

Komplex archeobotanika

Szerkesztette

Törőcsik Tünde – Náfrádi Katalin – Sümegi Pál

GeoLitera

HU ISSN 2060-7067

Kiadó

SZTE TTIK Földrajzi és Földtani Tanszékcsoport

Sorozatszerkesztő

Pál-Molnár Elemér

A sorozat szerkesztőbizottsága

Geiger János
Hetényi Magdolna
Keveiné Bárány Ilona
Kovács Zoltán
M. Tóth Tivadar
Mezősi Gábor
Mészáros Rezső
Rakonczai János
Sümegei Pál
Unger János

A Geoszférák időszaki kiadvány köteteinek grafikai terve Jacob Péter és Pál-Molnár Elemér munkája

Címlapfotó: A

KOMPLEX ARCHEOBOTANIKA

Szerkesztette
Törőcsik Tünde – Náfrádi Katalin – Sümegei Pál



GeoLitera
SZTE TTIK Földrajzi és Földtani Tanszékcsoport
Szeged, 2015

A kötetet sajtó alá rendezte

Pál-Molnár Elemér

Szerkesztők

Törőcsik Tünde

Náfrádi Katalin

Sümegei Pál

Szerzők

P. Barna Judit

Bede Ádám

Bodor Elvira

Guyás András

Jakab Gusztáv

Misi Dávid

Náfrádi Katalin

Persaits Gergő

Sümegei Pál

Torma Andrea

Törőcsik Tünde

Tövisskes Rita Judit

© SZTE TTIK Földrajzi és Földtani Tanszékcsoport, 2015

Minden jog fenntartva

Nyomda

Innovariant Nyomdaipari Kft., Szeged

Felelős vezető Drágán György

6750 Algyő, Ipartelep 4.

GeoLitera

SZTE TTIK Földrajzi és Földtani Tanszékcsoport

Felelős kiadó Pál-Molnár Elemér

6722 Szeged, Egyetem u. 2.

www.geolitera.hu

TARTALOMJEGYZÉK

Előszó

Sümegei Pál

1. Bevezetés. A komplex régészeti növénytan (archeobotanika) tárgya, módszertana és kutatástörténete

Sümegei Pál, Náfrádi Katalin, Törőcsik Tünde

2. Antropogén és természetes üledékgyűjtő rendszerek elemzésének jelentősége a komplex archeobotanikában

Sümegei Pál, Jakab Gusztáv, Náfrádi Katalin, Törőcsik Tünde, Gulyás András, Bede Ádám

3. A komplex archeobotanikai nemzetközi és magyarországi kutatástörténete

Sümegei Pál, Náfrádi Katalin, Törőcsik Tünde, Jakab Gusztáv

4. A régészeti lelőhelyekről, régészeti objektumokból előkerült növényi magvak és termések vizsgálata és értékelése – klasszikus archeobotanika

Torma Andrea, Sümegei Pál

5. Régészeti és paleoökológiai lelőhelyekről származó szenült famaradványok vizsgálata és értékelése

Náfrádi Katalin, Sümegei Pál

6. Az évgyűrkutatás szerepe az archeobotanikában – A dendrokronológia

Misi Dávid, Náfrádi Katalin, Sümegei Pál

7. Régészeti lelőhelyekről származó fitolit vizsgálatok jelentősége az archeobotanikában

Persaits Gergő, Sümegei Pál

8. Régészeti lelőhelyekről származó pollenanyag vizsgálatok jelentősége az archeobotanikában

Törőcsik Tünde, Töviskés Rita, Bodor Elvira, Sümegei Pál

9. Paleoökológiai lelőhelyekről származó növényi magvak, termések, növényi maradványok jelentősége az archeobotanikában

Jakab Gusztáv, Sümegei Pál

10. Paleoökológiai lelőhelyekről származó szenült fák jelentősége az archeobotanikában – microcharcoal elemzés

Náfrádi Katalin, Jakab Gusztáv, Sümegei Pál

11. Paleoökológiai lelőhelyekről származó pollenvizsgálatok jelentősége az archeobotanikában

Törőcsik Tünde, Töviskés Rita, Bodor Elvira, Sümegei Pál

12. Sormás-Török-földek régészeti lelőhely archeobotanikai vizsgálata – Esettanulmány

Náfrádi Katalin, Sümegei Pál, P. Barna Judit

13. Komplex archeobotanikai modellek régészeti felhasználása

Sümegei Pál, Náfrádi Katalin, Törőcsik Tünde

Irodalomjegyzék

A kötet szerzői

PALEOÖKOLÓGIAI LELŐHELYEKRŐL SZÁRMAZÓ NÖVÉNYI MAGVAK, TERMÉSEK, NÖVÉNYI MARADVÁNYOK JELENTŐSÉGE AZ ARCHEOBOTANIKÁBAN

9.

9.1. Bevezetés

A növényi makrofossziliák olyan maradványok, melyeket szabad szemmel (esetleg szemüveggel) is látunk, és pusztá kézzel tudjuk azokat kezelni. Annak ellenére, hogy szabad szemmel látható maradványokról beszélünk, a határozás nem nélkülözheti a mikroszkópok használatát. A makrofossziliák mérete 0,3 mm-től néhány centiméterig változhat. Leggyakrabban 0,5-5,0 mm nagyságúak. Az alsó mérettartományt a használt sziták lyukbősége is meghatározza, többnyire 250-300 μm -es szitákat használnak. A teljes és nem töredékes állapotban előkerült makrofossziliák közül ebben a mérettartományba esnek például a rucaöröm (*Salvinia natans*), a csipkeharaszt (*Selaginella selaginoides*) makrospórái vagy a szivacsok (*Porifera*) gemmulái.

Archeobotanikai jelentőségüket az adja, hogy a régészeti lelőhelyek jelentős része

tavak, lápok és mocsarak partján található meg, ahol az emberi tevékenység, a növényzet átalakítás közvetlenül megfigyelhető az adott üledékgyűjtő (tó, láp, mocsár) medence rétegsorából sorozatban kiemelt minták makrobotanikai elemzésével. Kiemelkedő jelentősége van a makrobotanikai vizsgálatnak, mivel a lokális, közvetlenül az üledékgyűjtő körül kifejlődött növényzet változásairól hordoz információkat. A makrobotanikai adatai attól függnnek, hogy az üledékgyűjtő medence vízgyűjtő területe mekkora és erre a területre vonatkoztatható a makrobotanikai adatsor (9.1. ábra).

A makrobotanikai anyag felső mérettartományát behatárolja a mintavétel során alkalmazott térfogat. Például egy 10 cm hosszú fenyőtoboz nem kerülhet bele egy 10 cm^3 -es mintába, de a különálló tobozpikkelyek igen. A tőzegprofilokból vagy feltárásokból természetesen előkerülhetnek hatalmas, akár méteres nagyságú marad-

ványok is, ezeket megafossziliáknak nevezzük. Ezek ugyan nagyon látványosak, és sok értékes információt szolgáltatnak, de a szisztematikus mintavétel során nem tudjuk őket figyelembe venni.

A leggyakrabban vizsgált makrofossziliák a magvak és a termések – a karpológiai tudományterület kedvenc vizsgálati objektumai. Ezen szervek a növények jelentős részénél nagyon ellenállóak, mert a maghéjnak, illetve a terméshéjnak érzékeny szerveket (embrió) kell megvédenie a környezet viszontagságaitól. Így az üledékben is gyakran megmaradnak. További maradványok a vegetatív részek, mint a levelek, szárak, gyökerek, rügyek, virágok, fás részek, valamint a mohák. A makrofossziliák közé sorolhatjuk a famaradványokat és faszeneket is, de ezek határozásával más tudományág (anthrakológia) foglalkozik. A hagyományos makrofosszília vizsgálatok során csak a fák és a faszenek mennyiségét jegyezzük fel, a taxonómiai határozást elkülönítve végezzük.

A makrofossziliák közé tartoznak még egyes virágtalan növények szaporító képletei, makrospórái is (csillárkamoszatok női ivarszervei – *Chara* oogoniumok, *Salvinia* makrospórák). A vizsgálatok során gyakran kerülnek elő állati maradványok is (pl. árvaszúnyog fejtokok, ágascsapú rák - *Cladocera* héjak és ehippiumok (nyeregnek nevezett megvastagodott héjrészlet téli petékkal az ágascsapú rákoknál), bryozoa statoblastok (mohaállatok áttelelő formái), tegzes lakótokok, kagylósrák - *Ostracoda* héjak, stb.). Ezek határozása specialistát kíván, de feljegyezhetjük az egyes maradványok teljes mennyiségét, a többi makrofosszília mellett.

A negyedidőszaki makrofossziliák többnyire nem valódi fossziliák, mert a szerves anyagot még nem helyettesítette szervesetlen anyag. Helyesebb lenne ezért a szubfosszília kifejezés használata, de az egyszerűség

kedvéért legtöbbször csak a fosszília kifejezést alkalmazzuk. A negyedidőszaki nyomfossziliák viszonylag ritkák, ilyenekkel találkozhatunk például az édesvízi mészkövekben.

Milyen előnnyel jár a makrofosszília analízis egy komplex archeobotanikai vizsgálat során?

A makrofossziliák többnyire pontosabb határozást tesznek lehetővé, mint a pollenek, gyakran faj szinten tudunk határozni.

A makrofosszília vizsgálatokkal olyan taxonokat is ki lehet mutatni, amelyek nem vagy csak kevés pollent termelnek. Esetleg a pollenjük vagy spórájuk nehezen határozható. Ilyenek jellemzően a mohák.

A makromaradványok relatíve nehezek és általában nem terjednek messze a szülő példánytól. Egyes esetekben a folyók és patakok távolabbra is elszállíthatják a magokat. A téli szelek a magokat és leveleket a hó és a jég felszínén néhány kilométer távolságra is elszállíthatják. Ezek a folyamatok jelentősek lehetnek a jégmentessé váló területeken a növényzet megtelepedésében. Ennek ellenére a makrofossziliák többnyire a helyi, néhány méteren belül betemetődött, ún. „extralokális vegetáció” maradványait képviselik az üledékgyűjtő rendszerekben.

Alacsony pollenprodukciónal jellemezhető vegetációs típusokban a távolsági és regionális pollen elfedheti a helyi eredetű, ún. lokális és extralokális polleneket, megnehezítve ezzel a pollen alapú vegetáció rekonstrukciót. Ilyen esetben nagy segítséget jelentenek a makrofossziliák.

Mivel a makrofossziliák szerves anyagokból épülnek fel, csak olyan helyen maradhatnak fenn, ahol a bomlási folyamatokat valamilyen környezeti tényező akadályozza. Ez lehet az oxigénszegény környezet, vízborítás, alacsony pH, a száraz vagy éppen a fagyos környezet. Leggyakrabban a tavak és a lápok üledékét tanulmányozzák, mert ezekre az üledékgyűjtőkre a fo-

lyamatos üledéklerakódás jellemző, és a relatíve gyors üledékképződés lehetővé teszi a részletes vegetáció- és környezet-történeti elemzéseket.

A lápok alatt a helyben élő növények maradványaiból tőzeg halmozódik fel, tehát a tőzeg összetételében tükröződik az egykori tőzégképző vegetáció összetétele. A tőzegben a magok és termések csak szórványosan fordulnak elő, különösen a tőzegtóhalápok alatt képződött *Sphagnum*-tőzegen. Ilyenkor a vegetatív részek, különösen a mohák és a gyökerek határozása válik fontossá.

A tavak üledékében található makrofossziliák származhatnak a helyi vegetációból, de a vízgyűjtő területről is, pl. a tóparti mocsárból vagy a szárazföldről is. A maradványokat a szél, a felszíni vízfolyások, a madarak, a talajfolyás, vagy hegyvidéken a lavinák szállíthatják az üledékgyűjtőbe.

Mezotróf, gyöker- vagy mohatőzegekből a magvak gyakran elég nagy mennyiségben találhatóak, de az oxidatív környezet miatt megtartásuk legtöbbször elég gyenge. Lápi környezetben a vegetáció szűrő hatása miatt az üledékben főleg autochton maradványokat találhatunk, tehát a vízi vegetáció maradványait, legnagyobb tömegben gyökereket, mohákat és magvakat.

A leggyakoribb makrofossziliák a tavi üledékekben a magvak és termések. A sokkal törekenyebb levelek és virágok csak szerencsés körülmények között maradnak fenn, például lassan folyó vizek által lerakott üledékekben vagy a vízi-vízparti növényzet között lerakott üledékben. Tavi üledékekben a lágynövényi részek lebomlanak, mert a bentosz szervezetek elfogyasztják, vagy a vízmozgás és a hullámlás felaprózzák őket (Birks, Birks, 1980).

Watts (1978) vizsgálatai szerint makrofossziliákat tartalmazó minták gyűjtéséhez ideálisak az olyan kisméretű üledékgyűjtők, ahol a szárazföldi vegetáció közvetlenül érintkezik a vízfelülettel, tehát nincs

például nádas zóna, ami kiszűrné a maradványokat. Másrészt ideális az, ha a víz szintje állandó, nincs kifolyás vagy hozzáfolyás, ami csökkenti az oxidációt.

Sajnos ezek a feltételek a Kárpát-medencében a legritkább esetben teljesülnek (lásd a második fejezetben a 2.10. ábrát). Az üledékgyűjtőket, medreket rendszerint kiemelkedő vízinövények által alkotott zóna (pl. nádas) veszi körül, vagy a medret teljesen beborítja a vegetáció (mocsarak, lápok). Ennek oka az, hogy a többé-kevésbé kontinentális éghajlatunkon a vízszint ingadozása kedvez a makrofita vegetáció terjedésének. Ez a tavak partján található sűrű növényzetből álló szűrő igen jelentős mértékben meg tudja akadályozni például az eldőlt fák faanyagának az üledékgyűjtő rendszerbe történő bejutását. Viszont a hiánya nyomán döntően emberi hatásra következtethetünk – itatópart kialakítása, víznyerő hely kialakítása, gázló, stb.

A Kárpát-medencében elsősorban a szerves anyagban gazdag késő-glaciális és holocén tavi üledékek és tőzegen alkalmazott makrofosszília vizsgálatokra, azokból elsősorban a vízi, mocsári és lápi vegetáció fejlődése rekonstruálható.

Más környezetben a növényi maradványok csak valamilyen egyedi esemény nyomán maradhatnak meg. Az egykori talajok magkészetét megőrizheti a permafroszt, vagy vulkáni hamuszórás is. Makrofossziliák előkerülhetnek folyóvízi üledékekből is. A jégkorszaki folyók olvadékvíz síkságain szerves üledékek is felhalmozódnak a csendes visszaduzzadó vízű medrekben, melyek később eltemetődnek. A glaciofluvialis üledékekben található szervesanyag lencsék nagyon fontos vegetáció-történeti bizonyítékok. A hegyi patakok kis öbleiben a falevelek őrződnek meg kiválóan. Faleveles rétegek megőrződhetnek mind mérsékelt övi, mind glaciális tavakban.

A makrofossziliák további forrását jelentik a régészeti feltárások (Gyulai, 2001, 2010).

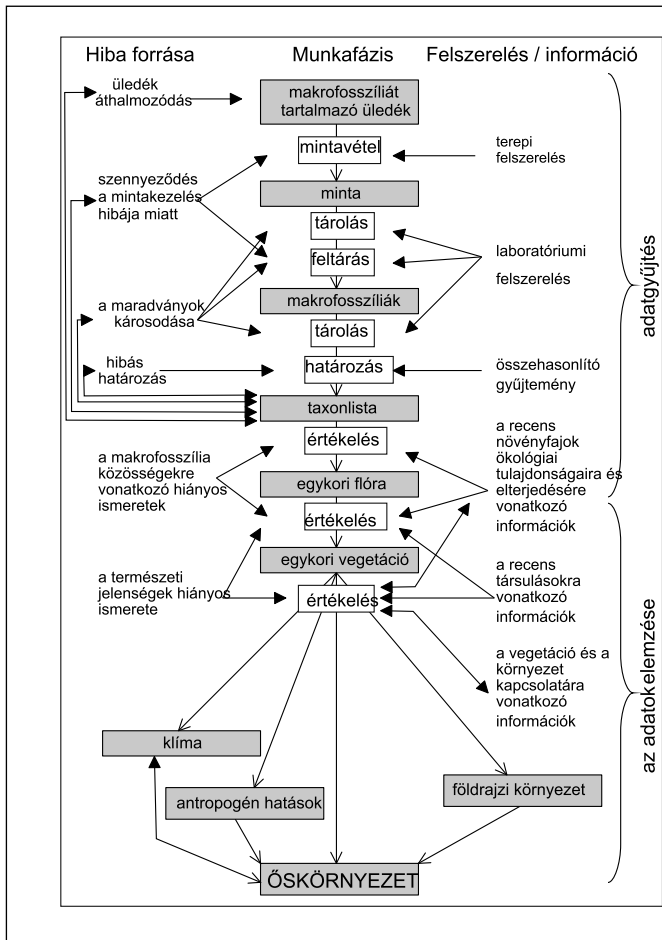
Fontos információ forrást jelentenek az egykoron élt emberi közösségek életformájáról és gazdasági tevékenységéről. A maradványok megőrződhetnek nedves (kutak, vízparti épületek alapja) vagy száraz (sírok, szemétdombok) körülmények között. Gyakran szenesedett növényi maradványok kerülnek csak elő (égés, vagy égetés hatására). A makrofosszília vizsgálatok kivitelezésének teljes folyamatát a 9.1. ábra mutatja be.

9.2. A mintaterületek kiválasztása

A makrobotanikai vizsgálatokra alkalmas mintaterületek elhelyezkedését alapvetően a klimatikus és a hidrogeológiai viszonyok határozzák meg. Makrofosszília vizsgálatokra leginkább a savanyú tőzegmohalápok alkalmasak, de ezek száma klimatikus okok miatt elég korlátozott Magyarországon (9.2. ábra). A bázikus tőzeglápok jóval gyakoribbak, és az Alföld szárazabb klímájú területein is megjelennek. A különböző tavak üledékei is alkalmasak lehetnek a makrobotanikai vizsgálatokra.

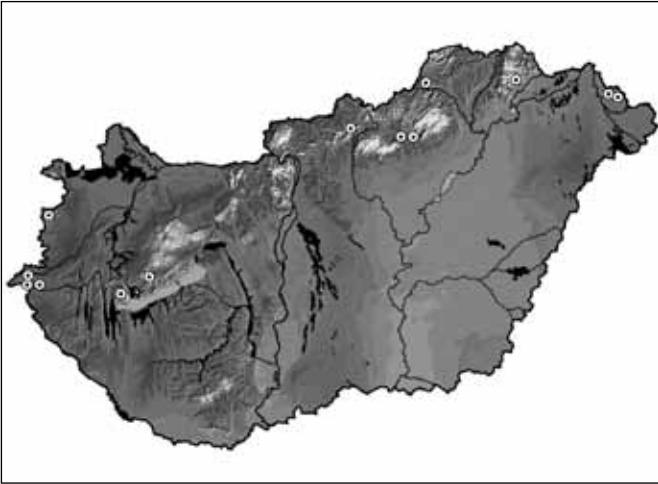
A különböző tavak üledékei is alkalmasak lehetnek a makrobotanikai vizsgálatokra.

Magyarország a Kárpát-medence központi részén helyezkedik el. Éghajlata mérsékelt kontinentális, de nyugatról óceáni, délről mediterrán klímahatások érik. Az ország klímájára jelentős hatással van a medence jelleg, így a központ felé haladva egyre nő a kontinentalitás és csökken a csapadék mennyisége. A peremterületeken, keleten és északon a Kárpátok, nyugaton az Alpok hegyvidéki klímájának a hatása érvényesül. A terület medence jellege legszembetűnőbben az éves csapadék mennyiségében nyilvánul meg. Legszárazabb az Alföld központi része (pl. Hortobágy), ahol az éves csapadék mennyisége gyakran az 500 mm-t sem éri el. A peremterületek felé haladva a csapadék mennyisége fokozatosan növekszik. Legcsapadékosabb az ország nyugati vége, ahol az



9.1. ábra – A makrofosszília elemzés folyamatábrája

A középső oszlop az egymást követő munkafázisokat mutatja be a mintavételtől az öskörnyezeti és paleoklíma rekonstrukcióig. Az ábra a szükséges felszerelést és információt jobb oldalon mutatja. A bal oldali részen a lehetséges hibaforrásokra hívjuk fel a figyelmet (Birks, 2007 után módosítva).



9.2. ábra – Tőzeges területek (sötét foltok) és tőzegmohalápok (körök) Magyarországon

éves csapadék mennyisége a 900 mm-t is meghaladhatja. Az alföldi területeken általában 500-550 mm, a középhegységekben 600-800 mm csapadék esik. A potenciális vegetáció ennek megfelelően az Alföldön az erdőssztyepp, a középhegységekben pedig a lombos erdők. A fenyves öv teljesen hiányzik.

Magyarország kontinentális klímája nem kedvez a *Sphagnum*-lápok kialakulásának. A *Sphagnum* lelőhelyek száma alig haladja meg az ötvenet, az Alföld legszárazabb középső részein még szórványos tőzegmoha előfordulások sincsenek. A *Sphagnum*-lápok száma a húszat sem éri el, legtöbbjük kicsi, mindössze néhány hektár kiterjedésű. Valódi dagadólápok nincsenek. A tőzegmohalápokat lombos erdők veszik körül. A legtöbb tőzegmohaláp az óceáni klímahatás alatt álló nyugati országrészben és a kárpáti klímahatás alatt álló Északi-középhegységben és Észak-Alföldön van (Boros, 1968; Szurdoki, Nagy, 2002). Alföldi körülmények között *Sphagnum*-lápok Európában a legdélebben az Észak-Alföldön vannak. Ennek ellenére Magyarország gazdag lápterületekben, a

tőzeges talajok kiterjedése a lecsapolások előtt meghaladta a 90000 hektárt, a becsült tőzegmennyiség pedig a 973 millió tonnát (Dömsödi, 1988). Ez a tőzeg azonban nem savanyú *Sphagnum*, hanem bázikus nád vagy sástőzeg. Óriási területeket foglaltak el ezek a lápok az Alföld tektonikus süllyedék területein, valamint a nagy tavak partján, mint a Balaton és a Fertő tó.

Klimatikus okok miatt a *Sphagnum*-lápok a Kárpát-medencében határhelyzetben vannak. A helyi hidrológiai és mikroklimatikus viszonyok

megváltozása, megváltoztatása, pl. az erdőirtások miatt, a *Sphagnum*-ok sok helyről eltűntek (Borhidi, Sánta, 1999; Lájér, 1998). A *Sphagnum*-lápok kiszáradásakor a helyi viszonyoknak megfelelően a nád, a hüvelyes gyapjúsás, a különböző sásfajok vagy a nyírfa tör előre. Az alföldi tőzegerületeken a nagyobb tavak partján jellemzőek a nagy kiterjedésű nádasok, nádból, gyékényből és sásból kialakult tőzegrétegek. Igen fontosak az úszólápok, melyek néha a lápoktól eléggé idegen szikes vizeken is megjelennek (pl. Fertő-tó, Velencei-tó) (Borhidi, Balogh, 1970; Balogh, 2000a,b).

Alacsonyabb vízszintnél a zombékosok (főleg zombéksás - *Carex elata*) jellemzőek, amelyek semlyékeiben gazdag hínárvegetáció él. A kiszáradó részekén magassásos rétek és láprétek helyezkednek el. A múlt századi vízrendezések miatt a lápok jelentős része átalakult, a nádasok és zombékosok lápréteknek adták át a helyüket (Lájér, 1998). Határhelyzetük miatt a Kárpát-medencei lápok a klíma változásaira nagyon érzékenyen reagálnak, ezért tőzeglápi klímarekonstrukció szempont-

jaból érdekes lehet az összehasonlításuk a boreális területekkel.

Kisebb tőzeges tavaknál elég egyszerű a fúrásponzt kiválasztása. Törekedni kell a meder legmélyebb részének megfúrására, hogy minél hosszabb fúrásmintánk legyen. A legmélyebb rész szimmetrikus mederprofil, és kerekded partvonal esetében a lóp központi részén van. Hosszúkás alakú medrek esetében (pl. feltöltődött holtágak) bonyolultabb a helyzet.

Érdeemes áttekinteni a meder növényzetét előzetes terepbejárással, és a legmélyebb és leginkább feltöltődött részen próbafúrást végezni. Amennyiben a mederprofil nem szimmetrikus, a fúrásponzt nem a meder központi részén, hanem valamelyik parthoz közelebb mélyítjük le. Ez gyakran előfordul például csuszamlással keletkezett medreknél, de felhagyott folyómedreknél is. Előzetesen tanulmányozni kell a terület geomorfológiai viszonyait is.

Nagyobb vizes élőhelyeknél a fúrásponzt kiválasztásánál előzetesen érdemes légi- és űrfelvételeken (pl. GoogleEarth, SPOT4), valamint topográfiai térképeken átvizsgálni a kutatási területet. Igyekezünk a mesterséges lecsapoló csatornáktól és a bolygatott területektől távolabb fúrásponzt keresni. A fúrásponzt kiválasztásakor törekedni kell arra, hogy gépjárművel amennyire lehet meg tudjuk közelíteni. Amennyiben nagyobb választék van a fúráspontokból, és régészeti lelőhelyek vannak a közelben, igyekezünk a régészeti lelőhelyekhez közelebbi fúrásponzt kiválasztani, hogy az esetleges antropogén hatások jobban kimutathatóak legyenek.

9.3. Terepi mintavételi módszerek

A negyedidőszaki lápi és tavi üledékekből fúrással lehet mintát venni. A makrofoszszília vizsgálatokhoz a pollenanalízisnél

nagyobb térfogatú üledékre van szükség, ezért nagyobb átmérőjű, nagyobb magminta vételére képes fúrót kell használni. Mivel a kutatások többségének ma már komplex paleoökológiai vizsgálat a célja, ezért a különböző vizsgálati módszerekhez is megfelelő mennyiséget kell, hogy biztosítson ugyanaz a magminta, mert csak így alakítható ki a többirányú vizsgálati megközelítések nyomán létrejövő, ún. *multi-proxi* adatok vagy adatsorok korrekt összehasonlító elemzése. Ezért is kell törekedni zavartalan magfúrás és minél jelentősebb szélességű fúrásmag kinyerésére. A nagyméretű magmintát az is indokoltá teszi, hogy a finomabb időbeli felbontású paleoökológiai vizsgálatokhoz sűrűbb mintavételre van szükség (akár 1-2 cm).

A mintavétel egy ritkábban alkalmazott esete a monolit kinyerése. Ilyenkor egy feltárást készítünk, és a feltárásból emelünk ki egészben nagyobb méretű üledéktömböket. Esetleg pontszerű mintákat veszünk a feltárás letisztított felszínéből. Ilyen feltárásokat kiszáradt, részben kibányászott tőzegtelepeken, folyópartokon, kavicsbányákban vagy régészeti lelőhelyeken találhatunk, vagy a szabályozott talajvíztükörrel rendelkező, kiszáritott lápterületen magunk alakíthatjuk ki a szelvényt.

A könyvben bemutatott, makrobotanikai szempontból is feltárt fúrásokat a paleoökológiai vizsgálatok során nemzetközileg elfogadott és használatos „Orosz-fejes” kézi-fúróval, valamint Livingstone fúróval végeztük. Ezekkel az egyszerű fúrókkal zavartalan magmintát tudunk venni az üledékből. Viszont több fúrás nagy teljesítményű motoros fúróval, kettős béléscsőves technikával tudtuk csak lemélyíteni (hortobágyi elhagyott folyómedrek: Halasfenék, Mátá, Szálkahalom, Kunkápolnás, illetve tiszadobi Sarlóhát meder, újszentmargitai meder), mert a ciklikus vízborítások nyomán kifejlődött keményebb üledék nem tette lehetővé a kézi fúrás.

A folyamatos és bolygatatlan magmintát laboratóriumban a különböző vizsgálati céloknak megfelelően hosszában elvágtuk, és a makrofosszília vizsgálatokra, valamint a későbbi pollenanalitikai, quartermalokológiai és geokémiai elemzésekre szánt részeket 4°C-on tároltuk.

A fúrásokból zavartalan mintavételt két kézi fúróval, az üledékgyűjtő medencéket bemutató ún. Orosz-fejes fúróval és módosított Livingstone fúróval, illetve nagy teljesítményű gépi, bélésűcsöves magfúrásokkal biztosíthatunk. Az Orosz-fejes fúró vagy mintavevő zárt kamrába gyűjti a mintákat és bolygatatlan mintavételt tesz lehetővé. Elsősorban tőzegrétegek mintavételére használják, ahol kézi erővel viszonylag könnyen belenyomható az üledékbe a mintavevő, majd a terelőlemez az óramutató járásának megfelelően, 180 fokkal elforgatva kb. 5-15 cm átmérőjű, 40-100cm hosszú üledéket vágunk ki és zárunk a fúrófej félhenger alakú kamrájába. Előnye a fúrófejnek, hogy nem változtatja meg az üledék szerkezetét, így az üledék szerkezeti, beágyazódási, finomrétegtani, üledék röntgenanalitikai, vagy üledékcsiszolati vizsgálatokra egyaránt megfelelő mintákat biztosít.

Geokémiai vizsgálatnál figyelembe kell venni a fúrófej kémiai összetételét is, mert befolyásolhatja a vizsgálat eredményeit. A fúrófej hátránya, hogy keményebb anyagcsomók, kövek, fagyökerek, esetleg fadarabok beakadhatnak a terelőlemez és a mintatér (kamra) közé, és ezek megakadályozhatják a terelőlemez záródását. Ugyanakkor keményebb üledékrétegek (kavicsos homok, kavics) deformálhatják a fúrófejet is. Tavi üledékrétegek feltáráshoz az eredeti leíráshoz képest módosított Orosz-fejet (Sümegei, 2001) kell használni vastagabb kamra- és terelő lemezzel, hogy a keményebb üledékrétegekben a fúrófej deformációját elkerüljük.

A feltöltődött tavak rétegeinek feltárára fejlesztették ki a Livingstone-fúrót 1955-ben. Ezt módosították egy vágóél kialakítással 1967-ben. A Livingstone-fúró egy cső, amelyben dugattyút helyeztek el. A fúrófejben lévő dugattyú megakadályozza a csőbe került levegő, víz megszorulását, a minta tömörödését, bár homoküledék, tőzeg kinyerésére (vágóél kiképzése révén ez megoldható) ez a fúrótípus kevésbé alkalmas. Rendkívüli nehézséget jelent, ha a fúráskor egy puhább réteg alatt keményebb réteg helyezkedik el, mert a puhább réteg ekkor tömörödik. A rétegtömörödést úgy kerülhetjük el, ha a puhább réteget kiemeljük egy fúrással, majd a keményebb réteget harántoljuk a fúróval. A Livingstone fúrófejben lévő dugattyút a fúrófej kiemelése után csörlővel, mintha egy hurkatöltőt használnánk, kinyomjuk a fúrófejben található üledéket egy egyenletes felszínre, egy előkészített terepi asztallapra.

Ezzel a mintavevővel lehetőségünk van bolygatatlan, szennyezés mentes mintavételre víz borította területen is, bár a csónak rögzítése ennek a fúrótípusnak meglehetősen problematikus, ezért elsősorban olyan területek feltáráására alkalmas, ahol a tó teljesen feltöltődött, vagy télen a fúró telepítéséhez megfelelő vastagságban befagy. Ugyanakkor ismeretesek a fémváz mellett műanyag csőből készült Livingstone fúrók, amelyek jól használhatók csónakból történő fúrás esetén is.

A fúrás során legkedvezőbb esetben a fúrócső hosszának megfelelő 40-100 cm hosszú magminta nyerhető. Egymást követő kiemelések esetén a fúrócső, magcső hosszának megfelelő szakaszokból álló rétegsor nyerhető ki. A fúrási szakaszhatárok igen jelentős eltéréseket okozhatnak a szennyeződés, üledék deformáció és a mintavesztés következtében, ezért vezették be az átfedéses (*overlapping*) fúrástechnikát. Ennek a lényege az, hogy két furatot készí-

tünk közvetlenül egymás mellett. Az egyik fúrást mélyebb szintből indítjuk, általában a fúráscső hosszának a felétől eltolva. Így két egymáshoz képest fél csőhosszal eltolt fúrászervényünk, azaz fúrómag sorozatunk lesz. A két fúrásorozatot litosztratiográfiailag összeillesztjük, és mind a kettőt felhasználjuk részminták vételére.

A fúrás üledékfácies leírása során a Troels-Smith-féle (Troels-Smith, 1955) nemzetközi lazaüledéktani kifejezéseket és szimbólumrendszert használtuk. A módszert a laza üledékek gyors, egyszerű és logikus terepi leírására dolgozták ki, és ma elterjedten használják a negyedidőszaki paleoökológiában. A módszer lényege az, hogy a negyedidőszaki tavi, mocsári és lápi üledékeket egy meghatározott számú komponens keverékének tekintik. Az összetevők genetikájuk alapján hat kategóriába csoportosíthatók (*Turfa*, *Detritus*, *Limus*, *Agrilla*, *Grana* és *Substantia humosa*). Valamennyi kategória esetében a komponensek mennyiségét 0-4 közötti értékkel jelöljük, az összeg maximuma 4 lehet. Az üledék típusok megjelenítéséhez nemzetközileg elfogadott jelkulcsot használunk (Troels-Smith, 1955), ami megkönnyíti a számítógépes grafikus ábrázolást (Sümegei, 2001). A grafikus rajzoláshoz Keith David Bennett (1992) Psimpoll programját használhatjuk fel.

9.4. A makrofosszília kinyerése és a határozás előkészítése

A terepi mintavételezést (fúrást) követően a minták a laboratóriumba kerülnek, ahol a fúrásmagból a különböző kutatási céloknak megfelelően mintákat veszünk. A mintavételi közöket az üledék felhalmozódásának sebessége és a vizsgálat célja szabja meg. Ha például a fák jelenlétét akarjuk bizonyítani egy területen (pl. erdőhatár

vizsgálatok), akkor érdekesebb nagyobb térfogatú (20-50 cm³) mintákat venni, amibe nagyobb valószínűséggel kerülnek be a nagyobb méretű maradványok (levelek, rügypikkelyek, termések). Tőzeglápi klímarekonstrukciónál, amikor a különböző tőzegmohák mennyiségi arányát kell meghatározni, elég lehet a kisebb térfogatú (2-3 cm³) minta is. Általánosságban azt mondhatjuk, hogy szervesanyagban gazdagabb üledékek esetén 1-4 cm³-es mintákat veszünk a magmintából, szervesanyagban szegényebb üledékben ez 8-10 cm³ is lehet. Makrofossziliáknál ez akár 1 cm alatt is lehet, polleneknél pedig nem ritka a mm-es darabolás. A mintákat ezt követően hűtőben 4°C fokon tároljuk, ameddig szükség nem lesz rájuk. A minták tárolására kiválóan megfelelnek az önzáródó műanyag zacskók, melyeket feliratozni is tudunk.

A kvantitatív vizsgálatokhoz a minták térfogatát vízkiszorításos módszerrel határozhatjuk meg. Egyes kompaktabb üledékek dezintegrálásához szükség lehet vegyszeres kezelésre is, például 5-10 perces 10%-os KOH vagy NaOH oldatban való melegítés is segítségünkre lehet. Az agyagosabb üledéket nátrium-pirofoszfát 10-hidrát (Na₄P₂O₇ · 10H₂O) oldattal lehet szélesíteni. Szükség lehet arra is, hogy az agyagosabb tavi üledékeket rövid időre (1-2 óra) 10%-os KOH oldatban rázassuk. Egyes szakirodalmak a meszes üledékek kezelésére savas oldatokat ajánlanak, de ilyenkor egyes maradványok (pl. Mollusca és Ostracoda héjak, *Chara* oögoniumok) feloldódhatnak, így ezt jobb, ha a savakat mellőzzük.

A makrofossziliák feltárásának elterjedt módszere a vizes szűrés. Régészeti mintáknál, ahol nagy mennyiségű üledéket kell megvizsgálni, gyakran már a helyszínen megtörténik a minták feltárása, többnyire valamilyen flotációs eljárással. A negyedidőszaki makrofosszília vizsgálatok során többnyire csak kis térfogatú mintákkal dol-

gozunk. Az üledékmintát 250µm lyukátmérőjű szitán szűrjük le, csap alatt finoman folyó langyos vízzel oszlatva a kompaktabb részeket. Ennél nagyobb lyukátmérőjű szitán átjutnak az olyan növények, mint a békalencse vagy a szittyó kisebb magjai. Kisebb lyukátmérőjű szitát azért nem érdemes használni, mert azt könnyen eltömi az üledék. Főként tőzeges mintáknál nincs is szükség semmilyen előkezelésre, elég a vízzel való mosás is. A nagy mennyiségű minta szűrésénél fennáll a veszélye annak, hogy a finom agyagos üledék eltömi a lefolyórendszert, mivel a legtöbb laboratóriumban nincsen a lefolyókban üledékcsapda. Ezt a kockázatot azzal csökkenthetjük, ha a szűrő alá egy kisebb vödört helyezünk, az alá pedig egy magasabb peremű tálcát rakunk. A víz ezeken átfolyva, illetve a peremükön átbukva lelassul, és az üledék túlnyomó része visszamarad bennük. A szűrőn átfolyt üledéket ezután hagyjuk kicsit megszáradni, hogy kissé csökkenjen a súlya, majd kidobhatjuk.

A szűrőn fennmaradt üledéket, az ún. iszapolatot finoman vízzel kimossuk a szitából, és hűtőben tároljuk a vizsgálatok végeztéig. Az iszapolat tárolására kiválóan megfelelnek a papírboltokban kapható zárható fedelű műanyag dobozok is, de a

laborfelszerelést gyártó cégek külön ilyen célra kisméretű, feliratozható dobozokat is forgalmaznak. A tároló dobozokon vízálló filctollal fel kell tüntetni a mintaterület nevét, fúrás számát és a vett minta mélységét. A minta térfogatát a jegyzőkönyvben jegyezzük le.

A makrofosszília analízis során a különböző tőzegszövet alkotók mennyiségét határozzuk meg. A tőzegszövet alkotó fogalma alatt azokat a szerves maradványokat értjük, amelyek egy 250µm lyukbőségű szitán az üledék átiszapolását követően fennmaradnak. A tőzegszövet alkotók legnagyobb mennyiségben a tőzegben találhatóak meg, de természetesen kisebb mennyiségben különböző tavi üledékekben is előfordulnak. A tőzegszövet alkotók okozzák a tőzeg olyan egyedülálló fizikai tulajdonságait, mint amilyen a rugalmassága vagy a nagy vízfelvevő képessége. A tőzegben és a szerves anyagban gazdag tavi üledékekben előforduló szerves maradványokat alapvetően két részre lehet osztani (9.1. táblázat).

Egyrészt vannak, amelyeket ezzel a módszerrel valamilyen alacsonyabb rangú taxonnal lehet azonosítani (specifikus tőzegszövet alkotók), és vannak, amelyeket ezzel

9.1. táblázat – A fontosabb tőzegszövet alkotók

Specifikus tőzegszövet alkotók: (a határozás akár faj szinten is lehetséges)	magvak, termések mohák rizóma epidermiszek (pl. <i>Carex spp.</i>) levél és szár epidermiszek más szövetek és szervek (fenyő tűlevelek, szőrök, tracheidák, sporogóniumok stb.)
Nem specifikus tőzegszövet alkotók: (a pontos határozás nem lehetséges)	Monocots. Undiff. – meghatározatlan egyszikű maradvány U. O. M.- azonosítatlan szerves maradvány U. L. F. - azonosítatlan levél töredék U. B. F.- azonosítatlan moha töredék Sphagna undiff. - <i>Sphagnum</i> száruk pernye, faszén fa Molluszka héj töredékek rákpáncélok, ízeltlábú maradványok stb.

a módszerrel nem lehet (nem specifikus tőzegszövet alkotók).

A nem specifikus tőzegszövet alkotók jelentős mennyiségben jelenhetnek meg a mintákban, és sokat elárulhatnak a felhalmozódási környezet hidrológiai adottságairól és kémiai összetételéről. A legfontosabb nem specifikus tőzegszövet alkotók a következők.

Meghatározatlan egyszikű maradvány (Monocot. Undiff.): általában áttetsző vagy gyengén pigmentált rizómák, epidermiszdarabok tartoznak ide, megnyúlt, vagy rövid sejtekkel. Feltételezhetően ide kerültek a fiatal, kevésbé differenciált *Phragmites* rizómák is. Barber et al. (1994) ezt a kategóriát hasonló összefüggésben használja.

Azonosítatlan szerves maradvány (Unidentified organic material, U.O.M.): Szabálytalan alakú szövetdarabok. Sokszor igen bomlottak. Egyszikű és kétszikű maradványok egyaránt lehetnek. Barber et al. (1994) ezt a kategóriát hasonló összefüggésben használja.

Azonosítatlan levél töredék (Unidentifiable leaf fragments, U.L.F.): Gyengén humifikálódott lomblevél maradványok, amelyek faj szintű határozása már nem lehetséges. Könnyen felismerhetők hálózatszerű érmaradványokról.

Azonosítatlan moha töredék (Unidentified bryophyte fragment, U.B.F.): Bomlott tőzegben a moháknak csak a csőszerű, barnán pigmentált „szárak” marad meg, a „levélerek” csonkjával. Részletesen a határozó ismerteti.

Sphagnum szárak (Unidentifiable *Sphagna*): Enyhén humifikálódott tőzegben a tőzegmohák szára nagy mennyiségben fordulhat elő. Részletesen a határozó ismerteti.

Pernye: Apró, de 250 µm-nél nagyobb faszéndarabok. A mintáinkban legtöbbször csak 1-3 mm-esek. Többnyire allochton eredetűek. Nem azonosak a pollenanalízis során számolt pernyével (*microcharcoal*),

mert ezek nagyobb méretű faszéndarabok (*macrocharcoal*). Mennyiségükből a helyi tüzek intenzitására következtethetünk, és egy területen a fúrások korrelációját is lehetővé teszik.

Faszén: 5 mm-nél nagyobb faszéndarabok. Elég ritkák az üledékben.

Fa: A fásodott növényi szövetek a tömötten álló, vastag falú hánacs- és farostjaikról könnyen felismerhetőek. Ezen módszerrel a maradványok nem határozhatók faj szinten, de mennyiségük nagyon jellegzetes lehet az üledékben. Nagyobb lápokon autochton, kisebb lápokon és tavakban elsősorban allochton elemek.

Mollusca: A makrofossziliák feltárása során rendszerint a puhatestűek héjai összetörnek, határozásuk nehézkessé válik, de a héjak mennyiségi változása igen fontos környezettörténeti adat lehet, ezért feljegyezzük a vizsgálat során.

A specifikus tőzegszövet alkotók esetében akár faj szintű azonosítás is lehetséges. Nagyon fontosak a felhalmozódási környezet rekonstrukciójában. A lokális vegetáció akár a társulás szintű azonosítását is lehetővé teszi. A legfontosabb specifikus tőzegszövet alkotók a magvak, termések, szaporító képletek, mohák, rizóma-epidermisz (pl. *Carex* fajok), levél-epidermisz, egyéb szövetek és szervek (szőrök, tracheidák stb.), rovarmaradványok, ostracoda héjak. A különböző növénymaradványok határozásával a következő fejezetek foglalkoznak.

A specifikus tőzegszövet alkotók lehetővé teszik az egykori növénytársulások pontos azonosítását, míg a nem specifikus tőzegszövet alkotók segítenek a felhalmozódási környezet és a hidrológiai változások értelmezésében.

A tőzegszövet alkotók mennyiségi meghatározásához a Barber et al. (1994) által kidolgozott QLCMA módszert (*semi-quantitative quadrat and leaf-count macrofossil analysis technique*) módosítottuk. Ezzel a módszerrel

kis mennyiségű mintából (1-3 cm³) mák-mag, mint jelzőanyag hozzáadásával (0,5 g = 959± 52 db) lehet a makrofossziliák mennyiségét boncoló mikroszkóp segítségével meghatározni (9.3. ábra). Barber et al. (1994) ezzel a módszerrel becsüli meg a *Sphagnum* levelek mennyiségét, majd fénymikroszkóp segítségével határozza meg a fajokat.

Az általunk végrehajtott módosításokkal a módszer a következő. A szűrletet petricsészében 2-3 mm víz alatt vizsgáljuk. A nagyobb maradványokat egyenként kiszedjük, összeszámoljuk, és külön-külön feliratozott Eppendorf-csővekben tároljuk őket. A sérülékeny maradványok (pl. magok) kiszedésére a biológusok által a rovarok kezelésére használt puha Leonhard-csipesz a legalkalmasabb. A mohákat kemény, nagyon hegyes óráscsipesszel szedhetjük ki. Az orvosi csipeszek nem igazán alkalmasak ilyen feladatra. A tőzegszövet alkotók koncentrációjának meghatározása úgy történik,

hogy ismert mennyiségű jelzőanyag (0,5 g mák-mag = kb. 960 db) hozzáadása után petricsészében 10 db 10x10 mm-es kvadrátban megszámoljuk az összes mákmagot és maradványt sztereomikroszkóp segítségével. A rizómák (csakúgy, mint a mohák) csak fénymikroszkóp alatt határozhatók meg. Ezért 100 darab egyszikű maradványt kiszedjük, és vizes preparátumot készítünk. A tárgylemezt sorról-sorra végigjárva minden maradványt meghatározunk és megszámolunk. Így megkaptuk, hogy az egyszikűeken belül az egyes taxonok, illetve a Monocot. Undiff. hány százalékban van jelen. A moháknál az egyes fajok és az UBF értékét ugyanígy határozhatjuk meg (9.2. ábra). A magok határozásához 5-50-szeres, a mohák határozásához 10-100-szoros nagyítást használhatunk.

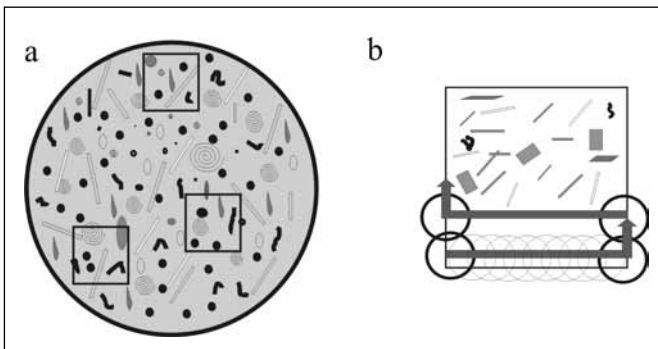
A koncentrációt az alábbi egyenlőség adja meg:

$$\text{Makrofosszília koncentráció} = \frac{\text{számolt makrofosszília (átlag)} \times 960 \text{ (összmák)}}{\text{számolt mák (átlag)} \times \text{minta térfogata (cm}^3\text{)}}$$

A szövet- és mohamaradványokat tárgylemezen glicerines-zselatinnal tartósíthatjuk a későbbi vizsgálatok céljára. A magvakat Eppendorf-csővekben glicerín-al-

kohol-formalin egy-egy-egy arányú keverékével vízben tartósíthatjuk. Amennyiben radiokarbon mérést szándékozunk végezni a maradványokon, akkor nem szabad

ilyen tartósítást használni, mert a tartósító szerben lévő „fiatal szén” elszennyezné a maradványokat. Még a csapvízben lévő vízkő (kalcium- és magnézium-hidrogénkarbonát) is tartalmaz szenet, ezért legjobb, ha a mérésre szánt maradványokat ioncserélt vízben, hűtőben tároljuk. A puhatestű és ostracoda héjakat, a faszenet és csontokat szárazon is tárolhatjuk.



9.3. ábra – A tőzeg szövetalkotók mennyiségi meghatározása boncoló mikroszkóp alatt, és az egyszikűek és mohák határozása fénymikroszkóp alatt

A gyökér- és szövetmaradványokból érdemes állandó preparátumokat készíteni. Legegyszerűbb eljárás a glicerín-zselatinos módszer. Először el kell készíteni a beágyazó anyagot. Ehhez 10 g zselatint 60 ml vízben feloldunk és két órán keresztül állni hagyjuk. 70 ml glicerint és 0,1 g fenolt (esetleg Na-benzoát) adunk hozzá. A keveréket 10-15 percig állandó keverés mellett óvatosan melegítjük, majd üvegyapoton melegen átszűrjük egy nagyméretű Petri csészébe. Lehűlve kocsonyaszerű anyaggá szilárdul. A beágyazást megelőzően a tárgylemezt 70%-os alkohollal vagy tömény acetonnal zsírtalanítjuk. Érdemes vizes preparátumot átnézni és a szép, tipikus példányokat kiválogatni. A kiemelt példányokat rövid időre glicerín-víz 1:1 arányú oldatába kell helyezni. Ezután egy tiszta tárgylemezre egy kis kockát helyezünk az elkészített anyagból, majd a tárgylemez óvatos melegítésével a zselatint elfolyósítjuk. A zselatint egy bonctűvel buboréktalanítjuk. A maradványokat gyorsan behelyezzük és óvatosan lefedjük. Készítsünk pár próba preparátumot, amíg kitapasztaljuk, mekkora kockára van szükség, és milyen gyorsan kell a preparátumot elkészíteni. Ezután a preparátumot pormentes helyen szárítjuk. A kifolyt zselatint zsilettpengével lekaparjuk és melegvizes ruhával megtisztítjuk. A preparátumot felirattal látjuk el, szerepeljen rajta a fúrás helye (száma), a minta mélysége és a taxon neve. A preparátumokat erre a célra készült dobozokban tároljuk. Az állandó preparátumok egyik legfontosabb célja a határozás elősegítése, ez különösen ritkább fajoknál lehet fontos. A fosszilis maradványokhoz hasonlóan recens szövetekből is készíthetünk összehasonlító anyagot. Ez a biztos határozás elsajátításához alapvetően fontos. A vékonyabb gyökereket elég alaposan lemosni, az epidermiszekből pedig nyúzatot kell készíteni. A tartósítás többi lépése megegyezik a fosszilis anyagéval.

A mohák tartósításához legtöbbször a Hoyer-oldatot ajánlják (Anderson, 1954). A Hoyer-oldat 50 ml desztillált vízből, 30 g kristályos gumiarábikumból, 200 g kloráldihidrátból és 20 g glicerínből áll. Ezeket az anyagokat ebben a sorrendben szobahőmérsékleten összekeverjük, és megvárjuk, amíg a buborékok eltávoznak belőle (24 óra). Ekkor egy tiszta, világos színű anyagot kapunk. A nedves maradványokat tárgylemezre tesszük és rácseppentünk az oldatból. Ekkor a maradványok egy kicsit összezsugorodhatnak. Megvárjuk, amíg kiengednek és lefedjük tárgylemezzel. Egy hetes száradás után a fedőlemez alól kifolyt részeket zsilettpengével eltávolítjuk. A tőzegmoha leveleket a jobb tanulmányozás érdekében érdemes metilénkékkel festeni.

Az eredmények megjelenítésére az ingyenesen letölthető PSIMPOLL (Bennett, 1992) programcsomagot használhatjuk (<http://www.chrono.qub.ac.uk/psimpoll/psimpoll.html>). A tőzegszövet alkotók mennyiségét 1 cm³-re adjuk meg, a magvak mennyiségét pedig 3 vagy 5 cm³-re, attól függően, hogy milyen méretű mintákat vettünk. Ezzel elkerülhetjük, hogy törtszámú magunk legyen a diagramon. A diagram rajzolásakor figyelembe kell venni, hogy a magok és egyes szövetek vagy tőzegmoha levelek mennyiségében akár ezerszeres különbség is lehet. Ezért érdemes a különböző maradványokat (szövetek, magok, mohák külön ábrázolni), vagy az összesített diagramoknál eltérő léptékű skálán bemutatni az egyes makrobotanikai taxonokat.

9.5. Őskörnyezeti rekonstrukció növényi makrofossziliák alapján

Egy taxon előfordulását a mintákban meggyarazhatjuk azzal, hogy egykor a környezeti feltételek megfelelőek voltak számára.

Ilyenkor a recens ökológiai igényeit ismerve a növényt, mint indikátor szervezetet használjuk fel. Ezt a megközelítést még az archaeobotanika is használja, pedig a kultúrnövények esetében a növénymaradványok elsősorban az emberi közösségek gazdálkodását tükrözik és nem a természeti viszonyokat. A fosszilis közösségeket úgy is magyarázhatjuk, mint a recens vegetáció és környezet fosszilis analógiája. Ez a megközelítés sokkal biztosabb környezeti rekonstrukciót tesz lehetővé.

Hogyan magyarázhatjuk egy faj maradványainak mennyiségi változásait egy kvantitatív makrofosszília vizsgálatban? Habár a makrofosszília közösségek főként autochton, helyi elemekből állnak, a vegetációt alkotó növények eltérő mértékben vesznek részt a közösség létrehozásában. A közösség összetétele függ attól, hogy a növény mennyi maradványt termel, az hogyan terjed és rakódik le, illetve mennyire képes megmaradni az üledékben.

A növények magjai és termései többnyire valamilyen módon morfológiailag is alkalmazkodtak a terjedéshez. Szárnyuk vagy valamilyen repítő függelékük van, aminek segítségével a szél terjeszti őket, horgok és hajlott tövisek boríthatják a felszínüket, melyek segítségével az állatok szőrébe kapaszkodhatnak. Más magvaknak parafaszerű szöveteik vannak, melyeknek segítségével a víz tetején képesek lebegni. Valójában nagyon sok növény magja képes lebegni, ezért a felszíni vizek nagyon sok növény magját terjesztik. A növényi maradványok terjesztésében szerepe van a patakoknak és a folyóknak, a felszíni lemosódásnak, a viharoknak, a szélnek, az ízetlábuaknak, az emlősöknek és a madaraknak. A sima hó- és jégfelszínnek megkönnyítik a szél szállító munkáját.

Ezen folyamatok ellenére a különböző magok bekerülése egy üledékgyűjtőbe csupán véletlen kérdése. Az ezt követő

megőrződés pedig egyrészt függ az üledékes környezettől, másrészt a maradvány szerkezetétől és összetételétől. Egyes növények magjai nagyon ritkán fosszilizálódnak, annak ellenére, hogy tömegesen termelődnek. Az egyik leginkább bosszantó példa erre az üröm fajok (*Artemisia*) magja. Más növény magjai, így például a szittyó (*Juncus*) és a gyékény (*Typha*) viszont tömegesek lehetnek. A tapasztalható nagyságrendi különbségek miatt a makrofossziliák esetében nincs értelme az értékek százalékos feltüntetésének, mint a pollenanalízisnél. Egyes esetekben, például a tőzegmohafajok egymáshoz viszonyított mennyiségét megadhatjuk százalékos értékekkel is.

A makrofosszília közösségek létrehozásában szerepet játszó tafonómiai folyamatok mégis a vegetáció tömegességi viszonyait tükrözik. Valamennyi tafonómiai folyamatot külön-külön kell értékeljünk. Az oknyomozó megközelítés azt kívánná meg, hogy valamennyi tafonómiai folyamatot és összefüggést meg kell vizsgálni, ami a fosszilis közösségeket összekapcsolja a recens megfelelőjükkel. Ezt felszíni minták kiemelésével és elemzésével lehet megvalósítani. A makrofosszília közösségek tömegességi viszonyai tehát nem felelnek meg a recens társulásokénak, mégis lehetővé teszik az egykori közösségek rekonstrukcióját. Rybníček (1973) szerint Közép-Európa vízi és lápi növénytársulásai egyértelműen azonosíthatóak a makrobotanikai közösségek segítségével, eredményei alapján ezeknek az eltérő környezetben élő közösségeknek összetétele alig változott a késő-glaciális és a holocén folyamán. Viszont a klímaváltozások során az eltérő környezeti tényezőket jelző közösségek viszonylag gyorsan cserélődnek egy adott területen, így ezek a közösségek akár évtizedes léptékű éghajlati és környezeti változások rekonstrukciójánál is felhasználhatóak.

A növényi makrofosszília vizsgálatokat általában más paleoökológiai módszerekkel együtt végzik, egyes kutatási területeken, mint például a lápok felszíni nedvesség vizsgálata, önálló módszerként is megállja a helyét. A makrofosszília vizsgálatokat legtöbbször a pollenelemzéssel kombinálják, mert a két módszer jól kiküszöböli egymás hiányosságait, és így sokkal részletesebb és pontosabb paleobotanikai rekonstrukció készíthető. A makrofosszília vizsgálatok szerepe vitathatatlan a multi-proxi vizsgálatokban, mert kiemelkedő lehetőséget biztosít a lokális és extralokális növényi közösségek rekonstrukciójához.

A vegetációtörténeti kutatásokban a makrofossziliákat az egyes taxonok helyi (lokális és extralokális) előfordulásának bizonyítására használják fel, mert sok faj, különösen a fafajok közül, jelentős mennyiségű és jól terjedő pollent hoznak létre (pl. *Betula*, *Pinus*). Az alacsony pollenproduktív fátlan biotópokban (pl. tundra, alpesi környezet) a távolról érkező polleneső teljesen „elfedheti” a helyi pollent, így önmagában a pollenspektrumból tévesen fás vegetációtípust és kedvezőbb klímát rekonstruálhatnánk (mint ahogy azt régebben meg is tették). Például a teljesen fátlan Spitzbergákon az egyik leggyakoribb pollen a fenyő (*Pinus*) virágporszeme, pedig csak több száz kilométerre található a fenyveserdők ettől a szigettől.

A fenyők tűlevelei könnyebben fosszilizálódnak, mint a lombos fák levelei. Viszont a lombos fák rügypikkelyei jól fosszilizálódnak, így jó lehetőséget kínálnak a helyi jelenlétük kimutatására. Néhány fa- és cserjefaj csak kevés és törékeny pollent termel, ezeket csak rendkívül szerencsés esetben lehet virágporszemek nyomán azonosítani. A makrofossziliák alapján jobban ki lehet mutatni pl. a vörösfenyő - *Larix*, nyárfa - *Populus*, szittyó - *Juncus*, magcsákó - *Dryas* fajok jelenlétét. Másrészt a makrofossziliák gyakran a pol-

lennél pontosabb határozásra alkalmasak. A legtöbb fenyőfélék a tűlevelük alapján faj szinten meg lehet határozni, vagy a fa termetű nyíreket a törpenyírektől könnyen el lehet különíteni a murvapikkelyeik alapján. A legtöbb sás faj szinten meg lehet a termésük alapján határozni, csakúgy, mint a fűfélék - *Poaceae*, szegfűfélék - *Caryophyllaceae*, hangafélék - *Ericaceae*, rózsafélék - *Rosaceae*, kőtörőfűfélék - *Saxifragaceae*, ernyősvirágzatúak - *Apiaceae*, békaszőlőfélék - *Potamogetonaceae*, keserűfűfélék - *Polygonaceae* és szittyófélék - *Juncaceae* családok fajait.

Hegyvidéki környezetben kiemelkedő jelentőségűek az erdőhatár rekonstrukciók, jól felhasználhatóak a környezet, közte az éghajlatváltozások megrajzolásához. Az alacsonyabb régiókból származó pollenek igen jelentős mértékben befolyásolhatják a virágporszem alapú erdőhatár rekonstrukciókat, ilyenkor a makrofossziliák segítenek annak eldöntésében, hogy mikor jelentek meg a fák a területen. Birks (1993, 2003) vizsgálataiban mutatta ki, hogy a fa termetű nyírek (*Betula*) magas százalékos aránya Nyugat-Norvégia és Skócia késő-glaciális rétegeiben félrevezető, amit a helyi tundra közösségek alacsony pollentermelő képessége és a távolról a szél által odaszállított pollenek összhatása eredményezett. A makrofosszília vizsgálatok kimutatták, hogy fa termetű nyírfa nem élt a területen, tehát a virágporszemeknek délebről kellett származniuk, mert csak a tundrális területen élő törpenyír (*Betula nana*) maradványai kerültek elő lokálisan. Hasonlóan a Spitzbergákról származó felszíni pollenmintákban is magas arányban kerültek elő fák pollenjei, amelyek messziről kellett származzanak (távolsági behordásúak).

A spóratablettás módszerrel ma már kiszámíthatóak a pollenkoncentrációk, az üledék ülepedési rátájából pedig a polleninflux értékek, ami szoros összefüggésben van az egyes vegetációs típusok pollentermelő

képességével. A polleninflux segítségével következtethetünk a fák helyi jelenlétére, de a fahatárhoz közel sok fa pollentermelő képessége alacsony lehet. Eide et al. (2006) egy magassági transzsekt mentén vizsgálta a holocén fa pollen százalékokat, polleninfluxot és makrofosszília koncentrációkat egy norvégiai völgyben. A polleninflux értékei az erdőhatár közelében jóval alacsonyabbak voltak, mint az elterjedés súlypontjában. A fák jelenlétét vagy hiányát csak a makrofosszília elemzésekkel lehetett pontosan kimutatni. A vízgyűjtőterületen elhelyezkedő erdő összetétele hatással lehet a tó vízszintjére és a talajon keresztül a tó kémiai viszonyaira is. A fenyőfélék például sokkal nagyobb mennyiségű vizet képesek visszatartani a lombkoronájukban (intercepció jelensége), mint a lombos fafajok. Ezért a tavak vízszint rekonstrukciójánál feltétlenül vizsgálni kell a vízgyűjtőn elhelyezkedő erdő összetételét, amire a makrofosszília vizsgálatok jó lehetőséget jelentenek. Egy túlévelű-lombos erdőváltás önmagában is képes vízszintemelkedést okozni, vagy a csapadékosabbá váló klíma hatását felerősíteni.

Füves biomokban a fűvek (*Poaceae*), sásfélék (*Cyperaceae*) és ürmök (*Artemisia*) uralják a pollenspektrumot. Alacsonyabb taxonómiai besorolás nem lehetséges. A makrofosszília vizsgálatok viszont alkalmasak a holocén sztyepp és préri vegetáció rekonstrukciójára és a sztyepp/erdőssztyepp határ kimutatására is. Arid környezetben a makrofosszília közösségek nagyon ritkák, de egyes rágcsálók (bozótpatkány - *Neotoma*) ürülék- és szeméthalmai gazdag paleobotanikai lelőhelynek számítanak. Sajnos ezen fajok csak Amerikában fordulnak elő.

A lápi vegetációban jelentős szerepe van a moháknak, melyek kiválóan jelzik a környezeti viszonyokat. A tőzegmohák – kivéve a spóráik – csak ritkán kerülnek elő az üledékből, makrofossziliáik annál gya-

koribbak. A vegetatív növényi maradványok határozásával közösen a lápi közösségek kiválóan rekonstruálhatók, amiből következtetések vonhatóak le a vízellátottságukra is. A vízinövények rendszerint alulreprezentáltak a pollenspektrumban alacsony pollentermelő képességük (pl. békaszőlőfélék - *Potamogeton*), vagy rossz megtartásuk miatt (pl. tuskéshínár - *Najas*, *Ruppia*, tócsagaz - *Ceratophyllum*, látonya - *Elatine*, stb.). Ezen taxonok után viszont könnyen határozható, jelentős mennyiségben termelődő makrofosszília maradvány marad fenn.

A csillárkamoszatok (*Chara*) szintén fontos komponensei a vízi élőhelyeknek, de csak makrofossziliái alapján mutathatók ki. A vizes élőhelyek, vízpartok makrofitái (fűvek, sások) is könnyen határozhatóak makrofossziliáik alapján. A makrofossziliák segítségével pontosan rekonstruálhatóak a vizes élőhelyek szukcessziói, a hidroszerieszek, ezért a multi-proxi paleolimnológiai kutatásokban egyre többször alkalmazzák ezeket a módszereket. Ennek nyomán pedig a tavak mentén megtelepedő emberi közösségek környezeti hátterét, a változó vízszint alakulás nyomán átalakuló vízpartot lehet megrajzolni.

A komplex archeobotanikai kutatásokban alapvető szerepet töltenek be a makrobotanikai maradványok, mivel ezek révén lehet összekapcsolni a régészeti lelőhelyekről származó klasszikus archeobotanikai adatokat az üledékgyűjtő medencékből származó archeobotanikai adatokkal. A maradványok révén a fajra azonosítás is megoldható, szemben a pollenek többségével és a lokális növényzet, közte az emberi települések környezetében található ember által módosított növényzet, a természetett és gyomnövényzet, valamint a természetes, természetközeli növényzet legbiztosabb és legjobb meghatározható részét alkotja. A komplex archeobotanikai kutatások elképzelhetetlenek növényi makromaradványok elemzése és értékelése nélkül.