

*"Pe întinderile de pământ ieșite la suprafață,  
monștri vegetali își deschid evantaiuri de frunze,  
întind covoare de mușchi, încovoie ramuri pe care  
se deschid flori hermafrodite; nădăjduiesc astfel să-  
lase morții doar o părticică mică și ascunsă din ei."*

Italo Calvino

T indice zero

Articolul de față este menit a completa lucrarea *Palinologia. Aplicațiile ei în arheologie*<sup>1</sup>. El detaliază tematica abordată succint în capitolul de interpretare a diagramelor sporo-polinice al respectivei lucrări. Pe de altă parte, el poate fi privit și ca o lucrare de sine stătătoare care prezintă vasta problematică a factorilor ce influențează structura unui spectru sporo-polinic. Departe de a o epuiza însă, lucrarea urmărește să atragă atenția asupra unor aspecte ce nu trebuie scăpate din vedere atunci când se interpretează rezultatele unei analize sporo-polinice, și a căror neglijare poate duce la interpretări eronate.

Deși informația prezentată depășește întrucâtva nivelul cunoștințelor de ordin general, am considerat utilă publicarea ei, întrucât poate fi de ajutor oricărui specialist ce are tangențe cu analizele sporo-polinice și rezultatele lor. Pe lângă perspectiva mai largă pe care o oferă asupra interpretării rezultatelor acestor analize, lucrarea pune la dispoziția celor interesați cunoștințele necesare pentru o colaborare mai strânsă și mai profitabilă între cei ce realizează analizele sporo-polinice și cei ce beneficiază de ele.

\* \* \*

Având în vedere că în cele ce urmează vor fi abordate probleme legate de spori și polen, considerăm utilă amintirea unui minimum de noțiuni asupra acestora.

*Spor* este termenul general utilizat pentru a desemna unitățile reproductive, sexuate sau asexuate, în general unicelulare, ale plantelor din subregnurile *Phycobionta* (alge), *Mycobionta* (ciuperci), *Bryobionta* (mușchi) și din phylum *Pteridophyta* (ferigi). În cazul acestor cryptogame, sporul reprezintă generația gametofitică, haploidă, rezultată prin meioză, în sporangii de pe sporofit.

*Polenul* a fost definit drept microgametofitul plantelor cu sămânță (fanerogame), dezvoltat din microspor, prin diviziune mitotică – termenul de *microspor* este uneori folosit pentru a defini chiar granulele de polen<sup>2</sup>. El conține protalul masculin, redus la câteva celule (în cazul gimnospermelor) sau la o celulă cu doi nuclei (în cazul angiospermelor), și care produce gameții, constituind generația haploidă.

<sup>1</sup> Cărciumaru, M., Tomescu, A. (1994) *Palinologia. Aplicațiile ei în arheologie*, Muzeul Național de Istorie a României, București.

<sup>2</sup> Grințescu, I. (1985) *Botanica*, Editura Științifică și Enciclopedică, București.

Învelișul extern al polenului, *exina*, este format din celuloză și o substanță foarte rezistentă, numită *sporopolenină*; ponderea participării celor două substanțe variază de la o specie la alta. Sporopoleninele reprezintă o clasă distinctă de biopolimeri rezultați din polimerizarea oxidantă a carotenoidelor și/sau esterilor carotenoizi<sup>3</sup>. Ele sunt prezente și în învelișul sporilor – cu o altă organizare ultramicroscopică față de cea sub care au fost puse în evidență în granulele de polen – și conferă acestor doi vectori ai reproducerii plantelor, remarcabila capacitate de conservare ce îi face atât de utili în cercetările paleobotanice.

## 1. PRODUCTIVITATEA POLINICĂ<sup>4</sup>

Cantitatea de polen produsă variază foarte mult de la o specie la alta. Fenomenul este condiționat *a priori* de necesități reproductive, mai precis, de necesitatea asigurării unei probabilități de realizare cât mai mari pentru procesul de fecundație, în raport cu modul de diseminare a granulelor de polen. Funcție de agenții polenizării, plantele pot fi încadrate în două mari categorii – pe de o parte plantele *anemogame*, al căror polen este transportat până la stigmat de către curenții atmosferici, iar pe de altă parte ceea ce vom numi, pentru început, plantele *zoogame*, al căror polen este transportat de către viețuitoare.

În cazul anemogamelor, s-a estimat că pentru fecundarea unui ovul, dacă suprafața stigmatului este de 1mm<sup>2</sup>, este necesară emiterea a un milion de granule de polen<sup>5</sup>. Aceasta ar implica, bineînțeles, o extraordinară risipă de polen. Pentru a o limita cât de cât, plantele anemogame au dezvoltat o serie de adaptări – înflorirea precede, la unele specii, apariția frunzelor (pentru ca polenul să poată fi vehiculat mai ușor), florile femele sunt dispuse astfel încât să aibă un randament maxim în captarea polenului, suprafața stigmatelor este mărită.

Caracteristica adaptativă de bază a plantelor anemogame rămâne, însă, emiterea de polen în cantități imense (de ordinul milioane de granule). În plus, cum polenizarea depinde de factorii climatici care sunt foarte variabili, polenul este emis de-a lungul unor perioade relativ lungi de timp – între o săptămână și câteva săptămâni.

Plantele zoogame prezintă variate adaptări pentru a atrage agenții polenizatori biotici – flori viu colorate, puternic mirositoare, producere de nectar – și, de aceea, în cazul lor polenizarea are un coeficient de probabilitate mult mai mare. Prin urmare, și producția lor de polen este mai redusă.

Dar în lumea vie, după cum bine știe orice naturalist, nu există numai cazuri extreme, ci și situații intermediare. Așa stau lucrurile și în cazul aparentei opoziții anemogam/zoogam. Genurile *Tilia* (tei) și *Calluna* (iarbă neagră), de exemplu, sunt polenizate de către insecte (entomogame), dar polenul lor a fost evidențiat, în cantități deloc neglijabile, și în aeroplancton (anemogamie); acest fapt se reflectă și în productivitatea lor polinică, ce este mai ridicată ca în cazul speciilor strict entomogame. Pe de altă parte, *Linum catharticum* (in pitic) și *Lamium amplexicaule* (urzică moartă), prezintă atât flori entomogame, cât și flori cleistogame; la *Lamium amplexicaule*, florile cleistogame,

<sup>3</sup> Brooks, J., Shaw, G. (1972) *Geochemistry of sporopollenin*, Chem.Geol., 10, 69–87.

<sup>4</sup> Trebuie menționat că în lucrarea de față termenii *polen* și *polinic* au, acolo unde contextul nu indică contrariul, înțelesurile de *spori* și *polen* și, respectiv, *sporo-polinic*. Am utilizat aceste simplificări de terminologie pe de o parte pentru că cele două sintagme sunt dificil de menținut din punct de vedere gramatical (spor fiind un substantiv masculin normal, iar *polen* un substantiv neutru, teoretic, dar defectiv în limbajul științific), iar pe de altă parte pentru că folosirea lor ar fi dus la o încălcare excesivă a textului.

<sup>5</sup> Zandonella, P. (1984) *Transport du pollen par les agents physiques: anémogamie et hydrogamie (6.)*, in Pesson, P., Louveaux, J. (eds.) *Pollinisation et productions végétales*, INRA, 91–95.

de toamnă, produc de trei ori mai puțin polen ca florile chasmogame (la care polenizarea are loc după deschidere), de primăvară – numărul ovulelor rămânând, însă, constant<sup>6</sup>.

Speciile cleistogame (ale căror flori nu se deschid, polenizarea – autopolenizare – având loc în interiorul lor) cum sunt cele de *Viola* (violetă), au productivități polinice foarte reduse.

În ceea ce privește pteridofitele și talofitele, productivitatea în spori nu a fost studiată în mod sistematic; se știe totuși, de exemplu, că un sporangiu de *Osmundaceae* produce între 8 și 64 de spori.

Diferențele de productivitate polinică dintre speciile anemogame și cele entomogame pot fi ușor sesizate privind tabelul 1.

Specie	Polen/anteră <sup>-1</sup>	Polen/floare <sup>-1</sup>	Polen/inflorescență <sup>-1</sup>	Mod de polenizare
<i>Trifolium pratense</i>	220	-	-	entomo
<i>Acer platanoides</i>	1000	8000	-	entomo
<i>Malus sylvestris</i>	1400-6250	-	-	entomo
<i>Aesculus hippocastanum</i>	25828	180000	764800	entomo
<i>Calluna vulgaris</i>	2216 tetrade	17714 tetrade	-	entomo-anemo
<i>Tilia cordata</i>	-	43500	200100	entomo-anemo
<i>Secale cereale</i>	19103	57310	4204940	anemo
<i>Rumex acetosa</i>	30125	180750	392950500	anemo
<i>Juniperus communis</i>	-	400000	-	anemo
<i>Pinus sylvestris</i>	-	157661	5773445	anemo
<i>Picea excelsa</i>	-	589500	-	anemo
<i>Betula verrucosa</i>	10072	20145	5452500	anemo
<i>Alnus glutinosa</i>	-	-	4445000	anemo
<i>Quercus robur</i>	5146	41168	554368	anemo
<i>Fagus sylvatica</i>	-	12214	173976	anemo
<i>Populus canadensis</i>	-	-	5813333	anemo
<i>Vallisneria spiralis</i>	36	72	144	hidro

**Tabelul 1.** Productivități polinice (după Erdtman, 1969; Pohl, 1937).

Raportând productivitatea polinică a diferitelor specii de arbori (într-o perioadă de 50 de ani) la cea a fagului (*Fagus sylvatica*), Erdtman<sup>7</sup> a calculat niște coeficienți relativi de productivitate polinică. Andersen<sup>8</sup>, prelevând eşantioane de mușchi dintr-o pădure și extrăgând polenul captat pe suprafața lor, a comparat numărul de granule de polen al fiecărei specii de arbori, cu suprafața ocupată de bazele trunchiurilor fiecărei specii pe o rază de 30 de metri în jurul fiecărui punct de probare. Plecând de la aceste date, el a obținut coeficienți de productivitate polinică relativă (prin raportare tot la productivitatea polinică a fagului). După cum se poate observa în tabelul 2, coeficienții obținuți prin cele două metode sunt diferiți pentru o aceeași specie. Probabil că datele lui Andersen sunt mai utile în interpretarea spectrelor polinice fosile, deoarece combină productivitatea polinică cu capacitatea de dispersare a polenului pe o anumită rază.

<sup>6</sup> Lord, E.M. (1980) *Intra-inflorescence variability in pollen/ovule ratios in the cleistogamous species Lamium amplexicaule* (Labiatae), Amer.J.Bot. 67, 529–533.

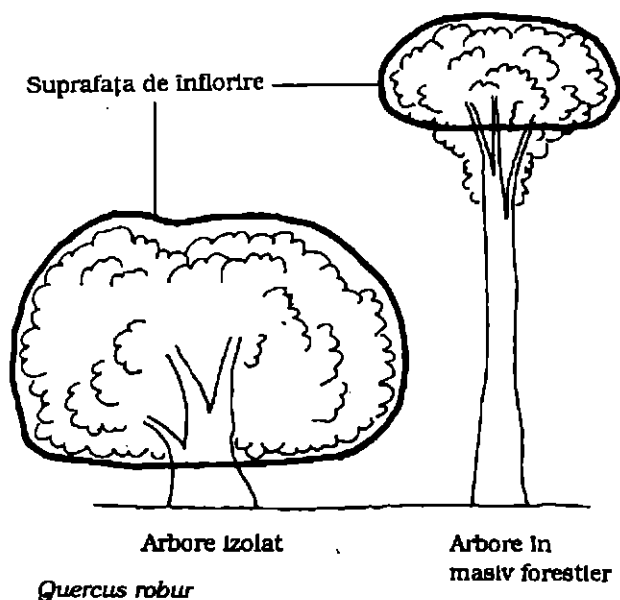
<sup>7</sup> Erdtman, G. (1969) *Handbook of palynology. Morphology, taxonomy, ecology*, Munksgaard, Copenhagen.

<sup>8</sup> Andersen, S.T. (1967) *Tree pollen rain in a mixed deciduous forest in South Jutland (Denmark)*, Rev.Paleobot.Palynol., 3, 267–275.

Gen	ERDTMAN, 1969	ANDERSEN, 1967
<i>Fagus</i>	1,0	1,0
<i>Betula</i>	13,6	4,1
<i>Quercus</i>	1,6	4,1
<i>Tilia</i>	13,7	0,7
<i>Alnus</i>	17,7	1,5

**Tabelul 2.** Coeficienți relativi de productivitate polinică (după Moore, Webb, 1983).

Generalizând, putem concluziona că pe câtă vreme plantele anemogame au întotdeauna productivități polinice foarte mari, în ceea ce privește plantele zoogame productivitatea polinică are o variabilitate largă, ea putând fi foarte redusă în cazul speciilor cu zoogamie foarte specializată, până la relativ mare, în cazul celor ce sunt polenizate și de către curenții atmosferici.



**Figura 1.** Suprafața de înflorire pentru un arbore izolat și un arbore în masiv forestier (după Barthélemy, 1985).

Depășind problematica agenților polenizatori, trebuie spus că productivitatea polinică este variabilă chiar în cadrul aceleiași specii<sup>9</sup>, datorită variabilității diferitelor componente ale biotopurilor în care se dezvoltă plantele, sau, pur și simplu, ca reflectare a variabilității individuale. Astfel, s-a arătat că speciile genului *Betula* (mesteacăn) prezintă productivități polinice mai ridicate în zonele cu climă temperată, față de cele din zonele cu climă rece<sup>10</sup>. Andersen<sup>11</sup> și Grosse-Brauckmann<sup>12</sup> demonstrează că pentru același arbore există variații considerabile ale productivității polinice, de la un an la altul. Acestea nu se datorează numai variațiilor climatice anuale, ci și unor ritmuri subtile ale înfloririi.

Se știe, de asemenea, că majoritatea arborilor pot forma masive forestiere, dar se pot dezvolta și ca indivizi izolați. Ori, un arbore dintr-un masiv forestier produce de 5 până la 12 ori mai puțin polen față de un arbore aparținând aceleiași specii, care crește izolat; invers, câțiva arbori izolați, bine expuși curenților aerieni, pot avea în ploaia polinică aceeași pondere ca și o pădure<sup>13</sup>.

<sup>9</sup> Oldfield, F. (1970) *Some aspects of scale and complexity in pollen-analytically based palaeoecology*, *Pollen et Spores*, XII, 2, 163–171.

<sup>10</sup> van Campo, M. (1984) *Relations entre la végétation de l'Europe et les températures de surface océaniques après le dernier maximum glaciaire*, *Pollen et Spores*, XXVI, 3–4, 497–518.

<sup>11</sup> Andersen, S.T. (1974) *Wind conditions and pollen deposition in a mixed deciduous forest. II. Seasonal and annual pollen deposition 1967–1972*, *Grana*, 14, 64–77.

<sup>12</sup> Grosse-Brauckmann, G. (1978) *Absolute jährliche Polleniederschlagsmengen an verschiedenen Beobachtungsorten in der Bundesrepublik Deutschland*, *Flora*, 167, 209–247.

<sup>13</sup> Barthélemy, L. (1985) *Réflexions sur la répartition du pollen. Conséquences pour l'archéologie*, in Renault-Miskovsky, J., Bui-Thi-Mai, Girard, M. (eds.) *Palynologie archéologique*, Notes et monographies techniques no.17, CNRS-CRA, 53–86.

Acestea se datorează gradului de iluminare de către Soare a suprafeței coroanei arborilor, care controlează poziția florilor și numărul acestora (figura 1). Un arbore dintr-un masiv forestier va fi iluminat doar la partea superioară a coroanei (unde vor apare florile), restul acesteia fiind umbrat de pădure, în timp ce un arbore izolat, a cărui coroană este bine iluminată la toate nivelurile, va produce flori pe toată suprafața acesteia, în număr mult mai mare. Se poate spune, deci, că productivitatea polinică a arborilor este funcție de volumul biomasei aeriene a acestora și de suprafața coroanei expusă radiațiilor solare. Într-o pădure, indivizii tineri care nu ating etajele superioare de vegetație, nu produc, practic, polen. Triat<sup>14</sup> citează cazul speciei *Corylus avellana* (alun), care nu dezvoltă înălțimi mari și care, în păduri, nu înflorește sau înflorește foarte rar și în cantități foarte reduse, înmulțindu-se preponderent prin drajonare<sup>15</sup>.

Referitor la productivitatea polinică privită prin prisma diviziunii arbori/plante erbacee, Faegri și Iversen<sup>16</sup> au arătat că, într-o aceeași zonă climatică, productivitatea polinică a unei unități de suprafață are, în general, același ordin de mărime, fie că această suprafață este acoperită cu pădure, fie că ea este acoperită cu ierburi.

Nu putem încheia subiectul productivității polinice fără a aminti că pentru perioadele recente ea poate fi influențată și de activitățile umane. În economia agricolă tradițională, de exemplu, se practica – și se mai practică încă în unele regiuni – tăierea regulată a ramurilor arborilor (*Quercus* – stejar –, *Castanea* – castan comestibil –, *Fraxinus* – frasin) la sfârșitul verii, pentru ca frunzele să fie folosite drept nutreț, iarna. Această activitate inhibă considerabil înflorirea arborilor și, prin aceasta, productivitatea lor polinică.

## 2. DISPERSAREA POLENULUI

Alături de productivitatea polinică, dispersarea sporilor și polenului creează o problemă deosebit de complexă, în lipsa cunoașterii căreia, orice încercare de interpretare a unui spectru sau a unei diagrame polinice rămâne caducă.

În cadrul procesului de înmulțire, plantele își răspândesc vectorii reproducători (spori, polen, etc.) prin intermediul a două mari categorii de factori: biotici – în cazul plantelor *zoogame* – și fizici – în cazul plantelor *hidrogame* și *anemogame*. Fiecare dintre aceste modalități de transport condiționează capacități de dispersare diferite.

În cele ce urmează, vom urmări problemele ridicate de fiecare dintre modalitățile de dispersare a polenului și implicațiile acestora în aplicarea palinologiei<sup>17</sup>.

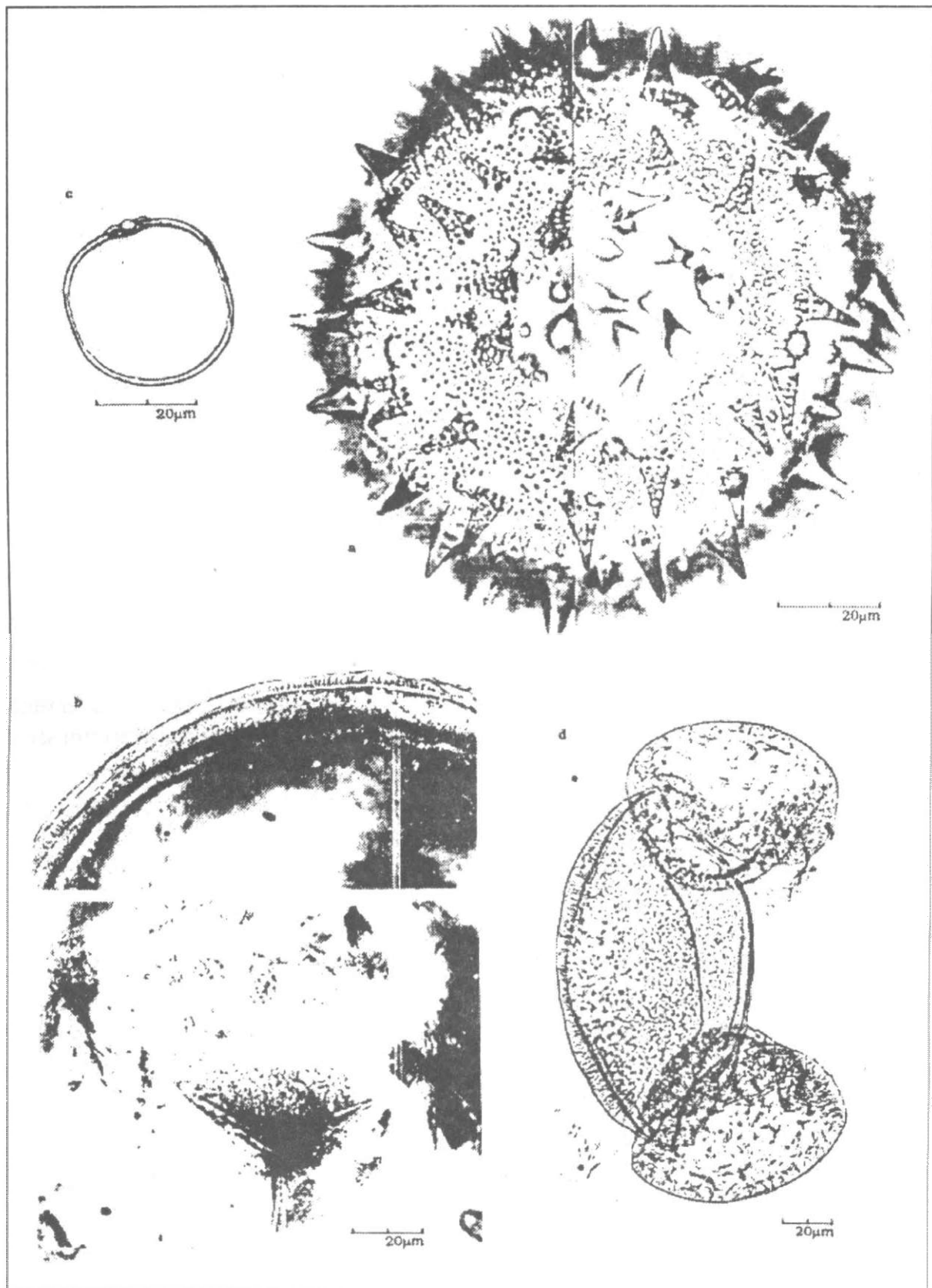
**Zoogamia** presupune transportarea vectorilor reproducători de către agenți biotici. Cum ei sunt diversificați, se utilizează, în cadrul acestei categorii, mai mulți termeni: *entomogamie* – când agenții de transport sunt insecte –, *ornitogamie* – când dispersarea se realizează prin intermediul păsărilor –, și *chiropterogamie* – când vectorii reproducători sunt transportați de către chiroptere (lilici). Pe lângă aceste trei tipuri, au fost citate și cazuri de plante polenizate de către gastropode (melci).

<sup>14</sup> Triat, H. (1971) *Contribution à l'étude des fréquences polliniques de Corylus avellana L., corytaies de Luberon*, Pollen et Spores, XIII, 3, 405–414.

<sup>15</sup> *Drjon* – tijă prevăzută cu rădăcină, ramificată de la baza tulpinii, și care poate fi desprinsă de plantă fără să îi dispară facultatea de a-și forma o rădăcină (Daget, Ph., Godron, M. – 1974 – *Vocabulaire d'écologie*, Hachette).

<sup>16</sup> Faegri, K., Iversen, J. (1975) *Textbook of pollen analysis*, 3<sup>rd</sup> ed., Munksgaard, Copenhagen.

<sup>17</sup> Problematika intervenției factorului antropic în dispersarea și sedimentarea polenului este suficient de vastă pentru a face obiectul unei lucrări separate, așa încât va fi abordată doar ocazional în lucrarea de față.



**Figura 2.** a) polen entomogam de *Lavatera*; b) spor de *Azolla filiculoides*; c) polen anemogam de *Alopecurus pratensis*; d) polen anemogam de *Abies nordmanniana* (după Reille, 1992).

Desigur că pentru a mări eficacitatea procesului de polenizare, pe lângă adaptările la nivel de anatomie și fiziologie florală amintite în capitolul precedent, plantele au dezvoltat adaptări și în ceea ce privește caracteristicile polenului – și această afirmație este valabilă pentru toate modalitățile de dispersare.

În cazul plantelor zoogame (numite și *zoofile*), polenul, nefiind transportat de către agenți fizici, este, în general, relativ greu și voluminos. El prezintă o ornamentație puternică și este frecvent acoperit cu substanțe adezive (numite *pollenkitt*), pentru a se putea prinde de agentul de transport. Un bun exemplu în acest sens îl constituie polenul de *Lavatera* (salvie albă, familia *Malvaceae*) – figura 2a. În afară de această familie, tot zoogame sunt și plantele din familiile *Apiaceae*, *Magnoliaceae*, *Nymphaeaceae*, *Rosaceae*, *Rubiaceae*, *Caryophyllaceae*, *Ranunculaceae*, ca și unele dintre *Asteraceae*, *Fabaceae*, *Lamiaceae* și *Geraniaceae*.

Polenul plantelor zoogame are, în general, o capacitate de dispersare slabă, legată de distanțele pe care le pot parcurge viețuitoarele ce-i asigură transportul. Cu cât zoogamia este mai specializată, cu atât sunt mai mici șansele ca polenul să fie eliberat în aer, pentru a fi inclus în ploaia polinică.

În principiu, deci, polenul zoogam poate ajunge în sediment numai în mod accidental, prin căderea agentului de transport sau a florilor. Când apare într-un spectru polinic, el furnizează informații prețioase asupra vegetației locale; lipsa lui nu dovedește, însă, nimic.

**Hidrogamia** – dispersarea vectorilor reproducători de către curenții de apă (numită și *hidrofilie*) – este puțin răspândită la cormofite, fiind rezervată plantelor hidrofite submerse și, eventual, natante – *Isoetaceae*, *Callitrichaceae*, *Hydrocharitaceae*, *Potamogetonaceae*, *Salviniaceae* –, dar este, pe de altă parte, singura modalitate de dispersare a sporilor pentru plantele din subregnul *Phycobionta*.

Polenul hidrogam are exina subțire și aperturi reduse<sup>18</sup>. Nu există, însă, restricții în privința dimensiunilor și greutății (apa având o competență mult ridicată, în ceea ce privește transportul, față de cea a aerului) – vezi cazul sporilor de pteridofite (figura 2b), ce pot avea dimensiuni foarte mari.

Dar dacă apa este folosită în puține cazuri ca agent polenizator, este cunoscut faptul că râurile transportă în suspensie cantități considerabile de spori și polen. Ele sunt, de altfel, principalul agent de transport pentru sporii pteridofitelor. Principalele surse ale polenului transportat de către cursurile de apă sunt, după cum arată Birks și Birks<sup>19</sup>, (i) polenul care cade direct în apă, provenit de la plantele ce cresc pe maluri, (ii) polenul (secundar) din sedimentele erodate de către cursul de apă și (iii) polenul colectat de râu prin intermediul apelor de șiroire, și care constituie principala sursă. Ar mai fi de adăugat și polenul venit prin atmosferă și căzut în râu. Așadar, un curs de apă colectează polen provenind de la vegetația ce crește pe întreaga suprafață a bazinului său hidrografic. În plus, în timp ce cantitățile de polen transportat aerian prezintă marcate variații sezoniere, râurile transportă cantități de polen relativ constante de-a lungul anului.

<sup>18</sup> Punt, W. (1986) *Functional factors influencing pollen form*, in *Pollen and Spores: Form and Function*, The Linnean Society of London.

<sup>19</sup> Birks, H.J.B., Birks, H.H. (1980) *Quaternary palaeoecology*, Edward Arnold.

Experimentele lui Peck<sup>20</sup> din Yorkshire, au arătat că în timp ce în aer polenul de *Calluna* atingea 2% din totalul de spori și polen, iar sporii de ferigi atingeau 1%, în apa unui pârau ele ajungeau la concentrații de 8–13%, respectiv 20% din total. Și, ca totul să fie și mai complicat, polenul anumitor specii anemogame este transportat în mod preferențial de către ape. Astfel, Bonny<sup>21</sup> a observat că polenul de *Pinus* (pin), *Betula* și *Urtica* (urzică) este transportat mai ales pe calea aerului, pe când cel de *Corylus* (alun), *Alnus* (arin) și *Calluna*, ca și sporii de ferigi, sunt transportate în principal de către apă, acest fenomen fiind condiționat, probabil, de diferențele de flotabilitate (în aer) dintre diferitele specii de polen.

**Anemogamia** – transportul vectorilor reproducători de către curenții de aer (numit și *anemofilie*) –, fiind procesul care condiționează, de fapt, cea mai mare proporție a compoziției spectrelor sporo-polinice, a fost și cea mai asiduu studiată dintre modalitățile de transport. Ea prezintă, din această cauză, problematica cea mai complexă.

Aproximativ 10% dintre speciile de spermatofite sunt anemogame<sup>22</sup> – anemogamia este generalizată la gimnosperme, în timp ce printre angiosperme ea este prezentă la familiile *Poaceae*, *Cyperaceae* și *Juncaceae*, la majoritatea arborilor din pădurile temperate (*Betulaceae*, *Fagaceae*, etc.), ca și la unele *Chenopodiaceae* și *Polygonaceae*.

Dispersarea de către curenții atmosferici este facilitată de constituția și dispunerea florilor masculine astfel încât să fie cât mai ușor agitate de către vânt, ca și de caracteristicile polenului. Polenul plantelor anemogame are densitate mică (exina în general subțire și netedă) și este pulverulent (lipsit de substanțe adezive) – figura 2c. Dimensiunile lui sunt, în principiu, reduse (10–25 μm), cu excepția gimnospermelor, al căror polen poate atinge 60μm lungime, prezentând, însă, saci aeriferi ce îi diminuează densitatea și îi măresc flotabilitatea (figura 2d).

Pe fondul unei capacități de dispersare foarte bune, au fost evidențiate diferențe între specii – *Pinus*, *Ambrosia* și ierburile în general au, de exemplu, capacități de dispersare mai bune ca *Tilia* și *Rhamnus* (verigariu, crușin). Într-adevăr, dispersarea polenului anemogam depinde de mai mulți factori: turbulența atmosferei, viteza și direcția vântului, viteza de cădere a polenului, înălțimea și puterea sursei emițătoare de polen.

În ceea ce privește înălțimea sursei de polen, arborii sunt, firește, avantajați față de plantele ierboase, din punctul de vedere al dispersării – cu cât este eliberat de la o înălțime mai mare, cu atât polenul are șanse de a ajunge mai departe. Puterea sursei de polen condiționează gradul de reprezentare a diferiților taxoni în spectrele polinice, funcție de distanța dintre sursă și punctul de probare. Diagrama lui Oldfield<sup>23</sup> referitoare la acest fenomen va fi prezentată mai jos, în partea dedicată sedimentării polenului.

Viteza de cădere a polenului depinde de greutatea și volumul său. Erdtman<sup>24</sup> a calculat volumul, greutatea și viteza de cădere (în lipsa curenților de aer) a mai multor tipuri de polen. Cu toate că, așa cum

<sup>20</sup> Peck, R.M. (1972) *Pollen budget studies in a small Yorkshire catchment*, in Birks, H.J., West, R.G. (eds.) *Quaternary plant ecology*, Blackwell.

<sup>21</sup> Bonny, A.P. (1976) *Recruitment of pollen to the seston and sediment of English Lake District lakes*, *J.Ecol.*, 64, 859–887.

<sup>22</sup> Zandonella, P., *Op.cit.*

<sup>23</sup> Oldfield, F., *Op.cit.*

<sup>24</sup> Erdtman, G., *Op.cit.*



se poate observa în tabelul 3, viteza de cădere crește în același sens cu greutatea și volumul polenului, se pare că nu există, așa cum ar fi normal, o relație directă între ea și densitatea polenului. Oricum, cu cât viteza sa de cădere este mai redusă, cu atât polenul are șanse mai mari de a fi preluat de către curenții de aer înainte de a atinge solul și de a fi astfel dispersat pe distanțe mai mari.

Gen	Volum $\mu\text{m}^3$	Masă ng	Viteză de cădere $\text{cm s}^{-1}$
<i>Picea</i>	132000	72,8	6
<i>Fagus</i>	51770	37,0	5
<i>Pinus</i>	47030	18,4	3
<i>Corylus</i>	10150	10,2	2,3
<i>Alnus</i>	9070	6,8	1,6
<i>Betula</i>	7540	6,1	1,5
<i>Taxus</i>	7130	4,1	1,0
<i>Juniperus</i>	9460	3,8	0,9

Tabelul 3. Volumul, masa și viteza de cădere (în absența curenților de aer) a polenului (după Erdtman, 1969).

Oldfield<sup>25</sup> prezintă o curbă ce ilustrează relația teoretică dintre cantitatea de polen depusă și distanța, față de sursă, la care aceasta se depune, în condiții meteorologice normale (figura 3). După

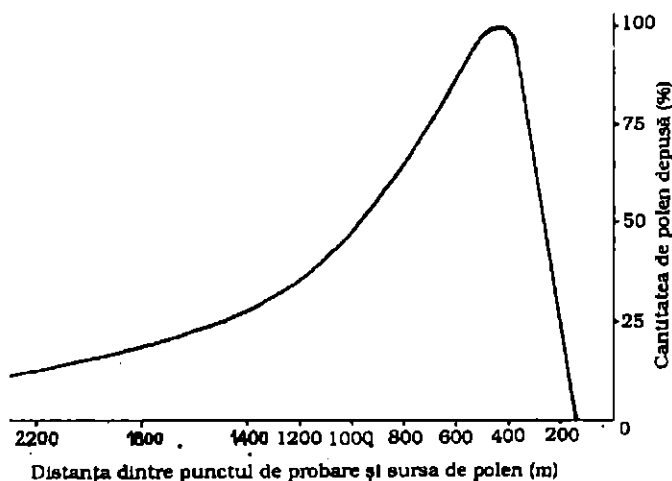


Figura 3. Relația teoretică dintre cantitatea de polen depusă și distanța față de sursă la care aceasta se depune, în condiții meteorologice normale (după Oldfield, 1970).

cum se poate observa, cantitatea maximă de polen provenit de la sursa respectivă, ar trebui să se depună la 400m de sursă. Se consideră că polenul nu se depune în imediata apropiere a sursei, datorită ipoteticei sale transportări de către curenții de aer. Dincolo de 2000–2200m de sursa emițătoare, cantitatea de polen depusă ar rămâne aproape constantă, fiind însă foarte redusă.

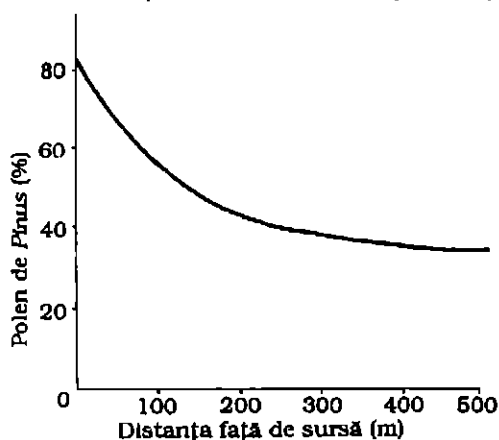
În realitate, fenomenul este oarecum diferit, așa cum au arătat studiile lui Turner<sup>26</sup> de la Cameron's Moss (Scoția). Ea a analizat eșantioane de suprafață prelevate de-a lungul unui profil perpendicular pe liziera unei păduri de *Pinus* și a obținut o curbă, ce este prezentată în figura 4. Cea mai mare cantitate de polen depus a fost evidențiată în imediata apropiere a lizierei. Curba cantității de polen depuse funcție de distanță are o formă exponențială, pentru care a fost dedusă ecuația  $y(x) = \alpha + \beta e^{\gamma x}$  (unde  $\alpha$ , asimptota curbei, reprezintă polenul de *Pinus* provenit de la alte surse decât pădurea din apropiere,  $\beta$  este o constantă ce ține de polenul de *Pinus* provenit de la pădurea studiată, iar  $\gamma$  este rata de descreștere a

<sup>25</sup> Oldfield, F., *Op.cit.*

<sup>26</sup> Turner, J. (1964) *Surface sample analyses from Ayrshire, Scotland*, *Pollen et Spores*, VI, 2, 585–592.

componentei  $\beta$ ). Se observă, de asemenea, că polenul depus scade de la procentajul de 80%, din totalul polenului numărat, la 40% din acest total, pe o distanță de numai 500m.

Și pentru că este vorba despre păduri, trebuie amintit efectul de filtrare pe care acestea, prin volumul important al frunzișului, îl au asupra dispersării polenului anemogam. Studiile efectuate de Borowik<sup>27</sup> în pădurea Bialowieza (Polonia) demonstrează că cele mai mari cantități de polen de



**Figura 4.** Relația dintre cantitatea de polen depusă și distanța față de sursa emițătoare de polen (după Turner, 1964).

este aceeași și în cazul altor arbori cu înflorire timpurie – *Alnus*, *Populus* (plop), *Ulmus* (ulm) și *Salix* (salcie). Așadar, perioada de înflorire este un alt factor care condiționează capacitatea de dispersare a polenului.

Faptul că polenul produs de arborii ce constituie o pădure atinge concentrații mai mari în afara pădurii, față de interiorul acesteia, se explică prin aceea că într-un masiv forestier florile se dezvoltă numai la partea superioară (cea luminată direct de Soare) a coroanei arborilor. Astfel, în imediata apropiere a suprafeței desemnate de partea superioară a coroanelor arborilor, se dezvoltă un nor polinic concentrat (figura 5). Pe măsură ce distanța verticală de la această suprafață crește, concentrația în polen a aerului scade. Cum suprafața superioară a unei păduri este neregulată, turbulența curenților de aer este ridicată, ceea ce face, pe de o parte, ca polenul generat de arborii pădurii să ajungă în părți superioare ale atmosferei, iar pe de altă parte, ca polenul transportat prin aceste părți superioare, adus de la distanțe mari, să se depună pe suprafața pădurii.

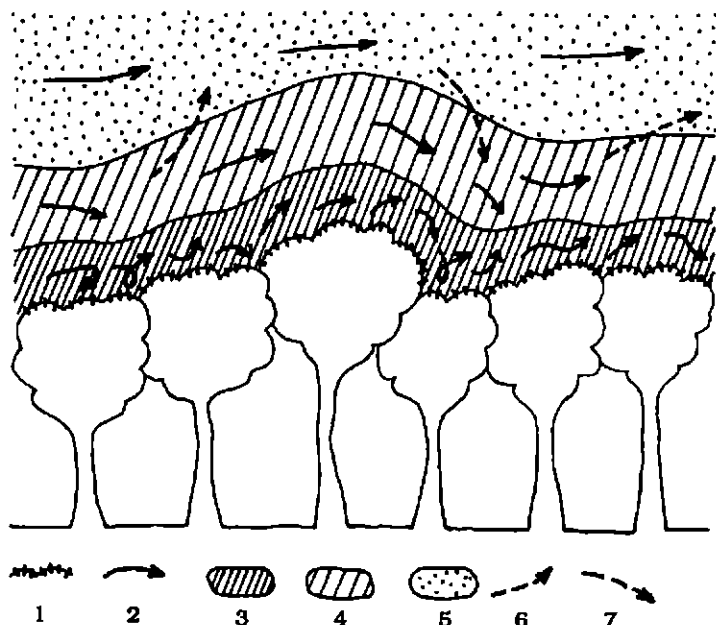
<sup>27</sup> Borowik, H. (1963, 1966) *The trapping of scots pine and oak pollen in Bialowieza National Park*, I-II (Pol.-Engl.), Acta soc.bot.polon., 32, 665; 35, 159.

<sup>28</sup> Semerikov, L.F., Glotov, N.V. (1971) *Evaluation of the isolation in populations of durmast oak (Quercus petraea Liebl.)*, Genetika, 7, 65-71 (Biol.abstr.52).

<sup>29</sup> Andersen, S.T. (1967), *Op.cit.*

<sup>30</sup> Morand, F., Barthélemy, L. (1975) *Sur quelques taxons-guides de l'histoire récente de la végétation de la France des plaines. Relations avec les défrichements*, Soc.bot.Fr., Coll.Palynologie, 201-223.

Într-adevăr, cu toate că, așa cum am văzut mai sus, majoritatea polenului emis se depune la distanțe relativ mici de sursă, un anumit procentaj rămâne în suspensie în atmosferă, putând fi transportat pe distanțe foarte mari, de sute sau chiar mii de kilometri. Hirst și Hurst<sup>31</sup> citează cazul unui nor de polen ce a străbătut 400km într-o singură zi, iar Bortenschlager<sup>32</sup> arată că polenul de *Ephedra* (cârcel) poate fi transportat și pe distanțe de 3000km. Transportul pe asemenea distanțe poate avea loc dacă granulele de polen, antrenate de curenții termici ascensionali, depășesc nivelul inversiunii termice de altitudine (răspunzătoare și de formarea norilor Cumulus), intrând în circulația atmosferică din păturile superioare ale acestora. Formarea, vara, a păturii de inversiune de tip Cumulus, este condiționată de umiditatea aerului, astfel încât probabilitatea ca polenul să se înalțe la altitudini mari este mai mare în regiunile aride<sup>33</sup>. Iată de ce polenul plantelor stepice – *Artemisia* (pelin), *Ephedra*, *Poaceae*, *Chenopodiaceae* – este mai frecvent transportat pe distanțe mari.



**Figura 5.** Norul polinic de deasupra unei păduri (după Barthelemy, 1985); 1 – flori; 2 – linii de curent; 3 – nor polinic cu concentrație mare; 4 – nor polinic cu concentrație medie; 5 – nor polinic cu concentrație mică; 6 – ridicarea polenului produs de arbori în păturile superioare; 7 – căderea polenului adus de la distanțe mari spre suprafața pădurii.

Ascensiunea termică joacă, deci, un rol important în vehicularea aeriană a polenului. În regiunile de câmpie și colinare din zonele cu climă temperată, ea se manifestă în special vara, dar are o amploare limitată. În regiunile muntoase, însă, circulația pe verticală a maselor de aer se manifestă permanent, ziua prin curenți ascendenți, iar noaptea prin curenți descendenți. Aceste mișcări pe verticală au consecințe importante, ele antrenând omogenizarea polenului provenit din toate etajele altitudinale de vegetație, cu efecte considerabile asupra ploii polinice locale și regionale.

Dispersarea polenului anemogam, controlată *a priori* de circulația curenților atmosferici, este influențată și de regimul precipitațiilor. Astfel, după cum se cunoaște, chiar și precipitațiile moderate curăță atmosfera de

majoritatea particulelor aflate în suspensie, depunându-le pe sol, ceea ce este, evident, valabil și pentru polenul din aeroplancton.

Pentru a încheia problematica transportului eolian al polenului, trebuie menționat și fenomenul de reluare a acestuia în circulația atmosferică, după depunere. Studiile efectuate asupra

<sup>31</sup> Hirst, J.M., Hurst, G.W. (1967) *Long-distance spore transport*, in Gregory, Monteith, 307–344.

<sup>32</sup> Bortenschlager, S. (1969) *Pollenanalyse des Gletschereises – Grundlegende Fragen der Pollenanalyse überhaupt*, Ber.dtsch.bot.Ges., 81, 491–497.

<sup>33</sup> Faegri, K., Iversen, J., *Op.cit.*

aeroplanctonului au arătat că el conține polen în suspensie, în cantități foarte variabile, e adevărat, dar în tot timpul anului. Este cunoscut cazul polenului de *Zea* (porumb) evidențiat de către Erdtman<sup>34</sup> în atmosfera de deasupra Suediei, în timpul iernii. În acest sens, Moore și Webb<sup>35</sup> afirmă că, în general, polenul plantelor anemogame are o remanență importantă în atmosferă, de-a lungul anului, datorită reluării de către curenții de aer a granulelor depuse, dar nefixate.

Concluzionând, trebuie reținut că, chiar dacă distanțele maxime de transport al polenului anemogam pot fi foarte mari, doar o proporție mică a acestuia are, de fapt, șanse să ajungă departe de regiunea unde a fost produs.

Un caz aparte al polenizării îl constituie **cleistogamia**, termen ce descrie cazurile în care fecundarea (autofecundare) are loc între organele sexuale ale aceleiași flori, fără deschiderea acesteia. Speciile cleistogame – de *Avena* (ovăz), *Hordeum* (orz), *Triticum* (grâu), *Viola* – nu emit, prin urmare, polen decât în cantități infime. Studiile efectuate de Diot<sup>36</sup> au arătat că în interiorul unei culturi de cereale, procentajele atinse de polenul acestora în sol ating cel mult 12% din totalul polenului numărat, ele fiind extrem de reduse în solul suprafețelor înconjurătoare, necultivate.

### 3. SEDIMENTAREA POLINICĂ

Enorme cantități de polen eliberate de plantele anemogame plutesc în aer o perioadă de timp mai lungă sau mai scurtă, pentru ca apoi să se depună, formând ceea ce se numește *ploaia polinică*. Doar o parte nesemnificativă a acestor cantități ajunge pe stigmatul ce constituie, de fapt, destinația polenului; restul se sedimentează și, dacă condițiile sunt favorabile conservării, ajunge să facă obiectul studiilor palinologice.

Studiile de aeropalinologie efectuate de Cour<sup>37</sup> au arătat că masele de polen transportate de către curenții atmosferici își pierd progresiv conținutul, sedimentându-se. Taxonii prezenți în cadrul lor nu sunt reprezentați proporțional în spectrele ploilor polinice (datorită diferențelor de flotabilitate). Atât fluxurile polinice vehiculate prin atmosferă, cât și ploile polinice provenite din acestea, sunt subiectul unor permanente variații calitative și cantitative, ca și factorii meteorologici de care sunt legate. Oricum, în general, cantitatea de polen sedimentată în mod natural pe unitatea de suprafață orizontală într-un interval de timp, reprezintă maximum 1% din cantitatea de polen vehiculată în atmosferă prin aceeași unitate de suprafață și în același interval de timp.

Ploaia polinică provenită de la o suprafață bine definită acoperită cu vegetație, se poate depune în zone diferite și la distanțe diferite, funcție de condițiile meteorologice (vânturi, precipitații) existente pe durata emiterii polenului, în anul respectiv. Efectul acestor diferențe se estompează însă, progresiv, de-a lungul mai multor ani de sedimentare polinică.

În cadrul unui spectru polinic vor fi prezenți taxoni proveniți de la distanțe diferite față de punctul de colectare a probei. Astfel, într-un punct împădurit, polenul sedimentat provine în cea mai

<sup>34</sup> Erdtman, G. (1938) *Pollenanalys och pollenmorfologi*, Sven.bot.tidskr., 32, 130–132.

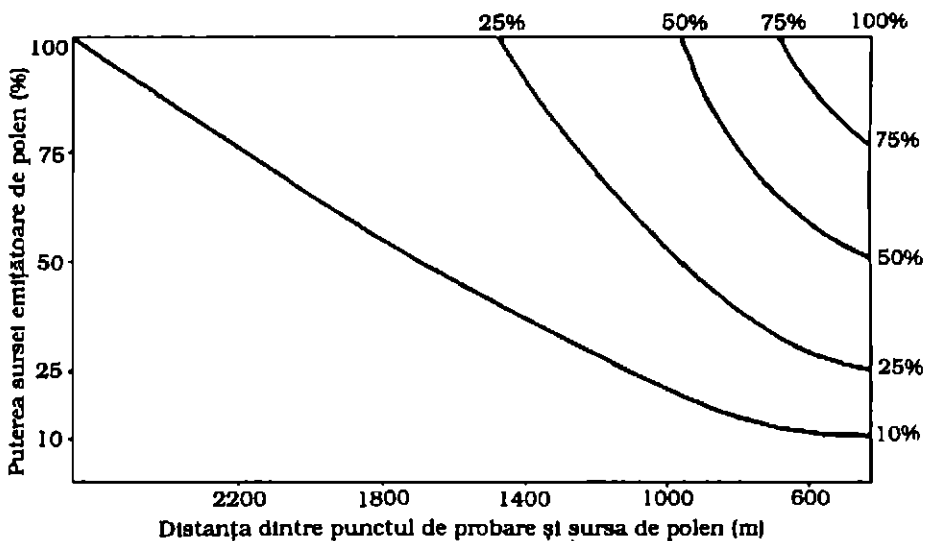
<sup>35</sup> Moore, P.D., Webb, J.A. (1983) *An illustrated guide to pollen analysis*, Hodder & Stoughton.

<sup>36</sup> Diot, M.-F. (1992) *Etudes palynologiques de blés sauvages et domestiques. Issues de cultures expérimentales*, in *Préhistoire de l'agriculture: nouvelles approches expérimentales et ethnographiques*, Monographie du CRA n°6, CNRS, 107–111.

<sup>37</sup> Cour, P. (1974) *Nouvelles techniques de détection des flux et des retombées polliniques: étude de la sédimentation des pollens et des spores à la surface du sol*, Pollen et Spores, XVI, 1, 103–141.

mare parte de la populații vegetale situate într-o rază mai mică de 1km în jurul punctului, și în proporție de aproximativ 20% de la populații situate la mai mulți kilometri<sup>38</sup>. Pentru a cuantifica acest fenomen, Triat-Laval<sup>39</sup> împarte compoziția spectrelor polinice în mai multe clase, funcție de distanța dintre sursa de emiterie a polenului și punctul de studiu. Ea definește o *reprezentare polinică*, clasă ce cuprinde polenul provenit de la surse aflate mai aproape de 20m, o *difuzie polinică*, pentru polenul provenit de la distanțe cuprinse între 20 și 500m, o *reflectare polinică* – polen produs la 500m–10km de punctul de probare – și, în sfârșit, un *ecou polinic*, ce cuprinde polenul venit de la distanțe mai mari de 10km.

Janssen<sup>40</sup> abordează această problemă prin prisma scării la care se efectuează un studiu palinologic, deci a mărimii suprafeței abordate unitar, ca receptor al ploii polinice, și aceasta pentru că atunci când se compară sedimentarea polinică de pe astfel de suprafețe, de dimensiuni diferite, și scara distanțelor va avea semnificații diferite. El propune, prin urmare, o terminologie mai laxă pentru clasele condiționate de distanța sursă emițătoare de polen – zonă studiată palinologic. Un spectru polinic trebuie să cuprindă o *componentă locală*, ce va atinge proporțiile cele mai ridicate, reflectând în amănunt vegetația locală, o *componentă extralocală*, ce va fi reprezentată în mai mare măsură decât următoarea componentă – *componenta regională* –, pe baza căreia vor putea fi reconstituite numai marile tipuri de vegetație prezente la scară regională, și o *componentă extraregională*, foarte slab reprezentată. Desigur, atribuirea polenului dintr-un spectru uneia sau alteia dintre aceste componente, este o problemă dificilă și delicată, pentru rezolvarea căreia trebuie luată în considerare cele discutate în capitolele precedente – productivitatea polinică și dispersarea polenului.



**Figura 6.** Relația teoretică dintre puterea unei surse emițătoare de polen și gradul ei de reprezentare într-un spectru polinic, funcție de distanța dintre această sursă și punctul de probare (după Oldfield, 1970).

<sup>38</sup> Castaing, J.Ph., Vergeron, Ph. (1973) *Principes et méthodes d'étude expérimentale de la dispersion du pollen de pin maritime dans le massif landais*, Pollen et Spores, XV, 2, 255–280.

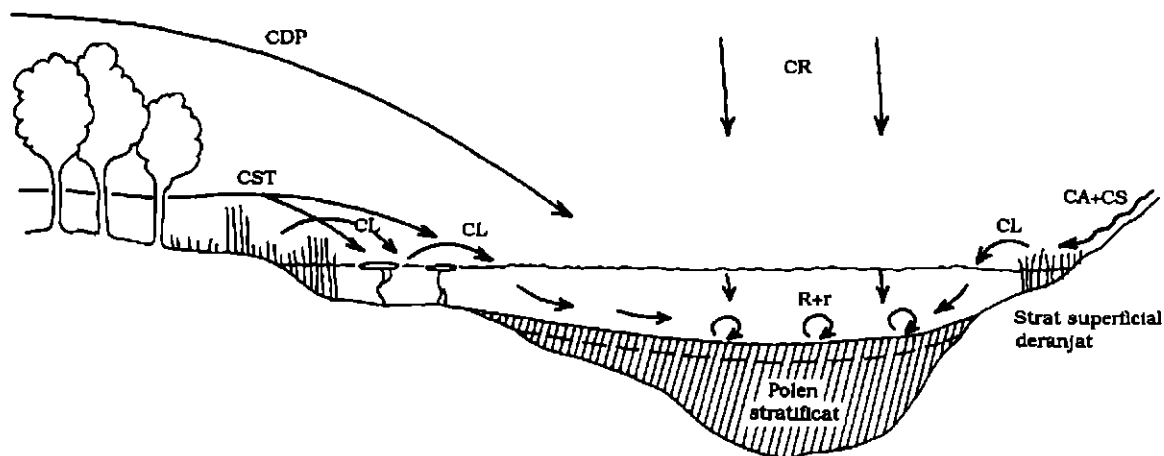
<sup>39</sup> Triat-Laval, H. (1978) *Contribution pollenanalytique à l'histoire tardiglaciaire et postglaciaire de la végétation de la basse vallée du Rhone*, Thèse d'Etat, Université Aix-Marseille III.

<sup>40</sup> Janssen, C.R. (1972) *Local and regional pollen deposition*, in Birks, H.J., West, R.G. (eds.) *Quaternary plant ecology*, Blackwell.

Luând în considerare și puterea sursei emițătoare de polen, Oldfield<sup>41</sup> redă într-o diagramă teoretică raporturile dintre această putere (exprimată în procentaje din puterea unei surse teoretice, cu productivitate polinică maximă) și gradul de reprezentare a sursei emițătoare într-un spectru polinic, funcție de distanța dintre ea și punctul de probare (figura 6). Se poate observa că o aceeași contribuție (procentuală sau în valori absolute) a polenului emis de sursă, în cadrul unui spectru polinic, poate fi efectul unei infinități de perechi putere a sursei – distanță.

Revenind la conceptul de ploaie polinică, trebuie menționat că el a fost criticat de Tauber<sup>42</sup>, care susține că transportul polenului în zonele împădurite, are loc în mare proporție nu pe deasupra pădurii, ci prin spațiul dintre trunchiurile arborilor. Faegri și Iversen<sup>43</sup> resping această ipoteză pe baza studiilor efectuate, care au relevat cantitatea de polen transportată astfel, ca fiind prea redusă, ca valori absolute, pentru a reprezenta majoritatea transportului polinic. În plus, după cum am văzut mai sus, Andersen<sup>44</sup> a arătat că există o corelație foarte bună între structura vegetației unei păduri și compoziția spectrelor polinice din solul acelei păduri, corelație care ar fi inadmisibilă în cazul existenței unui transport orizontal considerabil al polenului *prin* pădure.

Merită, totuși, a fi reținută împărțirea polenului sedimentat într-un punct după calea pe care el a fost transportat. Pentru a ilustra situația Tauber a folosit exemplul unui mic lac situat într-o pădure (figura 7). El distinge trei componente ce vor fi denumite componenta spațiului dintre trunchiuri (*trunk space component*), componenta de deasupra pădurii (*canopy component*) și componenta regională (*rain component*).



**Figura 7.** Diversele căi pe care poate fi transportat polenul sedimentat într-un lac dintr-o zonă împădurită (după Tauber, 1965); CR – componenta regională; CDP – componenta de deasupra pădurii; CST – componenta spațiului dintre trunchiuri; CL – componenta locală.

<sup>41</sup> Oldfield, F., *Op.cit.*

<sup>42</sup> Tauber, H. (1965) *Differential pollen dispersion and the interpretation of pollen diagrams*, Dan.geol.unders., 2, 89 și Tauber, H. (1967) *Investigations on the mode of transfer of pollen in forested areas*, Rev.Paleobot.Palynol., 3, 277–286.

<sup>43</sup> Faegri, K., Iversen, J., *Op.cit.*

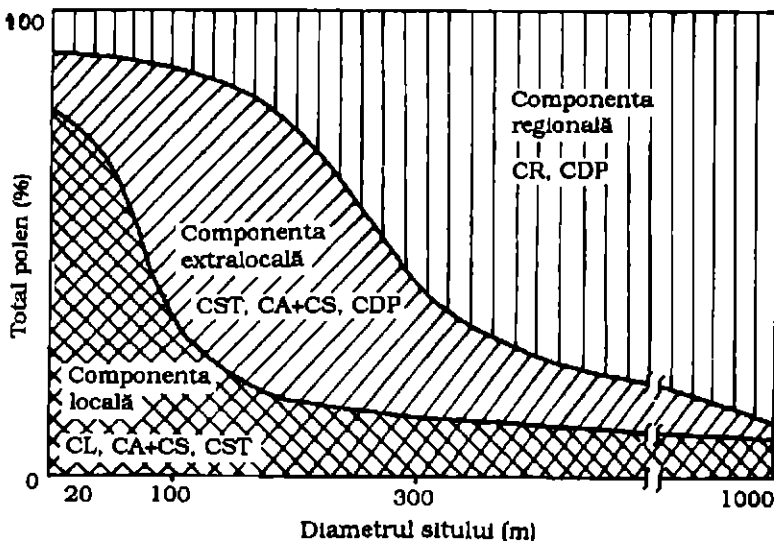
<sup>44</sup> Andersen, S.T. (1967), *Op.cit.*

*Componenta spațiului dintre trunchiuri* (CST) reprezintă polenul transportat prin spațiile dintre trunchiurile arborilor. Este polenul produs de arbori sau de plantele din etajul inferior de vegetație al pădurii. Uneori, dacă există poieni, o parte a acestei componente poate ajunge deasupra suprafeței pădurii, integrându-se în componenta de deasupra pădurii. Datorită faptului că în pădure curenții de aer sunt mai slabi, polenul din CST este transportat pe distanțe relativ mici. Dealtfel, s-a observat că în special vara, când coroana pădurii este densă, polenul speciilor vegetale ce se dezvoltă în etajul inferior (multe fiind entomogame), nu părăsește pădurea, ci se depune pe solul din interiorul acesteia<sup>45</sup>.

*Componenta de deasupra pădurii* (CDP) este formată din polenul transportat pe deasupra suprafeței pădurii, produs, în cea mai mare parte, chiar de către arborii ce formează pădurea. O parte a acestei componente poate fi transferată de către curenții ascendenți și preluată de circulația din părțile superioare ale atmosferei (componenta regională), în timp ce o altă parte a ei poate ajunge pe coroanele arborilor, datorită turbulenței create de suprafața acestora. Dacă deschiderea generată în suprafața pădurii prin existența unui lac ipotetic este de dimensiuni foarte mici, CDP o poate depăși, fără a se depune în lac, sau depunându-se în proporții foarte mici.

*Componenta regională* (CR) cuprinde polenul transportat pe mari distanțe, la nivelul unor părți superioare ale atmosferei. Ea poate ajunge în lacul luat în discuție în proporții foarte mici, în special datorită precipitațiilor.

Acestor trei componente li se mai adaugă o *componentă locală* (CL), formată din polenul produs de vegetația ce se dezvoltă chiar în punctul studiat.

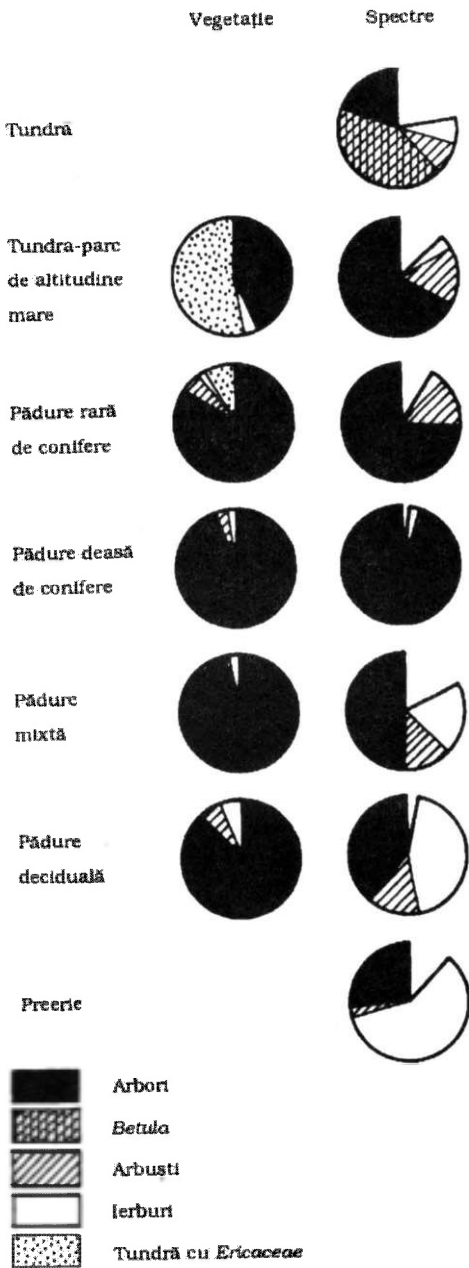


**Figura 8.** Relația dintre mărimea sitului studiat și ponderea fiecărei componente ce contribuie la spectrul polinic (după Jacobson, Bradshaw, 1981); CR – componenta regională; CDP – componenta de deasupra pădurii; CST – componenta spațiului dintre trunchiuri; CL – componenta locală; CA+CS – componente aduse de cursurile de apă.

Importanța relativă a fiecăreia dintre componentele enumerate mai sus este foarte dificil de apreciat, ea variind funcție de condițiile meteorologice, de relief și de tipul de pădure (densitate, floră, etc.). Dar o altă variabilă ce controlează importanța relativă a fiecărei componente este, așa cum am arătat mai sus, mărimea suprafeței studiate unitar. În acest sens, Moore *et al.*<sup>46</sup> prezintă o diagramă teoretică elaborată de Jacobson și Bradshaw în 1981, ce cuantifică acest efect (figura 8), făcând totodată o legătură între componentele

<sup>45</sup> Faegri, K., Iversen, J., *Op.cit.*

<sup>46</sup> Moore, P.D., Webb, J.A., Collinson, M.E. (1991) *Pollen analysis*, second edition, Blackwell Scientific Publications, Oxford.



**Figura 9.** Relația dintre compoziția spectrelor polinice și constituția vegetației într-o zonă (după date din Lichti-Federovich, Ritchie, 1968).

atige valori considerabile (19,7%, respectiv 43,7%!)). Nepotrivirile se datoresc, probabil, transportului pe distanțe mari al polenului din zone de vegetație învecinate – tip de transport ce apare, în acest

definite de Janssen<sup>47</sup> și cele definite de Tauber<sup>48</sup>. Dacă situl este de dimensiuni mici, înconjurat de pădure, componenta regională are o pondere foarte mică. Într-adevăr, într-un *mediu închis*, deci bine împădurit, polenul arborilor nu coboară sub procentajul de 75% din totalitatea sporilor și polenului ce constituie spectrele polinice, plantele erbacee fiind, deci, slab reprezentate<sup>49</sup>. Spectrele depuse într-un astfel de context reflectă bine, într-o succesiune cronologică, toate modificările ce au loc la nivelul constituției pădurii. Pe de altă parte, într-un *mediu deschis*, deci cu cel mult câțiva arbori izolați, polenul de arbori nu ar trebui să depășească 20% din totalul polenului, constituind ceea ce se numește *zgomotul de fond* al unui spectru polinic. Așa cum a arătat, însă, studiul efectuat de Lichti-Federovich și Ritchie<sup>50</sup> (1968), trebuie luat în considerare și transportul pe distanțe mari al polenului.

Lichti-Federovich și Ritchie au studiat corelația dintre sedimentarea polinică din diverse zone și vegetația regiunilor respective. Spectrele polinice au fost obținute prin studiul sedimentării polinice de la suprafața a peste 100 de lacuri din Canada (vezi tabelul 4). Vegetația fiecărei zone a fost descrisă după fotografiile aeriene (tabelul 5). Deși aceste analize generalizează foarte mult, referindu-se la o suprafață foarte mare, avantajul lor este că pot da, tocmai prin aceasta, indicații asupra corelației vegetație – spectre polinice, la scară mare. În mod normal, această corelație ar trebui să fie bună. După cum se poate vedea în figura 9, ea chiar este bună, în unele cazuri. Neconcordanțele intervin în cazul tundrei, complet lipsită de arbori, dar unde polenul de arbori atinge 19,6% din total (*Betula*, cu 42,6%, face parte din vegetația locală, fiind reprezentat prin forme pitice), și în cazul preeriei, la fel, lipsită de arbori, și unde polenul acestora atinge 26,5%, dar și în cazul pădurii mixte și al pădurii caducifoliolate, unde polenul plantelor erbacee

<sup>47</sup> Janssen, C.R., *Op.cit.*

<sup>48</sup> Tauber, H. (1965), *Op.cit.*

<sup>49</sup> Barthélemy, L., *Op.cit.*

<sup>50</sup> Lichti-Federovich, S., Ritchie, J.C. (1968) *Recent pollen assemblages from the western interior of Canada*, *Rev.Paleobot.Palynol.*, 7, 297-344.



caz, ca fiind destul de important –, dar și suprareprezentării plantelor erbacee din etajul inferior de vegetație al pădurilor.

Taxon	T	TPaM	TPam	PRC	PDC	PM	PD	P
<i>Picea</i>	5,6	30,6	33,3	34,2	30,0	12,4	0,3	1,2
<i>Pinus</i>	14,0	20,4	26,2	25,6	58,7	21,4	6,1	14,8
<i>Betula</i>	42,6	16,0	5,0	14,6	5,5	11,2	23,5	1,0
<i>Alnus</i>	7,0	15,0	6,4	12,2	1,6	9,4	3,0	0,8
<i>Salix</i>	1,4	0,1	0,8	1,2	0,4	2,9	4,0	1,4
<i>Populus</i>	-	0,2	0,2	-	-	3,3	4,0	2,8
<i>Carya</i>	-	0,2	-	-	-	-	-	-
<i>Myrica</i>	-	0,2	-	-	-	0,3	-	0,1
<i>Fraxinus</i>	-	-	-	-	-	0,1	2,0	5,5
<i>Juniperus/Thuja</i>	-	-	-	-	-	0,2	-	0,1
<i>Quercus</i>	-	-	-	-	-	0,4	2,3	0,1
<i>Ulmus</i>	-	-	-	-	-	0,4	0,5	0,7
<i>Acer</i>	-	-	-	-	-	0,2	-	0,3
<i>Corylus</i>	-	-	-	-	-	0,3	6,6	-
<i>Symphoricarpos</i>	-	-	-	-	-	-	0,3	-
<i>Juglans</i>	-	-	-	-	-	-	-	0,1
<b>Total arbori</b>	<b>62,2</b>	<b>67,4</b>	<b>64,6</b>	<b>74,4</b>	<b>94,2</b>	<b>49,4</b>	<b>38,6</b>	<b>26,5</b>
<b>Total arbuști</b>	<b>8,4</b>	<b>16,2</b>	<b>7,2</b>	<b>13,4</b>	<b>2,0</b>	<b>13,1</b>	<b>13,9</b>	<b>2,4</b>
<b>Poaceae</b>	<b>2,6</b>	<b>0,6</b>	<b>1,4</b>	<b>1,0</b>	<b>1,2</b>	<b>15,4</b>	<b>7,3</b>	<b>13,9</b>
<b>Chenopodiaceae</b>	<b>1,2</b>	<b>0,4</b>	<b>0,6</b>	<b>0,8</b>	<b>0,7</b>	<b>2,0</b>	<b>6,6</b>	<b>18,6</b>
<b>Ambrosieae</b>	<b>2,0</b>	<b>1,2</b>	<b>2,6</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>5,1</b>	<b>2,6</b>
<b>Artemisia</b>	<b>1,4</b>	<b>1,4</b>	<b>2,0</b>	<b>1,4</b>	<b>0,8</b>	<b>2,2</b>	<b>24,7</b>	<b>24,3</b>

**Tablelul 4.** Spectre polinice obținute în puncte din diverse zone de vegetație (T – tundră; TPaM – tundra-parc de altitudine mare; TPam – tundra-parc de altitudine mică; PRC – pădure rară de conifere; PDC – pădure deasă de conifere; PM – pădure mixtă (conifere și foioase); PD – pădure deciduală (foioase); P – preerie); valorile reprezintă procentaje din totalul polenului (după Lichti-Federovich, Ritchie, 1968).

Vegetație	TPaM	TPam	PRC	PDC	PM	PD
Tundră cu <i>Ericaceae</i>	53,2	30,2	8,8	-	-	-
<i>Caricetum</i>	3,3	42,2	1,4	2,1	3,1	-
<i>Picea</i>	41,2	23,7	80,0	31,9	37,5	-
<i>Alnus/Salix</i>	-	-	6,1	3,4	0,8	6,4
<i>Pinus</i>	-	-	1,5	33,1	1,4	-
<i>Betula</i>	-	-	0,2	2,4	3,5	11,7
<i>Larix</i>	2,3	3,9	2,0	0,2	0,6	-
<i>Abies</i>	-	-	-	7,1	1,2	-
<i>Populus</i>	-	-	-	19,8	51,7	38,2
<i>Quercus</i>	-	-	-	-	0,1	15,3
<i>Ulmus</i>	-	-	-	-	-	8,9
<i>Fraxinus</i>	-	-	-	-	-	13,8
Ierburi	-	-	-	-	0,1	5,7

**Tablelul 5.** Constituția diverselor zone de vegetație (T – tundră; TPaM – tundra-parc de altitudine mare; TPam – tundra-parc de altitudine mică; PRC – pădure rară de conifere; PDC – pădure deasă de conifere; PM – pădure mixtă (conifere și foioase); PD – pădure deciduală (foioase); P – preerie), caracterizată prin analizarea de fotografii aeriene; valorile reprezintă procentaje din suprafața totală a zonei respective (după Lichti-Federovich, Ritchie, 1968).

\* \* \*

După această abordare generală a problematicii sedimentării polinice, vom încerca să descriem în cele ce urmează, trăsăturile sedimentării polenului în diverse medii, și problemele legate de acestea.

Polenul sedimentat în mediul marin, ajunge în bazinul de sedimentare fie pe calea aerului, fie adus de către cursurile de apă ce alimentează bazinul. Dar înainte de a se depune, el este transportat, uneori pe distanțe foarte mari, de către curenții marini. Toate acestea duc la o amestecare a polenului provenit de pe mari areale. Studiile efectuate de Zagwijn și Veenstra<sup>51</sup> în Marea Nordului, de Heusser și Florer<sup>52</sup> în Nord-Estul Pacificului și de Rossignol-Strick<sup>53</sup> în Mediterana, demonstrează că spectrele sporo-polinice din mediul marin reflectă un amestec de asociații vegetale din zone geografice diferite, astfel că ele redau o imagine a vegetației regionale, în care fenomenele pur locale sunt mult estompate. De aceea, reconstituirile fitogeografice sunt foarte delicate, și aceasta cu atât mai mult cu cât sedimentele marine sunt, în general, sărace în spori și polen. Müller<sup>54</sup> observă la trecerea între depozite continentale și depozite marine, scăderi bruște ale concentrațiilor sporo-polinice.

Diversele cercetări asupra sedimentării polinice în mediul marin au dat rezultate dintre cele mai variate. Astfel, Birks și Birks<sup>55</sup> observă că polenul sacat de conifere tinde să fie suprareprezentat, pentru că plutește timp mai îndelungat înainte de a se sedimenta și pentru că e transportat prin aer pe distanțe mai lungi. În Golful Californiei, procentajele de polen de *Pinus cresc* odată cu distanța punctului de probare față de țărm<sup>56</sup>. Pe de altă parte, în Marea Ohotsk, la distanțe mai mari de 200km de țărm, polenul de conifere lipsește, spectrele fiind constituite cu preponderență din spori de ferigi, mai rezistenți la transport<sup>57</sup>. Polenul plantelor erbacee și, în general, polenul cu exina fragilă, tind să fie subprezentate<sup>58</sup>.

Deci, diagramele polinice din sedimente marine prezintă distorsiuni notabile în raport cu vegetația de pe continent, distorsiuni ce se amplifică odată cu îndepărtarea de țărm. Rezultă că sedimentarea polinică în mediul marin este foarte variabilă, funcție de ponderea pe care o are fiecare agent de transport (curenții de aer, cursurile de apă), de schema curenților marini și de aer din zonă, ca și de dispunerea diverselor zone de vegetație în raport cu bazinul marin. Oricum, la scară mare, pe măsură ce ne îndepărtăm de țărm, conținutul de polen al sedimentelor scade.

Chiar dacă reconstituirile fitogeografice sunt foarte delicate sau chiar imposibil de realizat, spectrele polinice din sedimente marine pot oferi informații de altă natură. Astfel, analizând probe din sedimentele Mării Negre, Traverse<sup>59</sup> definește un indice de stepizare<sup>60</sup> și un indice al influenței marine<sup>61</sup>;

51 Zagwijn, W.H., Veenstra, H.J. (1966) *A pollen analytical study of cores from the Outer Silver Pit, North Sea*, Marine Geol., 4, 539-551.

52 Heusser, C.J., Florer, L.E. (1973) *Correlation of marine and continental quaternary pollen records from the Northeast Pacific and Western Washington*, Quaternary Research, 3, 4, 661-670.

53 Rossignol-Strick M. (1973) *Analyse pollinique des niveaux sapropéliques quaternaires de deux carottes en Méditerranée orientale*, Le Quaternaire, 9<sup>e</sup> Congrès INQUA, Travaux Français, 152-159.

54 Müller, J. (1959) *Palynology of recent Orinoco delta and shelf sediments*, Micropaleontology, 5, 1-32.

55 Birks, H.J.B., Birks, H.H., *Op.cit.*

56 Cross, A.T., Thompson, G.G., Zaitzeff, J.B. (1966) *Source and distribution of palynomorphs in bottom sediments, Southern part of Gulf of California*, Marine Geol., 4, 467-524.

57 Koreneva, E.V. (1966) *Marine palynological research in U.S.S.R.*, Marine Geol., 4, 565-574.

58 Stanley, E.A. (1966) *The application of palynology to oceanology*, Deep Sea Research, 13, 5, 921-939.

59 Traverse, A. (1978) *Palynological analysis of DSDP Leg 42B (1975) cores from the Black Sea (44.)*, in Ross, D.A., Neprochov, Y.P. et al., *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, Volume 42, Part 2, Washington (U.S. Government Printing Office), 993-1015.

60 Definit ca raportul dintre suma polenului de *Artemisia*, *Chenopodiaceae* și *Amaranthaceae*, pe de o parte, și suma precedentelor plus polenul de arbori, pe de altă parte.

61 Definit ca raportul dintre suma dinoflagelatelor și acritarhilor, pe de o parte, și suma precedentelor plus suma polenului, pe de altă parte.

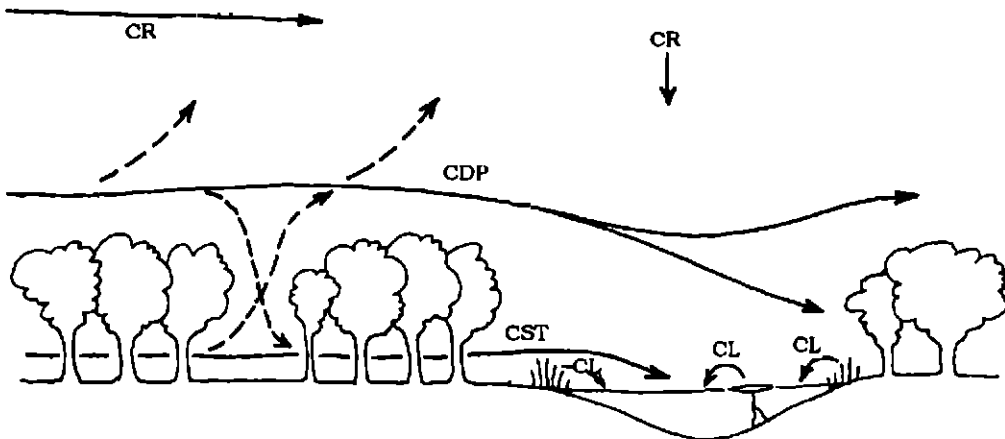
urmărind variațiile acestor doi indici, el pune în evidență diverse trăsături ale istoriei climatice și sedimentare a bazinului Mării Negre.

Sedimentele **fluviatile** conțin adesea polen. Conținutul lor în polen depinde de mai mulți factori, dar în special de clima și vegetația bazinului lor hidrografic. Transportul acvatic nefiind selectiv (ca cel anemofil), polenul transportat de râuri și fluvii reprezintă întreaga vegetație a bazinelor hidrografice. Astfel, în depozitele de vârstă Romaniană din Oltenia, Tomescu *et al.*<sup>62</sup> pun în evidență secvențe ce includ procentaje neobișnuit de ridicate de polen de conifere și foioase mesofile (elemente extrabazinale). Această situație se explică prin aportul datorat cursurilor de apă ce alimentau bazinul carbogenerator, aport a cărui pondere era deosebit de importantă în timpul fazelor fluviatile ale evoluției bazinului de sedimentare. Mare parte a polenului provine totuși, în cazul sedimentelor fluviatile, de la vegetația de luncă. Posibilele origini ale polenului dintr-un curs de apă au fost prezentate în paragrafele referitoare la hidrogamie.

Sedimentele fine ale deltelor și estuarelor conțin cantități importante de spori și polen.

Fiind transportat într-o matrice minerală, polenul poate fi adesea afectat de aceasta. Existența, uneori în cantități relativ mari, a unei componente secundare – polenul conținut de terenurile erodate de cursul de apă –, poate impieta asupra interpretărilor. Situația poate fi ușor depășită dacă polenul secundar a suferit oxidări sau degradări microbiene (fiind, astfel, ușor diferentiabil) înainte de a fi reluat de transportul acvatic.

Se poate, deci, spune că aportul fluviatil de polen redă imaginea ansamblului vegetației de pe suprafața bazinului drenat, la un moment dat, separarea asociațiilor vegetale naturale din cadrul acestui ansamblu fiind, însă, delicată. Tendințele generale observate pe o diagramă sporo-polinică din sedimente aluviale furnizează, în tot cazul, o imagine a evoluției vegetației.



**Figura 10.** Sedimentarea polinică într-un lac (după Moore *et al.*, 1991); CR – componenta regională; CDP – componenta de deasupra pădurii; CST – componenta spațiului dintre trunchiuri; CL – componenta locală; CA+CS – componente aduse de cursurile de apă; R+r – resuspensie și resedimentare.

<sup>62</sup> Tomescu, M., Stoian, L., Țicleanu, N. (sub tipar) *La palynologie des dépôts romaniens du Bassin Dacique (en Roumanie) (4.4.1.)*, in *Chronostratigraphie und Neostatotypen, Neogene der Zentrale Paratethys, X, PL<sub>2</sub>, Romanien*, Editura Academiei Române.

Spectrele polinice din sedimente lacustre sunt rezultatul participării mai multor componente (figura 10). Polenul nu se scufundă imediat ce ajunge pe suprafața lacului; unele tipuri (în special cel sacat, de conifere) rămân la suprafața apei un timp mai îndelungat. Curenții îl pot aduce în apropierea țărmului unde, în cazuri particulare, se conservă formând un sediment particular, constituit aproape exclusiv din granule de polen, numit *fimmentit*<sup>63</sup>. Și sub apă, polenul poate fi purtat de curenți. Odată depus, el constituie o importantă sursă de hrană pentru organismele limivore din fauna bentonică; acestea, consumându-l și eliminându-l apoi exina, contribuie la deplasarea sa în sediment.

Davis<sup>64</sup> și Davis *et al.*<sup>65</sup> au studiat sedimentarea polinică lacustră. În Frains Lake, un mic lac din Michigan, s-a observat că granulele de polen de dimensiuni medii erau distribuite uniform în sedimentele lacului, în timp ce polenul sacat de *Pinus*, ca și cel de *Ambrosia* și alte plante erbacee, era mai bine reprezentat în sedimentele de apă puțin adâncă. Polenul componentei locale (*Salix*, plante hidrofite) era concentrat în special în apropierea sursei de emisie, lângă maluri. S-a arătat, de asemenea, că pentru un lac din regiunea temperată, în perioada Octombrie–Noiembrie și în Aprilie, majoritatea polenului sedimentat era, de fapt, polen reluat în suspensie de turbulența curenților din apropierea fundului și depus secundar. Doar în Mai și Iunie sedimentarea polinică era compusă în principal din polen proaspăt. Acest fenomen de *resuspensie* (R) este, bineînțeles, mai marcat în zonele cu apă puțin adâncă, de lângă maluri, dar *resedimentarea* (r) are loc pe tot fundul bazinului. Aceasta duce, în timp, pe de o parte la o omogenizare a spectrelor polinice din diversele zone ale lacului, iar pe de altă parte la o amestecare a polenului depus de-a lungul a câțiva ani<sup>66</sup>.

După studierea mai multor lacuri, Davis a ajuns la concluzia că modul de sedimentare a polenului este o particularitate a fiecărui lac. În lacurile de dimensiuni mici este reprezentată în special vegetația locală, iar polenul cu capacitate de dispersare mică atinge, și el, concentrații mai mari. În lacurile mai mari, concentrațiile acestor categorii sunt diluate de aportul mai important (datorită suprafeței de captare mai mari) de polen produs de vegetația regională și de polen cu capacitate de dispersare bună. În cazul lacurilor eutrofe componenta locală a sedimentării polinice poate atinge procentaje importante.

În lacurile puțin adânci, dacă apa îngheață iarna, gheața poate îngloba și stratul superior al sedimentelor de pe fundul lacului, astfel încât primăvara, când apa se dezgheață și sloiurile se ridică la suprafață, are loc o redistribuire a sedimentului și polenului pritis în gheață<sup>67</sup>.

Componenta polinică adusă de cursurile de apă ce alimentează bazinul lacustru (CA), poate atinge proporții importante, ca și polenul secundar (CS) erodat de acestea din terenurile pe care le traversează.

Deci, se poate spune că ponderea diverselor componente în influxul polinic, ca și sedimentarea acestui influx pe fundul unui lac, depind de o multitudine de factori – mărimea și forma lacului, poziționarea sa față de relieful înconjurător, întinderea bazinelor hidrografice ce îl alimentează, asociațiile vegetale din regiunea lacului, gradul de troficitate, etc.. Cu toate acestea,

<sup>63</sup> Faegri, K., Iversen, J., *Op.cit.*

<sup>64</sup> Davis, M.B. (1967) *Pollen deposition in lakes as measured by sediment traps*, Geol.Soc.Am.Bull., 78, 849–858 și Davis, M.B. (1968) *Pollen grains in lake sediments: redeposition caused by seasonal water circulation*, Science, 162, 796–799.

<sup>65</sup> Davis, M.B., Brubaker, L.B., Beiswenger, J.M. (1971) *Pollen grains in lake sediments: pollen percentages in surface sediments from Southern Michigan*, Quaternary Research, 1, 450–467.

<sup>66</sup> Moore, P.D., Webb, J.A., *Op.cit.*

<sup>67</sup> Nichols, H. (1967) *The suitability of certain categories of lake sediments for pollen analysis*, Pollen et Spores, IX, 3, 615–620.

datorită bunei stratificații a sedimentelor și condițiilor favorabile conservării polenului, lacurile constituie, în general, situri foarte potrivite pentru aplicarea palinologiei.

**Turbăriile** sunt acumulări de detritus organic, în special de natură vegetală, ce se dezvoltă atunci când producția de materie organică vegetală depășește efectele cumulate ale respirației plantelor (oxidare), consumării plantelor de către animalele ierbivore și descompunerii materiei vegetale de către microorganismele<sup>68</sup>. Aceasta are loc, de obicei, atunci când viteza de descompunere a materiei vegetale este micșorată prin scufundarea acestor acumulări sub apă. În natură, circumstanțele în care se acumulează turba sunt foarte variate – tabelul 6 dă o imagine asupra principalelor tipuri de turbă și a condițiilor lor de formare. Cea mai importantă caracteristică a turbelor, din punct de vedere palinologic, este aceea că sunt stratificate. Nu trebuie uitat că palinologia turbăriilor a stat la baza reconstituirii evoluției climatice holocene în întreaga lume. Turbăriile pot fi, de altfel, privite ca acumulări stratificate de microfosile într-o matrice de detritus vegetal parțial descompus. Figura 11 prezintă procesele ce au loc în timpul formării turbei.

Tipuri de turbă	Origine	Troficitate
Reotrofă (minerotrofă)	Vegetație de mlaștină ce este alimentată cu apă atât din nivelul freatic, cât și din precipitații	Bogată în nutrienți
Mesotrofă	Situri intermediare, în care apa din nivelul freatic contribuie în mică măsură la aportul total	În general săracă în nutrienți
Ombrotrofă	Vegetație de mlaștină ce depinde în întregime de aportul de apă din precipitații	Săracă în nutrienți

Tabelul 6. Tipuri de turbă (după Moore, Webb, 1983).

Stratificația turbelor poate prezenta, datorită compactării inegale, importante variații laterale. Rowley și Rowley<sup>69</sup> au demonstrat că în turbe are loc o mișcare de coborâre a granulelor de polen, însă pentru scara de timp cu care se lucrează în analizele sporo-polinice, efectul acesteia poate fi neglijat.

Ca și în cazul lacurilor, influxul polinic dintr-o turbărie este rezultanta mai multor componente, a căror pondere relativă variază funcție de o multitudine de factori (vezi factorii ce influențează sedimentarea polinică lacustră, mai puțin curenții de apă din

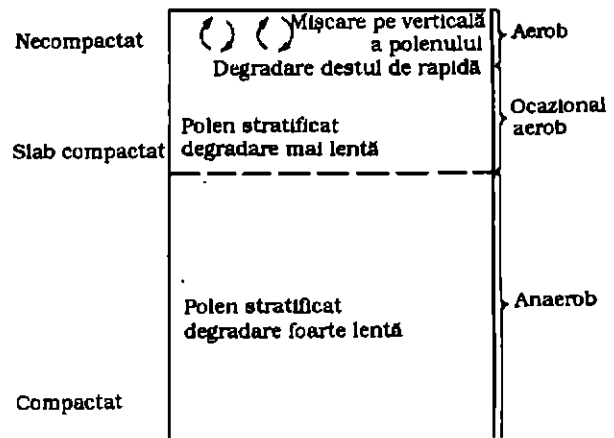
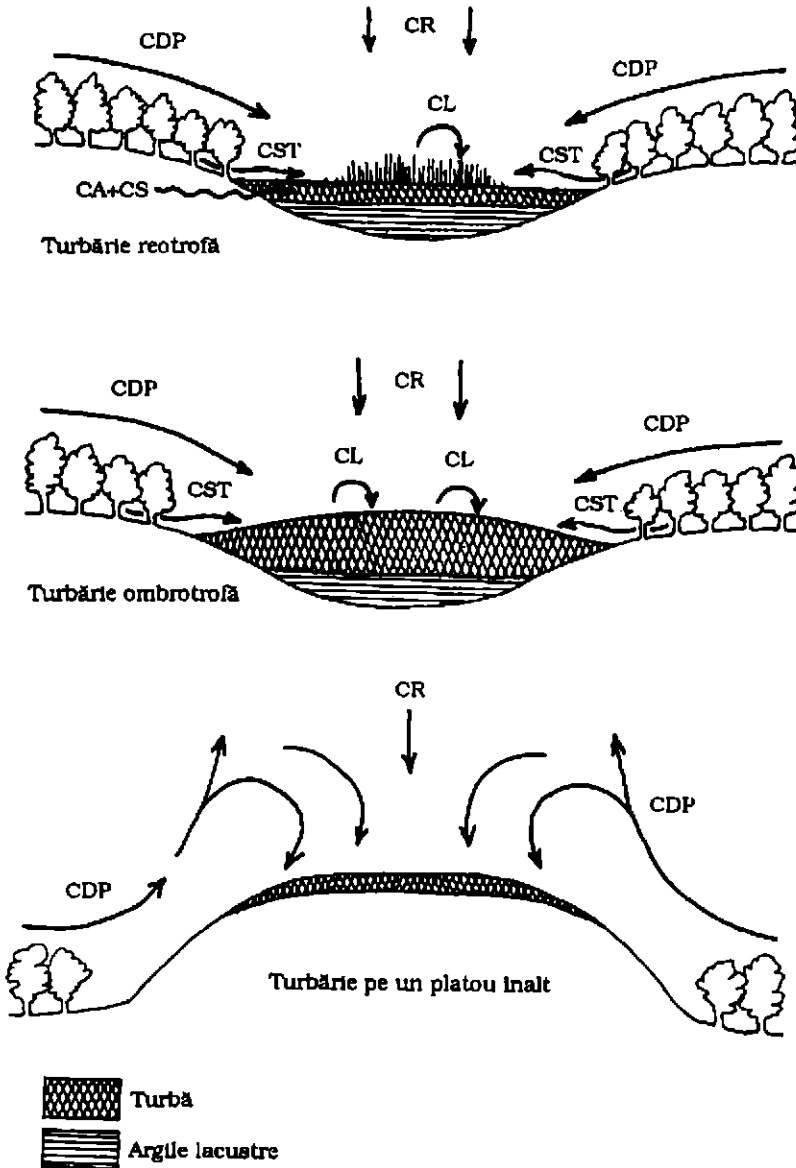


Figura 11. Comportarea polenului într-un profil de turbă (după Moore, Webb, 1983).

<sup>68</sup> Moore, P.D., Webb, J.A., *Op.cit.*

<sup>69</sup> Rowley, J.R., Rowley, J. (1956) *Vertical migration of spherical and aspherical pollen in a Sphagnum bog*, Proc.Minn.Acad.Sci., 24, 29-30.

lac). Figura 12 prezintă compoziția influxului polinic din trei tipuri de turbării – reotrofă, ombrotrofă și de pe platouri înalte. Diferența dintre turbăriile ombrotrofe și cele reotrofe constă, în principal, în faptul că pentru acestea din urmă există și o componentă adusă de cursurile de apă ce le alimentează (CA+CS). Ponderea acestei componente depinde de capacitatea de transport a cursului de apă și de extinderea turbăriei – dacă aceasta este mare, componenta CA + CS poate influența, eventual, numai spectrele dintr-o anumită zonă a turbăriei. Turbăriile de pe platouri înalte sunt alimentate cu polen doar prin componenta regională (CR) și prin componenta de deasupra pădurii (CDP), ce este transportată de către curenții ascensionali și depusă neuniform (funcție de turbulența curenților de aer) pe suprafața turbăriei.

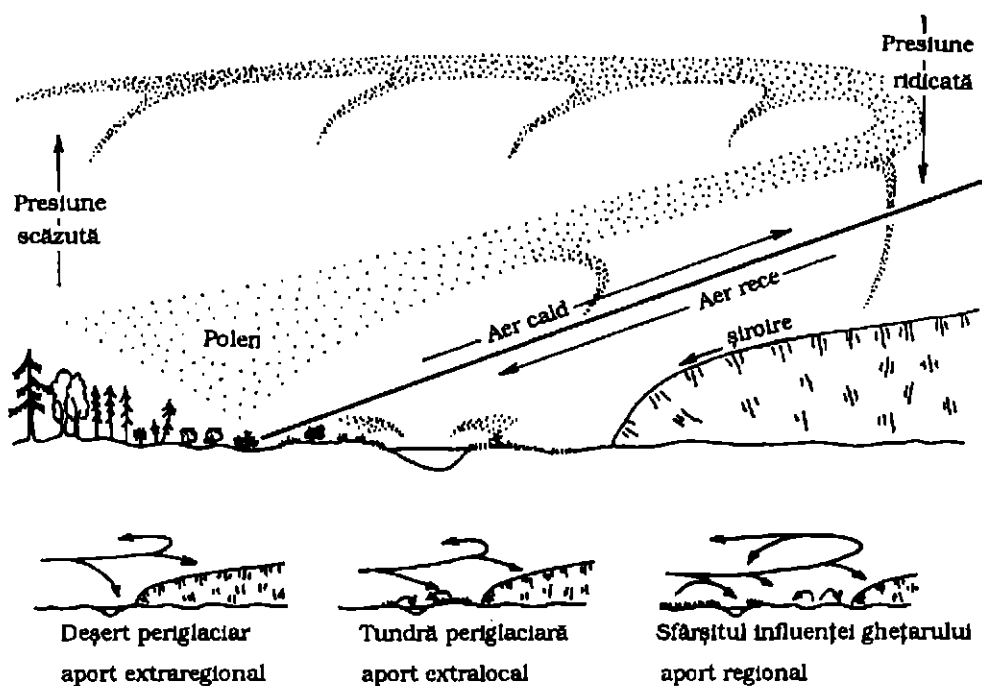


**Figura 12.** Influxul polinic în turbării (după Moore et al., 1991); CR – componenta regională; CDP – componenta de deasupra pădurii; CST – componenta spațiului dintre trunchiuri; CL – componenta locală; CA+CS – componente aduse de cursurile de apă.

Zonele de formare a **ghețarilor** alpini, ca și ghețurile arctice și antarctice, reprezintă enorme capcane naturale de polen. Deși concentrațiile de polen din ghețari sunt mici – în Alpi, Bortenschlager<sup>70</sup> a înregistrat sedimentări de aproximativ 200 de granule de polen/cm<sup>2</sup> pe an –, faptul că ei prezintă o stratificație permite efectuarea de studii palinologice. Aceste studii pot, uneori, decela chiar variațiile sezoniere ale ploii polinice.

Când se topesc, ghețarii pot influența spectrele polinice din siturile aflate în apropierea lor, prin aportul de polen de vârste diferite, amestecat.

Richard<sup>71</sup> prezintă un model al influxului polinic într-un sit din fruntea unui ghețar (figura 13). Prezența ghețarului influențează considerabil circulația aerului în regiunea sa și, prin aceasta, circulația și sedimentarea polenului, prin generarea în fruntea sa a unui front rece ce deviază și diluează aporturile polinice. Se poate vedea, de asemenea, cum variază ponderea diverselor componente ale ploii polinice, funcție de momentele retragerii ghețarului. Astfel, de la predominarea componentei extraregionale în cazul deșertului periglaciara – polenul de arbori atinge 90% din totalul sporilor și polenului (ca într-o zonă puternic împădurită), dar pe un fond de frecvențe polinice absolute foarte reduse –, se ajunge, atunci când influența ghețarului dispare, la un aport polinic normal.



**Figura 13.** Model pentru influxul polinic într-o zonă din fruntea unui ghețar și variația compoziției acestui influx în trei momente ale retragerii ghețarului (după Richard, 1977).

<sup>70</sup> Bortenschlager, S., *Op.cit.*

<sup>71</sup> Richard, P. (1977) *Végétation tardiglaciaire au Québec méridional et implications paléoclimatiques*, Géogr.phys.Quat., XXXI, 1-2, 161-176.

În soluri nu există o adevărată stratificație a polenului, din cauza numeroșilor factori ce contribuie la deplasarea acestuia, după sedimentare. Se vorbește foarte des despre deplasarea, în jos, a polenului în soluri. Exceptând regiunile cu un anotimp secetos prelungit (unde polenul poate coborî pe distanțe considerabile în sol prin crăpăturile de uscare), în soluri are loc o infiltrare a apelor, ce duce, teoretic, la o deplasare în jos a polenului. Dar, așa cum arată Dimbleby<sup>72</sup>, această antrenare nu este o simplă mișcare de coborâre a granulelor de polen ca particule discrete prin spațiile interstițiale căci, chiar în solurile bogate în polen, doar o mică parte a acestuia este liber; cea mai mare parte a polenului este înglobat în agregate humice. Mișcarea lui, deși continuă, este foarte lentă și este, probabil, legată de distrugerea compușilor humusului coloidal din sol. Canalele de rădăcini contribuie, și ele, la coborârea polenului în sol, dar se consideră că rolul lor nu este foarte important. Viteza de coborâre variază, desigur, funcția de condițiile pedologice – în solurile mai nisipoase, deci mai poroase, sau în cele sărace în compuși humici, polenul va coborî mai repede; o valoare medie, foarte generală, a vitezei de coborâre a polenului în sol, ar fi de ordinul a 10 cm/300 ani. Mișcarea nefiind liberă, nu există nici o "granoclasare" a polenului în soluri.

Dimbleby prezintă și o diagramă teoretică a distribuției polenului în soluri, funcție de vechimea sa (figura 14). Ca tendință generală, se notează un declin al cantității de polen în adâncime, datorită distrugerii sale progresive prin oxidare. În cazul polenului vechi, acest declin este mult mai puțin marcat, sau se observă chiar o creștere a concentrației sale relative în adâncime. Pentru polenul recent se observă deplasarea în jos de-a lungul profilului. Se mai poate vedea și că maximele reprezentării unui polen de vechime intermediară nu apar la aceeași adâncime. Aceasta, ca și formele diferite ale curbelor de o parte și de alta a axei de referință, se datoresc modului de reprezentare – prin procente sau prin frecvențe absolute. Curbele procentuale dau o imagine distorsionată, în special în ceea ce privește reprezentarea polenului vechi, care este caracterizat prin frecvențe absolute mici, dar prin valori procentuale mari (în partea de jos a profilului), care tind să-i exagereze contribuția în cadrul diagramei.

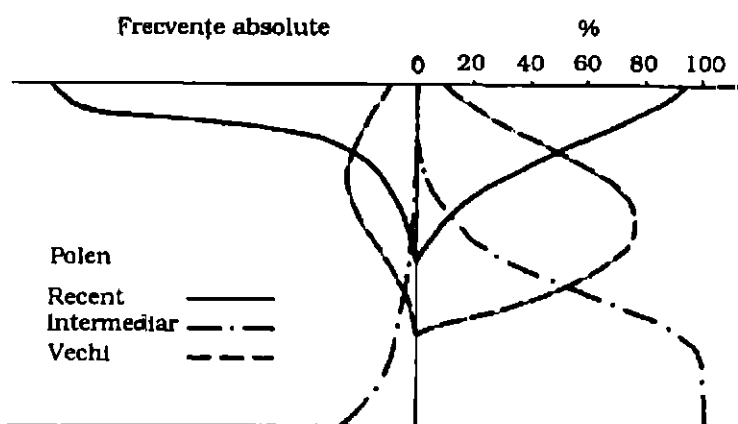


Figura 14. Distribuția teoretică în sol a polenului de vârste diferite (după Dimbleby, 1985).

Un alt factor perturbator îl reprezintă diversele organisme ce trăiesc în sol, și care omogenizează conținutul sporo-polinic al acestuia. Walch *et al.*<sup>73</sup> au demonstrat în urma unui experiment că într-un răstimp de 6 săptămâni, rămele introduse într-o cutie cu pământ în care fusese depus polen la anumite adâncimi, l-au deplasat pe distanțe

de până la 55cm pe verticală, în sus. În plus, polenul ajuns la suprafață în excrețiile rămelor a fost

<sup>72</sup> Dimbleby, G.W. (1985) *The palynology of archaeological sites*, Academic Press.

<sup>73</sup> Walch, K.M., Rowley, J.R., Norton, N.J. (1970) *Displacement of pollen grains by earthworms*, *Pollen et Spores*, XII, 1, 39–44.



preluat, după uscarea acestora, de către curenți de aer, și redepus într-o cutie alăturată, în care se afla pământ steril. Diagrama teoretică a repartiției polenului într-un sol omogenizat, este prezentată în figura 15.

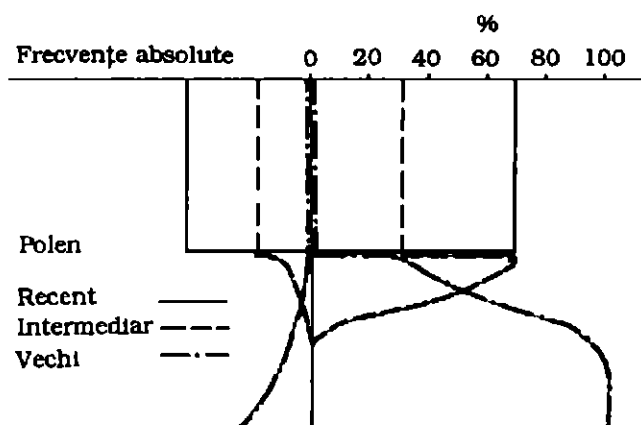
Cele prezentate mai sus conduc la ideea că în soluri există, la orice nivel, polen de vârste diferite. Cu toate acestea, este clar că diagramele sporo-polinice din soluri nu sunt lipsite de interes, numai că ele trebuie interpretate într-o manieră diferită față de cele obținute prin analizarea secvențelor stratificate normal.

**Domeniul spelean** prezintă, și el, trăsături caracteristice din punctul de vedere al sedimentării polinice. Depozitele cavernicole conțin în general o alternanță de depozite clastice și aluviale, stratificate. Abri-urile, care se află la limita dintre siturile epigeice (*open-air sites*) și cele hipogee, conțin de obicei numai depozite clastice.

Palinologia aplicată sedimentelor din peșteri și abri-uri a dus la reconstituirea cronologiei și evoluției climatice a Pleistocenului superior. Deși Dimbleby<sup>74</sup>, ca și mulți alți autori, consideră că diagramele polinice din diferite peșteri și abri-uri prezintă o remarcabilă coerență, Sanchez Goni<sup>75</sup> critică vehement reconstituirea cronologiei climatice pe baza acestora.

În secvențele aluviale polenul este, desigur, cel adus de cursurile de apă, incluzând prin urmare și componenta secundară. În secvențele clastice, polenul este cel transportat anemogam, dar și cel adus în peșteră de afară, în blana diferitelor viețuitoare ce au ocupat peștera. Guano-ul produs de chiroptere, mari consumatoare de insecte, conține de asemenea polen, în special entomogam. Omul preistoric, dacă a locuit cavitatea studiată, a afectat considerabil prin activitățile sale aportul polinic – se cunosc cazuri când mari cantități de materie vegetală au fost aduse în peșteri de către omul primitiv.

Sedimentarea polenului transportat aerian depinde foarte mult de topografia cavității și de traseele curenților de aer ce o străbat. Datorită acestora, în fiecare peșteră există zone de sedimentare preferențială a polenului. În peșterile lipsite de curenți importanți de aer, polenul transportat aerian nu ajunge, în general, mai departe de 10 metri de la intrare. Atât în peșteri, cât și în abri-uri, spectrele polinice sunt puternic afectate de aportul de polen local, produs de plantele din jurul intrării<sup>76</sup>. Farbos<sup>77</sup> a demonstrat prin studii de aeropalinologie că polenul de arbori este mai slab



**Figura 15.** Efectul omogenizării asupra distribuției teoretice a polenului în soluri (după Dimbleby, 1985).

<sup>74</sup> Dimbleby, G.W., *Op.cit.*

<sup>75</sup> Sanchez Goni, M.F. (sub tipar) *Interstadials as identified on archaeological sites: reality or myth?*, AASP Proc.of the Archaeological Palynology Symposium.

<sup>76</sup> Dimbleby, G.W., *Op.cit.*

<sup>77</sup> Farbos, S. (1985) *Réflexions sur les variations quantitatives et qualitatives de spectres polliniques fossiles en grotte*, în Renault-Miskovsky, J., Bui-Thi-Mai, Girard, M.(eds.) *Palynologie archéologique*, Notes et monographies techniques no.17, CNRS-CRA, 39-51.

reprezentat spre capătul peșterilor față de zona intrării, invers față de reprezentarea polenului plantelor erbacee entomogame.

Studiile efectuate de Damblon<sup>78</sup> și Bastin<sup>79</sup> au arătat că în cadrul polenului adus de către apele de infiltrație și încorporat în speleoteme, componenta locală a vegetației este mult mai bine reprezentată față de cea regională.

Putem concluziona, așadar, că sedimentele cavernicole au un conținut de spori și polen destul de redus în general, și care reflectă în special vegetația locală.

Nu putem păcăsi problematica sedimentării polinice fără a aminti de studiul *palinofaciesului*.

Transportul și depunerea particulelor minerale și organice se fac după aceleași legi<sup>80</sup>, fiind controlate de agentul de transport (densitate, competență) și de granulometria particulelor transportate. Așa cum arată Demetrescu<sup>81</sup>, constituția unui spectru polinic este tributară condițiilor ce au controlat geneza depozitelor gazdă și factorilor ce au intervenit în perioada acumulării (și consolidării) acestora. El definește un *indice de palinosedimentare*, ce descrie cantitatea de materie organică extrasă (prin tratamente chimice proprii palinologiei) din unitatea de volum de sediment. Acest indice descrie rata de sedimentare a materialului palinologic și este un parametru important pentru caracterizarea ambianțelor depozitionale. Pentru a se ajunge la o imagine mai clară, este necesară coroborarea valorilor acestui indice în diverse nivele, cu datele obținute prin utilizarea altor indicatori palinosedimentari – *raportul palinomorfe/palinoclaste și indicele de fragmentare* a polenului.

Dar studierea palinofaciesului nu cuprinde numai aceste observații, ci cercetarea totalității materialului observabil în preparatele palinologice, ce este caracteristică fiecărei probe. Astfel, se urmărește cantitatea de materie organică solubilă îndepărtată prin atacul cu baze, ca și proporțiile materiei organice vegetale (debris-uri vegetale), cu gradul său de evoluție (mai mult sau mai puțin degradată), ale debris-urilor vegetale "brunificate", cu gradul lor de fragmentare și de rulare, și ale diverselor debris-uri opace ce pot să apară în preparat.

Toate aceste observații, reunite, dau indicații asupra mecanismelor și mediului de sedimentare.

#### 4. CONSERVAREA POLENULUI

Conservarea polenului depinde pe de o parte de caracteristicile sedimentului în care este încorporat (textură, structură, chimism, regim hidric, activitate biotică etc.), și pe de altă parte de rezistența sa la acțiunea diversilor agenți ce îl pot degrada.

Cu toate că polenul este distrus mai greu decât celelalte părți ale plantelor (datorită deosebitei rezistențe a sporopoleninei din structura învelișului său), el nu este totuși complet imun la degradare; în anumite condiții el poate fi distrus chiar foarte repede. Astfel, pH-uri ridicate (>5,5), cum sunt cele din loessuri sau din solurile carbonatice dezvoltate pe calcare și crete, sunt defavorabile

<sup>78</sup> Damblon, F. (1974) *Nouvelles recherches à la grotte de Remouchamps*, Bulletin de la société royale Belge d'anthropologie et de préhistoire 85, 132–155.

<sup>79</sup> Bastin, B. (1979) *L'analyse pollinique des stalagmites: une nouvelle possibilité d'approche des fluctuations climatiques du Quaternaire*, Annales de la société géologique de Belgique (1978) 101, 13–19.

<sup>80</sup> Dragastan, O., Petrescu, J., Olaru, L. (1980) *Palinologie cu aplicații în geologie*, Editura Didactică și Pedagogică, București.

<sup>81</sup> Demetrescu, E. (1995) *Studiul palinosedimentologic și palinostratigrafic: potențial și aplicabilitate* – rezumatul tezei de doctorat, Editura Universității București.

conservării polenului. Analizarea acestor tipuri de sediment poate da, ocazional, rezultate pozitive<sup>82</sup>, dar conținutul lor de polen va fi, oricum, foarte scăzut.

Peretele polinic este atacat și distrus relativ ușor de către microorganisme (ciuperci, bacterii), în mediu aerob. În aceste condiții, polenul – și materia vegetală în general – se dezagregă ( $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ) sau se transformă în produse de tipul acizilor humici și humaiilor. De aceea, condițiile anaerobe induse de prezența apei și, în special, de acoperirea rapidă cu sedimente fine, impermeabile, ca și pH-urile acide (<5) sau prezența polifenolilor și taninurilor, favorizează conservarea polenului, având o acțiune bacteriostatică.

Dacă sedimentul este aerat datorită porozității, chiar și numai periodic, prin scoaterea din condițiile submerse (mai ales dacă aceasta coincide cu lunile calde, de vară), activitatea microbiologică va duce la distrugerea polenului. În sedimente arenitice el va fi repede levigat, iar porozitatea considerabilă va favoriza, în condiții aerobe, oxidarea sa. Dar chiar și în medii anaerobe există organisme ce degradează polenul<sup>83</sup> – bacteria *Desulphovibrio* își oxidează substratul (deci și polenul din el), în special în condiții umede. Această degradare anaerobă are însă o viteză mult redusă față de cea din mediul aerob.

În ceea ce privește viețuitoarele din sol, Dimbleby<sup>84</sup> consideră că activitățile lor de nutriție nu afectează exina. Cu toate acestea, Scott și Stojanovich<sup>85</sup> au arătat că aceasta este puternic afectată de tranzitarea prin sistemul digestiv al colembolilor.

Coroziunea polenului este deci datorată pe de o parte oxidării biologice, de către microorganisme ce produc sporopoleninaze, iar pe de altă parte oxidării chimice, directe. Zetsche și Källin<sup>86</sup> au dovedit că sporopolenina este autooxidabilă, adică se oxidează în mod natural în condiții aerobe; procesul este mai marcat în condiții uscate<sup>87</sup>. Această oxidare favorizează atacarea polenului de către microorganisme – Heinen<sup>88</sup> a arătat că degradarea enzimatică a cutinei (substanță înrudită din punct de vedere chimic cu sporopolenina) este amorsată prin oxidare.

Diferitele tipuri de polen au rezistențe diferite la oxidare. Urmărind datele din tabelele 7, 8 și 9, se poate vedea că susceptibilitatea la oxidare și coroziune crește odată cu scăderea conținutului de sporopolenină. În plus, produsul de oxidare a sporilor și polenului este solubil în soluții alcaline diluate<sup>89</sup>.

<sup>82</sup> Dimbleby, G.W., *Op.cit.*

<sup>83</sup> Moore, P.D., Webb, J.A., *Op.cit.*

<sup>84</sup> Dimbleby, G.W., *Op.cit.*

<sup>85</sup> Scott, H.G., Stojanovich, C.J. (1983) *Digestion of Juniper pollen by Collembola*, Florida Entomologist 46, 189–191.

<sup>86</sup> Zetsche, F., Källin, O. (1931) *Untersuchungen über die Membran der Sporen und Pollen V, 4. Zur Autooxydation der Sporopollenine*, Helv.Chim.Acta, XIV, 517–519.

<sup>87</sup> Havinga, A.J. (1964) *Investigation into the differential corrosion susceptibility of pollen and spores*, Pollen et Spores, VI, 2, 621–635.

<sup>88</sup> Heinen, W. (1960) *Ueber den enzymatischen Cutin-Abbau; I Mitt.: Nachweis eines "Cutinase"-Systems*, Acta bot.neerl., 9, 167–190.

<sup>89</sup> Havinga, A.J., *Op.cit.*

*Lycopodium clavatum*  
*Polypodium vulgare*  
*Pinus silvestris*  
*Tilia* sp.  
*Alnus glutinosa*, *Corylus avellana*, *Myrica gale*  
*Betula* sp.  
*Carpinus betulus*  
*Populus* sp., *Quercus* sp., *Ulmus* sp.  
*Fagus silvatica*, *Fraxinus excelsior*  
*Acer pseudo-platanus*  
*Salix* sp.

**Tabelul 7.** Susceptibilitatea la oxidare a sporilor și polenului (după Havinga, 1964); susceptibilitatea crește în jos.

<b><i>Lycopodium</i></b> conifere <i>Tilia</i> <i>Corylus</i> <i>Alnus</i> , <i>Betula</i> <i>Quercus</i> <i>Fagus</i>	Se mai cunosc următoarele:  <i>Carpinus</i> este mai sensibil ca <i>Tilia</i> <i>Salix</i> este mai sensibil decât <i>Corylus</i> <i>Fraxinus</i> , <i>Populus</i> și <i>Ulmus</i> sunt mai sensibile ca <i>Alnus</i> și <i>Betula</i>
--	---

**Tabelul 8.** Susceptibilitatea la coroziune a sporilor și polenului (după Havinga, 1964); susceptibilitatea crește în jos.

Taxon	Sporopolenină (%)
<i>Lycopodium clavatum</i>	23,4
<i>Pinus silvestris</i>	19,6
<i>Tilia</i> sp.	14,9
<i>Alnus incana</i>	8,8
<i>Corylus avellana</i>	8,5
<i>Betula verrucosa</i>	8,2
<i>Carpinus betulus</i>	8,2
<i>Ulmus</i> sp.	7,5
<i>Acer negundo</i>	7,4
<i>Quercus sessiliflora</i>	5,9
<i>Populus alba</i>	5,05

**Tabelul 9.** Conținutul de sporopolenină al sporilor și polenului (după Havinga, 1964).

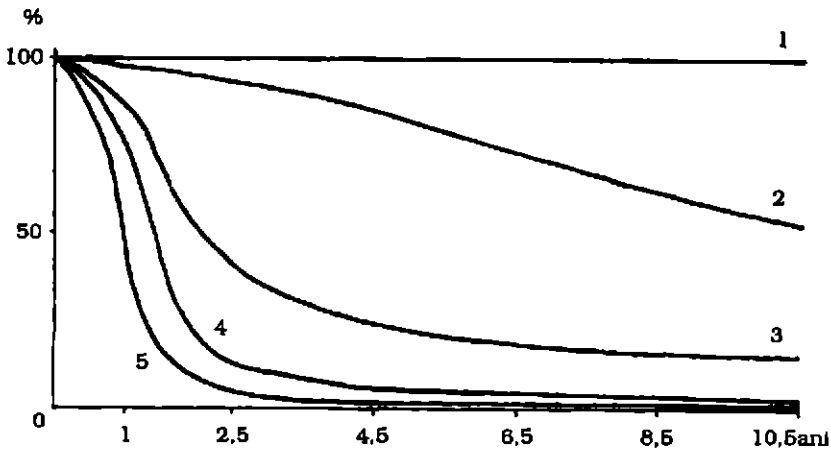
Ținând cont de cele de mai sus, observația lui Weinstein-Evron<sup>90</sup> că spectrele polinice din situri cu veri calde și secetoase conțin, în general, procentaje ridicate de polen de *Asteraceae* – *Liguliflorae* (pe un fond de frecvențe polinice absolute scăzute), se explică prin fenomenul de coroziune selectivă, căci, așa cum a arătat Bottema<sup>91</sup>, acest tip de polen este printre cele mai rezistente la coroziune. Dealtfel, Havinga<sup>92</sup> consideră că în condiții calde și uscate, în afară de tipurile cele mai rezistente, restul polenului nu se

<sup>90</sup> Weinstein-Evron M. (1986) *Pollen spectra from the Acheulean site of Mitzpeh Yiron, Israel: a cautionary tale*, *Pollen et Spores*, XXVIII, 2, 157–165.

<sup>91</sup> Bottema, S. (1975) *The interpretation of pollen spectra from prehistoric settlements (with special attention to Liguliflorae)*, *Paleohistoria*, XVII, 17–35.

<sup>92</sup> Havinga, A.J. (1984) *A 20-year experimental investigation into the differential corrosion susceptibility of pollen and spores in various soil types*, *Pollen et Spores*, XXVI, 3–4, 541–557.

conservă (în soluri) mai mult de 2–3 ani. Și totuși, chiar după atacuri severe prin oxidare experimentală sau coroziune în condiții naturale, unele granule de polen rămân aparent neafectate. Aceasta dovedește că în cadrul aceleiași specii, granulele de polen au rezistențe la degradare oarecum diferite, ceea ce a reieșit și din studiul citat mai sus. Havinga a făcut un experiment, întins pe o durată de 20 de ani, asupra conservării polenului în câteva tipuri de sediment. Figura 16 prezintă evoluția procesului de distrugere a sporilor și polenului în argile aluviale, funcție de rezistența la degradare. Se observă că pentru tipurile cele mai susceptibile, rata de distrugere crește în primul an de la îngropare, atinge valori maxime în următorul an și jumătate, pentru ca apoi să scadă aproximativ logaritmice; la capătul a 18 ani, polenul ce se conservă este rezistent la distrugere.



**Figura 16.** Distrugerea sporilor și polenului în decursul timpului în argile aluviale (după Havinga, 1984); 1 – *Lycopodium*; 2 – *Polypodium*, *Taraxacum*; 3 – *Betula*, *Fagus*, *Juniperus*, *Pinus*, *Quercus*, *Taxus*, *Tilia*; 4 – *Acer*, *Carpinus*, *Fraxinus*, *Populus*, *Salix*, *Ulmus*; 5 – *Alnus*, *Corylus*, *Myrica*.

Și totuși, rezistența la descompunere a diversilor taxoni nu coincide întotdeauna cu ceea ce se deduce din studii. Astfel, polenul de *Alnus* și *Corylus* este considerat a avea o rezistență scăzută la coroziune. Cu toate acestea, ambii taxoni sunt bine reprezentați în spectrele din zone ce au fost favorabile dezvoltării acestor genuri. În cazul genurilor *Acer* (arțar) și *Populus* însă, slaba rezistență la coroziune a polenului se reflectă foarte bine în faptul că el apare extrem de rar în spectrele polinice.

Cushing<sup>93</sup> a definit cinci categorii în care pot fi încadrate granulele de polen, funcție de gradul de conservare – polen *bine conservat* (i), polen *corodat* (ii) – cu mici discontinuități ce afectează, în general, numai ectexina –, polen *degradat* (iii) – cu elementele structurale ale întregii exine fuzionate și difuze (exina devine opacă) –, polen *fragmentat* (iv) și polen *pliat* (v). Studiind relația dintre sedimentul gazdă și gradul de conservare al polenului, el a observat că polenul corodat este mai frecvent în turbe de mușchi, cel pliat – în silturi și mături lacustre –, în timp ce polenul degradat se întâlnește mai ales în silturi.

În concluzie, modul de conservare a polenului este un alt factor important ce afectează structura spectrelor sporo-polinice, și a cărui influență trebuie luată în seamă în etapa de interpretare a diagramelor.

<sup>93</sup> Cushing, E. (1967) *Evidence for differential pollen preservation in the late Quaternary sediments in Minnesota*, Rev.Paleobot.Palynol., 4, 87–101.

## 5. SUBREPREZENTARE / SUPRAREPREZENTARE

Pentru a încheia, este utilă o scurtă expunere a consecințelor generate de diferențele de productivitate polinică, de capacitatea de dispersare și de modul de conservare a sporilor și polenului – *subreprezentarea și suprareprezentarea* taxonilor în spectrele sporo-polinice.

În general, datorită productivității polinice și capacității de dispersare, polenul plantelor zoogame este subreprezentat în spectrele polinice, în timp ce polenul anemogamelor este suprareprezentat. Această situație se inversează în cazul sedimentării polinice cavernicole unde, pe un fond de aporturi polinice slabe (în special de polen anemogam), are loc o îmbogățire relativă în polen entomogam provenit din blana animalelor ce locuiesc peșterile, sau din dejectiile chiropterelor. Acest fenomen se poate traduce și prin subreprezentarea, în peșteri, a polenului de arbori (în general anemofili), și prin suprareprezentarea polenului de plante erbacee, față de situația existentă, de exemplu, în spectrele polinice din ipotetica pădure aflată în jurul intrării peșterii.

De asemenea, polenul plantelor ce formează etajul inferior de vegetație al unei păduri, tinde să fie subreprezentat în spectrele polinice din afara pădurii – datorită capacității de dispersare mai slabe (ele sunt în general entomogame) față de cea a polenului produs de arborii pădurii sau de ierburile din afara pădurii, dar și datorită faptului că transportul polinic prin spațiul dintre trunchiurile arborilor are o amploare redusă. Polenul acestor plante va fi însă bine reprezentat în solul pădurii; în principiu, polenul entomogamelor tinde să fie suprareprezentat în solul de la baza acestor plante, fie că ele se dezvoltă în pădure, fie că se dezvoltă sub arbori izolați. În acest din urmă caz (vezi figura 17), polenul anemogam al arborelui va fi dispersat la distanțe mari de către curenții atmosferici din jurul coroanei și de dedesubtul acesteia, coroana formând un ecran pentru polenul sosit de sus. La fel, polenul de *Ilex aquifolium* (laur), slab reprezentat, în general, în spectrele polinice – datorită productivității sale scăzute –, poate să apară suprareprezentat dacă se analizează solul pădurilor pe care acesta le formează, sol pe care cad amănți masculi după polenizare<sup>94</sup>.

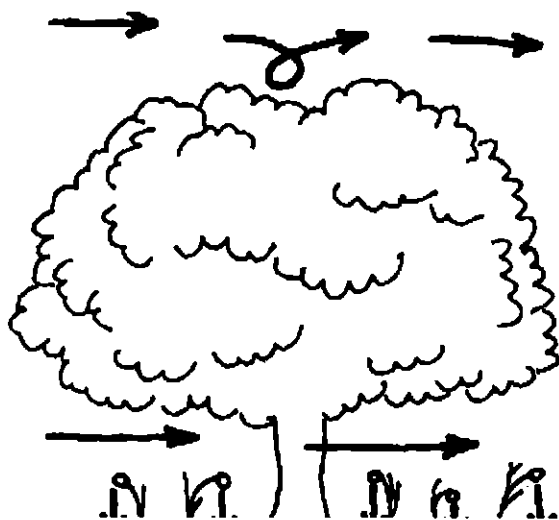


Figura 17. Preponderanța aportului polinic al plantelor joase sub coroana unui arbore izolat (după Barthelemy, 1985).

Printre situațiile de subreprezentare a arborilor în spectrele polinice trebuie citat cazul speciei *Corylus avellana*, care, în populație densă nu mai înflorește (deci nu mai produce polen), înmulțindu-se prin drajonare, și cazul genurilor *Quercus*, *Castanea*, *Fraxinus*, a căror înflorire poate fi inhibată prin tăierea regulată a ramurilor, practică utilizată în economia agricolă tradițională, în scopul obținerii de nutreț.

Plantele cleistogame vor fi, evident, subreprezentate în spectrele polinice (chiar și în spectre din interiorul populației), în afară de cazul sedimentelor antropice din puncte de depozitare temporară, înainte de treierare, sau de treierare (în cazul cerealelor), unde polenul acestor plante poate atinge concentrații considerabile. Această subreprezentare a cerealelor este, dealtfel, cauza pentru care începuturile

<sup>94</sup> Faegri, K., Iversen, J., *Op.cit.*

practicării agriculturii de către omul preistoric sunt atât de delicat de pus în evidență prin studii palinologice.

Fenomene de sub- și suprareprezentare pot să apară și datorită conservării diferite a diversilor taxoni. Astfel, orice diagramă polinică în soluri arată că nivelurile superioare conțin mult mai mulți taxoni față de cele inferioare, în care majoritatea polenului a fost distrus. Prin urmare, spori ferigilor și tipurile de polen mai rezistente la degradare vor fi suprareprezentate în nivelurile inferioare. Suprareprezentarea taxonilor cu polen rezistent la coroziune este, de altfel, generalizată în toate sedimentele ce prezintă condiții defavorabile conservării, cum este cazul polenului de *Asteraceae-Liguliflorae* din solurile regiunilor cu climă caldă și secetoasă.

În soluri, suprareprezentarea speciilor entomogame se poate datora și activității speciilor de insecte ce își sapă cuiburi și galerii.

Numeroși autori au încercat, în decursul timpului, să pondereze, în cadrul diagramelor sporo-polinice, curbele anumitor taxoni, înmulțind valorile lor cu coeficienți (calculați prin diverse metode) ce cuantificau productivitatea polinică și capacitatea de dispersare. În realitate, însă, există atâția alți factori ce influențează conținutul sporo-polinic al sedimentului încât, chiar dacă astfel de coeficienți ar fi perfect calculați, utilizarea lor ar genera mai degrabă confuzie, în loc să aducă lumină în interpretarea diagramelor sporo-polinice.

## THE FACTORS THAT INFLUENCE THE STRUCTURE OF POLLEN SPECTRA

### Abstract

The paper is a review of the main factors influencing the structure of pollen spectra. *Pollen productivity* is controlled by the dispersal efficiency of pollen grains, which depends on the transport agent. Anemophilous species generally have higher pollen production than entomophilous ones. Pollen productivity also varies within the same species, depending on the environment, and even within one individual, from one year to another. *Pollen dispersal* depends on the transport agents. Entomophilous species have poor pollen dispersion, whereas the pollen of anemophilous ones can be transported over great distances. Cleistogamous species show low pollen productivity and very poor pollen dispersal. The pollen influx in one particular place represents a very small fraction of the pollen quantities that are transported through the atmosphere; this pollen influx is made of pollen coming from different distances. *Pollen sedimentation* differs from one depositional environment to another. Pollen spectra of marine sediments reflect very distorted and biased images of the vegetation on the continent. Fluvial deposits contain mixtures of pollen coming from all vegetal associations of the river catchment area. Lacustrine sediments, well-stratified and favoring pollen preservation, are very suitable for pollen analysis and vegetation reconstructions, as are also peat bogs. Although absolute pollen frequencies are very low in glaciers, pollen is well stratified. True pollen stratification does not exist in soils, due to the migration of pollen mediated by gravitation, water or living creatures;

this leads to a mixing of the pollen of different ages. Rock shelter- and especially cave sediments, even if generally suitable for pollen analysis, can yield biased pollen spectra as a result of air streams controlled by the cavities topography. Due to their sporopollenin content, pollen and spores are exceptionally resistant to the action of agents that destroy vegetal matter, except oxidation. Well-aerated and high pH environments favor their chemical or biochemical corrosion. Pollen susceptibility to corrosion varies from one species to another and seems to be controlled mainly by the sporopollenin content; high values of the latter induce high resistance of pollen to corrosion. As a result of the interaction of all these factors, certain species may be over- or under-represented in pollen spectra in particular conditions.