

**SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM**

# **DIPLOMAMUNKA**

**Vári Tamás Zsolt**

**Szeged**

**2021**

SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM  
TERMÉSZETTUDOMÁNYI ÉS INFORMATIKAI KAR  
FÖLDTANI ÉS ŐSLÉNYTANI TANSZÉK

**Egy tőzegmohaláp fejlődéstörténete**

**The evolutionary history of a Sphagnum peat bog**

DIPLOMAMUNKA



Készítette: Vári Tamás Zsolt, Földtudomány MSc II. évfolyam  
Témavezető: Prof. Dr. Sümegi Pál, tanszékvezető egyetemi tanár

Szeged  
2021

# Tartalomjegyzék

|           |                                                                               |           |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>  | <b>Tartalmi összefoglaló .....</b>                                            | <b>4</b>  |
| <b>2</b>  | <b>Bevezetés .....</b>                                                        | <b>5</b>  |
| <b>3</b>  | <b>Tavak és lápok fejlődéstörténete .....</b>                                 | <b>6</b>  |
| 3.1       | Történeti áttekintés.....                                                     | 6         |
| 3.2       | A láp és a mocsár definíciói .....                                            | 6         |
| 3.3       | A tavak feltöltődése .....                                                    | 8         |
| 3.4       | A lápok kialakulása.....                                                      | 9         |
| 3.5       | A lápok osztályozása.....                                                     | 10        |
| 3.6       | Tőzegmohalápok .....                                                          | 11        |
| 3.7       | A lápok pusztulása .....                                                      | 13        |
| 3.8       | Üledékgyűjtő rendszerek .....                                                 | 14        |
| <b>4</b>  | <b>A vizsgált terület .....</b>                                               | <b>17</b> |
| 4.1       | A vizsgált terület és tágabb környezetének földtani felépítése .....          | 21        |
| 4.2       | A vizsgált terület talajtani adottságai.....                                  | 24        |
| 4.3       | A vizsgált terület növényzete .....                                           | 25        |
| 4.4       | A vizsgált terület éghajlata.....                                             | 26        |
| <b>5</b>  | <b>A felhasznált vizsgálati módszerek.....</b>                                | <b>27</b> |
| 5.1       | A zavartalan lápi magfúrás.....                                               | 27        |
| 5.2       | Munsell-színek használata.....                                                | 27        |
| 5.3       | A Troels-Smith osztályozási rendszer .....                                    | 28        |
| 5.4       | Radiokarbon kormeghatározás .....                                             | 28        |
| 5.5       | Szervesanyag, szervesetlenanyag és karbonáttartalom meghatározása.....        | 31        |
| 5.6       | A szemcseméret meghatározása .....                                            | 34        |
| 5.7       | A mágneses szuszceptibilitás meghatározása .....                              | 35        |
| 5.8       | A vízdíható elemtartalom meghatározása.....                                   | 35        |
| <b>6</b>  | <b>A vizsgálatok eredményei.....</b>                                          | <b>36</b> |
| 6.1       | A Munsell-színek .....                                                        | 36        |
| 6.2       | A Troels-Smith osztályozások.....                                             | 36        |
| 6.3       | A radiokarbon vizsgálatok eredményei .....                                    | 37        |
| 6.4       | A szerves-, szervesetlenanyag és karbonáttartalom vizsgálatok eredményei..... | 38        |
| 6.5       | A szemcseméret vizsgálatok eredményei .....                                   | 40        |
| 6.6       | A mágneses szuszceptibilitás vizsgálatok eredményei .....                     | 41        |
| 6.7       | A vízdíható elemtartalom vizsgálatok eredményei.....                          | 41        |
| <b>7</b>  | <b>A láp környezettörténeti rekonstrukciója .....</b>                         | <b>44</b> |
| 7.1       | 860-818 cm.....                                                               | 44        |
| 7.2       | 818-650 cm.....                                                               | 45        |
| 7.3       | 650-404 cm.....                                                               | 46        |
| 7.4       | 404-240 cm.....                                                               | 47        |
| 7.5       | 240-0 cm.....                                                                 | 47        |
| <b>8</b>  | <b>Következtetések.....</b>                                                   | <b>49</b> |
| <b>9</b>  | <b>Irodalomjegyzék.....</b>                                                   | <b>51</b> |
| <b>10</b> | <b>Internetes hivatkozások.....</b>                                           | <b>56</b> |
| <b>11</b> | <b>Köszönetnyilvánítás .....</b>                                              | <b>57</b> |
| <b>12</b> | <b>Nyilatkozat.....</b>                                                       | <b>58</b> |

# 1 Tartalmi összefoglaló

A diplomamunka célja, hogy a negyedidőszak végén kifejlődött tőzegterület és tőzegréteg milyen körülmények között alakult ki, alakult át. Ez a tőzegréteg is fontos öskörnyezeti és paleoklimatikus információt hordoz a negyedidőszak legvégéről, a jégkor vége óta történt környezettörténeti változásokról, mint ahogy a legtöbb tőzegréteg.

A feladatom a magyarbagói Feneketlen-tó tőzegmohalápjába mélyített 8,6 méteres fúrás üledékföldtani elemzése és izzítási veszteség (LOI) vizsgálata volt. Ezeket az elemzéseket egészítette ki a mágneses szuszceptibilitás (MS) mérése során az üledék mágnesezhető üledéktartalmának vizsgálata, a szedimentológiai mérés során az üledék mérettartományainak vizsgálata, a vízzoldható geokémiai mérés során pedig az üledék Ca-Mg-Na-K-Fe elemtartalmának vizsgálata. Az adatok alapján pedig a paleoökológiai, paleoklimatológiai értelmezés, a tőzegláp fejlődéstörténetének megírása és a tőzegmintákon végzett radiokarbon mérések előkészítése volt.

Az ülepedési ráta egyrészt összefüggést mutat a láp biogén feltöltődésével, a biogén feltöltődés pedig a klimatikus, mindenekelőtt a lokális páratartalmi viszonyaival. A feltöltődés és a biogén akkumuláció a tőzegtestben egyrészt éghajlati hatásoktól, másrészt a láp környezetében megtalálható emberi tevékenységtől függ. A tőzeglápon a biogén lápképződés, a tőzeg és tőzegmoha felhalmozódás akkor szorult vissza és ennek nyomán akkor csökkent a szervesanyag tartalom, amikor az erózió felerősödése az üledékgyűjtő medencét alkotó tőzeglápra változó mennyiségű kőzetlisztben, agyagban és karbonátban gazdag üledéket mosott a láp felszínére. Az erózió dinamikáját az éghajlati változások, az emberi hatások és a természetes események (erdőtüzek, viharok) irányítják. A tőzegképződés kétszer olyan fázisban szakadt meg, amikor a hűvös-hideg és csapadékos éghajlati tényezők kombinálódtak és a lápi rétegsorban ekkor két vízréteg képződött (100-90 cm, valamint 450-405 cm között). A globális eseményekre is érzékeny a terület, hiszen a 8.2 kiloyear BP és a 4.2 kiloyear BP esemény is felismerhető benne, pontosabban a kultúrák reakciója a megváltozott környezetre.

Kulcsszavak: *Erdély, tőzegmohaláp, negyedidőszak, fejlődéstörténet, környezettörténet.*

## 2 Bevezetés

Az MTA Régészeti Intézete, valamint a Szegedi Tudományegyetemen alakult Magyar Tőzegkutató Társaság magyarországi és erdélyi, közte több székelyföldi láp tőzegrétegeit vonta vizsgálat alá. A vizsgálat legfontosabb célja, hogy a negyedidőszak végén kifejlődött tőzegterületek és tőzegrétegek milyen körülmények között alakultak ki, alakultak át. Ezek a tőzegrétegek fontos öskörnyezeti és paleoklimatikus információt hordoznak a negyedidőszak legvégéről és a jégkor-jelenkor határán történt környezettörténeti változásokról. A diplomamunkámhoz tartozó kutatást a K-112318 számú OTKA pályázat teljesítésére szerveződött kutatócsoporton belül önállóan végeztem.

A feladatom az Erdélyi-medencében, Nagyenyedtől keletre lévő magyarbagói Fekketlen-tó tőzegmohalápjába mélyített 8,6 méteres fúrás üledékföldtani elemzése és izzítási veszteség (LOI) vizsgálata, a mágneses szuszceptibilitás (MS) mérése során az üledék mágnesezhető üledéktartalmának vizsgálata, a szedimentológiai mérés során az üledék mérettartományainak vizsgálata, a vízőldható geokémiai mérés során pedig az üledék Ca-Mg-Na-K-Fe elemtartalmának vizsgálata, majd ezek paleoökológiai, paleoklimatológiai értelmezése, és a tőzegmintákon végzett radiokarbon mérések előkészítése volt. Angolra és magyarra fordítottam a területre vonatkozó geológiai, talajtani, domborzati és vízrajzi térképeket, illetve elkészítettem a tőzegmohaláp közvetlen környezetének digitális modelljét is.

A diplomamunka célja a 8,6 méteres, az utolsó 8600 BP évet átfogó tőzecsorozat alapján a holocén középső és végső szakaszának a lokális klímátörténetét megrajzoljam, a lápot ért éghajlati és emberi hatásokat rekonstruáljam.

A tőzegrétegek kifejlődésének kronológiai elemzését teljes egészében radiokarbon (AMS = Accelerator Mass Spectrometry) mérésekre alapoztam. A területen eddig végzett régészeti vizsgálatok eredményeinek, a tőzecsorozat izzítási veszteség eredményeinek és a kronológiai elemzés adatainak összehasonlító elemzésével felvázoltam a láp környezettörténetét.

A témavezetőmmel, Prof. Dr. Sümegi Pállal, és a tőzegkutató csapattal egyeztetve a vizsgált terület közigazgatási egységeinél, exogeológiai egységeinek elnevezésénél mind a magyar, mind a román elnevezést megadom, figyelembe véve Erdély többnemzetiségű valóságát, és a nemzetközi szerződések által garantált politikai helyzetét, valamint az Európai Unió többnyelvű régiókra javasolt irányelveit.

### 3 Tavak és lápok fejlődéstörténete

A lápi üledékgyűjtő rendszerek módszertanának feldolgozásánál mindenekelőtt az eddigi lápkutatások és a hozzá szorosan kapcsolódó tavak kutatásának eredményeit ismerhettem meg a szakirodalom tanulmányozása során és ennek nyomán vázolom fel a tavak és lápok általános fejlődéstörténetét és fejlődéstörténeti sémáit.

#### 3.1 Történeti áttekintés

A Föld felszínének körülbelül 3%-át, 4 millió km<sup>2</sup>-t borítják lápok különböző formái. Legelterjedtebb területei Kanadában és Alaszkában, Észak-Európa területein és Kelet Szibériában, Délkelet-Ázsiában, valamint az Amazonas-medencében vannak, utóbbi 10%-át tőzegláp teszi ki (Joosten & Clarke, 2002). Az európai kontinensen az egykori mintegy 495 ezer km<sup>2</sup> lápterület néhány évtized alatt 187 ezer km<sup>2</sup>-re (62%-ára) zsugorodott (Érdiné Szekeres, 2002).

A magyarországi tőzegkutatás az XIX. század közepén indult, az első vagyonfelmérések a századforduló éveiben történtek. Magyarország lápterületei csaknem 1000 km<sup>2</sup>-en 1,2 milliárd m<sup>3</sup>-t tettek ki, amelyből kb. 910 km<sup>2</sup>-en csaknem 1 milliárd m<sup>3</sup> esett a mai ország területére (Hahn, 1984). Ma már a magyarországi lápterületek 97%-a lecsapolás, vízrendezési munkálatok és egyéb emberi beavatkozás áldozata lett. A maradék egyharmada eleve védett területen, nemzeti parkban, tájvédelmi körzetben, természetvédelmi területen vagy önkormányzat által védetté nyilvánított területen fordul elő. Ennek, és az újabban bevezetett, nemzetközi és hazai környezetvédelmi törvényeknek köszönhető fennmaradásuk, ami minden lápot természetvédelmi területté nyilvánított (Érdiné Szekeres, 2002; Lájér, 1998).

#### 3.2 A lóp és a mocsár definíciói

Ahány nemzet, annyi megnevezés és definíció létezik a lápokra, így a fogalmának meghatározása nem egyértelmű. Akkor válik nyilvánvalóvá, amikor el kell döntenünk egy területről, hogy mocsár vagy lóp. A lóp olyan vizes élőhely, amelyben a szervesanyagok (növényi és/vagy állati maradványok) nem bomlanak le teljesen a mocsárral ellentétben, hanem a talajvízszint alatt oxigénmentes környezetben a bomlási termékeik felhalmozódnak. A lóp tehát a növénytakarót és az alatta, belőle képződő tőzeget együtt, összefoglalva jelenti (Boros, 1964; Érdiné Szekeres, 2002; László & Emszt, 1915).

A mocsár kifejezést a köznyelv gyakran szélesebb értelemben használja, amelyen mindenféle olyan vizenyős területet, (így lápok is) értenek, amely nem rendelkezik kiterjedt, állandó nyílt víztükörrel. A mocsár fogalmának ilyen értelmezése nagyjából megfelel az angol *swamp* szó jelentésének. A geobotanikában általában a mocsár (angolul *marsh*, németül *Sumpf* vagy *Marschmoor*) (Rydin & Jeglum, 2006) megnevezést szűkebb értelemben használjuk, nevezetesen olyan vizenyős élőhelyek megnevezésére, amelyekben nem folyik tőzegképződés, vagy a keletkezett tőzeg rendszeresen el is bomlik (Lájer, 1998).

A négy legfontosabb, és legtöbbet használt kifejezés Rydin & Jeglum (2006) és Joosten & Clarke (2002) után az angol *wetland*, *peat*, *peatland* és *mire*, amiket fontos tisztázni. Ezen kívül találkozhatunk még a *bog* (németül *Regenmoor*, *Hochmoor*), *fen* (németül *Niedermoor*), és a fent említett *swamp* és *marsh* szavakkal a nemzetközi irodalmakban.

Wetland (németül *Nassboden*): állandó, vagy időszakos vízborítottság alatt álló terület, aminél a domináns növények és más organizmusok nedves és reduktív környezetben létezni tudnak. Ide tartoznak a lápok, mocsarak, sekély vízborítású területek (Joosten & Clarke 2002, Rydin & Jeglum 2006).

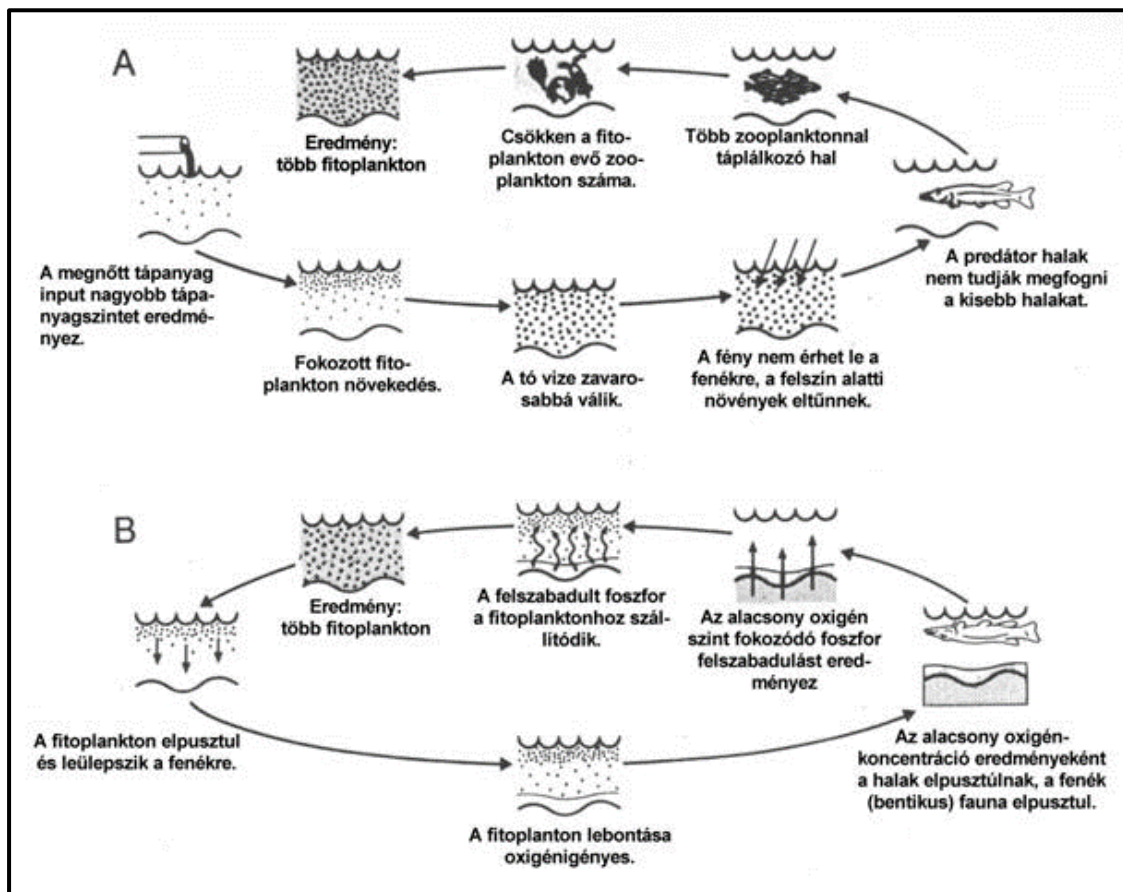
Peat (németül *Torf*, magyarul tőzeg): helyben keletkezett, felhalmozott növényi bomlástermék, aminek szervesanyag tartalma száraz tömegben mérve 30-50% (Joosten & Clarke 2002, Rydin & Jeglum 2006), illetve Hahn (1984) alapján 50-60%. A tőzgekben 40-50% nedvességtartalomig a víz legnagyobb része kötött állapotban található. Minél lebomlatlanabb, rostosabb, annál nagyobb a vízfelszívó képessége (Hahn 1984).

Peatland (németül *Torfmoor*): legalább 30 cm tőzegréteggel rendelkező terület (Joosten & Clarke 2002), Kanadában ez a minimum érték 40 cm (National Wetlands Working Group 1997).

Mire (németül *Moor*): olyan tőzegréteggel rendelkező terület, ahol jelenleg is folyik a tőzeg felhalmozódása, ám nincs meghatározva, hogy hány cm a minimum tőzegréteg, mivel az ökológiai és botanikai szempontokat vesz figyelembe. Érdekesség, hogy Észak-Amerikában a *peatland* kifejezés terjed el, míg Skandináviában a *mire* (svédül *myr*) az elfogadott (Rydin & Jeglum 2006).

### 3.3 A tavak feltöltődése

Geológiai és emberi időt is alapul véve a legtöbb tónak csak rövid élettartama ismeretes (Hetényi, 2013). A tavak pusztulásának ütemét és intenzitását több tényező együttes hatása alakítja. Geológiai, éghajlati és újabban társadalmi tényezők is szerepet játszanak benne. Tektonikus mozgások hatására lecsapolódhat a tó vize, szárazzá váló éghajlaton akár ki is száradhat a tómedence. A leggyakoribb esetben azonban a tavak fokozatosan töltődnek fel. Az üledék lerakódásának mértéke a víz mozgásának sebességétől, a szél és a tóba ömlő folyók által szállított hordaléktól függ. Ahogy lassul a vízmozgás, úgy ülepsznek le a nagyobb görgetegek, majd a kavicsok, homok, végül aleurit és agyag (Hartai, 2009; Cech, 2010).



1. ábra Az eutrofizáció folyamata és ökológiai hatása (Forrás: Thyll, 1998)

Jelentős mennyiségű szerves anyag képződhet magában a tóban, a megnövekedett biológiai produktivitás révén (autochton), de máshol képződött (allochton) szerves anyag is kerülhet a tavakba. Az eutrofizáció (1. ábra) a vízben növényi tápanyagok feldúsulására bekövetkező biológiai reakció, amit mindig külső anyagok vízbe jutása okoz. Kiváltó oka a vízben felhalmozódó foszfor és nitrogén, ami miatt nem csak a növények, hanem bizonyos algafajták is gyors szaporodásnak indulnak. A sekély eutróf

tavak idővel úgy feltöltődnek üledékekkel, és a víz olyannyira oxigénhiányos lesz, hogy a halak már nem élnek meg benne, ezek a tavak fokozatosan elmocsarasodnak. A kulturális, azaz az emberi beavatkozás hatására keletkezett eutrofizáció gyors és reverzibilis, a nutriens utánpótlás, vagy az allochton szerves anyag input csökkentésével megállítható (Hetényi, 2013; Rácz Istvánné, 2011).

A természetes eutrofizáció (algásodás, hínárosodás) több, hosszabb fázisban történik, évezredekig tarthat, és a kultúrálissal ellentétben irreverzibilis. A tómedence először fertővé alakul, a fokozott növényi tápanyagbevitel miatt az algák gyorsan elszaporodnak, leárnyékolják a vízfelszínt. Több oxigén fogy, mint amennyit a fotoszintézis termel. A vízinövények a mélyebb rétegekben pusztulni kezdenek, majd az elpusztult anyag fokozódó bakteriális lebomlása további oxigént von el a rendszerből. Az oxigénhiány miatt az aerob felsőbbrendű, igényesebb fajok kipusztulnak. Az anaerob baktériumok elszaporodása ammónia ( $\text{NH}_3$ ), és kénhidrogén ( $\text{H}_2\text{S}$ ) termelődéssel jár. Ezek ideg, illetve ideggyökérmérgek, tehát fokozzák a víz toxicitását. Amikor a növényzet terjedésének következtében a szabad vízterület már csak kis foltokban marad meg, kialakul a mocsár. A feltöltődés utolsó szakaszában láppá alakul a tó, ahol a nyílt víztükör teljesen eltűnik és az elhalt növényi maradványokból tőzeg képződik (Cech, 2010; Hetényi, 2013; Hartai, 2009; Rácz Istvánné, 2011).

### **3.4 A lápok kialakulása**

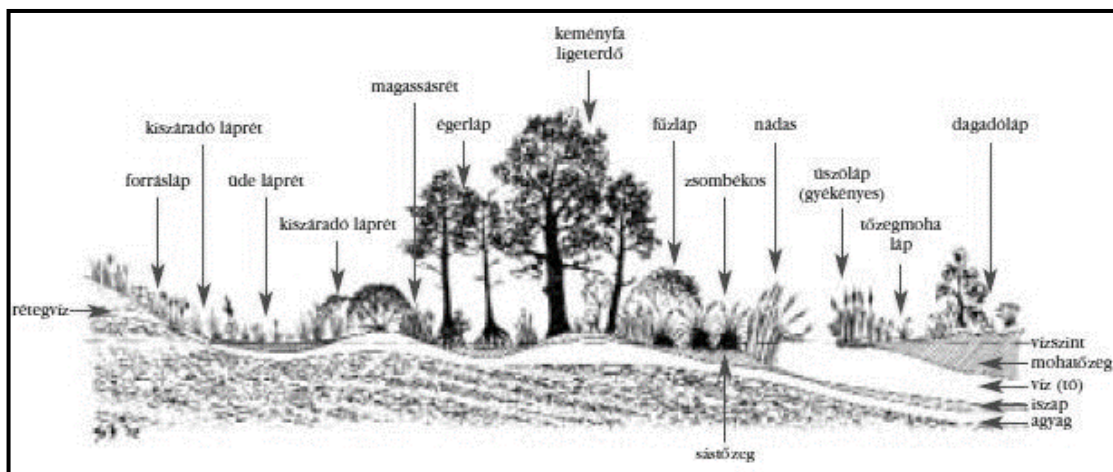
A láp a talaj nagymértékű humifikálódásával és ásványi anyagok dúsulásával keletkezett. Benne a növényi alkotórészek szabad szemmel már nem ismerhetők fel. Uralkodóan a tőzeg fedőrétegét képezi. A láposodás a sekély és nyugodt vizű, ugyanakkor lefolyástalan térségeiben, kedvező éghajlati, geomorfológiai, hidrológiai és élettani feltételek hatására alakult ki. A tőzegesedés fizikai, kémiai és biológiai előfeltételek alapján megy végbe. A bomlással, amit az oxigénhiány okoz, keletkezett anyag megtartja eredeti szerkezetét, de széntartalma növekszik. A láposodás, tőzegesedés kezdete a pleisztocén, holocén határán valószínűsíthető. A jelenlegi tőzegkészletek zöme az óholocén során, Joosten & Clarke (2002) szerint 11-12 ezer évvel ezelőtt, illetve a nyír-fenyő, tölgy- és bükk I. és bükk II. fázisokban képződött (Hahn, 1984).

A lápok fejlődésének kezdetét, amikor még nincsen teljesen feltöltődve, a szerves üledék lerakódása, tőzegképződés mértéke határozza meg. Ilyenkor beszélhetünk "élő" lápokról, pozitív mérleggel, majd ahogy kezdi feltölteni a rendelkezésre

álló teret, a tőzegtermelés és annak lebomlása között egy kényes egyensúly alakul ki, amit a vízszintingadozás szabályoz. Porózus szerkezetük miatt a lápok nagyon sok vizet tudnak felvenni, dinamikusan igazodnak a vízszint alakulásához és vele együtt dagadnak, zsugorodnak (Érdiné Szekeres 2002; Dömsödi, 1988a).

### 3.5 A lápok osztályozása

A lápok nemzetközi osztályozása a tőzgek hasznosításával foglalkozó világszervezet (IPS) létrehozása (1968) után vált szükségessé. Minden országban a nemzetközi elvek szerint, de a helyi adottságoknak megfelelően kell osztályzást kialakítani (Hahn, 1984). A lápok osztályozása többnyire a morfológiájuk, tehát alakjuk és felületi mintázatuk alapján történik (2. ábra). Alakjuk alapján két láptípust különíthetünk el: a síklápok, régi elnevezése szerint rétlápok, amiknek a vize a bázikustól a mérsékeltén savanyúig változhat, és dagadólápok, melynek a vize és tőzeganyaga mindig szélsőségesen savanyú ( $\text{pH} < 4$ ). Bizonyos esetekben a síklápok is igen savanyúak lehetnek, ha tőzegmohaszőnyeg borítja őket, ezért ezeket átmeneti lápoknak nevezik. Míg a dagadólápok tőzgefelülete a környék talajvíz szintje fölé emelkedik, a síklápok felülete ez alatt marad. Ennek az a következménye, hogy a síklápok vize túlnyomórészt a láp határán kívülről származik, míg a dagadólápok általában csak olyan víz befolyásolja, amely közvetlenül a láp felületére esik (Borhidi, 2003).



2. ábra Hazai láptípusok és előfordulásuk egy idealizált metszeten (Forrás: Érdiné Szekeres, 2002)

A lápok növényzet alapján is osztályozhatók, de a vegetáción alapuló kizárólagos osztályozás számos problémát vet fel, mint például az indikátor növényzet nem jelzi, hogy alatta van-e tőzgeképződés, továbbá másodlagos és átmeneti növényzet alapján nehéz a beazonosítás. Megkülönböztethetünk feltöltődéssel és elláposodással keletkezett

lápokat. A feltöltődési lápok a nyílt vízfelszín alatt képződnek a növények fokozatos benövésének hatására. Az elláposodás által létrejött lápok a vízszint megemelkedésével hozhatók összefüggésbe (Weber, 1908; Lájér, 1998).

A tőzegek osztályozását tekintve az egységeket 3 csoportba lehet sorolni: álláp, átmeneti láp és felláp. Az állápok tápanyagban gazdagabbak, a vízborítással rendelkező fátlan lápterületek és időnként vizes, lápos erdők tartoznak ide. Itt számos tőzeg-fajta található. Az átmeneti lápban a rétegek vékonyabbak, növényzetét tekintve átmenetet képez az állápok és a fellápok között. A felláp egy tápanyagszegény, elárasztott és lecsapolt erdős lápterület, aminek a felszínén lévő tőzegréteg humusztartalma rendkívül alacsony (Dömsödi 1988b; Töröcsik et al., 2015).

Vízkéimiai összetételük alapján a tavakat, lápok, mocsarakat oligotróf, mezotróf és eutróf kemizmussal jellemezhető területként különböztetjük meg (2. ábra). A tápanyagban szegény, oligotróf medrek hűvös, csapadékos éghajlaton alakulnak ki, fő vízforrásuk a csapadék, vizük oldott sótartalma minimális, tápanyagban szegény. A mezotróf vizek fő vízutánpótlása a csapadék és nem elhanyagolható a vízgyűjtő felszínéről bemosódott, tápanyagban és ásványokban gazdag víz. Az eutróf lápok jelentős mennyiségű oldott talajvíz és a vízgyűjtő területéről bemosódó vizek által fedezik szükségletüket (Sümei, 2001).

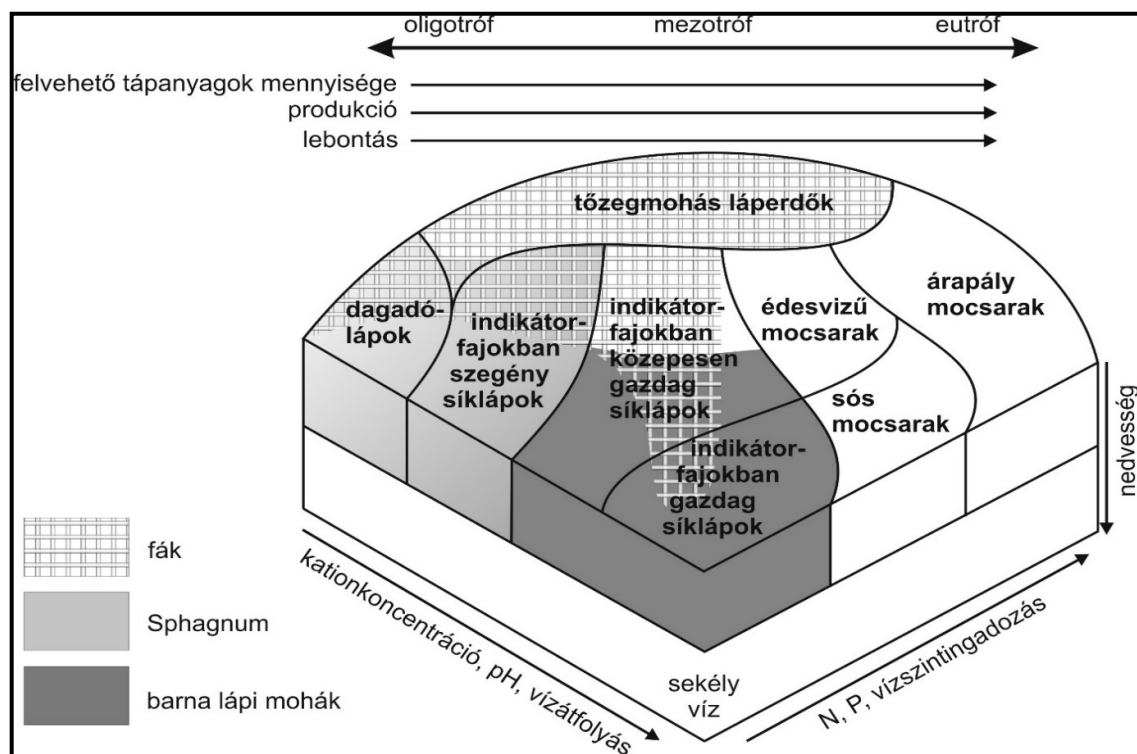
### 3.6 Tőzegmohalápok

A lápok legkomplexebb feldolgozása során a lápok növényzetét, elemtartalmát, vízellátási típusát egyaránt figyelembe veszik (Jakab & Sümei, 2011) és ennek nyomán rajzolják meg a lápok, vizes élőhelyek típusait (Zoltai & Vitt, 1995) (3. ábra). A növényföldrajz azokat a lápok, amelyekben sok tőzegmoha fordul elő, de a tőzeg képződésében nem egyedül a tőzegmoha viszi a főszerepet, hanem a sásoknak is nagy szerep jut, az átmeneti lápok fogalmába sorolja, tőzegmohás lápoknak nevezi, szemben azokkal, amelyekben tőzegmohának vezető szerepe van, s a tőzeg kizárólag vagy főképpen a tőzegmohából keletkezik. Ezek a valódi tőzeg-mohalápok, *Sphagnetumok*, dagadólápok. A Kárpátok és a Kárpát-medence vidékén főleg három növénycsoport vesz részt a tőzeg létrehozásában: elsősorban a nád, létrehozza a nádtőzeget, másodsorban a sás-fajok, létrehozzák a radiocella-, vagyis a gyökértőzeget, más néven sástőzeget, végül a mohák. A láperdőkben az éger és fűzavar, a gallyakkal együtt szintén részt vesz a tőzegképzésben. A tőzegmoha képződésben a *Sphagnum* nemzetség fajai vesznek részt. A

*Sphagnum* tőzegmoha nevét találóan kapta (Boros, 1964), mert kedvező körülmények között testének az alsó része, ott, ahol a napfény már nem ér le, lassan betemetődik. A fotoszintézis így érthetően csak a felszínen történhet. 5-15 cm mélységben viszont a növényi rész elpusztul és a tőzeg részévé válik (Rydin & Jeglum, 2006).

Ezen felül a tőzegmohákra alaktani felépítésük is igen jellemző. A tőzegmoha rendszertanilag a lombosmohákon belül külön alosztály tagja, amelybe csupán egyetlen nemzetség, a *Sphagnum*, tőzegmoha tartozik. Külső felépítésükre jellemző, hogy száruk csúcsán a rövid hajtások fejecskebe, üstökbe tömörülve helyezkednek el, más moha nem rendelkezik ilyen szerkezettel. A tőzegmohára jellemző továbbá, hogy a többi mohával ellentétben nincsenek gyökérszerű szőrei, illetve jellegzetes, mikroszkóp alatt jól megfigyelhető és felismerhető szerkezettel rendelkezik (Boros, 1964).

Magyarországon a tőzegmohás lápok makroszinten megfelelő csapadékot és hűvösebb éghajlatot biztosító területen belül is csak ott alakulnak ki, ahol savanyú, karbonátmentes alapkőzet fordul elő mélyebb, hideg, párás mikroklímájú völgyekben vagy folyómedrekben (Sümegei, 2001).



**3. ábra** A vizes élőhelyek vegetációtípusainak hidrológiai és kémiai gradiensek szerinti elterjedését ábrázoló háromszögdiagram (Forrás: Zoltai & Vitt, 1995 nyomán in Jakab & Sümegei, 2011)

### 3.7 A lápok pusztulása

A lápok egyik legfontosabb ökológiai jelentősége, hogy a tőzegképződés során szén-dioxidot köt meg, kivonva így azt a biogén ciklusból. A tőzegrétegek szervesanyag tartalmának kb. 50%-a szén. Normális esetben azért kötődik a tőzegrétegekhez jelentős mennyiségű szén, mert a biomassza termelődése gyorsabb annak bomlásánál. A boreális és szubboreális területek tőzegrétegeiben 270-370 Pg (1015 g) szén tárolódik. Ez alapján a globális talajban lévő szén (1395 Pg) egyharmada a tőzegrétegekben található. A lápok pusztulása drasztikus klimatikus változást okoz, mert nemcsak a megkötött szén-dioxid, hanem más gázok is, főleg metán ( $\text{CH}_4$ ), ami a második legfontosabb üvegházhatású gáz a szén-dioxid után, és nitrogén-oxid ( $\text{N}_2\text{O}$ ) szabadul fel és távozik (Joosten & Clarke, 2002). Éppen ezért a lápok, az aktív tőzegképző területek tanulmányozása alapvető a jövőbeli éghajlati változások biológiai kezelése, a biogén  $\text{CO}_2$  megkötődése szempontjából.

Amikor a lápképződés befejeződik, kezdetét veszi a negatív mérleg kialakulása és a fokozatos „tőzefogyás”. A tartós vízhiány a tőzegképződés megszűnéséhez vezet. A kiszáradással párhuzamosan elindul a tőzeg pusztulása, aminek állandósulásával járó következmények talajképződést okoznak. A lápot körülvevő élővilág fokozatosan alakul át a vízhez erősen kötődő élővilágból a szárazabb környezetet is jól tűrő közösséggé (Érdiné Szekeres, 2002; Dömsödi, 1988a).

A lápterületek pusztulását okozó tényezők között említendők azok a tüzesetek, amelyek pillanatok alatt emésztik el a vízszintcsökkenés miatt szárazzá váló, több évszázad vagy évezred során felhalmozott tőzeget. A környezetszennyezés is káros hatással van a lápokra. Elsősorban a talajból bemosódó és a csapadékvízzel bejutó nitrogén ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ) és foszfor ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) az, ami a jellemzően nitrogénben szegény termőhelyen kedvezőtlenül érinti az ott élő növényeket. A nitrogéntöbblet hatására bizonyos fajok túlzott elszaporodása vagy a gyomok és az agresszív, tájidegen fajok megjelenése következik be, amelyek azután kiszorítják a lápi növényeket (Érdiné Szekeres, 2002).

Az emberi, főleg mezőgazdasági tevékenység a lápok pusztulásában nagy szerepet játszik, így a lápok lecsapolása, a területen való legeltetés, kaszálás, és a fennmaradásukhoz szükséges víz elvezetése is. Mivel a tőzeg ma is keresett nyersanyag, amit kertészeti, talajjavítási és kommunális céllal összefüggő mezőgazdasági célokra használnak, így a bányászata is potenciális veszélyt jelent. A bányászat közvetve is okozhat károkat a vízháztartás megváltoztatásán keresztül (Érdiné Szekeres, 2002; Hahn, 1984).

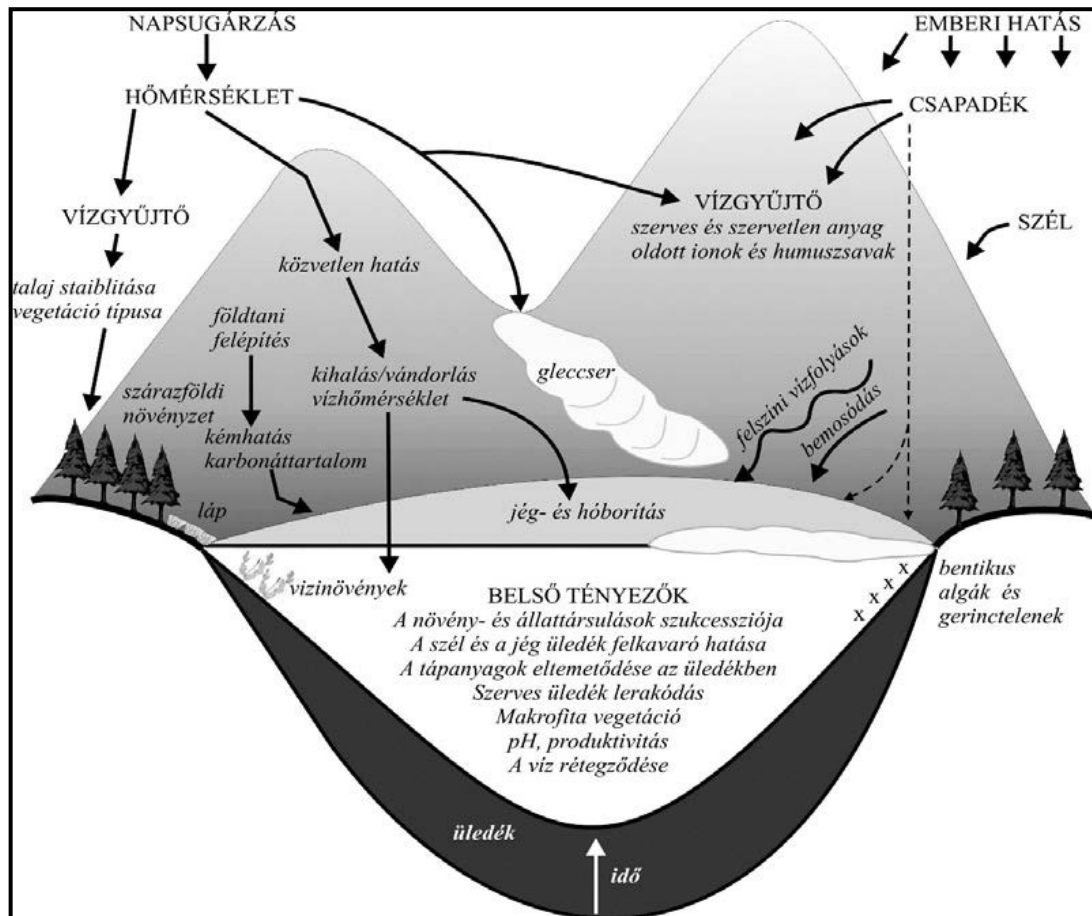
### 3.8 Üledékgyűjtő rendszerek

A lápok általában tavakban, üledékgyűjtő medencékben (4. ábra) és természetes úton kialakult exogeológiai formákban jönnek létre (Sümei et al., 2015a). Az egyik legkidolgozottabb negyedidőszaki öskörnyezeti rekonstrukciós modellt az egykori környezet változásairól, a tó és a vízgyűjtő rendszerének kapcsolatáról dolgozták ki. A modell lényege, hogy egy tó, láp, mocsár medrét, vagy egy patak allúviumát, és vízgyűjtő területét lehatárolják a vízgyűjtő geomorfológiai, illetve geológiai adottságai, a természetes vízválasztó vonala, határai (4. ábra). A vízgyűjtő területéről származó anyagok, a lejtők alapkőzetéből, talajából lepusztult anyagok bemosódhatnak, szél által szállított por és virágporszemek hordódhatnak és rakódhatnak le távoli területekről az üledékgyűjtőben. A tavakban a patak allúviumán élt szervezetekből is jelentős mennyiségű üledék képződhet és halmozódhat fel. A vízgyűjtő terület magasabb térszínein tehát az anyagok lepusztulásával és szállítódásával számolhatunk, a tavi, és az alluviális üledékgyűjtő rendszerben a különböző lepusztulási folyamatokon és szállítási módokon átesett anyagok viszont felhalmozódnak, beépülnek a tavi rendszer fenéküledékeként képződött rétegekbe, és információkat hordoznak a múltbeli környezetváltozásokról (Sümei, 2001).

Természetesen a különböző távolságról (allochton), vagy helyben felhalmozódott (autochton) anyagok más és más léptékű öskörnyezeti változásról adnak információt, az üledékgyűjtő terület más és más távolságban lévő környezeti tényezőjét reprezentálják. Így ugyan az öskörnyezeti adatok egy-egy konkrét mintavételi hely (szelvény, fúráspon) üledékéből származnak, az ott felhalmozódott üledékek, ősmaradványok nem kizárólag egyetlen helynek, hanem a szélesebb értelemben vett üledékgyűjtő területén végbement folyamatoknak és az egykori környezetváltozásoknak őrzik meg a nyomait (Sümei, 2001). A tavi környezetben lerakódott üledékek szerepe az üledékes rétegsorokban alárendelt, mert a tavak geológiai értelemben igen rövid életűek, hamar feltöltődnek. Ha a feltöltő anyag homok, iszap vagy agyag, ezek a rétegsorok nagyon hasonlóak a sekély beltengerek üledékeire. Ilyen esetekben csak az őslénytani vizsgálat és az édesvízi fauna jelenléte döntheti el az üledék tavi eredetét (Hartai, 2009).

A szél által szállított anyagok a légkörzéstől és a jellemző széliránytól függenek, míg az areális erózió üledékei a lejtő meredekség, a csapadékmennyiség és annak eloszlása, valamint az üledékek megkötéséért felelős növénytakarótól függenek (Sümei 2001).

Az eltérő származású anyagok egy helyen történő felhalmozódása azt jelenti, hogy az üledékgyűjtő térben reprezentálja a vízgyűjtő területén végbement változásokat. Ugyanakkor a tavi, lápi vagy mocsári rendszerben található üledékrétegek felhalmozódása időfüggő esemény, azért az üledékgyűjtő nemcsak a vízgyűjtő területen történ eseményeket gyűjti össze, hanem időben is rögzíti a felhalmozódott üledékek és rétegek helyzetét. Az üledékgyűjtő rendszerek a térben és időben történő ökoszisztémái változásokról egyaránt információkat tartalmaznak (Sümei 2001).



**4. ábra** A természetes üledékgyűjtőkben felhalmozódó növényi maradványok akkumulációs és tafonómiai folyamatai (Forrás: Gaillard – Birks 2007 nyomán magyarra fordítva, átszerkesztve Jakab – Sümei, 2011)

A felhalmozódott anyagokon végzett radiokarbon vagy más kormeghatározási módszerek segítségével a vízgyűjtő területén bekövetkezett üledékképződés, lepusztulás és felhalmozódás sebességéről kaphatunk információkat. Ha ezeket a vizsgálatokat összekapcsoljuk (4. ábra) paleobotanikai elemzésekkel, a növényi változásokról is információkat nyerhetünk, majd az üledékföldtani, geokémiai, malakológiai és más, mikropaleontológiai anyagokkal bővítve elemzésünket egyre teljesebb képet kaphatunk az üledékgyűjtő múltbeli környezetéről (Sümei, 2001; Sümei et al., 2015a).

A geokémiai vizsgálaton alapuló üledékgyűjtő-vízgyűjtő rendszer rekonstrukciója MacKereth (1966) nevéhez fűződik, akinek alaphipotézise szerint az üledékekben található Na és K tartalom korrelál a környezetet érő erózió intenzitásával, melyek a finomszemcséjű üledékből vízöblítés során kioldódva ionok és kolloidok formájában szállítódnak, majd pedig felhalmozódnak az üledékgyűjtőben. Ha a vízgyűjtő területet zárt növényzet borítja, az alapkőzetet málladék (regolit) és a talaj borítja, akkor a vízgyűjtő terület erózió szempontjából stabil rendszert alkot, a felszíni vízfolyások elsősorban vízben oldott ionokat szállítanak a tóba, a bejutó szilikát szemcsék mennyisége elhanyagolható. Véleménye szerint a tavi üledékes rendszerekbe ekkor eutrofizációt indukáló elemek (kálium, nitrogén, foszfor) kerülnek, és ezeknek az elemeknek a hatására az algák elszaporodnak, és szerves anyagban dús, agyag vagy kőzetliszt, úgynevezett „detritusz” halmozódik fel (Sümegei 2001, Sümegei 2015a).

A növényzet megbomlásával (éghajlati változás, erdőtűz, erdőirtás) a vízgyűjtő terület instabillá válhat, az erózió lepusztíthatja a talajtakarót vagy annak egy részét, és ezt követően mállatlan szilikátszemcsék kerülnek az üledékgyűjtő rendszerekbe. Ebben az esetben az üledék Na- és K-tartalma ugrásszerűen megnő, és korrelációt mutat a hamutartalommal. MacKereth (1966) a kutatásai során rámutatott arra, hogy az általa vizsgált oligotróf tavak esetében az üledék vastagsága az erózió intenzitásától függött, és a szervesanyag jelentős része is a vízgyűjtő terület talajából származott, azaz az általa vizsgált tavi üledékek nem a tónak a fejlődéséről, hanem a környező területek talajfejlődéséről hordoztak geokémiai információkat (Sümegei 2001).

## 4 A vizsgált terület

A vizsgálat alá vont terület a Kárpát-medence keleti részében található Romániában, Erdélyben (5. ábra), Magyarbagó (Băgău) község határában a Küküllőközi-, Küküllőmenti-, vagy más néven Küküllők-dombságban (Podișul Târnavelor), azon belül is a Kis-Küküllő-menti-dombság (Podișul Târnavei Mici) kistájában helyezkedik el. Az erdélyi Fehér vármegyében található Bagoly szóból származtatható Magyarbagó (Băgău) elnevezésű község nevét először Bogó alakban 1296-ban említették középkori források. A Küküllők-dombságon (Podișul Târnavelor, Târnavelor Hills) belül elkülönítik a Magyarlapádi-dombságot (Podișul Lopadei, Lopadei Hills), ahol a Feneketlen-tavi (Tăul fără fund, Bottomless Lake) tőzegmohás lápkomplexum elhelyezkedik.

A 320 km<sup>2</sup> kiterjedésű Magyarlapádi-dombságon belül a Magyarbagói dombok között húzódik egy északnyugati-délkeleti, illetve egy északkelet-délnyugat irányú elláposodott mellékvölgy (5-6-7-8-9. ábra), ami a vizsgálatunk, a Feneketlen-tó helyszíne.

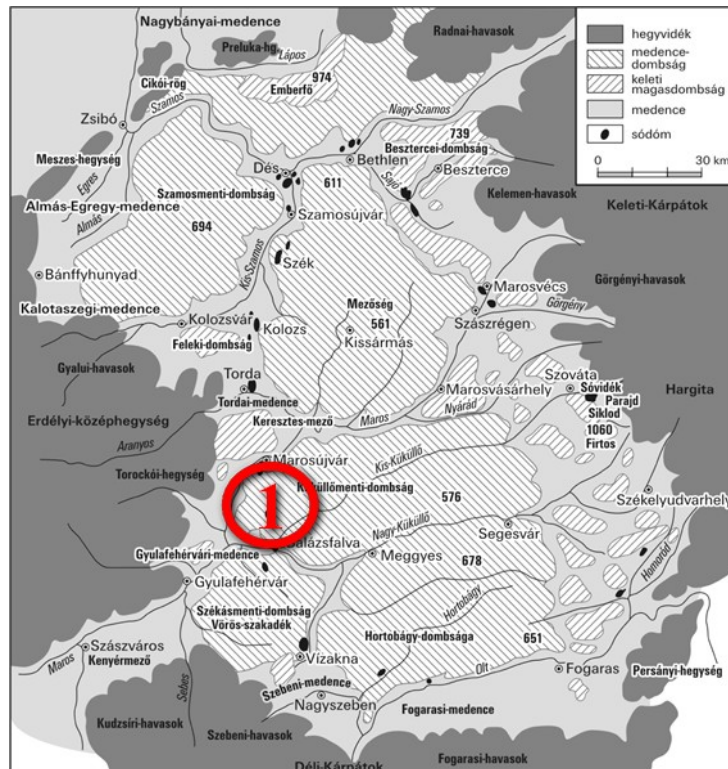
A láp egy hátravágódó (regresszív kialakulású és fejlődésű) völgy legmélyebb részén fejlődött ki, mivel a területen egy dombi vízválasztó is húzódik. A láp medrét alkotó patak völgy a dombi vízválasztótól jelentős eséssel halad a Feneketlen-tó irányába, ahol a völgy esése megszűnt. Ennek nyomán a kiemelkedés és hátravágódás egy meghatározott szakaszban történhetett a jégkor végén, a holocén kezdetén, majd a kiemelkedés lelassult és ennek nyomán a völgy láp felőli oldalán a patak meder elgátlódhatott. Az elgátlódás egyértelműen tömegmozgással történt és a völgy oldalát alkotó tengeri üledékek lejtő irányú mozgása nyomán záródott el a völgy (9. ábra).

A zavartalan fúrásszelvényt 2015 szeptemberében az északi szélesség: 46° 19' 51,57" és a keleti hosszúság: 23° 48' 32,45" koordinátákon alakította ki a Magyar Tőzegkutató Társaság terepi csapata (5. ábra). A lápkomplexum több mellékvölgy elláposodásával alakult ki, és ennek nyomán az egyes lápterületek eltérő magasságban húzódnak.

Valószínűleg ennek tudható be, hogy a különböző időpontban a lápon végzett fúráselemzéseknél, botanikai vizsgálatoknál eltérő tengerszint feletti magasságot adtak meg (Csathó, 1896; Pop, 1932, 1935, 1960). A kutatócsoportunk által végzett fúrás 439 tengerszint feletti magasságban mélyítettük, de ismeretesen 440 méteren is lápfoltok a területen, amelyeket fúrásunk után 2017-ben tártak fel román kutatók a debreceni Braun Mihály vezetésével (<http://iker.atomki.hu/2017/11/15/a-feneketlen-to-tozegmoha-lap-uledek-mintazasa-magyarbago-romania/>).



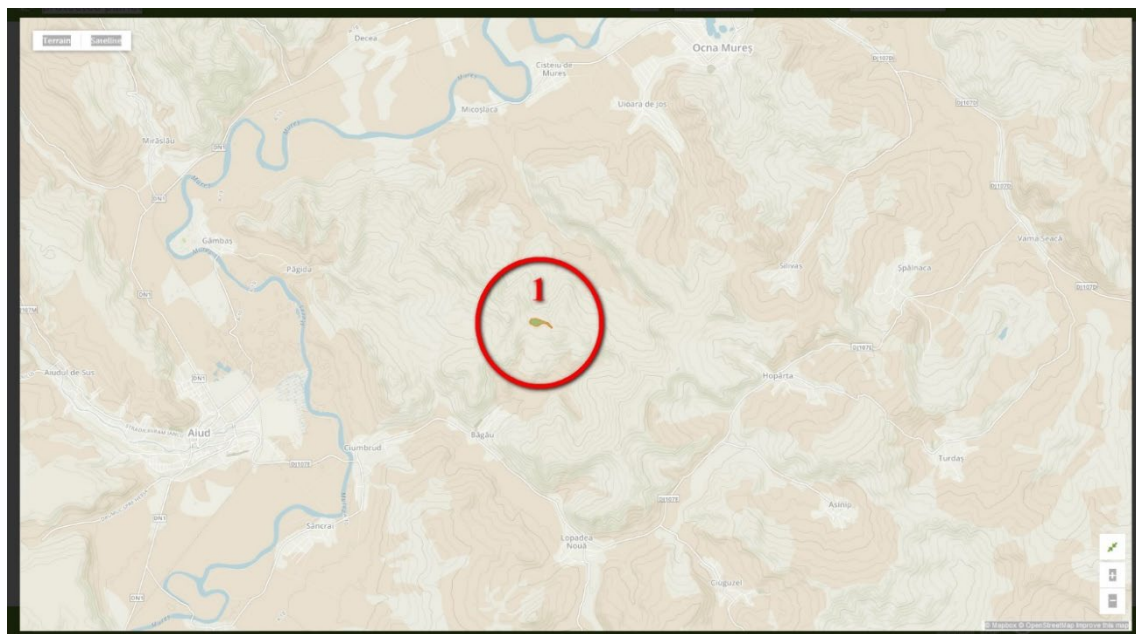
5. ábra Magyarbagó (Băgău) község elhelyezkedése Románia domborzati térképén (szerkesztette: Vári Tamás Zsolt, forrás: <https://www.mapsland.com/europe/romania/large-detailed-relief-map-of-romania>), valamint a jobb felső sarokban a fűrés 2015 szeptemberében (Fotó: Sümegi Pál).



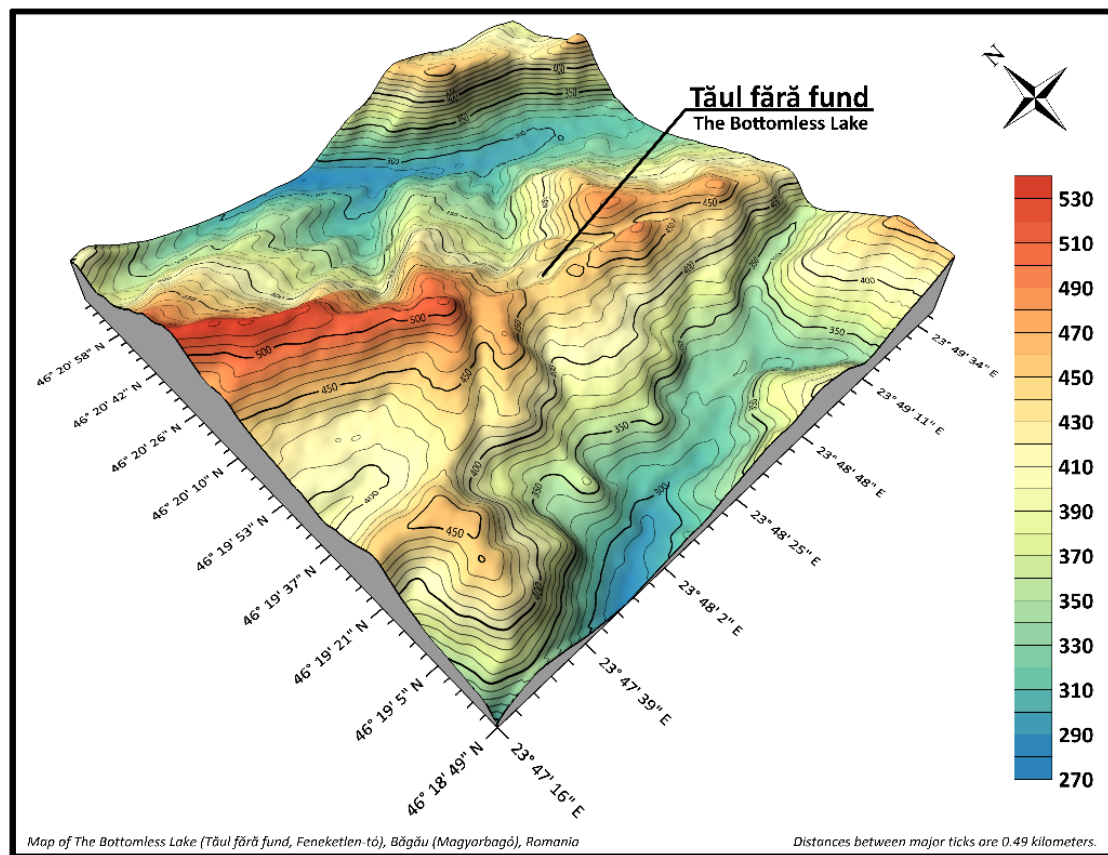
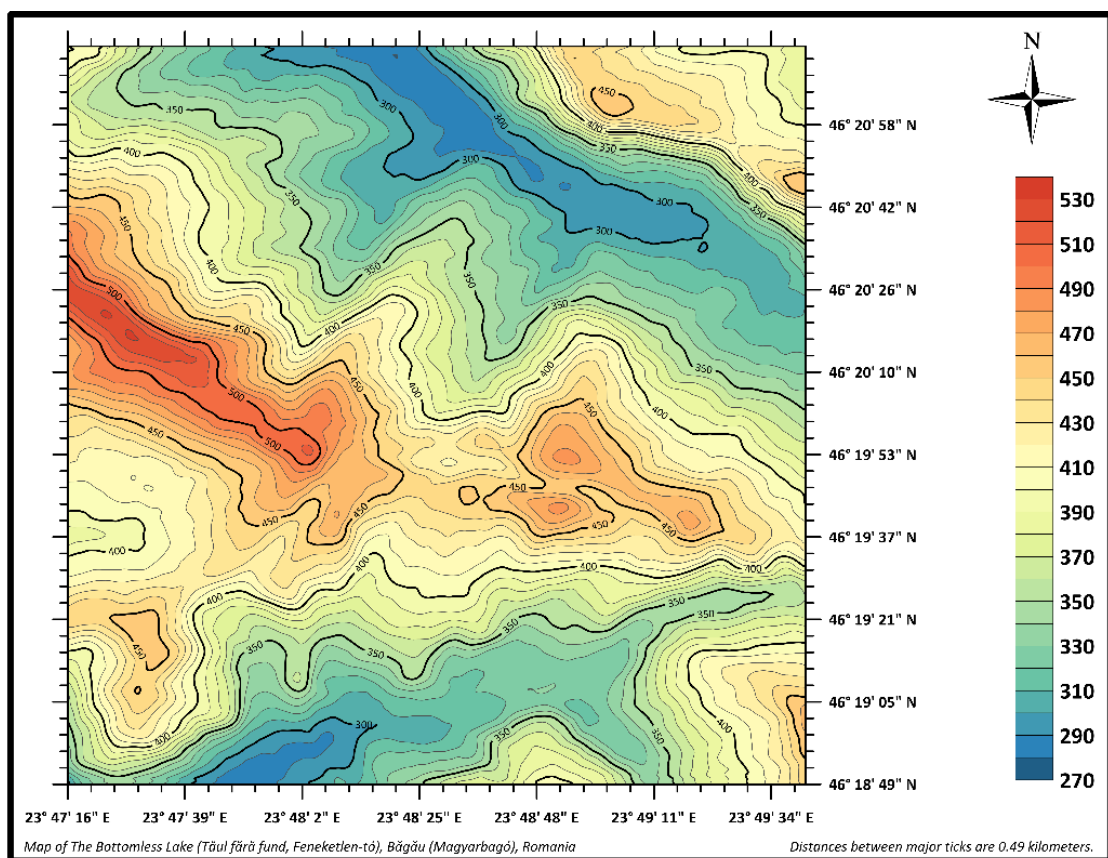
6. ábra Magyarbagói Feneketlen-tó elhelyezkedése az Erdélyi medence tájainak rendszerében (1 = Magyarbagó, Feneketlen-tó) (alaptérkép forrása: [https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011\\_0001\\_527\\_eu\\_regionalis\\_foldrajz\\_1/ch02s07.html](https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_527_eu_regionalis_foldrajz_1/ch02s07.html))



7. ábra Magyarlapádi-dombság és a Magyarbagói-dombság formakincse, a magyarbagói elláposodott bagói, raven típusú völgygel (Mărculeț, I. & Mărculeț, C. 2006-2007 nyomán, 1 = Magyarbagói-dombság, az elláposodott bagói völgygel)



8. ábra A magyarbagói Feneketlen-tó elhelyezkedése (1 jelzésű körön belüli zöld terület) a Bagói völgyben és a Bagói dombságban (M = 1 : 10 000) (alaptérkép forrása: Google Maps)



9. ábra A Magyarbagói-dombság részletének digitális modellje a Feneketlen-tavi fűrés helyével (Forrás: Vári et. al. 2020)

A láp 2,5-3 hektár kiterjedésű napjainkban, de nedvesebb években 5-6 hektárt is elér a kiterjedése, a tőzegréteg a láp közepén mérve 4-5 méter a korábbi romániai elemzések alapján (Pop, 1960). Saját fúrásaink alapján a tőzeg vastagsága meghaladhatja a 8,5 métert is, ezért a völgy jelentős részét holocén tőzegláp borítja. Ugyanakkor a terület tágabb környezetének geológiai felépítése ennél jóval bonyolultabb (10. ábra).

#### **4.1 A vizsgált terület és tágabb környezetének földtani felépítése**

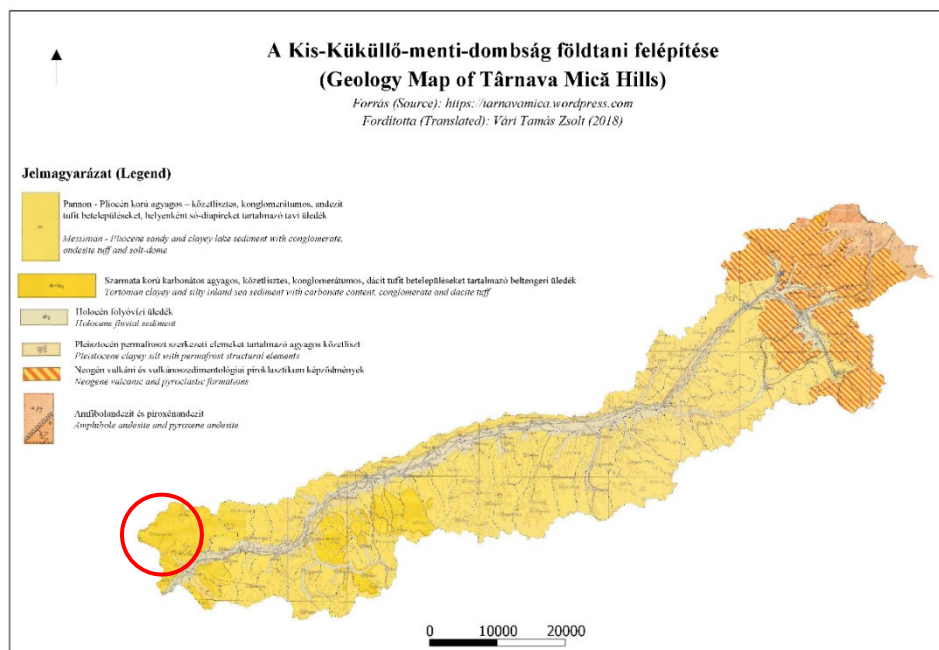
A Maros (Mureș) folyó és a Küküllő (Târnava) folyó között található Küküllőközi-, vagy más néven Küküllők dombsága a Kis-Küküllő-menti-dombság (Podișul Târnavei Mică) révén a Keleti Kárpátoktól, az amfibolandezit és piroxénandezit kőzetekkel jellemezhető Görgényi havasoktól (Munții Gurghiu) egészen a Küküllők folyó marosi torkolatáig tart (Hajdú-Moharos et al., 1992). A Kis-Küküllők, Küküllők völgyében a felszínen döntően holocén korú agyagban, kőzetlisztben, homokban gazdag folyóvízi és alluviális képződmények találhatóak, míg a Kis-Küküllők-menti-dombságot pannon-pliocén korú, sós diapírokat is tartalmazó agyagos, kőzetlisztes tavi képződmények alkotják (10. ábra).

A dombsági régióban a legmagasabbra kiemelt, a Kárpátok és az Erdélyi-medence fokozatos kiemelkedésével a felszínre került szarmata korú csökkent sósvízi tengeri képződmények, karbonátos agyagos kőzetliszt (marl), dácittufitos betelepülésekkel jellemezhető agyagos, homokos kőzetliszt képződmények találhatóak. Ez jellemzi a Magyarbagói-dombságot és a Magyarlapádi-dombságot is, vagyis a Feneketlen-tó közvetlen környezetét. A pannon-pliocén, a miocén-szarmata képződményeket több felé fedi permafroszt szerkezeti elemeket tartalmazó jégkori (pleisztocén) sárgásbarna színű vályog, agyagos kőzetliszt is. A Görgényi havasokat amfibolandezit és piroxénandezit alkotja, míg a Görgényi havasok hegyláb felszínét különböző piroklasztikumok, tufák és tufitok alkotják (10. ábra).

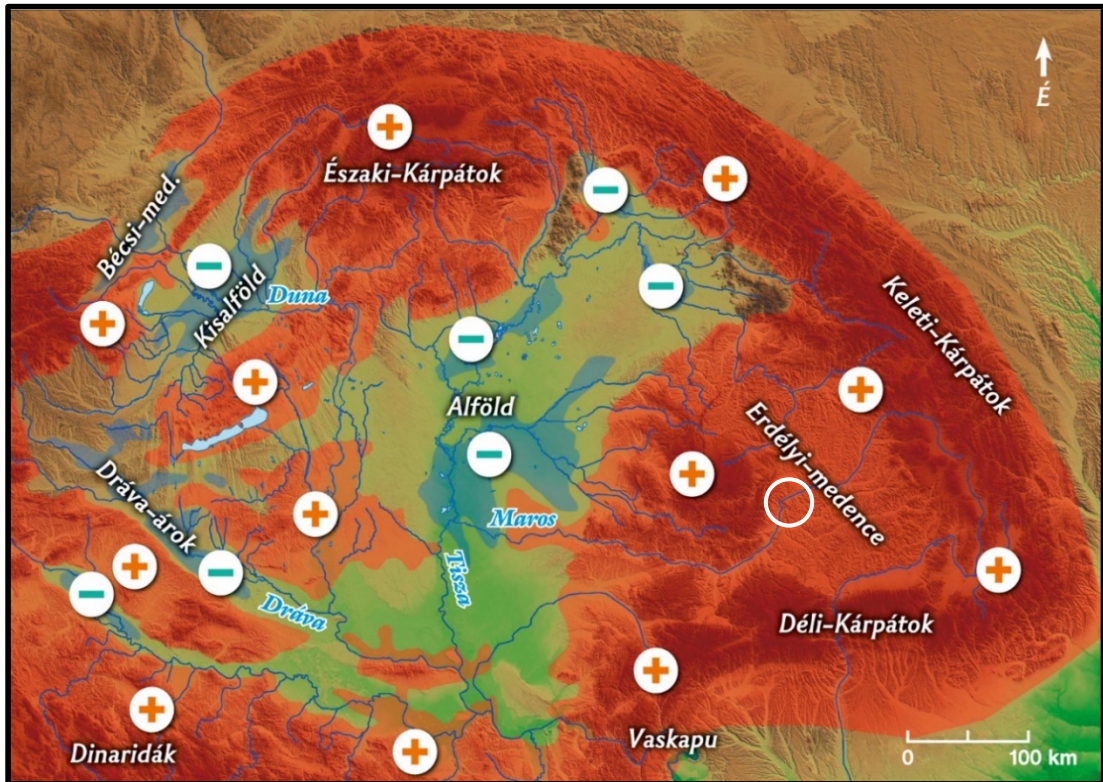
Az Erdélyi medence és a Kárpátok fokozatos, de területenként eltérő sebességű kiemelkedése (11. ábra) nyomán a Magyarlapádi-dombság benne a Magyarbagói dombokkal hátszerűen (12. ábra) az elmúlt 10 millió év során kiemelkedett, és ennek nyomán a patakhálózata sugárirányúvá vált mind a Kis-Küküllő, Küküllők és a Maros irányában (12. ábra). Az elláposodott bagói völgy is ilyen sugárirány, a terület kiemelkedése következtében bevágódó patak völgy, ráadásul a páholyszerűen kiszélesedő völgyfőben alakult ki a láp centruma (9. ábra) és mind a Magyarbagó község felé lejtő északkelet-délnyugati

irányú bagói völgyben, mind az északnyugat-délkeleti irányú százcscsávási völgyben kialakultak lápos részek és lápos foltok (Pop, 1960).

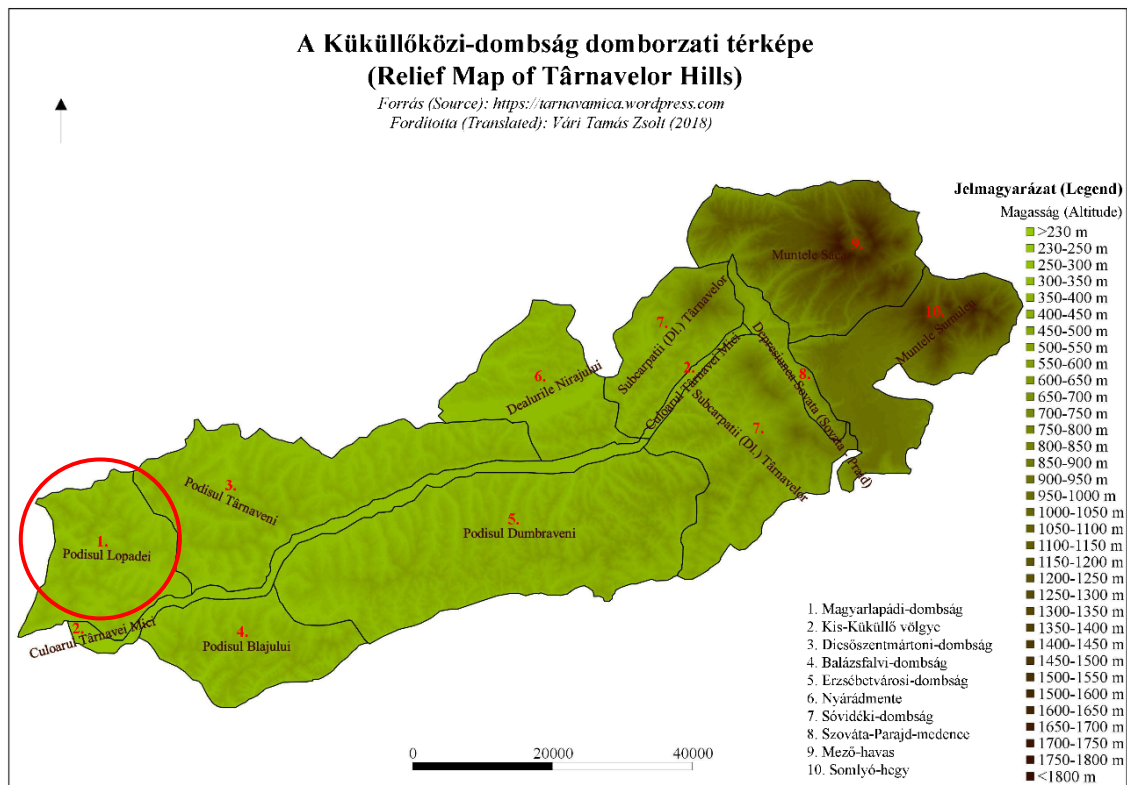
A völgyek egyértelműen a geofizikusok mérései nyomán kialakult emelkedéshez, az elmúlt 10 millió év során a Kárpátok keleti részében és az Erdélyi medencében kimutatott kiemelkedés nyomán kifejlődött völgybevágódásokhoz kapcsolódik, ezért a Feneketlen tavat, lápos tavat tartalmazó völgyet a Maros hidrográfiai tengelyét figyelembe véve harmadlagos antecedens völgynek tekinthetjük (11. ábra). A völgybevágódások következtében a plató jellegűen emelkedő Magyarlapádi-dombság részekre osztott és a sugárirányú völgyhálózat következtében tagolt felszín alakult ki (12. ábra).



**10. ábra** A Kis-Küküllő-menti-dombság földtani felépítése (Fordította Vári Tamás Zsolt, Forrás: <https://tarnavamica.files.wordpress.com/2013/02/harta-geologicc483-tarnava-mica-cu-legendc4831.jpg>)

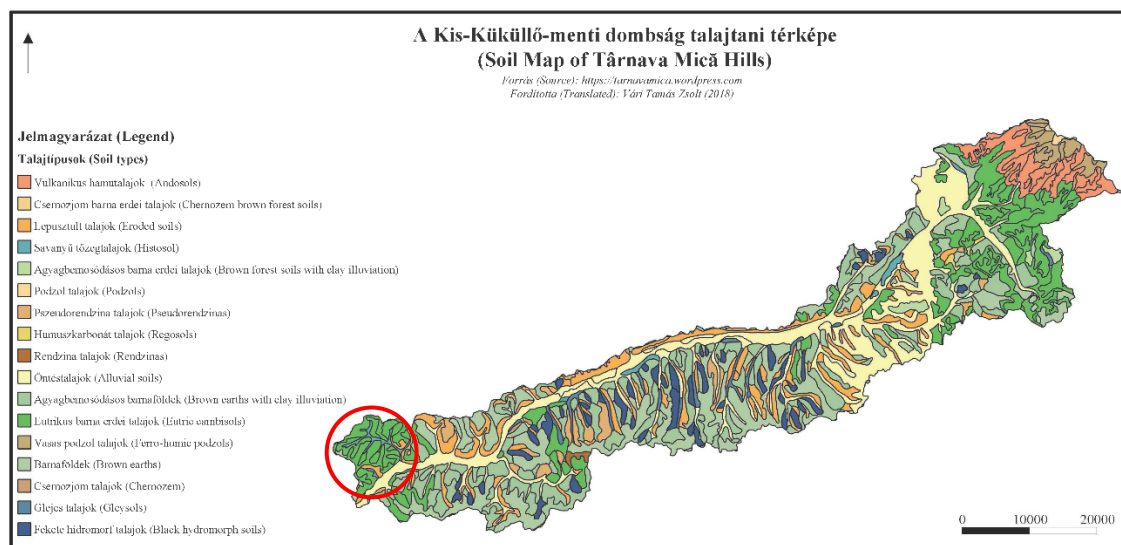


11. ábra A Kárpát-medence utóbbi 10 millió évben emelkedő és süllyedő területei  
(Forrás: [http://www.ng.hu/Fold/2011/07/es\\_megis\\_mozog\\_a\\_karpatmedence](http://www.ng.hu/Fold/2011/07/es_megis_mozog_a_karpatmedence))



12. ábra Magyarlapádi-dombság és a Küküllőközi-dombság domborzati és hidrológiai viszonyai (Fordította Vári Tamás Zsolt, Forrás: <https://tarnavamica.wordpress.com/particularitati-morfologice-si-morfometrice/>)

## 4.2 A vizsgált terület talajtani adottságai



**13. ábra** A Kis-Küküllő-menti dombság talajtani adottságai (Fordította Vári Tamás Zsolt, Forrás: <https://tarnavamica.files.wordpress.com/2013/02/harta-solurilor.jpeg>)

Az erdélyi területen eddig végzett pollenanalízisek nyomán (Feurdean et al, 2007, 2010, 2015; Tanțău et al., 2014; Grindean et al., 2014) a neolitikum előtt a Küküllők, Kis-Küküllő, Maros völgyét, a Kis-Küküllő-menti-dombságot, Magyarpaládi- és Bagói-dombságot zárt erdőtakaró borította. Így a holocén kezdetén, az Erdély egész területén jelentkező permafroszt réteg kiolvadása után döntően a geológiai, hidrológiai, morfológiai különbségek nyomán fejlődtek az eredeti talajtípusok a vizsgált területen, bár a fenyvesek, lombosfák borítása nyomán podzol jellegű és barna erdei talajok fejlődtek ki a vizsgált régióban. Ezek a talajtípusok jelentős léptékben módosulhattak a termelő gazdálkodás megjelenésétől. Az elmúlt 8500 évben és ennek nyomán emberi hatású talajok (anthrosol) is viszonylag jelentős területet borítanak napjainkra. Emellett különböző közhathatású (rendzina típusok) és vízhatású (hidromorf) talajok fejlődtek ki mind a Feneketlen-tó szűkebb környezetében mind a Magyarpaládi-dombságon és annak tágabb régiójában (13. ábra).

A Magyarpaládi-dombság területén vízhatású, savanyú kémhatású tőzegtalajok, a World Reference Base besorolása szerint histosol (IUSS Working Group WRB, 2006), az erdővel borított területeken barna erdei talaj, cambisol, és a legeltetés, szántás, kertművelés nyomán anthrosol talajtípusok fejlődtek ki. Ennek a három talajnak a különböző módon kifejlődött változatai és átmenetei figyelhetők meg és jellemzik a vizsgált területet, míg a tágabb régióban jóval változatosabb talajborítás figyelhető meg (13. ábra).

### 4.3 A vizsgált terület növényzete

A termelő gazdálkodást folytató közösségek megtelepedése és technikai fejlődése, a különböző gazdálkodást folytató közösségek hullámszerű megjelenése és a növényzetre gyakorolt egyre erőteljesebb hatás miatt a láp és közvetlen környezetének lokális növényzetére koncentráltunk csak dolgozatunkban (14. ábra).



**14. ábra** A magyarbagói Feneketlen-tó és láposodott felszíne, a növénytársulások elhelyezkedése a Bagói völgyben 2015-ben, a nyugati domboldalról (Fotó: Sümegi Pál)

A bagói völgyet kitöltő láp eredeti, folyó- és vízszabályozás előtti felülete jóval jelentősebb volt az első osztrák katonai, ún. „Jozefiánus” térkép alapján és a lápos-mocsaras felszín elborította a Bagói völgyek mélyebb részeit is ([https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2b/Josephinische\\_Landaufnahme\\_pg139.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2b/Josephinische_Landaufnahme_pg139.jpg)).

Ennek nyomán a Feneketlen-tó és a hozzá kapcsolódó lápos felszín közel 50-60 hektár kiterjedés lehetett a gépi (indusztriális) civilizáció megtelepedése előtt, a XVIII. század végén. A láp központi részén egy lápszemszerű tó található, és a tó környezetében lápos tavi környezet fejlődött ki. A tó keleti, délkeleti, déli részén gyűrűszerű növényzeti társulások fejlődtek ki, míg északnyugati irányban a tó közvetlenül az erdősült, barna erdei talajjal fedett miocén végi üledékekből álló domboldallal határos (10. ábra).

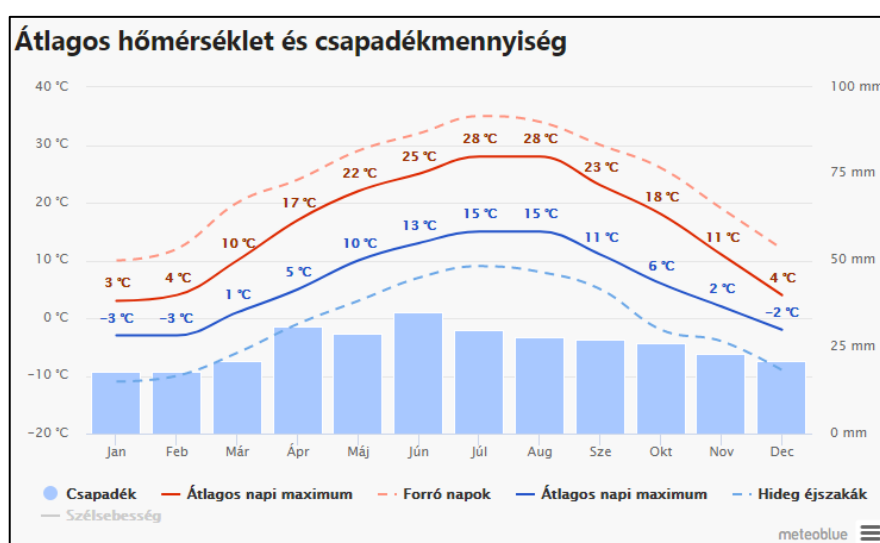
A lápi növényzet, benne a nyír, éger, és a lápra jellemző lágyszárúak, a csapadék növekedésének hatására kiterjednek és kolonizálnak a völgy oldalában és tengelye mentén. A Feneketlen-tó széle eutróf, míg a tó közepe inkább oligo-mezotróf, ahol egy élő tőzegmoharéteg figyelhető meg. A láp növényzetét hat növénytársulás alkotja, és a társulások növényzetének döntő része tőzegalkotó, de a tőzeg alapvető részét több tőzegmoha

(*Sphagnum*) taxon alkotja. A védett kereklevelű harmatfű (*Drosera rotundifolia*), hüvelyes gyapjúsás (*Eriophorum vaginatum*), nád (*Phragmites australis*), nyugati kékperje (*Molinia coerulea*), rezgő nyár (*Populus tremula*), kutyabenge (*Alnus frangula*), molyhos nyír (*Betula pubescens*), széleslevelű gyékény (*Typha latifolia*), vízi harmatkása (*Glyceria maxima*) maradványai voltak a legjelentősebb tőzegalkotók (László, 2006).

Összességében megállapítható, hogy magyarbagói Feneketlen-tó lápterületének rendkívül gazdag változatos a növényzete (László, 2006), amelyben jelentős számban figyelhetők meg védett növényfajok és védett növényi elemek, teljesen indokoltan került a romániai Natura 2000 területek közé.

#### 4.4 A vizsgált terület éghajlata

A vizsgált terület az Erdélyi medence centrumában, medence helyzetben, de relatíve kiemelt, dombsági helyzetben van (Bagói dombok). Ennek nyomán a kontinentális éghajlati hatás és a szubkárpati éghajlati hatás jelentkezik a területen. A kontinentális éghajlati hatás mindenekelőtt a szárazabb és melegebb nyár végéig mutatható ki, míg a jelentősebb csapadékmennyiség, a téli hó mennyiség, hó magasság, hidegebb középhőmérséklet egyértelműen a szubkárpati éghajlati hatással mutatható összefüggést. A ritkábban jelentkező nyári magasabb hőmérsékleti hatásokat (15. ábra) leszámítva a lápképződés és tőzegfejlődés feltételei egész vegetációs periódusban rendelkezésre állnak napjainkban, elsősorban azért, mert a lápot a páratartalom megőrzése szempontjából kiemelkedő jelentőségű zárt erdő övezi és a láp jelentős részét is nyír-, fű- és égererdő fedi.



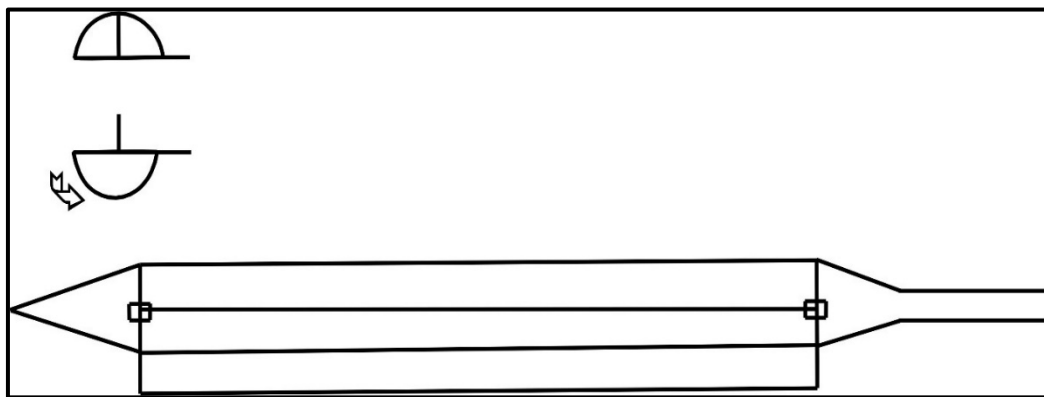
15. ábra A vizsgált térségre jellemző Walter-Lieth klímadiagram Balázsfalváról (Blaj), mintegy 20 km-re légvonalban a vizsgált területtől (Forrás [https://www.meteoblue.com/hu/időjárás/historyclimate/climatemodelled/blaj\\_romania\\_684612](https://www.meteoblue.com/hu/időjárás/historyclimate/climatemodelled/blaj_romania_684612))

## 5 A felhasznált vizsgálati módszerek

### 5.1 A zavartalan lápi magfúrás

A természetes üledékgyűjtő rendszerekben felhalmozódott üledékeket be kell gyűjteni és ezekhez zavartalan magmintavételt biztosító fúrásokat kell mélyíteni az üledékgyűjtő medencékbe. Mivel a lápok, tavak, mocsarak döntő része védett terület, ahol tilos a motoros gépekkel történő beavatkozás, valamint gépekkel, köztük nehéz motoros fűrőgépekkel egyáltalán nem, vagy csak alig járható a rendkívül süppedős, laza, esetleg vízzel borított felszín, ezért kézi erővel kell megfúrni ezeket a helyeket (Sümegi, 2001).

A tavakon, lápokon használatos zavartalan magfúrást biztosító fúrók közül a leggyakrabban használt két típus az Orosz-fejes (16. ábra) és a Livingstone fúró. Ezek közül a speciális acélfejjel ellátott Orosz-fejjel átlapoló kettős fúrást mélyített (Aaby & Diegerfeld, 1986) a magyarbagói Feneketlen-tó lápszőnyegének felszínéről indítva a tőzegkutató terepi csoport (Prof. Dr. Sümegi Pál tanszékvezető egyetemi tanár, Sümegi Balázs Pál intézeti mérnök, Rovó János tanszéki mérnök, Tóth Attila PhD hallgató - Sapientia Egyetem, Erdély). A fúrófej hosszával azonos, 40 cm-es tőzegdarabokat a nemzetközi szabványnak megfelelően műanyag folpackba, majd alufóliába csomagolták és a Szegedi Tudományegyetem Földtani és Őslénytani Tanszékére szállították az MTA Régészeti Intézet és a Földtani és Őslénytani Tanszék közös üzemeltetésű Geoarcheológiai és környezettörténeti laboratóriumába, ahol 4 °C fokon hűtőben tároltuk a mintákat a feldolgozásig.



16. ábra A zavartalan magfúrásánál használt Orosz fúrófej egyszerűsített rajza (Forrás: Sümegi, 2001)

### 5.2 Munsell-színek használata

Az üledékek színe a terepen a Munsell Color (1954) színskála segítségével lett leírva. A Munsell Color Company által árusított szín-könyvek segítségével könnyen és

gyorsan, akár a terepen vagy a laborban is meg tudjuk mondani a kérdéses anyag, esetünkben üledék színét. Ehhez csak elővesszük a könyvet, odatesszük a mintához és addig keressük a megfelelő színt, amíg meg nem találtuk. A színértékek (value) és árnyalatok (chroma) elkülönítésében is segítséget ad a könyv, hogy pontosabban meg tudjuk határozni a színeket.

### 5.3 A Troels-Smith osztályozási rendszer

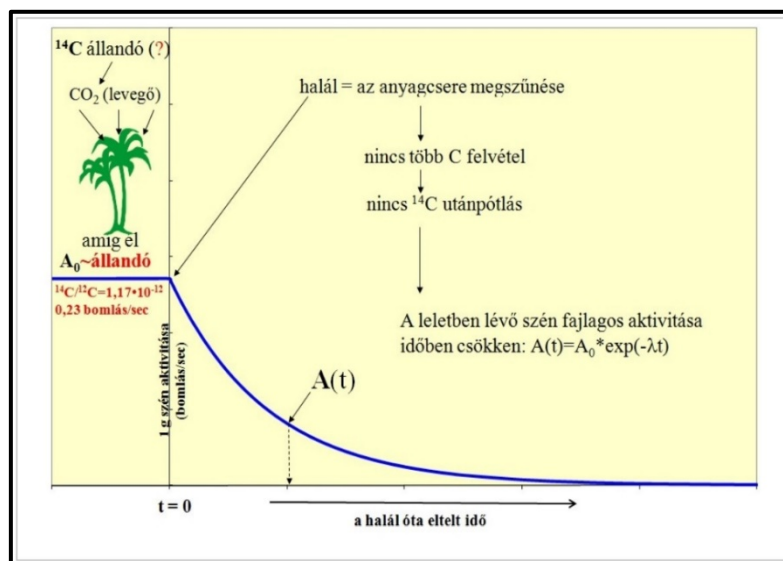
Az üledékek típusa a terepen a Troels-Smith (1955) osztályozás szerint lett leírva. A Troels-Smith osztályozásnál a komponensek mennyiségét 0 és 4 közötti értékekkel jelöljük, az összeg maximum 4 lehet (pl.: Tb4 = teljesen tőzegmohából áll, Tb2As2 = félig tőzegmoha, félig agyag vagy As1Ag2Ga1 = egyrészt agyag, kétrészt kőzetliszt, egyrészt finomhomok). A következő kategóriákat különítjük el: *Tőzeg/Turfa* (Tb - tőzegmoha, Tl – fás szárú maradványos tőzeg, Th – lágyszárú maradványos tőzeg), *Detritus* (Dl – fa és kéregdarabok 2 mm felett, Dh – lágyszárú növénymaradványok 2 mm felett, Dg – fás és lágyszárú növénymaradványok 1-2 mm között), *Limus* (Ld – tavi iszap, Lso – növényi/állati szilikátváz, Lc – döntően kalciumkarbonátból áll, Lf – kicsapódott vasoxidokat és szulfidokat tartalmaz), *Agrilla* (As – agyag, Ag - kőzetliszt), *Grana* (Ga – finomhomok, Gs – durvahomok, Gg – kis és közepes kavicsok) és *Substantia humosa* (=homogén humusz, Sh – teljes mértékben dezintegrálódott szervesanyag, fekete, homogén, makroszkóppikusan nem ismerhető fel benne üledékszerkezeti jegy, sem növényi maradvány)(Troels-Smith, 1955 nyomán Sümegi, 2001).

### 5.4 Radiokarbon kormeghatározás

A radiokarbon vagy más néven szénizotópos kormeghatározás az izotópos kormeghatározási módszerekhez tartozik. Az eljárás Willard Frank Libby (Libby, 1946) ötlete volt, amiért kémiai Nobel-díjat kapott 1960-ban (Dickin, 2005). Ez a módszer az elmúlt maximum 70-100 ezer évre használható, ami kronológiailag a negyedidőszaknak csak 2,5-3,5%-át fogja át, viszont ebben az intervallumban kiemelkedő jelentőségű környezeti változások játszódtak le az emberiség történelmében (Sümegi 2001). A radiokarbon vizsgálatokat a seattlei DirectAMS és a debreceni ATOMKI Hertelendi Ede Környezetanalitikai Laboratóriumában végeztettük el, a legmodernebb AMS módszerrel. A

minták előkészítése és mérése megfelelt Hertelendi et. al. (1989, 1995) és Molnár et al. (2013) cikkében leírtaknak.

A módszer alapja az, hogy a 13-mas tömegszámú szén mellett a szénnek létezik egy 14-gyes tömegszámú izotópja. Ez egy bomló izotóp, felezési ideje  $5730 \pm 40$  év. A Föld felső légkörében a kozmikus sugárzás által létrehozott szabad neutronok hatására a légkörben lévő 13-mas tömegszámú szén egy részéből 14-es tömegszámú módosulat jön létre. Mivel a kozmikus sugárzás intenzitása állandónak mondható a  $^{14}\text{C}$  felezési idejéhez képest, így ennek keletkezése egyensúlyban van. Ez a szén a fotoszintézis során a növényekbe épül, majd azok fogyasztóiba, így minden élő szervezetben megtalálható és az egyes élőlények szervezetében állandó az aránya. Az élőlények elpusztulásával azonban ennek felvétele megszűnik ezért a maradványaikban a  $^{14}\text{C}$  aránya csökken a stabil szén-izotóppal szemben. Ezután a következő számítási módszerrel megadható a  $^{14}\text{C}$  jelenlegi aktivitása a maradványban:  $A=A_0 \cdot e^{-\lambda t}$ . A képletben az  $A_0$  = kezdeti aktivitás,  $\lambda$ =felezési idő,  $t$ = élőlény elpusztulásának ideje (minta kora). Ebből a képletből kifejezve a  $t$ -t megkaphatjuk a minta korát (17. ábra).



17. ábra A radiokarbon kormeghatározás elve a  $^{14}\text{C}$  bomlási görbéjével (Forrás: Svingor, 2012)

A kormeghatározás módszertana a következőképpen működik. A minta kiválasztása után a mintát előkezeljük mechanikai tisztítással, a szerves mintákból az éghető komponensek elégetésével, karbonátok mechanikai aprításával, homogenizálásával. Ezután a minta égetésével gáztisztításával vagy savas feltárással nagy tisztaságú  $\text{CO}_2$  gázt állítunk elő. Ezután következhet a minta radiokarbon tartalmának meghatározása. A laborok nem kort mérnek, hanem a minták aktivitását, később ebből számolnak korokat. A méréseknek határt szab a  $^{14}\text{C}$  felezési ideje. 10 felezési idő alatt a minta radiokarbon

menyisége körülbelül ezredrészére csökken, ez a mérhetőség alsó határa. Tehát a  $^{14}\text{C}$ -nel csak a legutóbbi 60-70 ezer év vizsgálható, ennél idősebb minták esetében már más izotópokat kell használni.

A radiokarbon módszer minden olyan anyagra alkalmazható, amely a légköri szénrel valaha kapcsolatban volt, majd később ez a kapcsolat megszakadt. A kormeghatározás ezáltal használható fa- és faszén-maradványokon, magvakon, leveleken, tőzegen, humuszon, csontokon, cseppköveken, puhatestűek vázán, vízben oldott szerves és szervetlen szénen, illetve jégén. A szükséges mintamennyiséget a minta széntartalma, a szervesanyag állapota és a mérési technika határozza meg (1. táblázat).

A fenti képletben megkapott minta korát kalibrálni kell, hogy a naptári kort megkapjuk. A kalibrálásra kalibrációs szoftvereket használhatunk. Így lesz az „uncal BP” (kalibrálatlan) értékből „cal BP” (kalibrált) adat. A BP „before present”-et jelent, ezt 1950-től számítjuk ugyanis az 1950-es években a légkörben végzett kísérleti atomrobbantások nagyban megváltoztatták a légkörben lévő izotópok arányát, amivel a későbbi korú mérés értelmezhetetlenné válik. A BP-n kívül megadhatjuk BC/AD-ban is: az AD „Anno Domini” az úr évében, tehát a keresztény időszámítás szerinti kort adja meg; a BC „Before Christ” pedig ugyanezen az analógián a keresztény időszámítás (a történelem) előtti korát az adott mintának.

| Típus                     | Széntartalom<br>% | Átlagos mennyiség | Minimális mennyiség |
|---------------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| faszén, tőzeg, mag        | 50-90             | 3-6 g             | 1-50 mg             |
| szövet, vászon            | 10-50             | 6-50 g            | 2-25 mg             |
| fa, tőzeg                 | 2-10              | 30-150 g          | 10-125 mg           |
| üledék, talaj             | 0,2-5             | 50-1500 g         | 20 mg-1 g           |
| karbonát, korall, cseppkő | 10                | 10-30 g           | 25 mg               |
| talajvíz, rétegvíz        | 0,01              | 50-500 liter      | 50-200              |

**1. táblázat** Radiokarbon kormeghatározásra alkalmas minták széntartalma és a szükséges mintamennyiségek AMS módszer esetén (Forrás: Svingor, 2012)

A radiokarbon kormeghatározásnál sokféle probléma merülhet fel. Az ipari forradalomtól nagy mennyiségű  $^{12}\text{C}$  került a légkörbe, amely miatt a  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  aránya lecsökkent. Ezáltal az 1800-as éveknél későbbi minták magas  $^{12}\text{C}$  aránya miatt ezek a minták sokkal idősebbnek tűnnek. Később, 1955 és 1963 között számos katonai célú nukleáris

robbantást hajtottak végre. Ennek során a felszabaduló hatalmas energiamennyiség hatására a természetes szintet jelentősen meghaladó mennyiségű  $^{14}\text{C}$ -izotóp került a légkörbe.

Jelentős probléma még a minták fiatalabb vagy idősebb szénrel való szennyeződése. Ez az idegen szén a minta látszólagos korát eredményezi. A tényleges kor és a látszólagos kor közötti különbség függ a szennyezettség mértékétől és a szennyező anyag radiokarbon koncentrációjától. Ha a szennyező anyag fosszilis szén, a látszólagos kor nagyobb lesz, mint a tényleges kor. Már 1% fosszilis szennyeződés is 80 éves növekedést okoz a radiokarbon korban. A fiatalabb szén hozzákeveredése is nagy problémákat okoz. 1% fiatalabb szén hozzákeveredése 100, 2000, 7000 évvel fiatalítja meg az 1000, 10000, 40000 éves mintát (Sümei, 2002).

### 5.5 Szervesanyag, szervetlenanyag és karbonáttartalom meghatározása

A minták vizsgálatát Dean (1974) munkáira alapoztam. 105 °C-on kiszáritottam a mintákat, majd 550 °C-on és 900 °C-on izzítottam kemence segítségével (18. és 20. ábra). A tömegmérésekhez analitikai mérleget használtam (19. ábra).



**18. ábra** A magyarbagói Feneketlen-tó tőzegmintáinak egy része izzítótégelyekben

(Forrás: Vári Tamás Zsolt)

A talajok és konszolidálatlan laza üledékek több komponensből állnak. Jelentős szervesanyagot, karbonátot, vizet és ásványokat tartalmaznak. Ezek az összetevők különböző hőmérsékleten égnek el; a szervesanyagok nagyjából 200 °C-on kezdenek el izzani, majd kb. 550 °C-on égnek el. A karbonátok égési hőmérséklete igen sokféle lehet, de általánosan elmondható, hogy nagyjából 700 °C-on kezdenek el izzani és nagyjából 900-1000 °C-on égnek el teljesen (Dean, 1974). A LOI vizsgálat pontosan ezt, a karbonátok

és szervesanyagok különböző hőmérsékleten történő égését használja ki. A minták háromfázisú izzításon mennek keresztül, majd az izzítási hőmérsékletek közötti tömegvesztés lemerésével könnyen meghatározható a minta szervesanyag és karbonáttartalma.

Ez a vizsgálati módszer azért ilyen elterjedt, mert költséghatékony, gyors, nem kell veszélyes vegyszereket használni, így biztonságos, illetve minden laborban megtalálható, egyszerű eszközöket igényel; lényegében csak egy kemencére és egy analitikai mérlegre (illetve a minták tárolásához és kezeléséhez szükséges kisebb eszközökre) van szükség (Dean, 1974; Heiri et al., 2001; Santisteban et al. 2004).



**19. ábra** Egy üres izzítótégely tömegének mérése négy tizedesjegyre az Ohaus EP213C Explorer Pro Precision Balance műszer segítségével (Forrás: Vári Tamás Zsolt)

Ez az eljárás elég pontos eredményeket ad az üledékek szervesanyag és karbonáttartalmáról, ennek ellenére elég sok problémája is van. Egyik nagy hátránya, hogy a 105 °C-os égetéssel szárított minták is tartalmaznak higroszkopikus nedvességet (Hoskins, 2002), illetve az üledéket alkotó ásványok, főleg agyagásványok kristályvíztartalma e fázis során nem távozik el, csak az eljárás második fázisában. A fém-oxidokból a kötött víztartalom 280-400 °C-on, a szervesanyagokból pedig 425-520 °C-on távozik el (Sutherland, 1998). Így lényegében ez a víztartalom az eredmények értékelésekor tévesen a mintában lévő szervesanyag mennyiségét fogja növelni, mivel azzal együtt távozik el.

Ahhoz, hogy a higroszkopikus vizet eltávolítsuk, érdemes 110 °C-on legalább 2 órán át szárítani a mintákat (Heiri et al., 2001), de az összes szerkezeti vizet ez a módszer sem fogja eltávolítani. Másik említendő akadály, hogy az eljárás harmadik lépése csak teljes karbonáttartalmat határoz meg, arról viszont nem kapunk információt, hogy milyen típusú karbonátokat tartalmazott az üledék. Ennek az az oka, hogy a különböző karbonátok kristályrács és elemi összetételbeli különbségeik miatt különböző hőmérsékleten égnek el: például a dolomit 700-750 °C-on, míg a kalcit magasabb, 800-850 °C között izzítható ki (Dean, 1974).



**20. ábra** A magyarbagói tőzegminták egy része a kemencében, a 105°C-os izzítás megkezdése előtt  
(Forrás: Vári Tamás Zsolt)

Sok vizsgálat készült arra nézve, hogy ezen eljárás eredményeit mennyire befolyásolják a paraméterek, a minta mérete, az izzítás hőmérséklete és időtartama (Heiri et al., 2001; Hoskins, 2002). Ezeknek a vizsgálatoknak az volt a célja, hogy megállapítsanak bizonyos ideális paramétereket az eljárás elvégzéséhez, és azt is megállapították, hogy egyes paraméterek mennyire befolyásolják az eljárás pontosságát, vagyis az izzítási veszteséget. Már a minták előkészítésekor nagyon fontos, hogy porításkor a mintákat homogénizáljuk, illetve az, hogy a külön mintákból körülbelül ugyanakkora térfogatot használjunk fel. A porítással az üledék szemcséi körülbelül ugyanakkora felületűek lesznek, így csak az anyaguk határozza meg, hogy azok mikor égnek el. Azzal, hogy hasonló méretűek, elkerüljük azt, hogy az izzítás során felszabaduló oxigén diffúziója más-más legyen a mintákban, ezáltal az eredmények torzuljanak. A kisebb tömegű minta az izzításkor nagyobb arányban veszít a tömegéből (Heiri et al. 2001; Santisteban et al. 2004).

Nagyon fontos tényező a kemence hőtartó képessége is. Rosszul hőszigetelt ajtajú kemencében ugyanis a kemence külső és belső része között akár több tíz fokos hőmérséklet különbség is létrejöhet (Hoskins, 2002). A minták kemencében való elhelyezése miatt is felléphetnek különbségek; a kemence központi részén nagyobb, még a peremén kisebb súlyvesztés lép fel a mintákban. Ez a szervesanyag égésénél 2 óra égetéssel 0,42%, 18 óra égetéssel 2,36% is lehet. A karbonát elégetésének fázisában ezek az arányok jóval kisebbek (0,08-0,48%) (Heiri et al., 2001; Santisteban et al. 2004). Az izzítás ideje is nagyon fontos tényező; túl rövid idő alatt a teljes égés nem következik be, a túl hosszú izzítási idő viszont sok időt vesz igénybe és ennek ellenére is a veszteség mértéke nagyon kicsi változást mutat egy hatékonyabb időintervallumhoz képest. (Dean, 1974; Heiri et al., 2001; Santisteban et al. 2004).

SZERVESANYAG TARTALOM [%]:

$$100 - \left( \frac{m_{550\text{ °C}} - m_{\text{tégely}}}{m_{105\text{ °C}} - m_{\text{tégely}}} \cdot 100 \right) \quad 1. \text{ képlet}$$

KARBONÁTTARTALOM [%]:

$$100 - \left( \frac{m_{900\text{ °C}} - m_{\text{tégely}}}{m_{550\text{ °C}} - m_{\text{tégely}}} \cdot 100 \right) \quad 2. \text{ képlet}$$

A Dean-féle izzítási veszteség vizsgálat pontosságát nagyon sok tényező befolyásolja, de ezeket a tényezőket és paramétereket jól megválasztva viszonylag egyszerűen és gyorsan elég pontos információkat kaphatunk egy üledék szervesanyag és karbonát tartalmáról. A képletekben az  $m_{105\text{ °C}}$  a légszáraz minta tömegét, az  $m_{550\text{ °C}}$  az 550 °C-on hevített minta tömegét,  $m_{\text{tégely}}$  az izzító tégely előzetesen bemért tömegét, az  $m_{900\text{ °C}}$  a 900 °C-on hevített minta tömegét jelenti (1. képlet és 2. képlet).

## 5.6 A szemcseméret meghatározása

A szedimentológiai vizsgálatot Easy Laser Particle Sizer 2.0. 42 csatornás lézersze- digráf műszerrel végeztem el a megfelelő mintaelőkészítés után (Sümegi et al. 2015c).

## **5.7 A mágneses szuszceptibilitás meghatározása**

A mágneses szuszceptibilitás (MS) mérése során az üledék mágnesezhető elem-tartalmát mértem. Ehhez a vizsgálathoz is az izzítási tömegvesztés mérésére előkészített légszáraz és porított mintákat használtam. A méréshez a Bartington MS2 Magnetic Susceptibility Meter nevű mobil, terepi és laborvizsgálatra egyaránt használatos mérőműszert használtam 2,7 MHz-en (Sümei et al. 2018). Minden mintán három mérést hajtottam végre, majd a kapott értékeket kiátlagoltam.

## **5.8 A vízdíszíthó elemtartalom meghatározása**

A kémia vizsgálatok, anyagösszetétel meghatározások fontos információkat tárnak fel az üledékes környezetről és annak változásairól. A minták fő- és nyomelem tartalmának vizsgálata történhet szilárd mintából, vagy mintákból készült oldatból analitikai módszertől függően. Fő és nyomelem tartalmat meghatározható oldatból extrakcióval, szilárd anyagok atom adszorpciójával, plazma atom emissziós, energiadíszperzív és protonadíszperzív röntgen fluoreszcens vizsgálatokkal (Sümei 2002).

A vízdíszíthó elemtartalmat a Dr. Dániel Péter által kifejlesztett geokémiai módszert, az ún. extrakciós és szekvens geokémiai elemzést (Dániel, 2004, Dániel in Sümei et al. 1999) használtam fel. Magyarázatképpen ide kívánczók, hogy az ún. „szekvens extrakció” azt jelenti, hogy a mintát egymás utáni lépésekben különböző kionószerekkel végzett extrakciónak ("anyagkionósnak") tesszük ki, specifikusan megfosztva egy-egy jellegzetes összetevőjétől. A különböző kionószerek különböző pH-jú vagy komplexképzőt, vagy reagenst tartalmazó oldatok voltak. Ezeket a reagenseket a talajtani elemzések során gyakran használják.

A folyamat végén már csak a szilárd kristályos fázis marad, amiből már nem lehet extrakcióval újabb anyagot kionni, ezért a maradékot erős reagensekkel teljesen elroncsoljuk, maradék nélkül, egészen a víztiszta oldatig folytatva a roncsolást. Ezzel a módszerrel az adott lépés után megmaradó szilárd minta egy zárt rendszerben marad végig, és így veszteség nélkül a folyamat végén (az extrakciós lépések száma + 1) oldatot képez, reprezentálva ezzel a minta minden jellegzetes geokémiai minőségét. A szekvenciális sorozat első leválasztását mértem be, ezért a geokémiai elemzés első lépéseként a mintát követően 20 ml desztillált vízzel 2 x 10 percig rázattam és az így nyert vizes extraktum elemzését végeztem el AAS mérőműszerrel.

## 6 A vizsgálatok eredményei

### 6.1 A Munsell-színek

A fűrőmag színei mind a 10 YR lapon találhatóak, ahol a szürke, sárga és barna színek találhatóak. A tőzegrre jellemző a sötét barna (3/2) szín, de tőzegréteg eróziós részein is barna árnyalatúak, barnás szürke (4/2) színűek (2. táblázat).

| Mélység<br>(cm) | Troels-Smith<br>osztályozás | Üledékek típusai                                     | Üledékek színei<br>(Munsell) | Üledékek színei                 |
|-----------------|-----------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| 20 - 0          | Tb3 As1                     | Sphagnum tőzeg és agyagos<br>kőzetliszt              | 10 YR 5/3                    | világosbarna                    |
| 88 - 20         | Tb4                         | Sphagnum tőzeg                                       | 10 YR 4/3                    | szürkésbarna                    |
| 100 - 88        | Vízártéteg                  | -                                                    | -                            | -                               |
| 160 - 100       | Tb4                         | Sphagnum tőzeg                                       | 10 YR 3/2                    | sötétbarna                      |
| 230 - 160       | Th4 and<br>Th2As2           | Ciklikus nádtőzeg és<br>rétegzett agyagos kőzetliszt | 10 YR 4/4 és<br>10 YR 4/1    | világosbarna és<br>barnásszürke |
| 404 - 230       | Tb4                         | Sphagnum tőzeg                                       | 10 YR 3/2                    | sötétbarna                      |
| 450 - 404       | Vízártéteg                  | -                                                    | -                            | -                               |
| 460 - 450       | Tb1As3                      | Bemosódott üledék                                    | 10 YR 4/2                    | barnásszürke                    |
| 540 - 460       | Tb4                         | Sphagnum tőzeg                                       | 10 YR 3/2                    | sötétbarna                      |
| 550 - 540       | Tb1As3                      | Bemosódott üledék                                    | 10 YR 4/2                    | barnásszürke                    |
| 650 - 550       | Tb4                         | Sphagnum tőzeg                                       | 10 YR 3/2                    | sötétbarna                      |
| 670 - 650       | As2Ag1Tb1                   | Bemosódott üledék                                    | 10 YR 4/2                    | barnásszürke                    |
| 740 - 670       | Tb4                         | Sphagnum tőzeg                                       | 10 YR 3/2                    | sötétbarna                      |
| 760 - 740       | As2Tb1Th1                   | Ciklikus nádtőzeg és<br>rétegzett agyagos kőzetliszt | 10 YR 4/4 és<br>10 YR 4/1    | világosbarna és<br>barnásszürke |
| 820 - 760       | Tb3Th1                      | Sphagnum tőzeg                                       | 10 YR 3/2                    | sötétbarna                      |
| 860 - 820       | Ga1Ag1As2                   | Újra lerakódott alapkőzet                            | 10 YR 5/2                    | világosbarna                    |

2. táblázat A Troels-Smith osztályozás és a Munsell-színek (Vári et. al. 2020)

### 6.2 A Troels-Smith osztályozások

Ahogy a táblázat alapján jól látható, a fűrőmag nagy része vagy valamilyen tőzegmoha, vagy valamilyen talajeróziós bemosódott agyagos-kőzetlisztes üledék. Ezeknek a tőzeges-eróziós üledékszinteknek a váltakozása által jól elkülöníthetőek eróziós zónák. A szelvényben alapvetően Sphagnum tőzegmoha (Tb = *Turfa bryophytica*), lágyszárúak földalatti részéből képződött tőzeg (Th = *Turfa herbacea*), agyag (As = *Agrilla steatodes*), kőzetliszt (Ag = *Agrilla granosa*) és finomhomok (Ga = *Grana arenosa*) található (2. táblázat).

### 6.3 A radiokarbon vizsgálatok eredményei

A BSc-s szakdolgozatomban, illetve a megjelent cikkemben (Vári et. al 2020) 0, 60, 255, 360, 460, 559, 658, 829 és 846 cm-ből vett mintákra alapoztam a radiokarbon kormeghatározás alapú lápi fejlődéstörténetet, aminek a méréseit Prof. Dr. Sümegi Pál végeztette el. További 7 radiokarbon vizsgálat eredményeit kaptam munkámhoz 1, 12, 186, 195, 342, 732 és 780 cm-ből vett minták alapján. Ezeket az adatokat OxCal segítségével kalibráltam (3. táblázat), illetve Dr. Gulyás Sándor egyetemi adjunktus segített a kor-mélység modell elkészítésében rbacon szoftverrel (21. ábra)

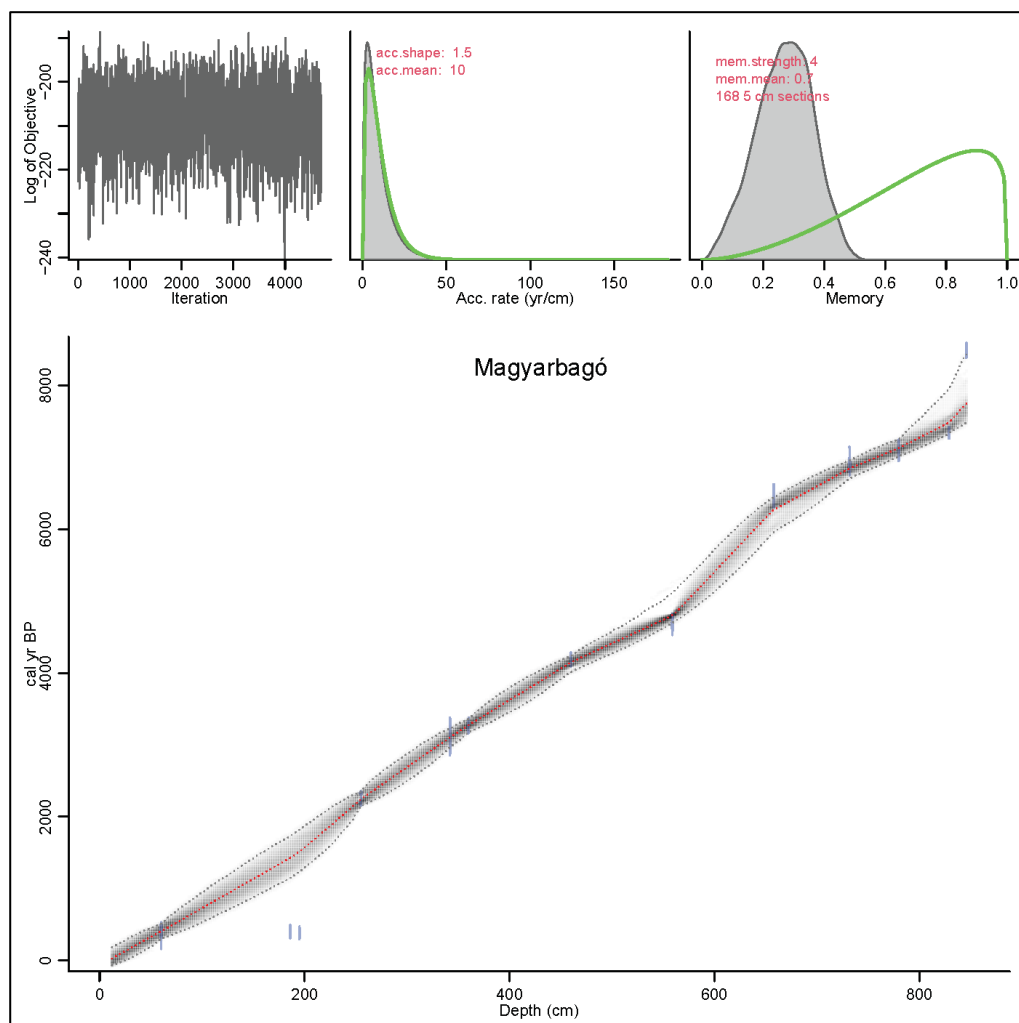
| Labor    | Mélység (cm) | Uncal BP |          | Cal BP |      |       |          |      | Cal BC/AD |       |       |          |       |
|----------|--------------|----------|----------|--------|------|-------|----------|------|-----------|-------|-------|----------|-------|
|          |              | kor      | $\sigma$ | -tól   | -ig  | $\mu$ | $\sigma$ | m    | -tól      | -ig   | $\mu$ | $\sigma$ | m     |
| Debrecen | 1            | -1461    | 25       | 0      | -65  |       |          |      | 1950      | 2015  |       |          |       |
| Debrecen | 12           | -66      | 26       | 28     | 0    | 11    | 8        | 8    | 1922      | 1950  | 1939  | 8        | 1942  |
| Seattle  | 60           | 368      | 57       | 506    | 309  | 409   | 63       | 412  | 1444      | 1641  | 1541  | 63       | 1538  |
| Seattle  | 186          | 343      | 23       | 480    | 315  | 394   | 50       | 387  | 1470      | 1635  | 1556  | 50       | 1563  |
| Seattle  | 195          | 315      | 24       | 460    | 305  | 383   | 43       | 387  | 1490      | 1645  | 1567  | 43       | 1563  |
| Seattle  | 255          | 2286     | 29       | 2354   | 2181 | 2293  | 57       | 2323 | -404      | -231  | -343  | 57       | -373  |
| Debrecen | 342          | 2962     | 74       | 3350   | 2930 | 3127  | 108      | 3126 | -1400     | -980  | -1177 | 108      | -1176 |
| Seattle  | 360          | 3069     | 32       | 3366   | 3183 | 3283  | 47       | 3286 | -1416     | -1233 | -1333 | 47       | -1336 |
| Seattle  | 460          | 3800     | 20       | 4243   | 4096 | 4186  | 39       | 4189 | -2293     | -2146 | -2236 | 39       | -2239 |
| Seattle  | 559          | 4144     | 24       | 4822   | 4581 | 4696  | 72       | 4689 | -2872     | -2631 | -2746 | 72       | -2739 |
| Seattle  | 658          | 5665     | 49       | 6601   | 6315 | 6451  | 63       | 6449 | -4651     | -4365 | -4501 | 63       | -4499 |
| Debrecen | 732          | 6058     | 37       | 7005   | 6795 | 6912  | 60       | 6913 | -5055     | -4845 | -4962 | 60       | -4963 |
| Debrecen | 780          | 6207     | 36       | 7244   | 7004 | 7106  | 65       | 7097 | -5294     | -5054 | -5156 | 65       | -5147 |
| Seattle  | 829          | 6443     | 38       | 7430   | 7288 | 7364  | 39       | 7366 | -5480     | -5338 | -5414 | 39       | -5416 |
| Seattle  | 846          | 7709     | 44       | 8582   | 8416 | 8439  | 44       | 8492 | -6632     | -6466 | -6543 | 44       | -6542 |

**3. táblázat** A magyarbagói Feneketlen-tavi zavartalan magfűrés rétegsorán kialakított radiokarbon mérési sorozat eredményei, és a sorozat nyomán rekonstruált ülepedési ráta (OxCal)

A radiokarbon vizsgálatok alapján a szelvény kialakulása mintegy 8600 évvel ezelőttire tehető (1. táblázat), akkor indulhatott meg a Bagói dombság völgyében a tavi, majd lápi üledék fel-halmozódása és mind a mai napig tart a biogén feltöltődés. Ez azt jelenti, hogy ~8600 (cal BP) év alatt mintegy 8600 mm üledék halmozódott fel, ami átlagosan évi 1 mm akkumulációt jelent (15. ábra) (Vári et. al. 2020).

Az új eredmények alapján a 195-60 cm közötti rész, azaz a 195, 186 és 60 cm-es minták kalibrált és kalibrálás előtti korai szinte megegyeznek, ráadásul pont a legidősebb van legfelül és a legfiatalabb legalul. Csak ezeket az adatokat látva arra a következtetésre lehetne jutni, hogy valamilyen antropogén hatás általi bolygatás történt a lóp területén, legvalószínűbben ásás, majd újra betemetés. Nem zárható ki az sem, hogy emberi

hatásra feltöltötték a lóp ezen részét, vagy halastavat alakítottak ki itt. Pontosabb információt akkor tudnánk, ha még több radiokarbon mérést végeznénk el 255 és 12 cm között.

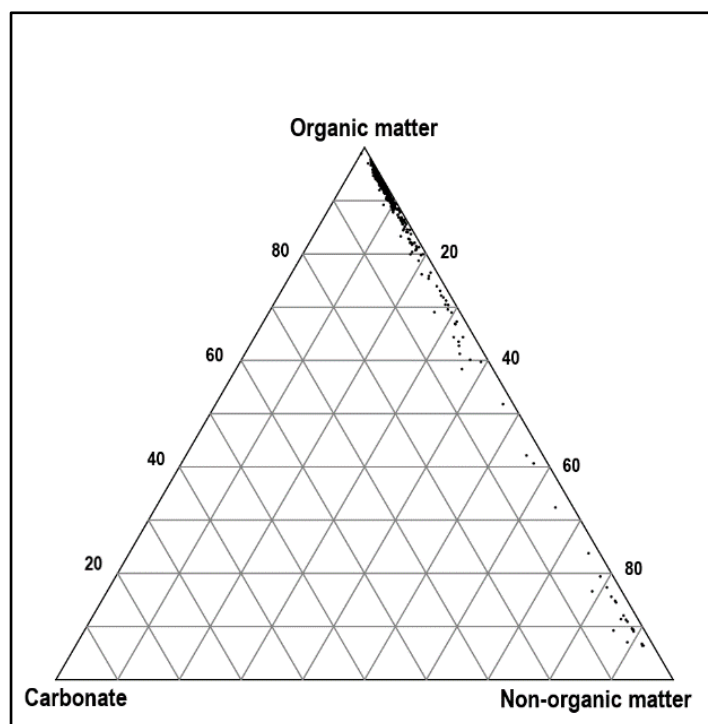


**21. ábra** A Magyarbagói Feneketlen-tó kor-mélység modellje (rbacon)

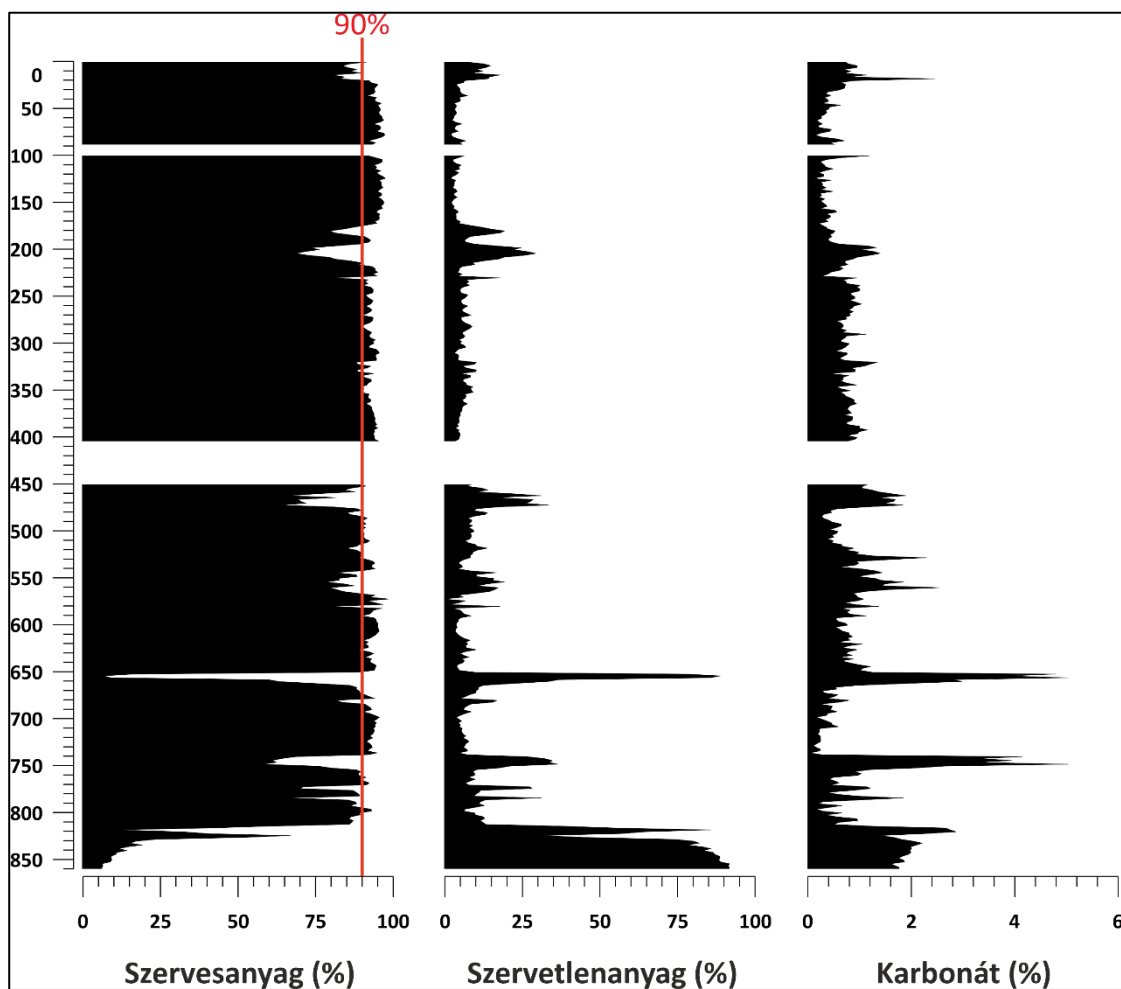
A kor-mélység modell alapján jobban meg tudtam határozni, hogy körülbelül mely mélységhez milyen kor tartozik, ezáltal a kultúrák, kultúrkörök, közösségek, régészeti csoportok is pontosabban lehatárolhatók (Sümei et. al. 2016; Sümei et. al. 2017).

#### 6.4 A szerves-, szervesetlenanyag és karbonáttartalom vizsgálatok eredményei

A 2 cm-es és 4 cm-es mintaközök lehetővé tették, hogy évtizedes felbontásban vizsgáljuk a lóp környezetének változásait. A háromszögdiagram (22. ábra) segítségével megállapítható, hogy a szelvény jelentős részét szerves üledék (kb. 85-95% között, egy piros vonal be is lett húzva 90%-nál, hogy láthatóbb legyen a szervesanyag dominancia – 23. ábra), jelen esetben tőzeg alkotja. Az általunk végzett LOI vizsgálatok átlagosan 86% szervesanyag, 13% szervesetlenanyag és 1% karbonát tartalmat határoztak meg az



22. ábra A magyarbagói Feneketlen-tó mintáinak LOI alapú diagramja (Vári et. al. 2020)

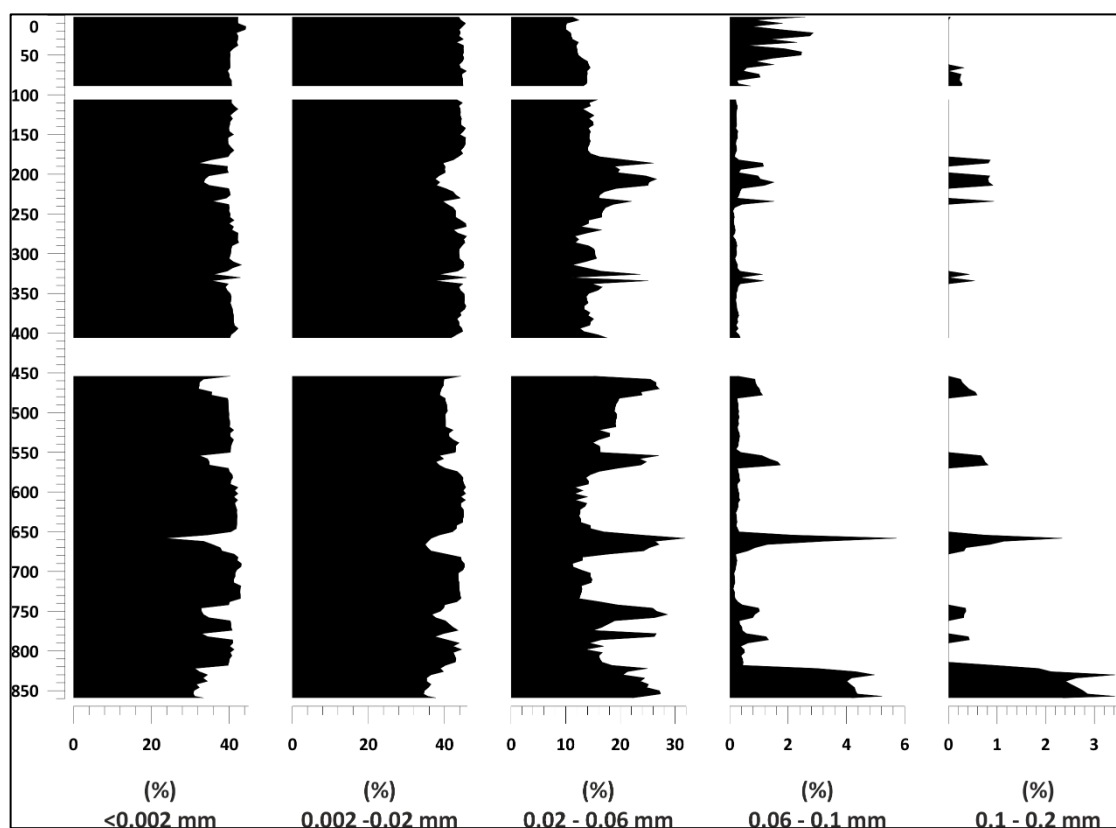


23. ábra A szervesanyag, szervetlenanyag, karbonáttartalom eredményei (Strater)

egész szelvényben. A szervesanyag 6-99%, a szervesetlenanyag 0-92% és a karbonáttartalom 0-5% között mozog (min-max). A szervesanyag-szervesetlenanyag %-os arányváltozásai eltérő tendenciát mutattak a szelvényben. A karbonáttartalom növekedése minden esetben a szervesetlenanyag növekedéséhez kapcsolódik. A karbonáttartalom és a szervesetlenanyag tartalom összekapcsolódása nem véletlenszerű, mivel a Bagói dombokat, így a Feneketlen-tó fekvését és a lápot övező völgyoldalakat is miocén tengeri marl, karbonátban gazdag agyagos kőzetliszt-kőzetlisztes agyag alkotja (23. ábra).

## 6.5 A szemcseméret vizsgálatok eredményei

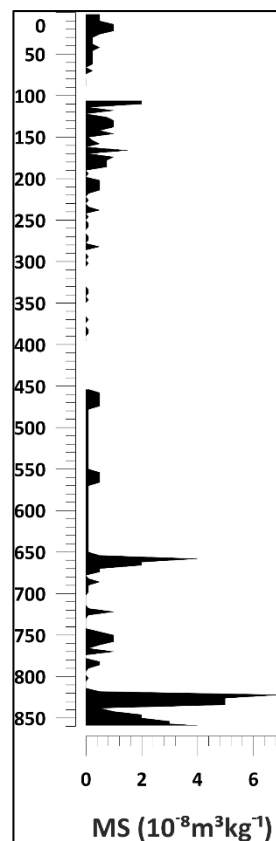
A szelvényt jellemző üledéktartományok közül az agyag ( $<0,002$  mm, 23-45%) és finomkőzetliszt (0,002-0,02 mm, 34-46%) frakciók jellemzik legjobban a tőzeges üledéket. A nagyobb szemcseméretűk az eróziós események által jellemzett szintekben jelennek meg: a durvakőzetliszt (0,02-0,06 mm, 10-32%), a finomhomok (0,06-0,1 mm, 0-6%) és az apróhomok (0,1-0,2 mm, 0-3,6%). A szemcseméret frakciók változásai összhangban vannak a tőzegképződéssel, talajerózióval és a szervesetlen üledéklerakódással (24. ábra)



24. ábra A szemcseméret vizsgálat eredményei (Strater).

## 6.6 A mágneses szuszceptibilitás vizsgálatok eredményei

A mágneses szuszceptibilitás értékei (25. ábra) szintén jól korrelálnak a karbonát- és szervesanyag változással (23. ábra), valamint a vízdoldható elemtartalommal (26. ábra). 100-170 cm között hirtelen megnő a mágneses szuszceptibilitás érték, a hármas eróziós esemény után – ez viszont nem látszódik a szervesanyag, szervesanyag és karbonáttartalom, valamint a szemcseméret eredményeken (24. ábra), de a vízdoldható elemtartalom értékekből a Na, K és Fe megnövekszik, a Ca és Mg pedig lecsökken.



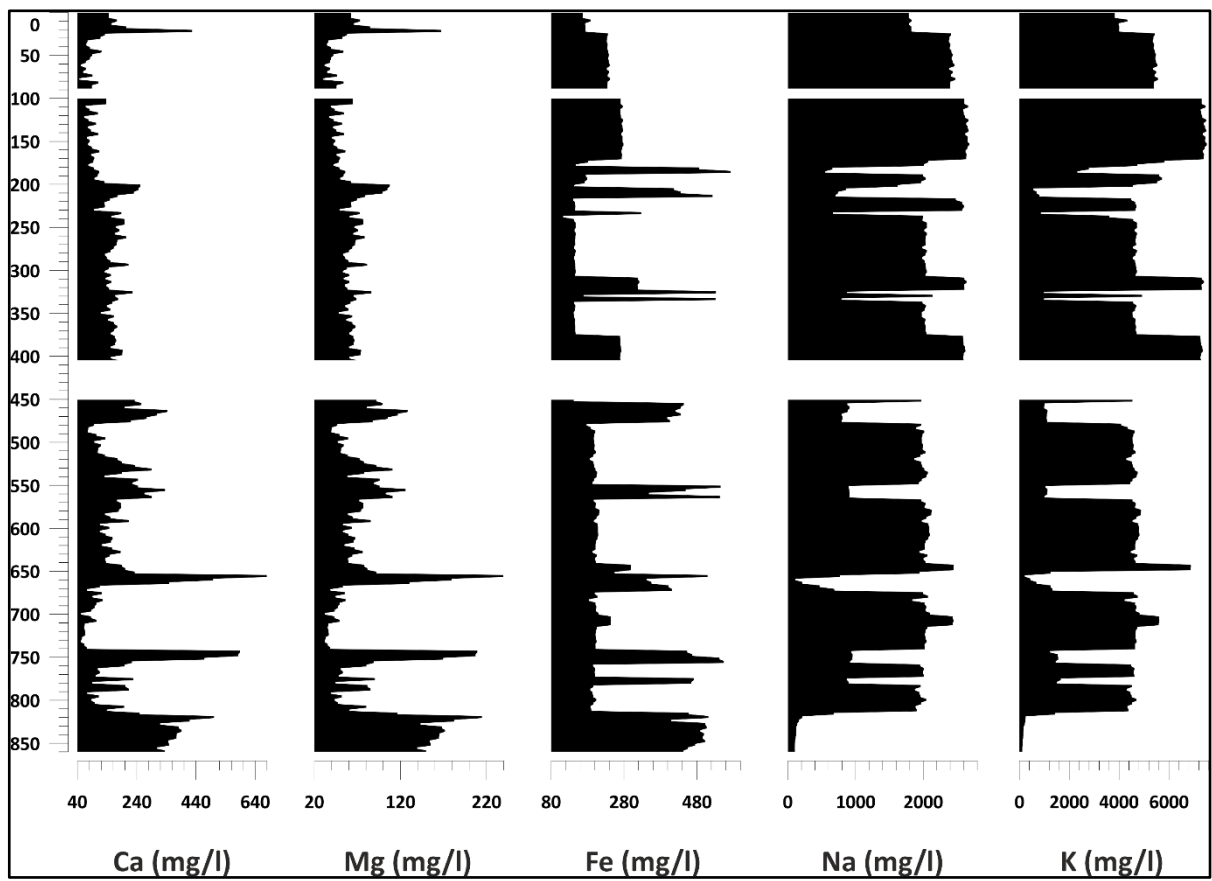
25. ábra A mágneses szuszceptibilitás vizsgálat értékei (Strater).

## 6.7 A vízdoldható elemtartalom vizsgálatok eredményei

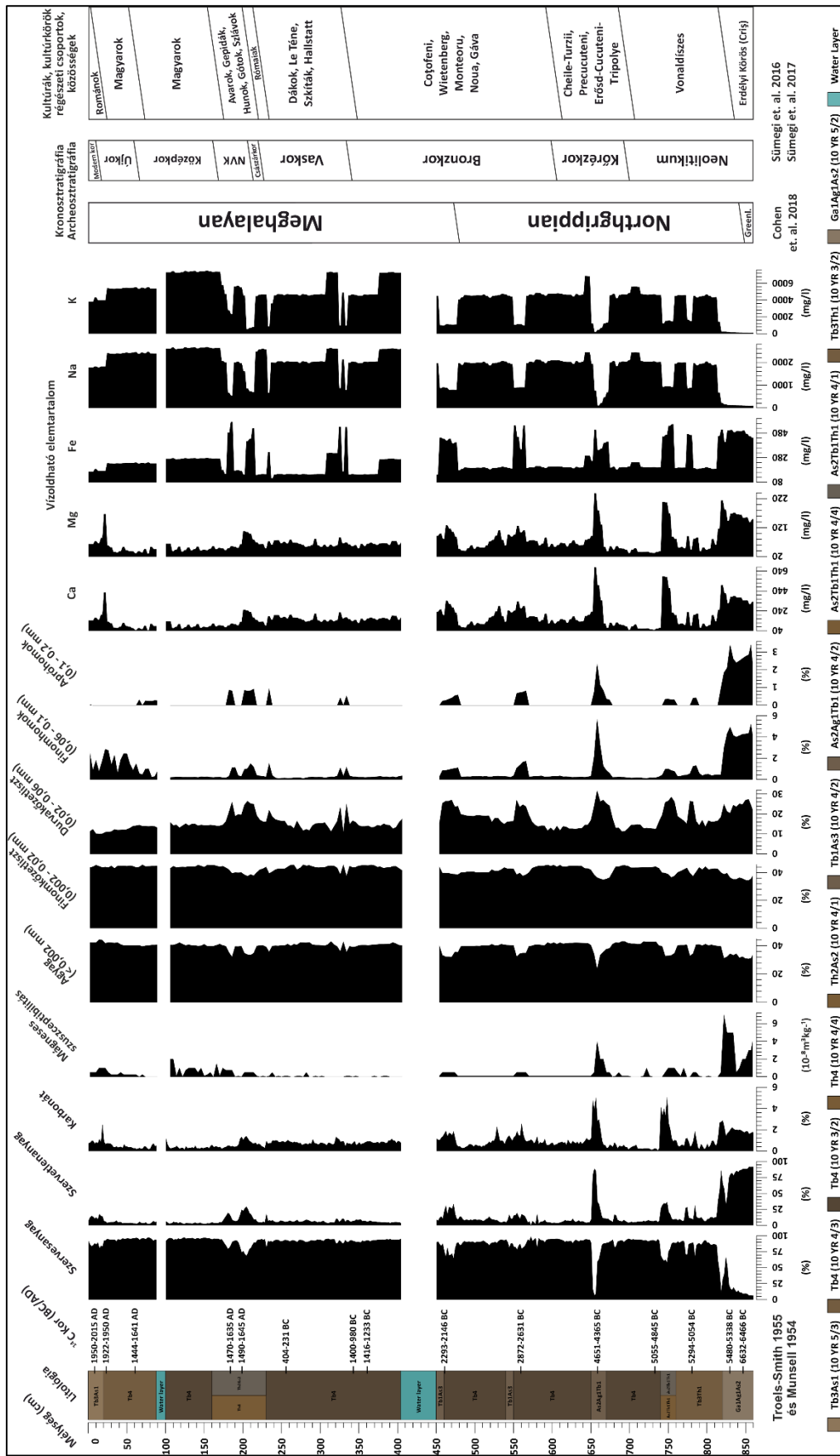
Az vízdoldható elemek változásai szintén jól korrelálnak a szervesanyag, szervesanyag és karbonáttartalom, szemcseméret, illetve MS értékekkel. A Ca és Mg értékek együtt mozognak, ellentétesen a Na és K értékekkel. A Ca és a Mg főleg a szervesanyag és karbonáttartalom mozgását követi, míg a Na és a K elemtartalom a tözegképződés során halmozódik fel. A Na és K elemtartalom az élő növényekben nagyságrendekkel nagyobb, mint az élettelen tözegben, az idő előrehaladtával pedig csökken a tözegtestben. A Fe elemtartalom mozgása is a talajerózióhoz és szervesanyag üledéklerakódáshoz köthető jelen esetben, de sokkal érzékenyebb a változásra és magasabb, jobban láthatóbb csúcsokat produkál (26. ábra).

Alapvetően a Ca és Mg elemtartalom a lápokban nem kapcsolódik szorosan a szervesanyagokhoz, illetve alacsony pH esetén az élő növények felszívják. Tükrözi az ásványi talajvíz hatásának mértékét, elengedhetetlen a növények növekedéséhez és mérgező lehet bizonyos Sphagnum fajoknál. Ezen felül csökken a mélységgel, abban az esetben viszont magas, ha Ca-gazdag az alapkőzet (Shotyk, 1988).

A Fe elemtartalom alapvetően mafikus kőzetekből eredhet (bazalt, pirit) a lápok esetében, alacsony pH-n elveszti stabilitását és inverz kapcsolata van a Ca-mal. Antropogén fluxusa nem számottevő a Pb, Hg és Cd elemtartalmakhoz képest, és elterjedése függ a redox potenciáltól is (Shotyk, 1988).



26. ábra A vízoldható elemek (Ca, Mg, Fe, Na, K) változásai a szelvényben (Strater).



27. ábra A magyarbágyi Feneketlen-tó zavartalan magfűrés rétegsora: Troels-Smith (1955) laza üledék kategóriákkal, Munsell (1954) színekkel, kalibrált radiokarbon adatokkal, szervesanyag, karbonát és szervetlenanyag tartalom, mágneses szuszceptibilitás, vízdíszítő elemtartalom szelvény mentén történő változásaival, illetve a krono- és archeostratigráfia és az erdélyi területre jellemző kultúrák, régészeti csoportok, kultúrkörök és közösségekkel.

## 7 A láp környezettörténeti rekonstrukciója

Először a karbonát- és szervesanyag tartalom növekedése nyomán, illetve a Troels-Smith üledékleírások alapján különítettünk el zónákat és jelöltem ki a talajerózióhoz, üledékbemosódáshoz és szerves üledéklerakódáshoz köthető eseményeket. Ez egy jó kezdés volt, amire tudtam alapozni. A további mérések (mágneses szuszceptibilitás, szemcseméret, geokémia) alapján helyesnek bizonyultak a feltételezett eróziós határok, csak néhol tért vagy csúszott el a terepen mért litológiától, illetve felmerültek új információk is.

A rekonstrukció során is, illetve a 27. (összegző) ábránál is, az rbacon-nel elkészített kor-mélység modell (21. ábra) általi kalibrált és modellezett korokat figyelembe véve írtam le a feltételezéseket. Az összegző 27. ábra által jobban átláthatóak a vizsgálatok eredményei és az értelmezésük egyszerűbb, mivel egymás mellett találhatóak. Az újdonság itt a Cohen et. al. 2018 és Sümegi et. al. 2016 és 2017 által meghatározott krono- és archaeosztratifíria, valamint a Munsell-féle színskála használata az üledék színének ábrázolásához.

### 7.1 860-818 cm

A láp kialakulásának kezdetén a feküközettel kevert enyhén fosszilizálódott, de nem égett, úgynevezett degradofuzinit állapotban (Szöör, 2000) lévő fatörzsmaradványok kerültek elő. Valószínűsíthető, hogy a feküközettel kevert talaj, a karbonátos kőzetlisztes miocén anyagcsuszamlással, talajfolyással került a völgy aljára, és a lejtőfolyamatok nyomán keveredett az üledék az egykori lejtőket borító fákkal és ezáltal záródhatott le és vált lefolyástalanná. A láp kialakulása mintegy 8500 cal BP (Kr.e. 6500) éve kezdődött csak meg és előbb jelentős szervesanyag-tartalmú tavi üledék (gytta: Parris, 2001), majd 8000 cal BP évtől tőzegakkumuláció indult meg. Valójában a tőzegakkumuláció kezdetétől, 8000 cal BP évtől, az erdélyi kora neolitikumtól kezdve nyílt lehetőségünk az ember és környezet kapcsolatának korrekt vizsgálatára, és az üledékföldtani paraméterek segítségével az emberi hatásokra kifejlődött eróziós szintek lehatárolására.

860-cm-től (92%) kezdve fokozatosan csökken a szervesanyag tartalom, míg végül 820 cm-nél hirtelen több mint a felére csökken (35%). Ezen a 40 cm-en (860-820 cm) belül a legnagyobbak az MS értékek, ahogy a finomhomok (4-5%) és apróhomok (2-3%) frakciók is, mert itt van a legnagyobb alapkőzet hatás jelen. A Fe-, Ca-, és Mg-tartalom jelentős, míg a K- és Na-tartalom kevésbé jellemző. A tőzegakkumuláció kezdetére

lecsökken az MS érték, illetve megindul a Na- és K-tartalom növekedés a tavi-lápi üledékekkel, de egy újabb behordódás által (818 cm-nél) megáll az akkumuláció és újra szervesetlenanyag rakódik le, aminek hatására hirtelen többszörösére nő az MS érték, csúcszerűen megnő az apróhomok és finomhomok frakció, Fe-, Mg- és Ca-tartalom. Erre az szakaszra (kb. 842-833 cm között) tehető a Greenlandian-Northgrippian korhatár is, illetve a 8.2 kyr BP esemény, ami során drasztikusan lecsökkent a globális hőmérséklet az azt követő 200-400 évben (Kobashi, 2007). Ez a hőmérsékletcsökkenés megalapozhatta a láp kialakulásának körülményeit, illetve hatással lehetett az erdélyi Körös (Criș) kultúrára, ami akár az akkumuláció utáni eróziós eseményhez is vezethetett.

## 7.2 818-650 cm

Két kisebb eróziós esemény jelenik meg, az első a Vonaldíszes kultúra megjelenése előtt, a másik pedig megjelenése után. Az eddigi adatok alapján viszonylag jelentős megtelepedés és termelő gazdálkodási hatás alakult ki Erdély erdővel borított területein, ebben a régészeti szintben, ennek a kultúrának a megtelepedésének az idején. 784 cm-nél lecsökken 67%-ra a szervesanyag tartalom, 31%-ra nő a szervesetlenanyag tartalom, illetve 2%-ra nő a karbonáttartalom. 772-774 cm-nél lecsökken 70%-ra a szervesanyag tartalom, 28%-ra nő a szervesetlenanyag tartalom, illetve 1%-ra nő a karbonáttartalom. Ezeket a trendeket követik az MS, szemcseméret, geokémia mérések is, azaz megjelenik a durvaközetliszt, finomhomok és apróhomok frakció, ami miatt megnő az MS érték, a Fe-, Ca- és Mg- tartalom, és csökken a Na-, K-tartalom. A tőzegakkumuláció (az eróziós eseményeken kívül, amik után regenerálódik, 90% fölött van jelen 680cm-ig. 718 cm-nél, a Vonaldíszes kultúra jelenlétének vége felé, megnőtt az MS érték, valamint a Na- és K-tartalom jelentősen, a Fe-tartalom kevésbé, míg a Ca- és Mg-tartalom minimálisan megnőtt. A szemcseméretben és szervesanyag, szervesetlenanyag és karbonáttartalom változatlan maradt.

A kőrézkor közepe felé, a 6300-6200 cal BP (Kr.e. 4300-4200) évek közötti szintben (670-650 cm között) az Erősd-Cucuteni-Tripolye kultúrkör horizontjában alakult ki egy újabb, rendkívül erőteljes erózió. Az emberi hatás annyira erőteljes, hogy a láp közvetlen környezetében fel kell tételeznünk az emberi megtelepedést és gazdasági tevékenységet. Ennek a maximuma 652-656 cm-re esik. Az emberi termelő gazdálkodási hatások olyan erőteljesek voltak ebben a szintben, hogy a tőzegképződés teljesen megszakadt, és közetlisztben, agyagban gazdag üledékes réteg fejlődött ki. A szervesanyag tartalom

drasztikusan lecsökken 7-9%-ra, 86-90%-ra nő a szervesanyag tartalom, illetve 4-5%-ra nő a karbonáttartalom. Az MS és szemcseméret értékek az alábbiak szerint alakulnak, tehát megnő az MS érték, a durvaközetliszt (32%), finomhomok (6%), apróhomok (2%) frakciók itt érik el csúcukat, valamint minimumra lecsökkennek az agyag (23,5%) és finomkőzetliszt (36,5%) frakciók. A Na- és K-tartalom szinte lenullázódott, míg a Ca- és Mg-tartalom itt érte el a maximumát, a Fe-tartalom viszont olyan mértékben nőtt meg, mint kb. eddig és ezután az átlagos eróziós eseményeknél.

### 7.3 650-404 cm

A kőrézkor végén, a Tripolye kultúra megtelepedése és környezet-átalakító tevékenysége vége felé, a Kőrézkor és a Bronzkor határa körül, 4500-4700 cal BP (Kr.e. 2500-2700) évek között is egy újabb, bár a neolitikumi kezdeti emberi hatásoknál jóval kisebb behatások révén kifejlődött kettős eróziós szint látható (570-550 cm között). A Ca- és Mg-tartalom ebben a szakaszban megnövekszik, a Na- és K-tartalom lecsökken, illetve a Fe-tartalom egy kettős csúccsal jelentkezik. A durvaközetliszt, finomhomok és apróhomok frakciók, valamint az MS érték is megnőtt.

A középső bronzkor vége felé, mintegy 4100-4200 cal BP (Kr.e. 2100-2200) évek közötti (450-477 cm) szintben, a Coțofeni, Wietenberg, Monteoru, Noua és Gáva kultúrák megtelepedése idején, a következő termelő emberi gazdálkodás nyomán fejlődött ki ez az eróziós horizont. Pontosan erre az időszakra tehető a 4.2 kiloyear BP aridifikációs esemény, ami a holocénben a Meghalayan korszak kezdetét jelenti (Cohen, 2013). Feltételezhetően több közösség, mint például a mezopotámiai Akkád Birodalom, a Liangcsukultúra és a Jangce folyó melletti kultúrák, valamint az Indus-völgyi civilizáció hanyatlásában is szerepet játszhatott ez a száraz időszak (Li et. al., 2018; Gibbons, 1993; Staubwasser et. al., 2003). Az európai (Nagy-Britannia, Írország) 4.2 kyr BP eseményre vonatkozó bizonyítékok ennek ellenére kétértelműek, ami arra utal, hogy az esemény eredete és hatása térben összetett (Roland et. al., 2014). A szervesanyag lecsökkent, a szervesanyag- és karbonáttartalom megnövekedett, ahogy az MS értékek, a Ca, Mg és Fe elemtartalom is. A Na és K elemek hirtelen csökkenése jól látható itt is, mint a többi eróziós eseménynél. A szemcseméret frakciók is az eróziós eseményekhez hűen változtak, tehát a kisebb frakciók %-os aránya csökkent (0.02 mm alatt), míg a nagyobbaké (0.02 mm felett) megnőtt. Ahogy globálisan, úgy lokálisan is a szárazság jeleit vélhetjük

fel a szelvényünkben, tehát a 4.2 kyr BP esemény jelen lehetett az Erdélyi-medence területén is.

Az eróziós horizont után a tőzegréteg nem regenerálódott, hanem a hűvösebb és csapadékosabb klímán a lápi tó kiterjedt szinte az egész völgyi üledékgyűjtő rendszerre és csak egy jelentős idő- és fáziskéséssel indult meg újra tőzegképződés. Vízoldható elemtartalom tekintetében megnőtt a Fe, Na és K elemek aránya, míg a Ca és a Mg változatlan maradt. A szervesanyag-, szervetlenanyag- és karbonáttartalom az átlagos értékekkel tért vissza, ahogy az MS és a szemcseméret is.

#### **7.4 404-240 cm**

Valószínűsíthető, hogy a kiterjedő tófelszín úszóláppal (Balogh, 2000a, 2000b, 2001) történő borítását követően alakult csak ki az újabb tőzegréteg, a középső bronzkor végén. Az egész szakaszon belül jelentős külső hatások nélkül akkumulálódott tovább, viszont volt egy kisebb kettős csúcs, ami főleg a szemcseméret és geokémiai vizsgálat során mutatkozott meg. A bronzkor végén, a vaskor elején, egy szervetlenanyagban és karbonátban kicsit gazdagabb, apró MS növekedéssel kísért, nagyobb szemcseméretű (0,02 mm – 0,2 mm közötti), Fe-ban gazdagabb, de Na-ban és K-ban szegényebb üledék rakódott le, ami után nem sokkal megugrott a Fe, Na és K elemtartalom mennyisége is (337-307 cm). Ezek az apró változások valószínűleg a bronzkor és a vaskor határát jelzik.

#### **7.5 240-0 cm**

A vaskor végétől a császárkori római megtelepedés építő-termelő tevékenységén keresztül a népvándorláskori migrációk végéig alakulhatott ki egy hármas eróziós csúcs (240-230 cm, 197-213 cm és 177-185 cm). Erre az időszakra általánosan száraz csapadék és enyhe hőmérsékleti körülmények voltak jellemzők, amik elősegíthették az üledékek szétterjedését az antropogén hatásra megbolygatott környezetben. Mind a három eróziós eseménynél megnőtt az MS érték, a durvakőzetliszt, finomhomok és apróhomok frakciók, illetve a Fe-tartalom, és lecsökkent az agyag és finomkőzetliszt frakció, valamint a Na- és K-tartalom. A Mg- és Ca-tartalom csak a középső eseménynél növekedett szignifikánsan, de alapvetően nagyobb volt, mint előtte. Az eróziós esemény után majdnem a felszínig jellemző a megnövekedett Fe-, K-, Na-tartalom (100-20 cm). A finomhomok frakció is megnövekedik (88-0 cm), valamint az MS érték is. A völgyet kitöltő tavi rendszer a

középkorban újra elláposodott (88 cm-től) és a tőzegréteg képződése a mai napig folytatódik, jól láthatóan antropogén hatások mellett. Jellemzően magas a Fe-, Na- és K-tartalom, ahogy a finomhomok frakció is 2-3% körül mozog. A felső 20 cm-en jelentősen megnőtt a szervetlenanyag és karbonáttartalom, vele a Ca- és Mg-tartalom is magas csúcsot mutat, a MS érték is megnőtt, de lecsökkent a Na-, K- és Fe-tartalom.

A középkorban a tavi környezet ismételten kiterjedt a csapadékos és hideg időszakban, és ennek nyomán a tőzegképződés ismét megszakadt. Honfoglalás kori és kora Árpád kori szempontból egy rendkívül izgalmas helyszínről van szó, ugyanis a környéken több olyan település is található (például Magyarlapád vagy Asszonynépe községek), amelyek már egy 1177-ben összeállított, részletes határjárásban is szerepelnek. Magyarbagó község középkori története Szent István király idejéig nyúlik vissza, amikor a szomszédos Magyarlapád falu - amely ekkor Magyarbagó területét is magában foglalta - királynéi birtok lett, amelyet I István királyunk feleségének, Gizellának, majd Gizella királyné 1023-1038 között a bakonybéli apátságnak adományozott. Az egykori királynéi birtoklást igazolja a szomszédos Asszonynépe falu magyar neve is, amelynek jelentése 'királyné népe'. Magyarbagó települési képe a 16-17. században alapvetően megváltozott, miután a falu a ma ismert helyére, egy völgybe költözött. Magyarbagó község középkori település helyzetét 2019. május 11-én Benkő Elek régész akadémikus (MTA BTK Régészeti Intézet igazgatójának) vezetésével sikerült rögzíteni, amikor is az elpusztult, Árpád-kori falu helyét sikerült megtalálnia egy erdélyi és magyar kutatókból álló környezettörténeti kutatócsoportnak.

Az Árpád kori falu korábban a Bagó-pusztá nevezetű helyen terült el, hiszen ez az elnevezés valójában elpusztult falut jelent. Ez a kiterjedt völgyrendszert magába foglaló terület a mai falutól mintegy 4 kilométerre fekszik. Egy hozzávetőlegesen 1 hektáros területen nagy mennyiségben kerültek elő egy szántóföldről Árpád-kori és késő-középkori leletek, ami egyértelműen kijelölte az elpusztult település helyét, a fúrások által már korábban vizsgált magyarbagói Feneketlen-tó lápvilágától északra. Azonosítottak egy mélyen a talajba vágódott régi szekérutat is, amely a mai Magyarbagótól Feneketlen-tó érintésével Bagó-pusztá felé haladt.

Így a Kárpát-medencében és Erdélyben megtelepedő magyarság és a kiépülő középkori településhálózat közvetlenül érintette a lápot övező völgyet, dombokat. Ennek nyomán nem zárható ki az antropogén jelenlét a területen már az Árpádkorban, illetve a völgy elzárása és víztározóvá alakítás sem (<https://ri.btk.mta.hu/hu/8-aktualis/487-kornyeztortorteneti-kutatasok-az-erdelyi-magyarbago-hataraban>).

## 8 Következtetések

Az ülepedési ráta egyrészt összefüggést mutat a láp biogén feltöltődésével, a biogén feltöltődés pedig a klimatikus, mindenekelőtt a lokális páratartalmi viszonyaival. A szelvény kialakulása és fejlődése teljes mértékben egybe esik a termelő gazdálkodás kialakulásával és fejlődésével Erdély területén. Az erdélyi termelő gazdálkodás kialakulása a kora neolitikummal 8000-8500 cal BP (Kr.e. 6000-6500) évek között megtelepedő és kifejlődő erdélyi Körös kultúrával (románul Criș) veszi kezdetét (Banner, 1937, Kutzián, 1944, Trogmayer, 1966, Kalicz, 1970, Raczky, 1976).

Egyrészt a páratartalmat alapvetően befolyásoló erdei növényzet borításának megbontásától, illetve az erózióval az üledékgyűjtő medencébe bejutó üledék mennyiségétől és típusától, másrészt a biogén feltöltődés megszakadásától is függ a láp feltöltődése. A különböző kultúrák technikai színvonala, a közösségek létszáma, a láptól való megtelepedés távolsága, a lápot övező erdővel kapcsolatos technikai, társadalmi megoldásaik és a rájuk ható környezeti, klimatikus körülmények egyaránt befolyásolják a láp tőzegrétegének fejlődését és a tőzegrégeket megszakító szervetlenanyagban gazdag szintek kifejlődését.

A tőzeglápon a biogén lápképződés, a tőzeg és tőzegmoha felhalmozódás akkor szorult vissza és ennek nyomán akkor csökkent a szervesanyag tartalom, amikor az erózió felerősödése az üledékgyűjtő medencét alkotó tőzeglápra változó mennyiségű kőzetlisztben, agyagban és karbonátban gazdag üledéket mosott a láp felszínére. Az erózió dinamikáját az éghajlati változások, az emberi hatások és a természetes események (erdőtűzek, viharok) irányítják (Longman et al., 2017). Viszont a negyedidőszak végi környezeti-éghajlati viszonyok (Feurdean et al., 2015) között a rendkívüli eseményeket (villám okozta erdőtűz, vihar okozta erdőpusztulás) leszámítva olyan száraz és meleg klímaszakaszm nem fejlődött ki a vizsgált régióban, hogy a fák az északi orientációjú völgyben kiszáradtak volna és a helyüket lágyszárúakkal borított sztyeppe-erdőssztyeppe vegetáció váltotta volna fel.

Ezek után feltételezem, hogy az eróziós tényező növekedését a termelő emberi tevékenység (erdőirtás, legelő kialakítás, fakitermelés-faszén előállítás, szántóföldi művelés, emberi megtelepedések, utak kialakítása) okozhatta (Longman et al., 2017). Ezek az emberi tevékenység által kialakuló eróziós hatások különösen a csapadékos szakaszokban erősödhettek fel és ennek a kétféle hatásnak a kombinációja okozhatta a tőzegrétegződés lelassulását és a szervesanyag tartalom csökkenését. Éppen ezért az üledékföldtani

paraméterek, a szervesanyag, a karbonát- és a szervesetlenanyag tartalom, geokémiai és mágneses szuszeptibilitás értékeinek változásait összehasonlítottam az irodalom által lehatárolt erdélyi archeosztratigráfiai szintekkel és az egyes kultúrák megtelepedésével. Ez alapján kapcsoltam össze az egyes emberi közösségekhez, régészeti periódusokhoz kapcsolható emberi hatásokat és az eróziós szintek kifejlődését (Sümegei, 1998; Willis et al., 1998).

Az emberi gazdálkodási hatások csökkenését, illetve az így kialakuló erózió csökkenését, a tőzegképződés zavartalansága, a szervesanyag tartalom növekedése, valamint a 90% és e felett jelentkező szervesanyag tartalom arányok jelzik. Emellett igen jelentős tényező, hogy a tőzegképződés kétszer olyan fázisban szakadt meg, amikor a hűvös-hideg és csapadékos éghajlati tényezők kombinálódtak és a lápi rétegsorban ekkor két vízréteg képződött (100-90 cm, valamint 450-405 cm között). Mindkét esetben feltételezhető, hogy a csapadék mennyisége olyan jelentős mértékben megemelkedett, illetve a vegetációs periódusban kialakult hűvös klíma miatt lecsökkent hőmérséklet által a párolgás annyira lecsökkent, hogy a völgyben a láp közepén lévő tó kiterjedt. A kiterjedés akkora mértékű volt, hogy a tőzegképződés megszakadt. Idővel a láp felszínén lápszőnyeg alakult ki, amin folytatódott a tőzegakkumuláció. A radiokarbon vizsgálatok alapján ez a két, egykori tavi állapot kiterjedéséből származó vízréteg a bronzkorban és a középkor idején alakulhatott ki.

A vizes élőhelyek száma Európában, beleértve a Kárpát-medencét is, sajnálatos módon csökkent az elmúlt néhány száz évben, főleg a vízgazdálkodás, a vízszabályozás, illetve a mezőgazdaság miatt. Ahogy a kutatásunkból is kiderült, a múlt természeti eseményei és emberi beavatkozásai jól megőrződnek a tőzeglápokban. Jól láthatók a környezeti változások és az emberi hatások az eredményekben. A globális eseményekre is érzékeny a terület, hiszen a 8.2 kiloyear BP és a 4.2 kiloyear BP esemény is felismerhető benne, pontosabban a kultúrák reakciója a megváltozott környezetre. A magyarbagói tőzegmohaláp évezredek óta otthont ad egy lenyűgöző és hatalmas élővilágnak, aminek még csak egy kis szeletét tudtunk megvizsgálni, tehát még mindig vannak izgalmas és felfedezetlen részei.

## 9 Irodalomjegyzék

- Aaby, B., Digerfeldt, G. (1986): *Sampling techniques for lakes and bogs*. In Berglund B.E. (ed.) *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*, 181–194. Wiley: New York.
- Balogh, M. (2000a): *Az úszóláp-szukcesszió kérdései I*. Kitaibelia, 5(1): 9-16.
- Balogh, M. (2000b): *A lápok rendszerezése*. 57-65. In: Szurdoki, E. (ed.) *Tőzegmohás élőhelyek Magyarországon: kutatás, kezelés, védelem*. CEEWEB Munkacsoport Kiadványa, Miskolc.
- Balogh, M. (2001): *Az úszóláp-szukcesszió kérdései II*. Kitaibelia, 6(2): 291-297.
- Banner, J. (1937): *Die Ethnologie der Kőrös-Kultur*. Szegedi Dolgozatok, XIII, 33-58.
- Borhidi, A. (2003): *Magyarország növénytársulásai*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Boros, Á. (1964): *A tőzegmoha és a tőzegmohás lápok Magyarországon*. Vasi Szemle, 18, 53-68.
- Cech, T. V. (2010): *Principles of water resources: history, development, management, and policy*. John Wiley & Sons Inc., USA, 83-98.
- Csató, J., (1896): *Alsófehérvármegye növény és állatvilága*. In: Nagyenyed (ed.), *Alsófehér-vármegye Monográfiája I*. 1.: 187-224.
- Cohen, K.M., Finney, S.C., Gibbard, P.L. & Fan, J.-X. (2013, updated): *The ICS International Chronostratigraphic Chart*. Episodes 36: 199-204.
- Dániel, P. (2004): *Results of the geochemical analysis of the samples from Bátorliget II profile*. In: Sümegi, P. & Gulyás, S. (eds.) 2004. *The geohistory of Bátorliget Marshland*. Archaeolingua Press, Budapest, 95-128.
- Dean, W. E. (1974): *Determination of the carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignitions: comparison with order methods*. Journal of Sedimentary Petrology, Volume 44, No. 1., 242-248.
- Dickin, A.P. (2005): *Radiogenic Isotope Geology*. Cambridge University Press. 383-384.
- Dömsödi, J. (1988a): *Tőzegláp megsemmisülések a Kárpát-medencében*. Földtani Közlöny, 118, 351-361.
- Dömsödi, J. (1988b): *Lápképződés, lápmegsemmisülés: A természet- és gazdaságföldrajzi változások szerepe a tőzeglápok hasznosításában*. MTA FKI, Budapest, 120.
- Érdiné Szekeres, R. (szerk.) (2002): *Nemzeti Ökológiai Hálózat 3 - Lápok*. Környezetvédelmi Minisztérium Természetvédelmi Hivatala, Budapest
- Feurdean, A., Mosbrugger, V., Onac, B. P., Polyak, V., & Veres, D. (2007): *Younger Dryas to mid-Holocene environmental history of the lowlands of NW Transylvania, Romania*. Quaternary Research, 68(3), 364-378.
- Feurdean, A., Willis, K. J., Parr, C. L., Tanțău, I., & Fărcaș, S. (2010): *Post-glacial patterns in vegetation dynamics in Romania: homogenization or differentiation?*. Journal of Biogeography, 37(11), 2197-2208.
- Feurdean, A., Galka, M., Kuske, E., Tantau, I., Lamentowicz, M., Florescu, G., Liakka, J., Hutchinson, S.M., Mulch, A., Hickler, T. (2015): *Last millennium hydro-climate variability in Central-Eastern Europe (northern Carpathians, Romania)*. The Holocene, 25(7), 1179-1192.
- Gaillard, M-J., Birks, H. H. (2007): *Paleolimnological applications*. In: Elias, S.A. (ed.) *Encyclopedia of Quaternary Science*, Vol. 3. Elsevier, New York, 2337-2355

- Gibbons, A. (1993): *How the Akkadian Empire Was Hung Out to Dry*. Science Vol. 261, Issue 5124. 985.
- Grindean, R., Tanțău, I., Fărcaș, S., & Panait, A. (2014): *Middle to Late Holocene vegetation shifts in the NW Transylvanian lowlands (Romania)*. Studia UBB Geologia, 59(1), 29-37.
- Hajdú-Moharos, J., Sasi, A., Erős, L. (1992): *România természetiföldrajzi tájbeosztása*. Általános Földtani Szemle, 26, 181-275.
- Hahn, Gy. (1984): *Magyarország tőzeg- és lápföldvagyona*. Földtani kutatás, 27, 85-94.
- Hartai, É. (2009): *A változó Föld*. Well-Press Kiadó Kft., Budapest. 192.
- Heiri, O., Lotter, A. F., Lemcke, G. (2001): *Loss-on-ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results*. Journal of Paleolimnology, 25, 101-110.
- Hertelendi, E., Csongor, É., Záborszky, L., Molnár, I., Gál, I., Györffy, M., Nagy, S. (1989): *Counting system for high precision C-14 dating*. Radiocarbon 31(3): 399-406.
- Hertelendi, E., Kalicz, N., Raczky, P., Horváth, F., Veres, M., Svingor, É., Futó, I., Bartosiewicz, L. (1995): *Re-evaluation of the Neolithic in eastern Hungary based on calibrated radiocarbon dates*. Radiocarbon, 37(2): 239-244.
- Hetényi, M. (2013): *Környezeti geokémia: A hidroszféra*. JATEPress, Szeged
- Hoskins, B. (2002): *Organic Matter by Loss on Ignition*, University of Maine, USA.
- IUSS Working Group WRB. (2006): *World reference base for soil resources 2006*. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome.
- Jakab, G., Sümegi, P. (2011): *Negyedidőszaki makrobotanika*. GeoLittera Kiadó, Szeged. 251.
- Jakab, G., Sümegi, P. (2015): *Paleoökológiai lelőhelyekről származó növényi magvak, termések, növényi maradványok jelentősége az archeobotanikában*. In: Töröcsik, T., Náfrádi, K., Sümegi, P., (szerk) *Komplex Archeobotanika*, Geolittera Kiadó, Szeged. 187-201.
- Joosten, H. & Clarke, D., (2002): *Wise use of mires and peatlands*. International Mire Conservation Group and International Peat Society, Jyväskylä, Finland. 304.
- Kalicz, N. (1970): *Agyag istenek. A neolitikum és a rézkor emlékei Magyarországon*. Hereditas sorozat. Corvina Kiadó, Budapest.
- Kobashi, T., Severinghaus, J., Brook, E., Barola, J-M., Grachev, A. (2007): *Precise timing and characterization of abrupt climate change 8200 years ago from air trapped in polar ice*. Quaternary Science Reviews Vol. 26. 1212-1222.
- Kutzián, I. (1944): *Körös-kultúra - The Körös culture*. DissPann Ser. II. 23. Budapest.
- Lájer, K., (1998): *Bevezetés a magyarországi lápok vegetáció-ökológiájába*. Tilia, 6, 84-238.
- László, E. (2006): *Vegetation of the „Tăul Fără Fund” peat bog from Băgău village (Alba County, Transylvania, Romania)*. Contribuții Botanice, XLI, 67-76.
- László, G., Emszt, K. (1915): *Tőzeglápok és előfordulások Magyarországon*. Magyar Királyi Földtani Intézet Kiadványai, Budapest, 11-16.
- Lestyán, F. (2000): *Megszentelt kövek. A középkori erdélyi püspökség templomai I-II*. Római Katolikus Érsekség kiadványa, Gyulafehérvár.
- Li, C.H., Li, Y.X., Zheng, Y.F., Yu, S.Y., Tang, L.Y., Li, B.B., Cui, Q.Y. (2018): *A high-resolution pollen record from East China reveals large climate variability near the Northgrippian-Meghalayan*

- boundary (around 4200 years ago) exerted societal influence. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*.
- Libby, W. F. (1946): *Atmospheric helium three and radiocarbon from cosmic radiation*. *Physical Review*, 69(11-12), 671-672.
- Longman, J., Ersek, V., Veres, D., & Salzmann, U. (2017): *Detrital events and hydroclimate variability in the Romanian Carpathians during the mid-to-late Holocene*. *Quaternary Science Reviews*, 167, 78-95.
- MacKereth, F. J. H. (1966): *Some chemical observation on post glacial lake sediments*. *Philosophical Transaction of the Royal Society of London*, B 250, 165-213.
- Mărculeț I., Mărculeț C. (2006-2007): *The influence of landform on human settlements in the lopadea hill*. The Annals of Valahia University of Târgoviște, Geographical Series, Tome 6 -7, Târgoviște
- Molnár, M., Janovics, R., Major, I., Orsovski, J., Gönczi, R., Veres, M., A G Leonard, A.G., Castle, S.M., Lange, T.E., Wacker, L., Hajdas, I. and Jull, A.J.T. (2013): *Status Report of the New AMS <sup>14</sup>C Sample Preparation Lab of the Hertelendi Laboratory of Environmental Studies (Debrecen, Hungary)*. *Radiocarbon*, 55, 665-676.
- Munsell Color (1954): *Munsell Soil Color Charts*, Munsell Color Company. Inc., Baltimore, Md.
- National Wetlands Working Group (1997): *The Canadian wetland classification system*, 2nd ed., University of Waterloo, Canada.
- Parris, A.S. (2001): *Lake Sediment Records in New England: Indicators of Climate and Hillslope Erosion*. PhD Thesis, The University of Vermont, Burlington, USA.
- Pop, E. (1932): *Contribuții la istoria vegetației cvaternare din Transilvania*. *Bul. Grăd. Bot. și al Muz. Bot. de la Univ. din Cluj*, XII: 29-102.
- Pop, E. (1935): *Observații și date floristice*. *Bul. Grăd. Bot. și al Muz. Bot. de la Univ. din Cluj*, XV: 228-233.
- Pop, E. (1960): *Mlaștinile de turbă din Republica Populară Română*. Ed. Acad. Rep. Pop. Rom., București.
- Raczky, P. (1976): *A Körös-kultúra leletei Tiszajenőn*. *Archeológiai Értesítő*, 103, 171-189.
- Rácz Istvánné (2011): *Vízkémiá II*. Szent István Egyetem, Gödöllő
- Roland, T.P., Caseldine, C.J., Charman, D.J., Turney, C.S.M., Amesbury, M.J. (2014): *Was there a 4.2 ka event in Great Britain and Ireland? Evidence from the peatland record*. *Quaternary Science Reviews*. 83. 11–27.
- Rydin, H., Jeglum, J. K. (2006): *The Biology of Peatlands*. Oxford University Press.
- Santisteban, J. I., Mediavilla, R., Lopez-Pamo, E., Dabrio, C. J., Zapata, M. B. R., Gar-cía, M. J. G., Castaño, S. & Martínez-Alfaro, P. E. (2004). Loss on ignition: a qualitative or quantitative method for organic matter and carbonate mineral content in sediments? *Journal of Paleolimnology*, 32(3), 287-299.
- Shotyk W. (1988): *Review of the inorganic geochemistry of peats and peatland waters*. *Earth-Sci. Rev.* 25, 95–176.

- Staubwasser, M., Sirocko, F., Grootes, P.M., Segl, M. (2003): *Climate change at the 4.2 ka BP termination of the Indus valley civilization and Holocene south Asian monsoon variability*. Geophysical Research Letters Vol. 30, No. 8, 1425.
- Sümege, P. (1998): *Az utolsó 15000 év környezeti változásai és hatásuk az emberi kultúrára Magyarországon*. 367- 397. In: Ilon, G. ed. *A régésztechnikusok kézikönyve*. Szombathely, Savaria Múzeum Kiadványa.
- Sümege, P., Magyari, E., Dániel, P., Hertelendi, E., Rudner, E. (1999): *A kardoskúti Fehér-tó negyedidőszaki fejlődéstörténetének rekonstrukciója*. Földtani Közlöny, 129, 479 – 519.
- Sümege, P. (2001): *A negyedidőszak földtanának és ökoszisztémájának alapjai*. JATEPress, Szeged. 262.
- Sümege P. (2002): *Régészeti geológia és történeti ökológia alapjai*. JATEPress, Szeged.
- Sümege, P., Jakab, G., Náfrádi, K., Töröcsik, T., Gulyás, A., Bede, Á. (2015a): *Antropogén és természetes üledékgyűjtő rendszerek elemzésének jelentősége a komplex archeobotanikában*. In: Töröcsik, T., Náfrádi, K., Sümege, P., (szerk) *Komplex Archeobotanika*. Geolitera Kiadó, Szeged. 23-60.
- Sümege, P., Jakab, G., Sümege, B.P., Töröcsik, T., Tóth, A., Demeter, L., László, K., Györfi, Z., Bencze, Ü., Papucs, A., Ambrus, L., Frink, J., Benkő, E. (2015b): *Paleoecology of Late Quaternary peatlands-environmental history from Transylvania*. Abstracts of the 17th Székelyföldi Geológus Találkozó, Székelykeresztúr, Erdély
- Sümege, P., Náfrádi, K., Molnár, D., Sávai, Sz. (2015c): *Results of paleoecological studies in the loess region of Szeged-Óthalom (SE Hungary)*. Quaternary International, 372, 66 – 78.
- Sümege, P., Jakab, G., Pál-Molnár, E., Töröcsik, T., Sümege, B.P., Bíró, N., Molnár, M., Tapody R.O., Benkő, E., Sófalvi, A. (2016): *Evolution history of Kerek (Round) lake at Homoródszentpál*. Abstracts of the 18th Székelyföldi Geológus Találkozó, Kovászna
- Sümege, P., Töröcsik, T., Jakab, G., Sümege, B.P., Tóth, A., Demeter, L., László, K., Györfi, Z., Bencze, Ü., Papucs, A., Ambrus, L. Frink, J., Benkő, E. (2017): *The environmental history of Csíki Basin - paleoecological investigation in Székelyföld*. Abstracts of the 19th Székelyföldi Geológus Találkozó, Borszék
- Sümege, P., Gulyás, S., Molnár, D., Sümege, B.P., Almond, P.C, Vandenberghe, J., Liping Zhou, Pál-Molnár, E., Töröcsik, T., Hao, Q., Smalley, I., Molnár, M., Marsi, I. (2018): *New chronology of the best developed loess/paleosol sequence of Hungary capturing the past 1.1 ma: Implications for correlation and proposed pan-Eurasian stratigraphic schemes*. Quaternary Sciences Reviews, 191, 144-166.
- Svingor, É. (2012): *A C-14 kormeghatározás alapjai és problémái Radiocarbon dating: Basics and problems*. Archeometriai Műhely, IX/3.
- Sutherland, R. A. (1998): *Loss-on-ignition estimates of organic matter and relationships to organic carbon in fluvial bed sediments*. Hydrobiologia, 389, 153-167.
- Szőör Gy. (2000): *Felsőpleisztocén erdőtüzek termoanalitikai bizonyítása és feltételezett paleoklimatológiai szerepük*. 167-168. In: Fábíán Sz. Á., Tóth J. (eds.) *Geokronológia és domborzatfejlődés*. Pécsi Tudományegyetem kiadvány, Pécs.

- Tanțău, I., Feurdean, A., De Beaulieu, J. L., Reille, M., & Fărcaș, S. (2014): *Vegetation sensitivity to climate changes and human impact in the Harghita Mountains (Eastern Romanian Carpathians) over the past 15 000 years*. Journal of Quaternary Science, 29(2), 141-152.
- Thyll, Sz. (1998): *Vízszennyezés - vízminőségvédelem*. DATE Víz- és Környezetgazdálkodási Tanszék. Debrecen.
- Tóth, M., Magyari, E. K., Buczkó, K., Braun, M., Panagiotopoulos, K., Heiri, O. (2015): Chironomid-inferred Holocene temperature changes in the South Carpathians (Romania). The Holocene 25(4):569-582
- Törőcsik, T., Töviskes, R.J., Bodor, E., Sümegi, P. (2015): *Paleoökológiai lelőhelyekről származó pollenvizsgálatok jelentősége az archeobotanikában*. In: Törőcsik, T., Náfrádi, K., Sümegi, P., (szerk.) *Komplex Archeobotanika*. Geolitera Kiadó, Szeged. 209-237.
- Troels-Smith, J. (1955): "Karakterisering af Lose Jordater," Danmarks Geologiske Undersøgelse, Vol. 4, No. 3, 1-73.
- Trogmayer, O. (1966): *A Körös-csoport lakóházáról. Újkőkori házmodelltöredék Röszkéről*. Archeológiai Értesítő, 93, 235-240.
- Vári, T. ZS., Molnár, D., Sümegi, P., Sümegi, B. P., Törőcsik, T., Szakál, E., Benyó-Korcsmáros, R. (2020): Holocene environmental history of the Bottomless Lake sphagnum peat bog in Băgău, Romania. Studia Quaternaria 37, 69-77.
- Weber, C.A. (1908): *Aufbau und Vegetation der Moore Norddeutschlands*. Englers Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie, 1907, 90, Stuttgart.
- Willis, K.J., Sümegi, P., Braun, M., Bennett, K.D., Tóth, A. (1998): *Prehistoric land degradation in Hungary: Who, how and why?* Antiquity, 72, 101-113.
- Zoltai, S.C., Vitt, D.H. (1995): *Canadian wetlands: Environmental gradients and classification*. Vegetatio, 118, 131-137.

## 10 Internetes hivatkozások

<https://www.mapsland.com/europe/romania/large-detailed-relief-map-of-romania> (Letöltés dátuma: 2018.11.15)

<https://iker.atomki.hu/2017/11/15/a-feneketlen-to-tozegmoha-lap-uledekmintazasa-magyarbago-romania/> (Letöltés dátuma: 2018.11.15)

[https://www.ng.hu/Fold/2011/07/es\\_megis\\_mozog\\_a\\_karpatmedence](https://www.ng.hu/Fold/2011/07/es_megis_mozog_a_karpatmedence) (Letöltés dátuma: 2018.11.15)

<https://tarnavamica.files.wordpress.com/2013/02/harta-geologicc483-tarnava-mica-cu-legendc4831.jpg> (Letöltés dátuma: 2018.11.15)

<https://tarnavamica.files.wordpress.com/2013/02/harta-unitatilor-de-relief-tarnava-mica.jpeg> (Letöltés dátuma: 2018.11.15)

<https://tarnavamica.files.wordpress.com/2013/02/harta-solurilor.jpeg> (Letöltés dátuma: 2018.11.15)

[https://www.meteoblue.com/hu/időjárás/historyclimate/climatemodelled/blaj\\_románia\\_684612](https://www.meteoblue.com/hu/időjárás/historyclimate/climatemodelled/blaj_románia_684612) (Letöltés dátuma: 2019.11.14)

<https://ri.btk.mta.hu/hu/8-aktualis/487-kornyezettorteneti-kutatasok-az-erdelyi-magyarbago-hataraban> (Letöltés dátuma: 2020.02.11)

[https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011\\_0001\\_527\\_eu\\_regionalis\\_fold-rajz\\_1/ch02s07.html](https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_527_eu_regionalis_fold-rajz_1/ch02s07.html) (Letöltés dátuma: 2021.01.04)

## 11 Köszönetnyilvánítás

Hálásan köszönöm Prof. Dr. Sümegi Pál témavezetőmnek az önzetlen segítségét, támogatását és tanítását az elmúlt években, és köszönöm a lehetőséget, hogy megismerkedhettem a lápkutatás tudományával. Emellett köszönöm neki a radiokarbon minták vizsgálatának elvégztetését, illetve a tüzegkutató csapatnak a fúrást a lánál, illetve a Troels-Smith és Munsell-féle leírásokat, hiszen nélkülük sem jöhetett volna létre ez a diplomamunka.

Nagyon hálás vagyok Dr. Molnár Dávidnak, aki rendelkezésre bocsájtotta a vizsgálatokhoz szükséges eszközöket és szintén segített a felmerülő kérdéseimben a vizsgálatokra vonatkozóan. Köszönöm Sümegi Balázs Pálnak a segítségét a szemcseméret és vízoldható geokémia vizsgálatoknál, Törőcsik Tünde segítségét a mágneses szuszceptibilitás vizsgálatoknál, illetve Dr. Gulyás Sándor segítségét a radiokarbon minták kor-mélység modelljének rbacon-ben való elkészítésénél.

Végül, de nem utolsó sorban, szeretném megköszönni a Szegedi Tudományegyetem Természettudományi és Informatikai Karának Földrajzi és Földtudomány Intézetének valamennyi oktatójának és dolgozójának azt a lelkiismeretes munkáját, amivel a hallgatók képzését, tanulását és a versenyképes tudásának megszerzését támogatják.

## 12 Nyilatkozat

Alulírott Vári Tamás Zsolt Földtudomány MSc szakos hallgató kijelentem, hogy diplomamunkámat a Szegedi Tudományegyetem Természettudományi és Informatikai Kárán, a Földtani és Őslénytani Tanszékén készítettem, MSc diploma megszerzése érdekében.

Kijelentem, hogy a dolgozatot más szakon korábban nem védtem meg, saját munkám eredménye, és csak a szakma elvárásainak megfelelő módon hivatkozott forrásokat (szakirodalom, eszközök stb.) használtam fel.

Tudomásul veszem, hogy diplomamunkámat a Szegedi Tudományegyetem könyvtárában, a kölcsönözhető könyvek között, illetve az interneten helyezik el.

Szeged, 2021. május 19.