coastal area. A study in Holocene geology and low-land physical geography. Thesis, Amsterdam, 252 pp.

Stockmans F. en Vanhoorne R. (1954) - Etude botanique du gisement de tourbe de la région de Pervijze (Pleine maritime belge). Kon. Belg. Inst. Natuurwetensch., Verh. n° 130, 144 pp.

Thoen H. (1978) - De Belgische Kustvlakte in de Romeinse Tijd. Verh. Kon. Acad. nr 88, 255 pp.

Verbraeck A. (1970) - Toelichting bij de geologische kaart van Nederland 1 : 50.000. Blad Gorinchem (Gorkum) Oost (38 O), 140 pp.

Verbruggen C. (1979) - Paleoecologische en Palynologische benadering van enkele bekende historisch-geografische problemen in Vlaanderen. Bronnen voor de Historische Geografie van België. Handelingen van het Colloquium te Brussel 25-27 IV.1979.

Woude J.D. van der (1981) - Holocene paleoenvironmental evolution of a peri-marine fluviatile area. Thesis, Amsterdam, 112 pp.

Zagwijn W.H. (1965) - Pollenanalytic correlations in the coastal-barrier deposits near The Hague (The Netherlands). Meded. Geol. Sticht., Nw. Serie n° 17, pp. 83-88.

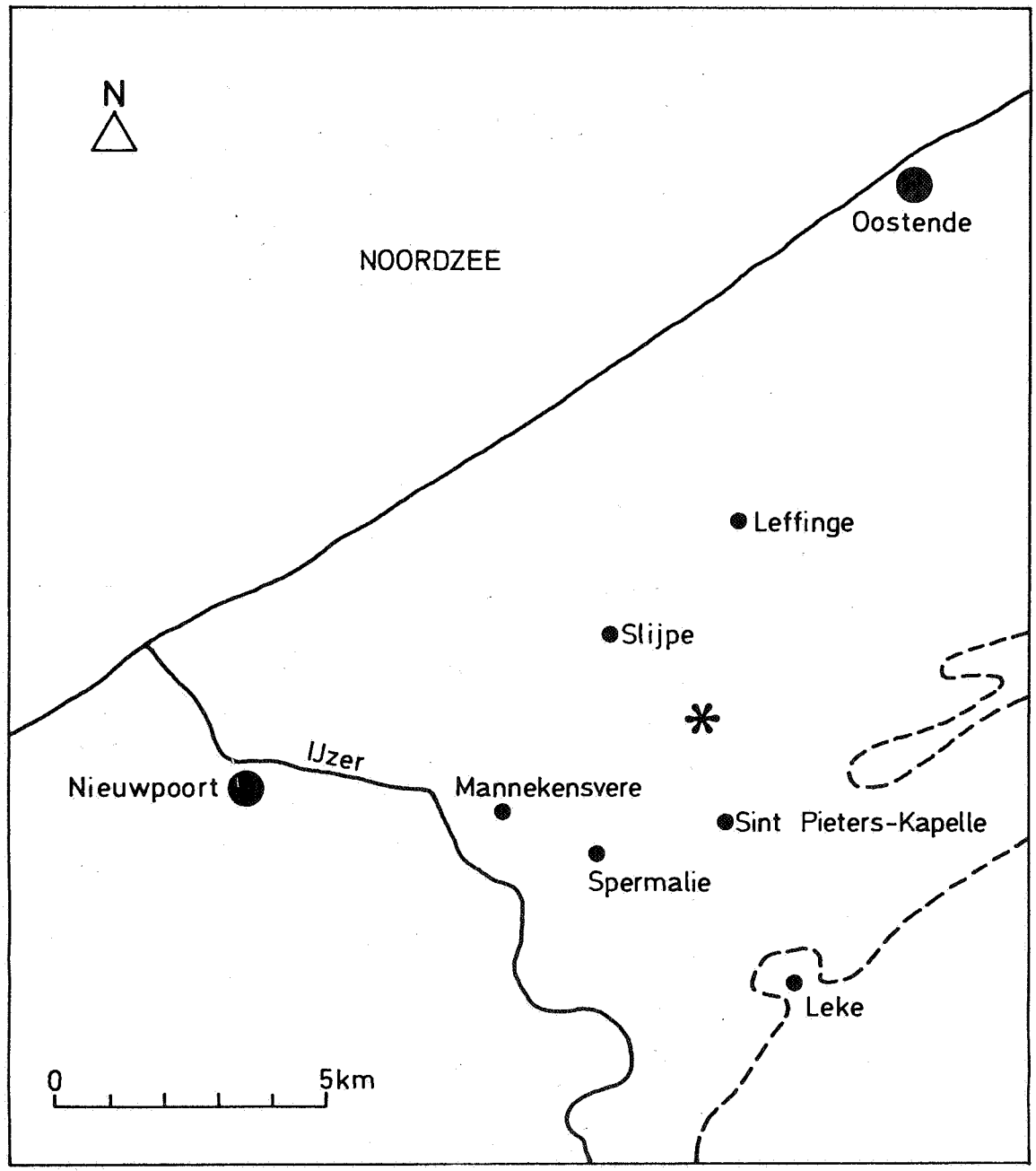


Fig. 1 Lokalisatie van het archeologisch site

* archeologisch site

P.P. Nr. 186

poldergrens

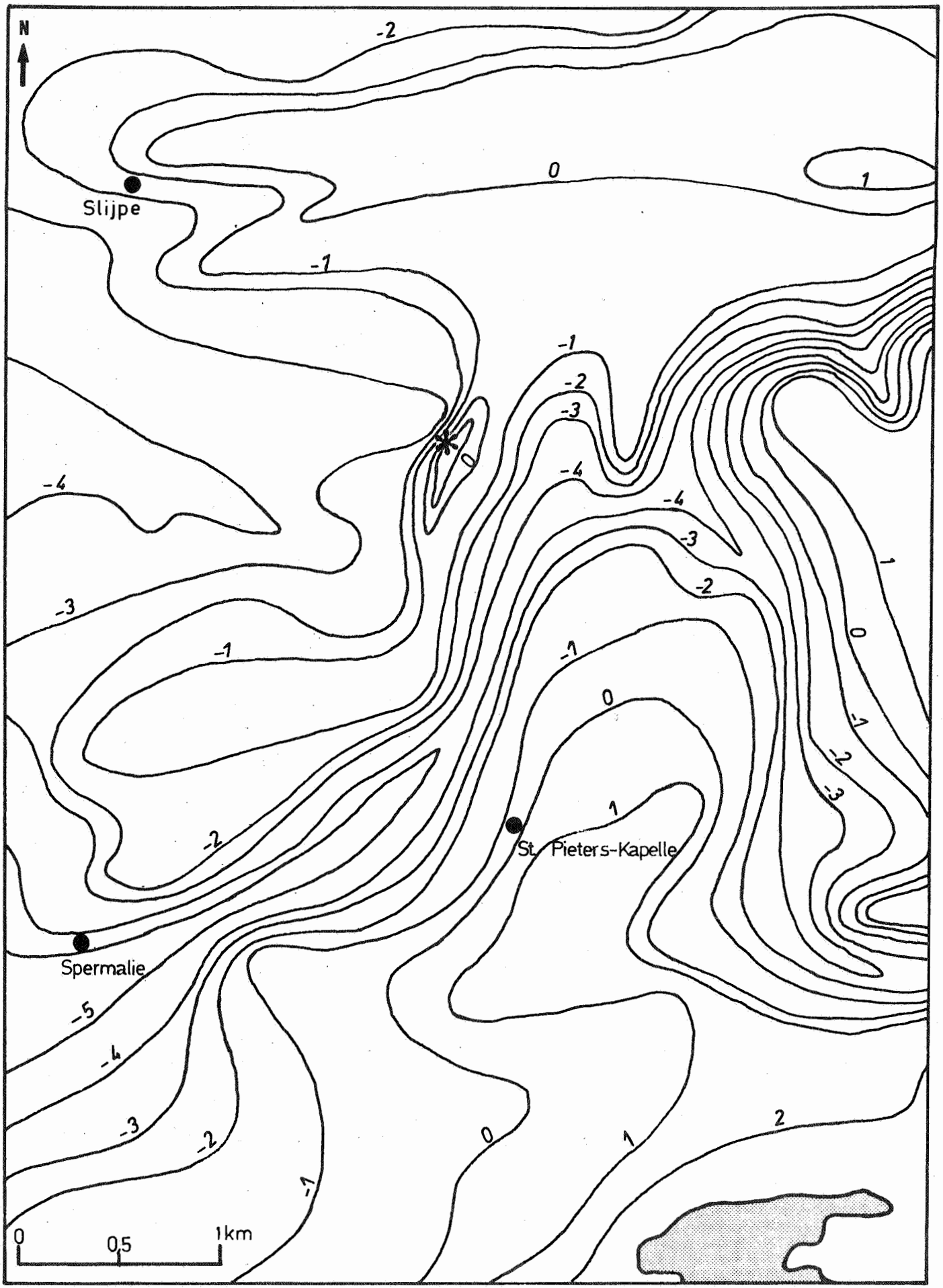


Fig. 2 Morfologie van de Pleistocene ondergrond

dieptelijn basis Holoceen in m. t.o.v. TAW

archeologisch site

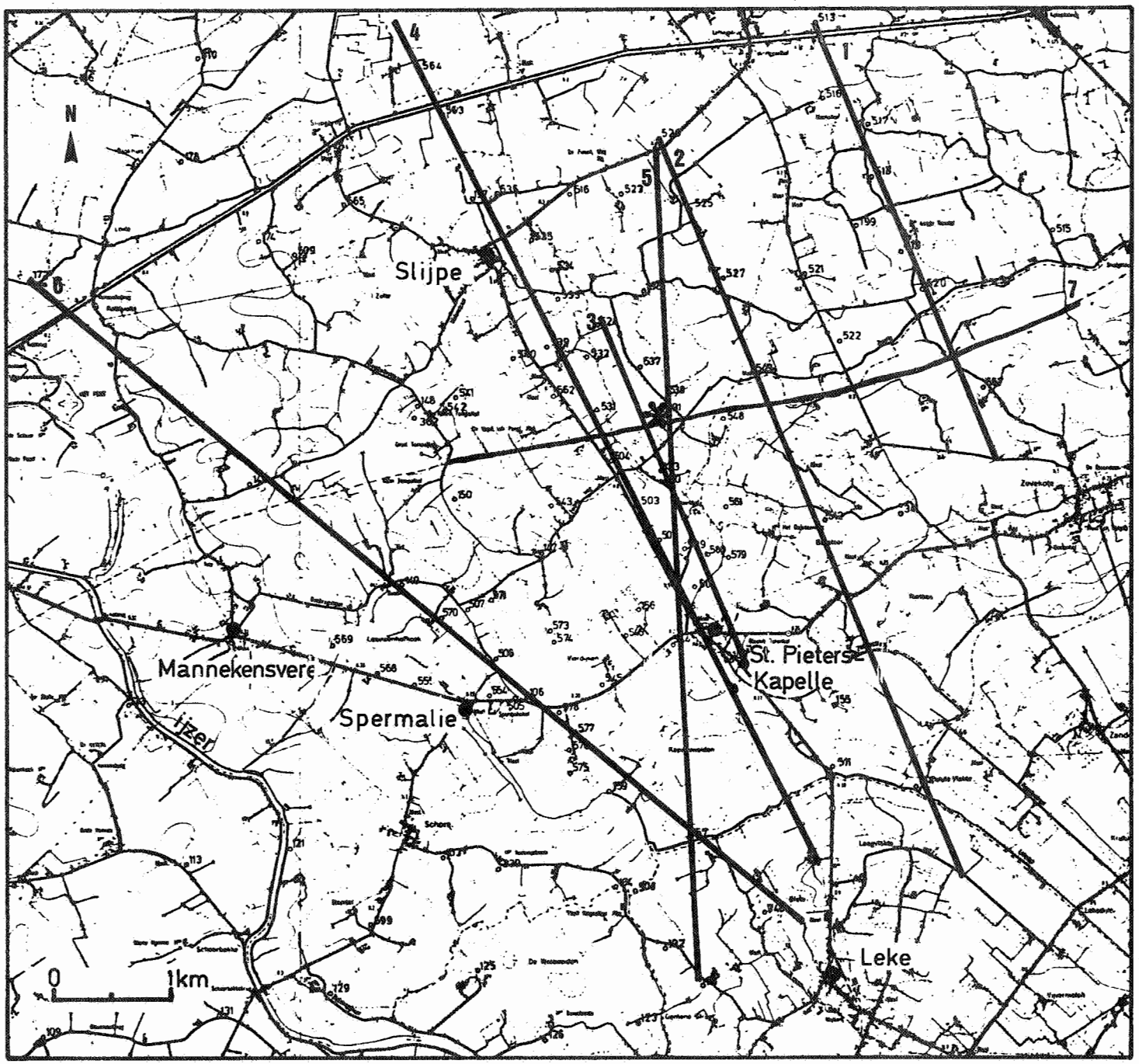
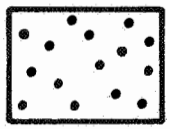


Fig. 3 Lokalisatie van de geologische profielen

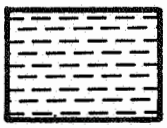
* archeologisch site

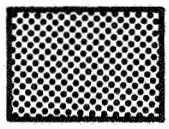
P.P. Nr. 186

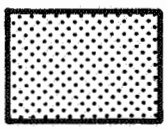
Legende bij de geologische profielen

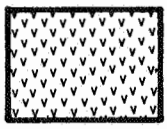

Pleistocene sedimenten

Wad facies

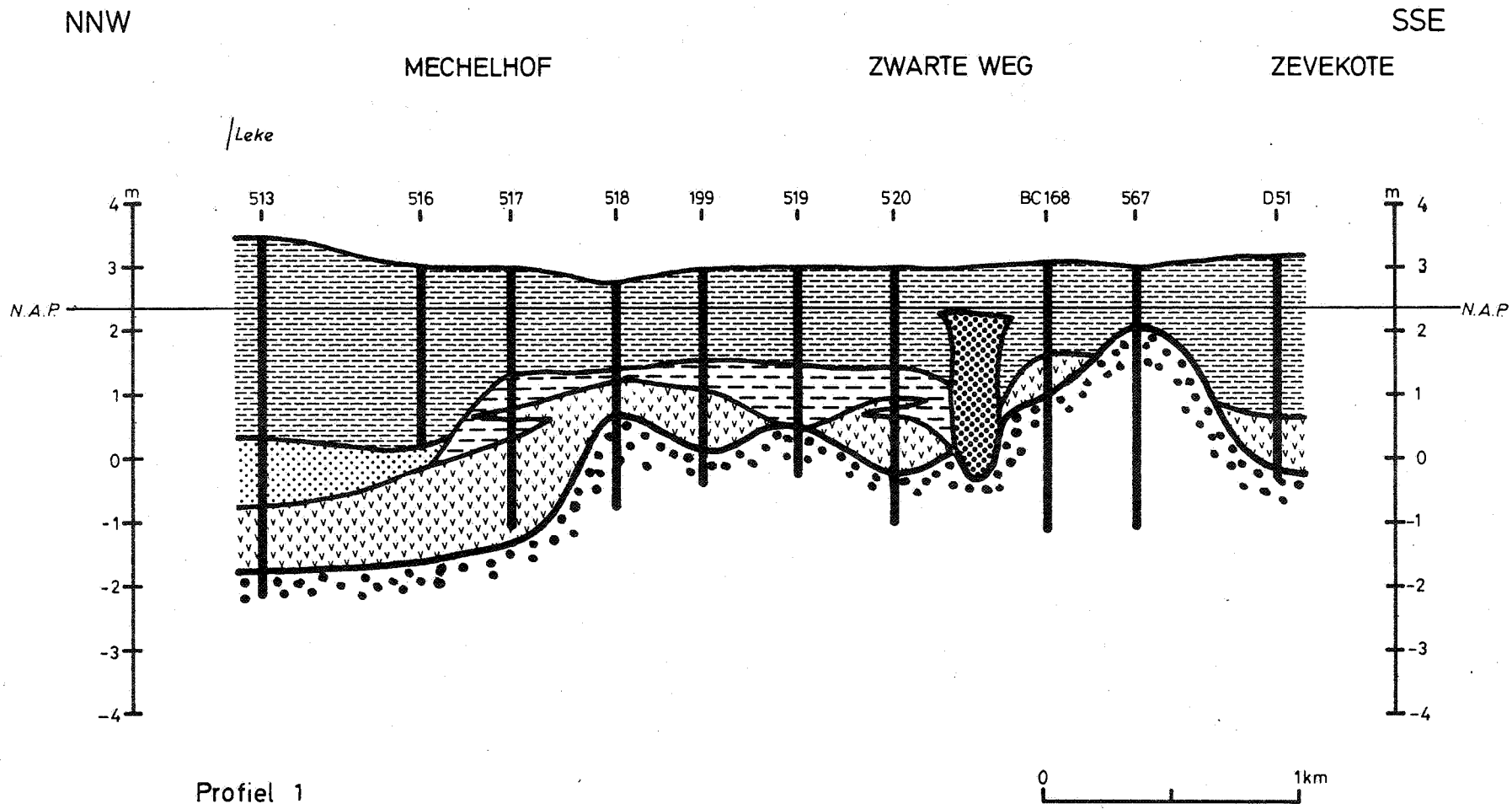

Lagunair facies


Geul facies


Zandwad facies

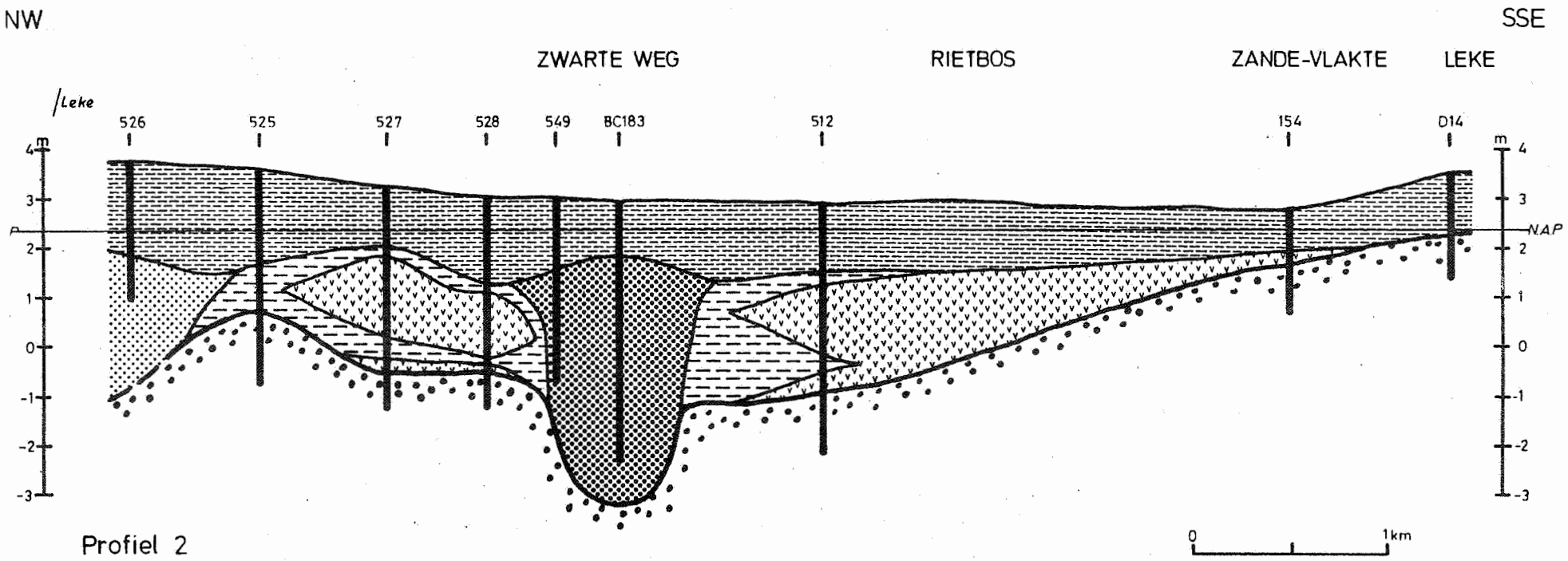

Veen

P.P. Nr. 186



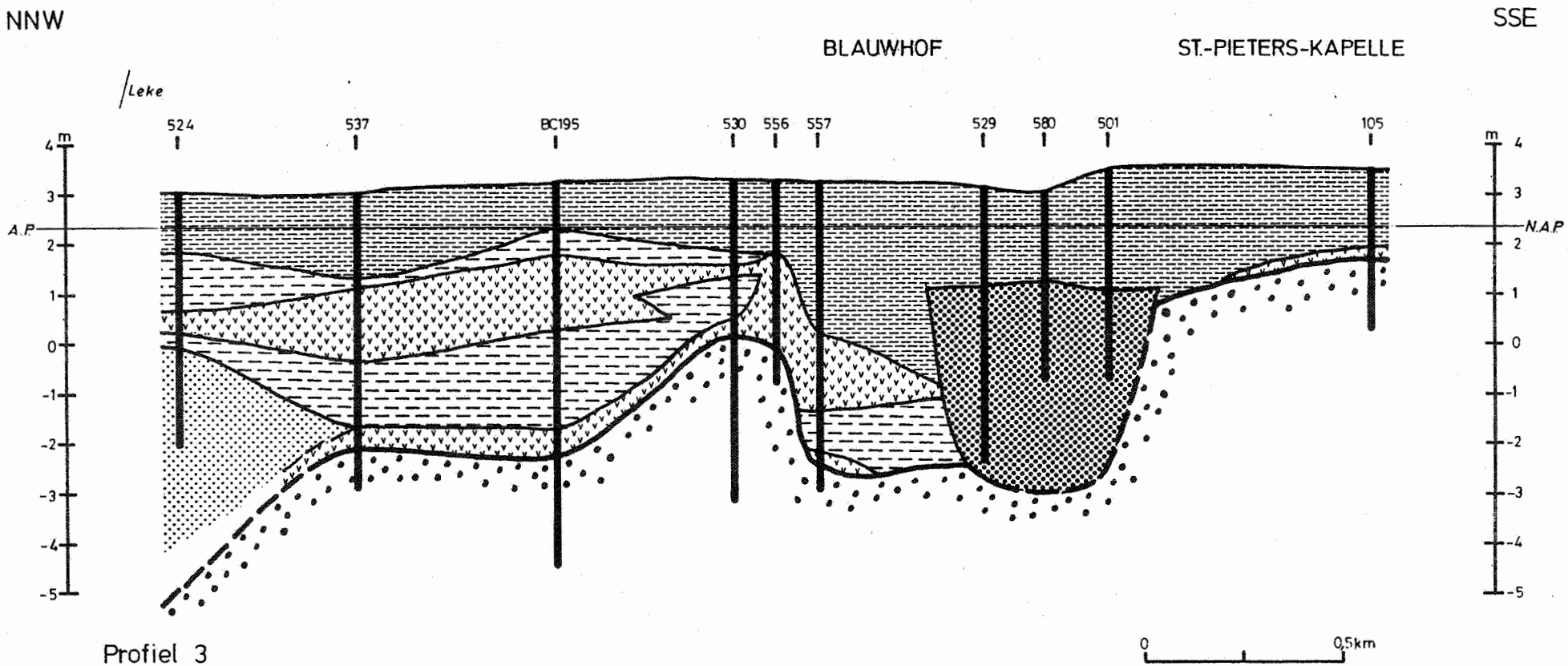
Profiel 1

P.P. Nr. 186



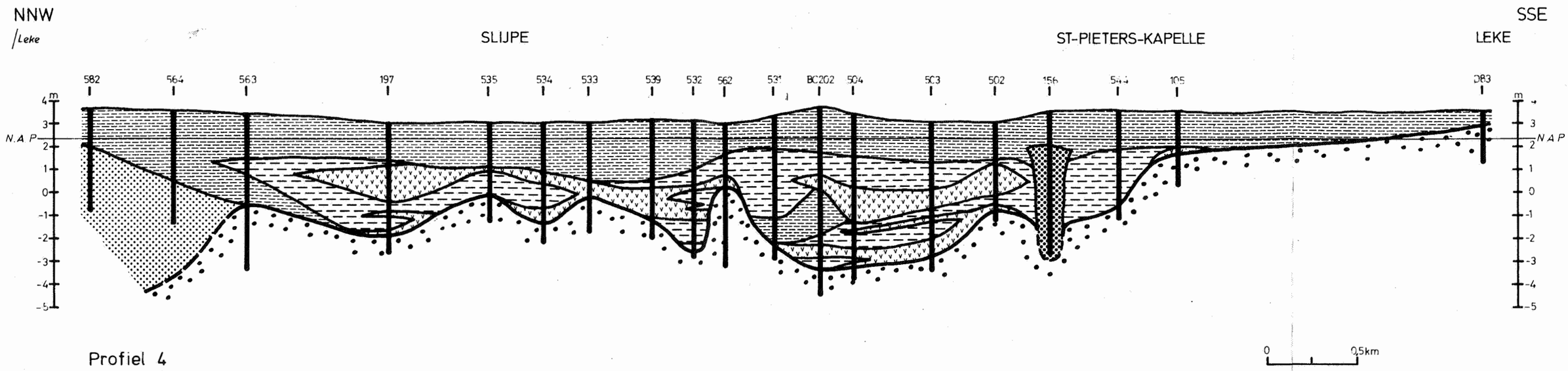
Profiel 2

P.P. Nr. 186

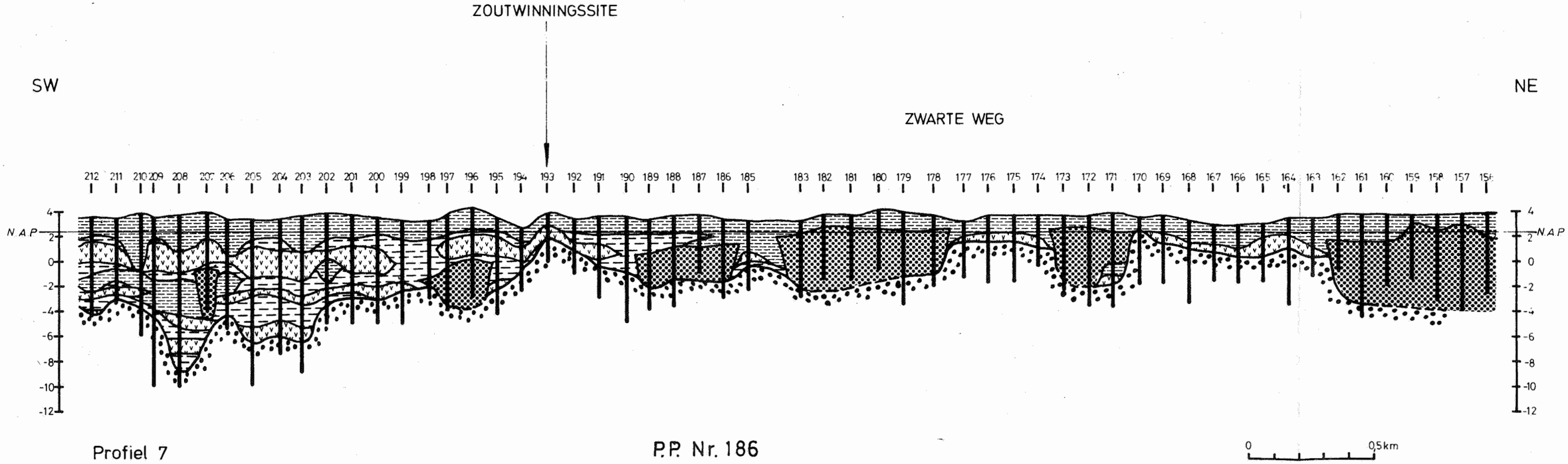


Profiel 3

P.P. Nr. 186

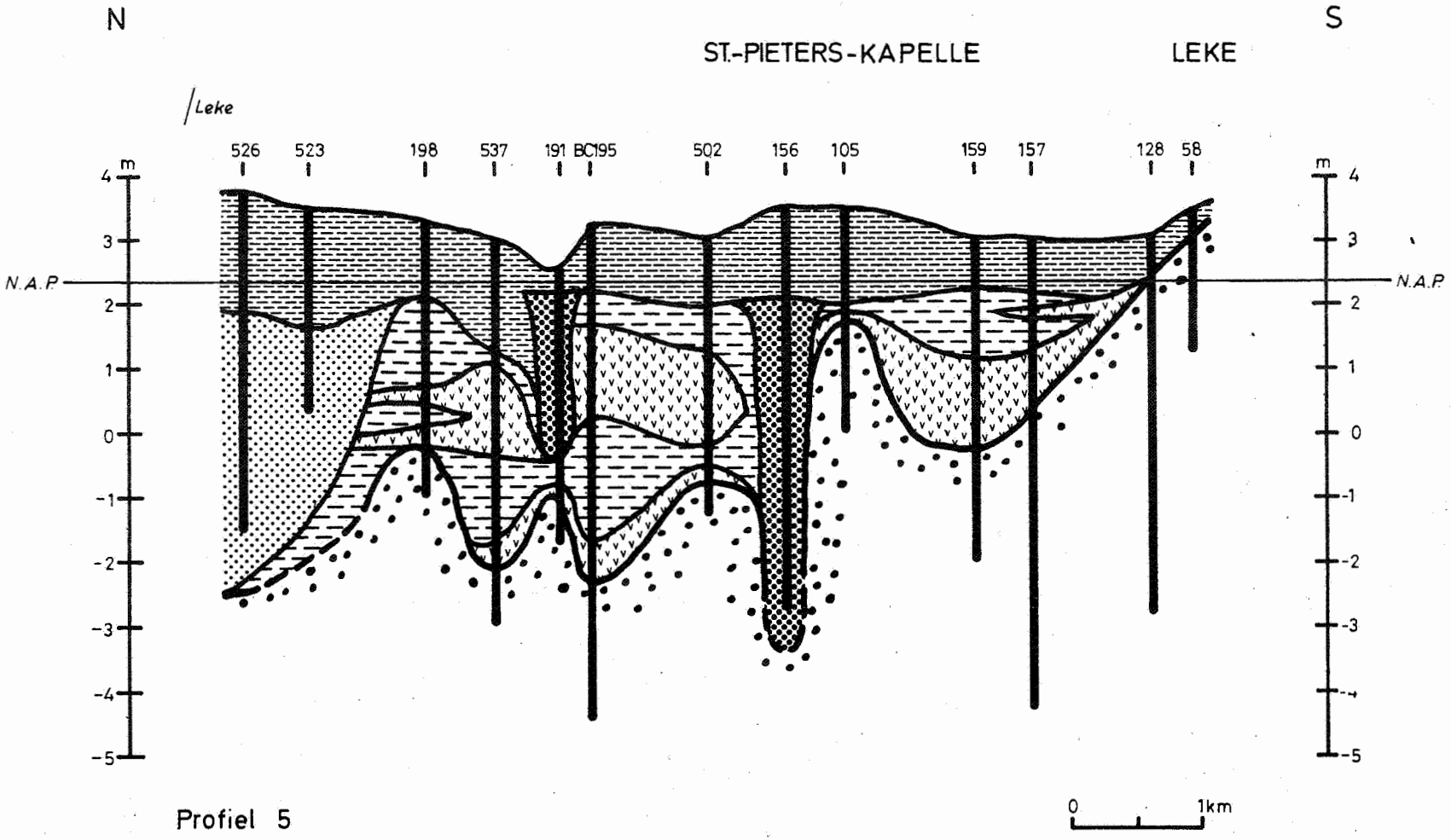


Profiel 4



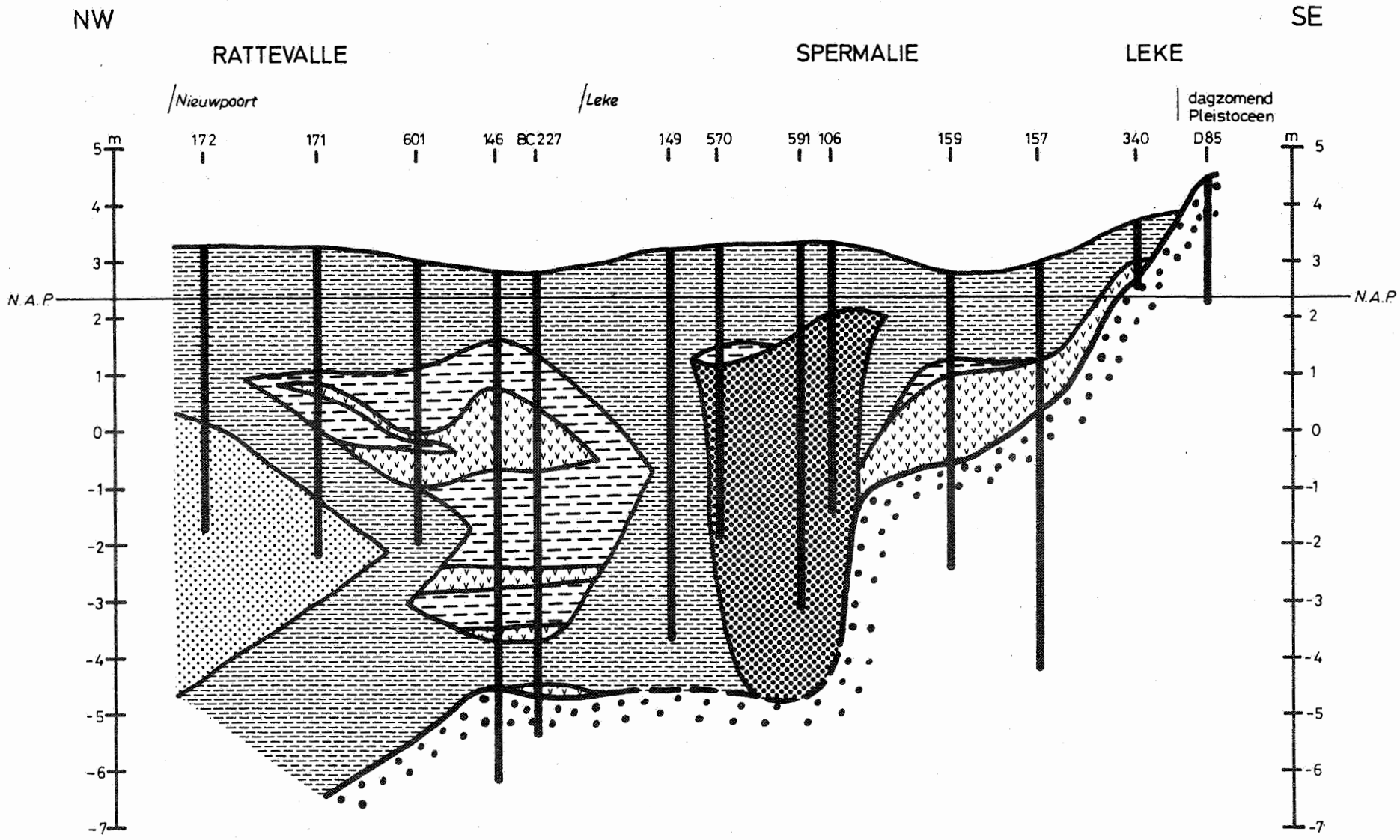
Profiel 7

P.P. Nr. 186



Profiel 5

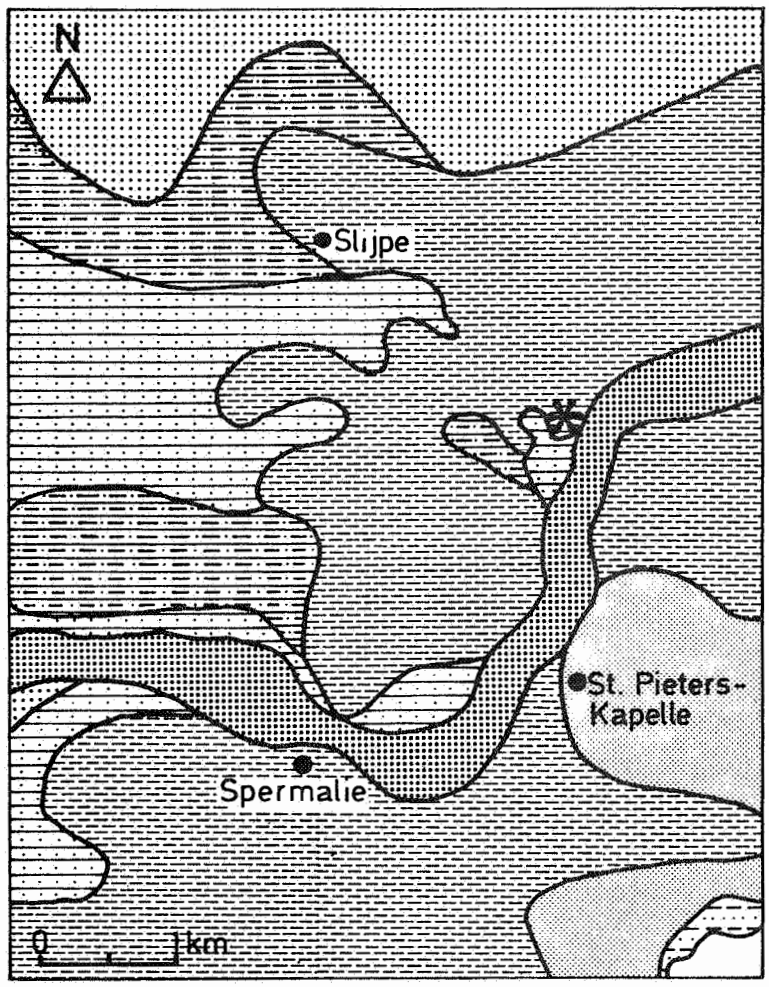
P.P. Nr. 186



Profiel 6

P.P. Nr. 186

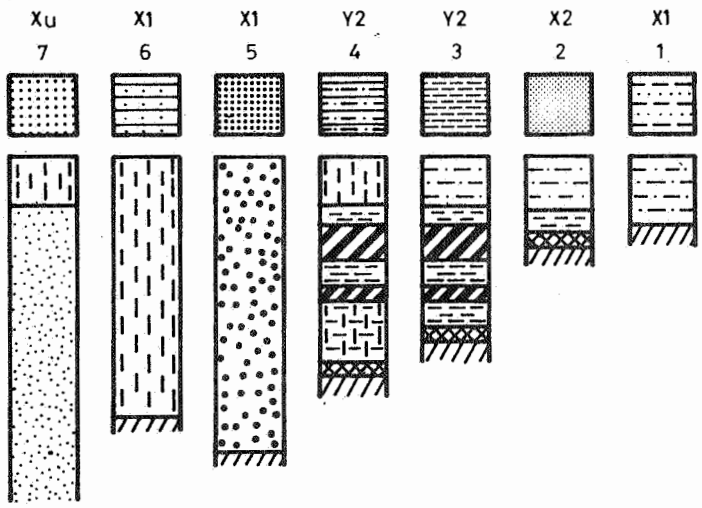
PROFIELTYPENKAART VAN HET HOLOCEEN



Verklaring schematisch profiel

- Brakwad facies
- Wad facies
- Lagunair facies
- Lagunair en wadfacies afwisselend
- Geul facies
- Zandwad facies
- Veen
- Basisveen
- Pleistocene sedimenten
- Zoutwinningssite

Schematisch profiel - Verklaring der profieltypen



P.P. Nr. 186

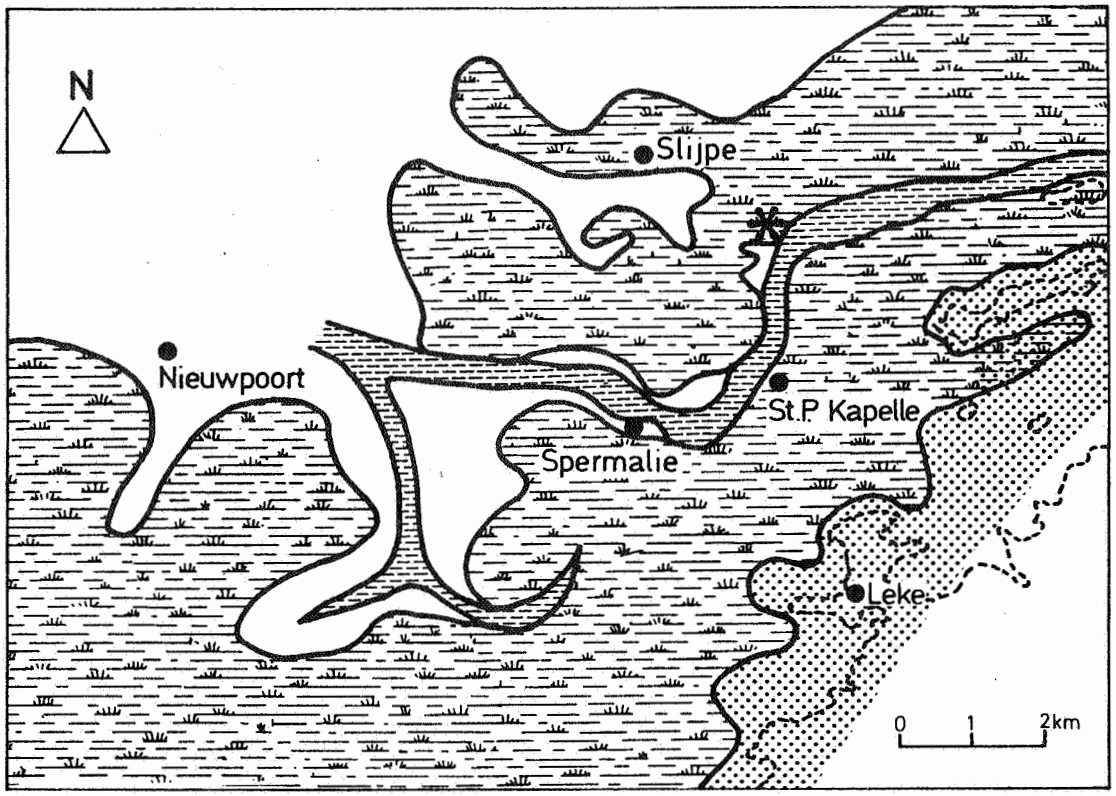


Fig. 5 Paleogeografie omstreeks 4500 ^{14}C jaren B.P

------ huidige begrenzing van de kustvlakte

dagzomend Pleistoceen

wadgebied

geul

veengebied

* archeologisch site

P.P. Nr. 186

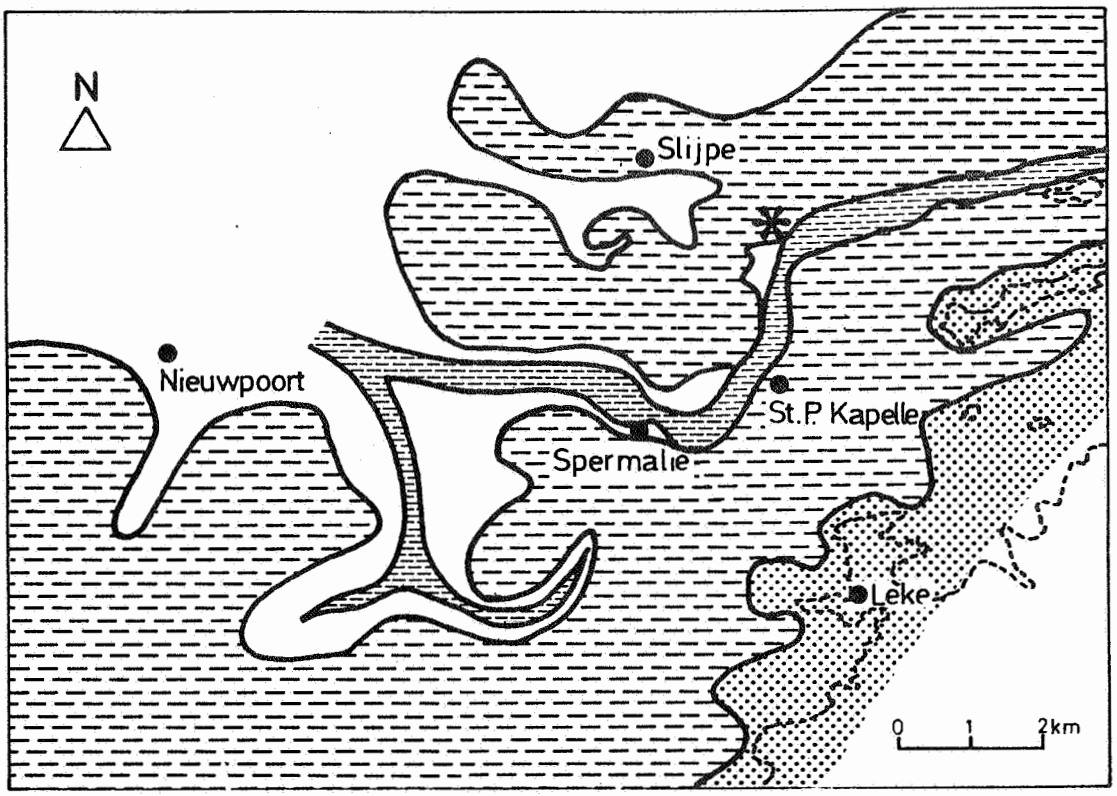


Fig. 6 Paleogeografie omstreeks 2000 ^{14}C jaren B.P.

------- huidige begrenzing van de kustvlakte

dagzomend Pleistoceen

wadgebied

lagunair gebied

geul

* archeologisch site

P.P. Nr. 186

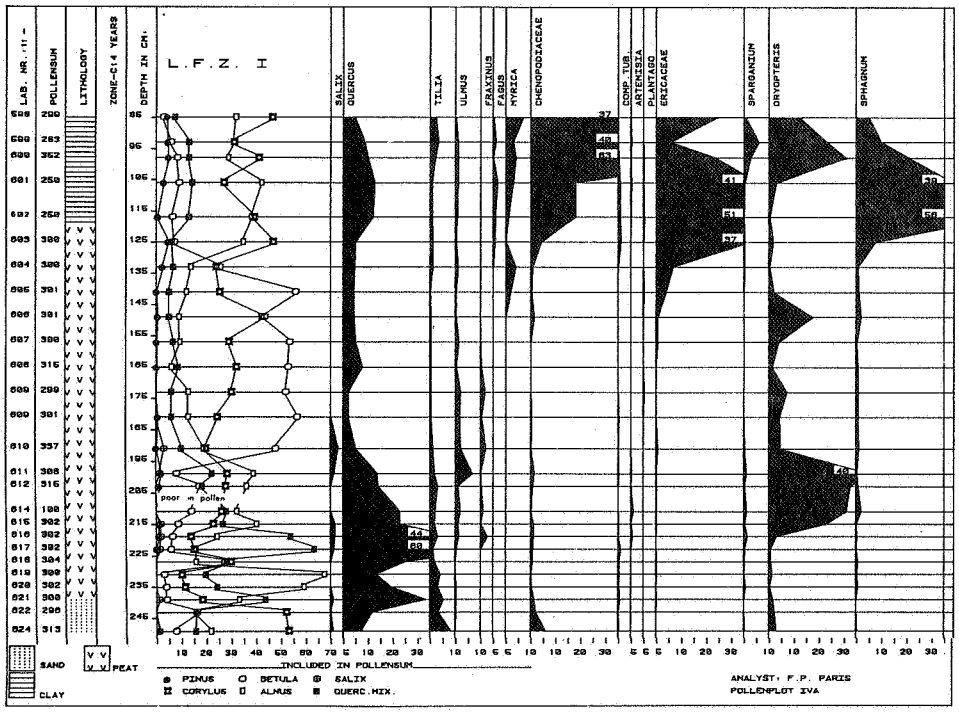

LAB. NR.
POLLENSUM
LITHOLOGY
ZONE-C14 YEARS
DEPTH IN CM.
L.F.N. H
SALIX
QUERCUS
TILIA
ULMUS
FRAXINUS
FAGUS
MYRICA
CHENOPODIACEAE
COMP. TUB.
ARTEMISIA
PLANTAGO
ERICACEAE
SPARGANIUM
DRYOPTERIS
SPHAGNUM
poor in pollen
SAND
CLAY
PEAT
INCLUDED IN POLLENSUM
PINUS
BETULA
SALIX
CORYLUS
ALNUS
QUERC.MIX.
ANALYST: F.P. PARIS
POLLENPLOT IVA

Fig. 7

L.F.Z. 2

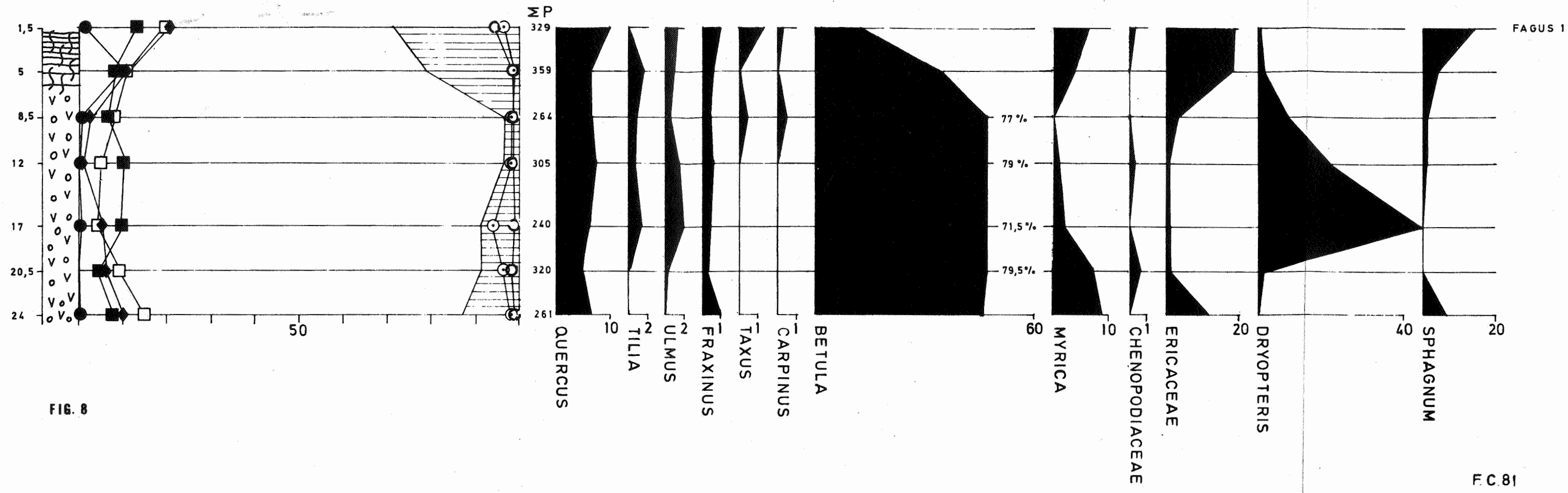


FIG. 8

L.F.Z. 3

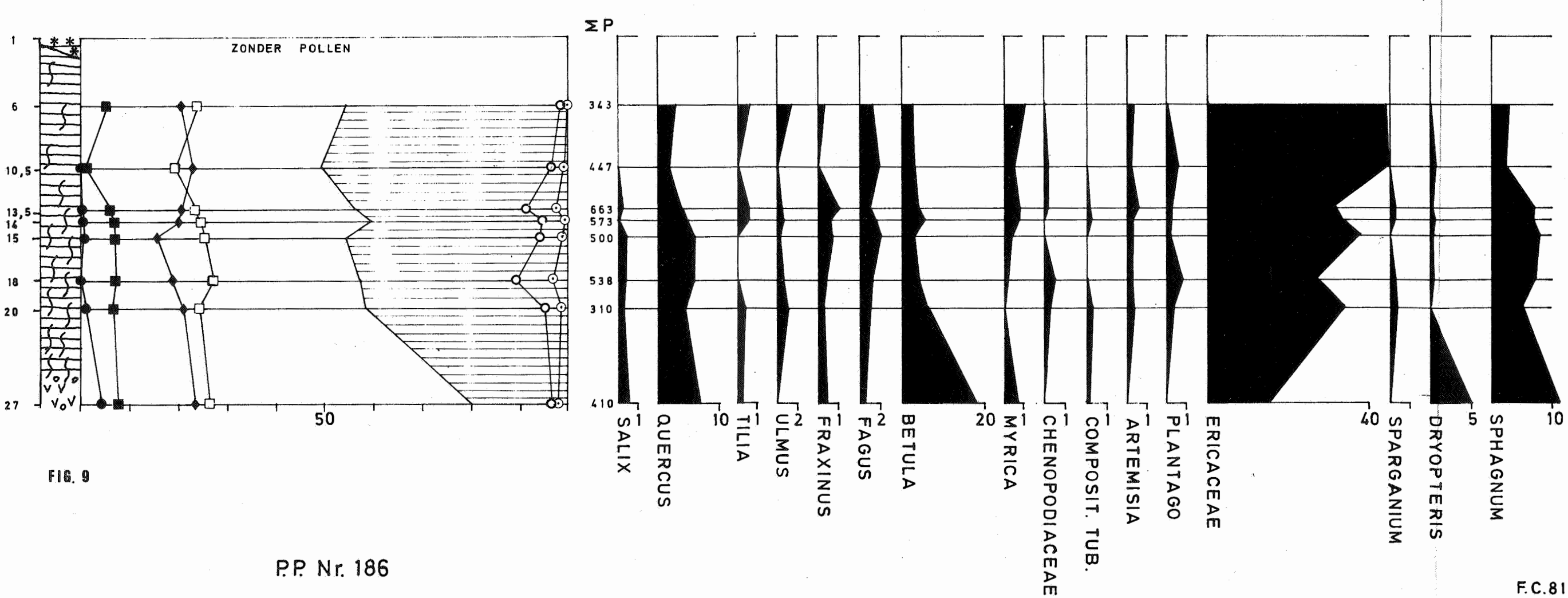


FIG. 9

P.P. Nr. 186

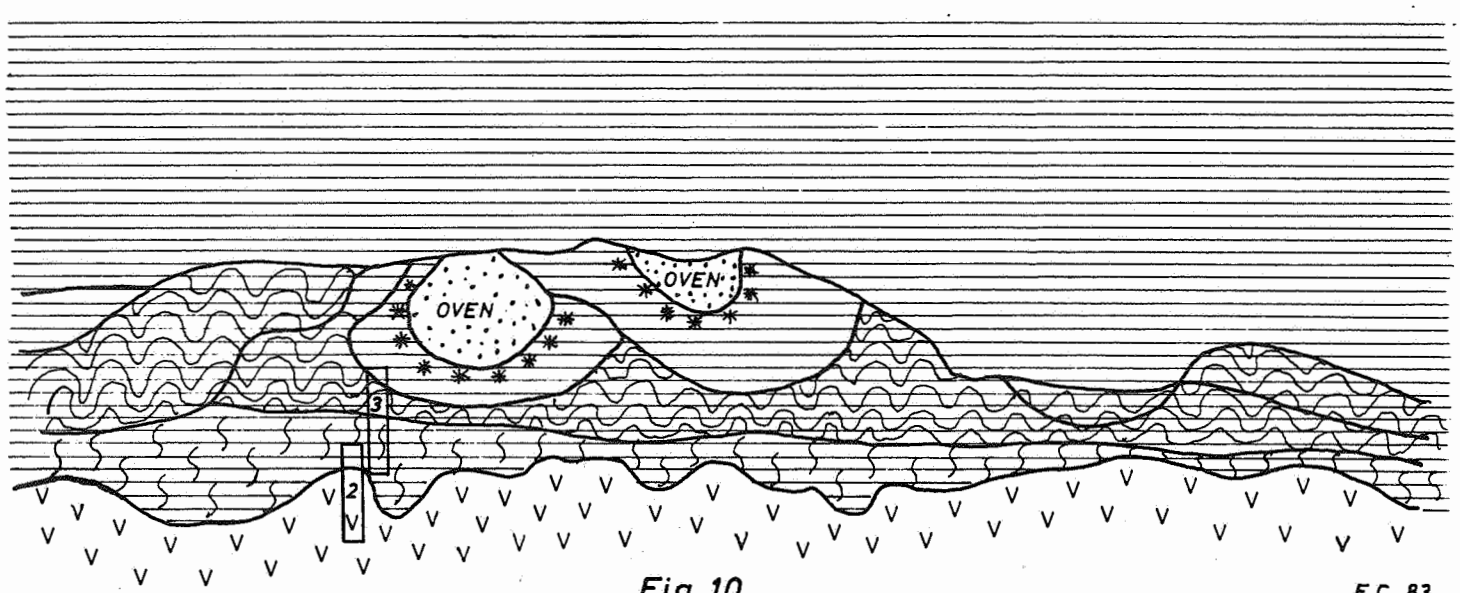
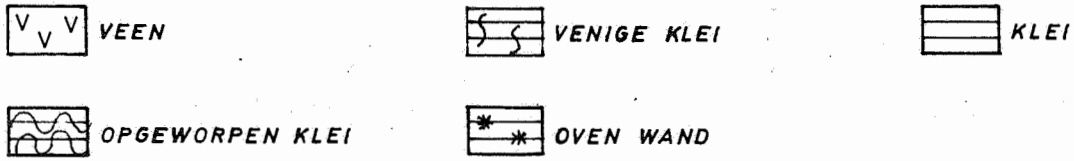


Fig. 10

F.C. 83



P.P. Nr. 186

PROFESSIONAL PAPER 1981/7 - Nr 186