

KÖRNYEZETTUDOMÁNYI TEREPGYAKORLAT

Környezettudományi alapok tankönyvsorozat

A környezettan alapjai

A környezetvédelem alapjai

Bevezetés a talajtanba környezettanosoknak

Bevezetés a környezeti áramlások fizikájába

Környezetfizika

Környezeti ásványtan

Környezeti mintavételezés

Környezetkémia

Környezetminősítés

Környezettudományi terepgyakorlat

Mérések tervezése és kiértékelése

Environmental Physics Methods Laboratory Practices



Eötvös Loránd Tudományegyetem
Természettudományi Kar

KÖRNYEZETTUDOMÁNYI TEREPGYAKORLAT

Szerkesztette:

Angyal Zsuzsanna
tanársegéd, Környezettudományi Centrum

Írta:

Ballabás Gábor
tanársegéd, Földrajz- és Földtudományi Intézet
Bartholy Judit
egyetemi tanár, Földrajz- és Földtudományi Intézet
Darabos Gabriella
adjunktus, Földrajz- és Földtudományi Intézet
Gábris Gyula
egyetemi tanár, Földrajz- és Földtudományi Intézet Kardos Levente
tanársegéd, Budapesti Corvinus Egyetem
Kovács Béla
adjunktus, IK Térképtudományi és Geoinformatikai Tanszék
Mádlné Szőnyi Judit
egyetemi docens, Földrajz- és Földtudományi Intézet
Márialigeti Károly
egyetemi tanár, Biológiai Intézet
Mészáros Róbert
adjunktus, Földrajz- és Földtudományi Intézet
Mindszenty Andrea
egyetemi tanár, Földrajz- és Földtudományi Intézet
Papp Botond
tanársegéd, Babes-Bolyai Tudományegyetem
Papp Sándor
ny. egyetemi docens
Romsics Csaba
tudományos segédmunkatárs, Biológiai Intézet
Szabó Mária
egyetemi tanár, Földrajz- és Földtudományi Intézet
Székely Balázs
egyetemi docens, Földrajz- és Földtudományi Intézet
Török János
egyetemi tanár, Biológiai Intézet
Zsemle Ferenc
tanársegéd, Földrajz- és Földtudományi Intézet

Lektorálta:

Kárász Imre
egyetemi tanár, Eszterházy Károly Főiskola



2012

COPYRIGHT: © 2012-2017, Ballabás Gábor, Dr. Bartholy Judit, Dr. Darabos Gabriella, Dr. Gábris Gyula, Kardos Levente, Dr. Kovács Béla, Mádlné Dr. Szőnyi Judit, Dr. Márialigeti Károly, Dr. Mészáros Róbert, Dr. Mindszenty Andrea, Dr. Papp Botond, Dr. Papp Sándor, Dr. Romsics Csaba, Dr. Szabó Mária, Dr. Székely Balázs, Dr. Török János, Zsemle Ferenc, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar

Creative Commons NonCommercial-NoDerivs 3.0 (CC BY-NC-ND 3.0)

A szerző nevének feltüntetése mellett nem kereskedelmi céllal szabadon másolható, terjeszthető, megjelentethető és előadható, de nem módosítható.

ISBN 978-963-279-546-1

KÉSZÜLT: a [Typotex Kiadó](http://www.typotexkiado.hu) gondozásában

FELELŐS VEZETŐ: Votisky Zsuzsa

TÁMOGATÁS:

Készült a TÁMOP-4.1.2-08/2/A/KMR-2009-0047 számú,

„Környezettudományi alapok tankönyvsorozat” című projekt keretében.

Nemzeti Fejlesztési Ügynökség
www.ujszachenyiterv.gov.hu
06 40 638 638



A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

KULCSSZAVAK: terepi tevékenység, geológia, hidrogeológia, geofizika, geomorfológia, meteorológia, éghajlat, környezetfizika, vízvizsgálat, talajtan, ökológia, mikrobiológia, térképtan, gazdaság és környezet

ÖSSZEFOGLALÁS:

A környezettudomány terepi módszereit bemutató jegyzet célja, hogy átfogó képet adjon a leendő környezettan tanár szakos hallgatóknak a terepen viszonylag egyszerűen elvégezhető mérési módszerekről. A mű több éves kipróbálás és tapasztalat birtokában egy konkrét mintaterületen elvégzett számos környezeti vizsgálat módszerét mutatja be, ám ezek a módszerek könnyen alkalmazhatók más területek felmérésére, vizsgálatára is. Az igen komplex, mintegy 10 tudományterületet felsorakoztató terepi program során a hallgatók szinte minden környezeti diszciplína terepi módszereivel megismerkedhetnek és a mérések elvégzése után a gyakorlatokhoz tartozó jegyzőkönyvvel, feladatlapokkal ellenőrizhetik tudásukat. Az egyes gyakorlati részek modulokként épülnek fel, – s bár egy adott területen kerültek kipróbálásra – általánosan másutt is használhatók, jól kombinálhatók például az érintett szakterületenként, de a tanárképzésben akár korcsoportonként is.

Tartalomjegyzék

1. A terepi tevékenységről általában (Székely Balázs)	11
1.1. Miért különbözik a terepi kutatási tevékenység a laboratóriumitól?	11
1.2. A terepi hatások befolyása a vizsgálandó jelenségre	12
1.3. A terepi hatások befolyása a műszerekre	12
1.4. A terepi hatások befolyása a megfigyeléseket végzőkre	13
1.5. A személyi és vagyonbiztonság a terepen	14
1.6. A terepi tevékenység tervezése	15
1.7. A terepi észlelési adatok értéke	16
1.8. Elkerülendő típushibák	16
1.9. A terepi felszerelés	17
1.10. A terepi ruházat	18
1.11. A jegyzőkönyv	19
1.12. A jegyzőkönyv vezetése	20
1.13. Jegyzőkönyvi példák	22
1.13.1. Első példa: mágneses mérés	22
1.13.2. Második példa: vulkanológiai terepbejárás	23
1.13.3. Harmadik példa: előkészítő terepbejárás	23
1.13.4. Negyedik példa: csuszamlások vizsgálata	24
1.14. A terepi helymeghatározás	25
1.15. A terepi felvételek készítése	27
1.16. Függelékek	31
1.16.1. Bibliográfia	31
1.16.2. Fogalomtár	31
2. Geológia (Mindszenty Andrea, Deák Ferenc József)	33
2.1. Bevezetés	33
2.2. Elméleti tudnivalók	33
2.2.1. Földtörténeti vázlat	33
2.2.2. Földtani felépítés	34
2.3. Vizsgálati módszerek	35
2.3.1. Terepi megfigyelések	35
2.3.2. Földtani szelvény készítése	36
2.4. A mérési feladatok leírása	37
2.4.1. Tardos, Vörös-hídi kőfejtő	37
2.4.2. Tata, Kálvária-domb	39
2.5. Függelékek	41
2.5.1. Bibliográfia	41
2.5.2. Fogalomtár	42
2.5.3. A területen előforduló legfontosabb kőzetek	46
2.5.4. Feladatlapok	50

3. Hidrogeológia (Mádlné Szőnyi Judit, Zsemle Ferenc).....	59
3.1. Bevezetés	59
3.2. A vizsgálat elméleti háttere – az Által-ér és földtani, hidrogeológiai környezetének bemutatása.....	59
3.3. A vízhozammérés célja, a belőle levonható következtetések	62
3.4. A folyóvízi lefolyás és a felszín alatti vizek kapcsolata	63
3.5. Vizsgálati módszerek.....	64
3.5.1. Felszíni vízsebességmérés úszóval	65
3.5.2. Híguláson alapuló vízhozammérés mesterséges nyomjelző anyaggal.....	66
3.5.3. GGUN-FL Fluorometer	67
3.6. A mérési feladatok.....	68
3.6.1. Vízhozammérés a felszíni sebesség meghatározásával	68
3.6.2. Vízhozammérés fluoreszcein felhasználásával.....	68
3.6.3. Feladatok.....	70
3.7. Függelékek.....	72
3.7.1. Bibliográfia	72
3.7.2. Fogalomtár	72
4. Geofizika (Dövényi Péter (†), Lipovics Tamás).....	74
4.1. Bevezetés	74
4.2. A vizsgálat elméleti háttere	74
4.3. Geofizikai vizsgálati módszerek.....	75
4.3.1. Gravitációs kutatások.....	76
4.3.2. Földmágneses kutatások	78
4.3.3. Szeizmikus kutatások.....	82
4.3.4. Geoelektromos módszerek.....	86
4.3.5. A földradar módszer	91
4.4. A terepi mérési feladatok leírása	93
4.4.1. Terepi földmágneses mérések.....	94
4.4.2. Terepi multielektrodás szelvényezés	97
4.4.3. Terepi földradarmérések	98
4.5. Függelékek.....	100
4.5.1. Bibliográfia	100
4.5.2. Fogalomtár	100
5. Geomorfológia (Gábris Gyula, Darabos Gabriella).....	102
5.1. Bevezetés	102
5.2. A vizsgálat elméleti háttere	102
5.2.1. A geomorfológia és tárgya.....	102
5.2.2. A fontosabb felszínformáló erők és folyamatok.....	103
5.2.3. A vízgyűjtő terület morfológiai (alakmérési) jellemzői	103
5.2.4. A felszín ábrázolása szintvonalakkal	105
5.2.5. A geomorfológiai térképezés	105
5.2.6. A geomorfológiai térképkészítés elméleti és gyakorlati alapelvei	106

5.2.7.A geomorfológiai térkép tartalma	107
5.2.8.A geomorfológiai térkép jelkulcsa	117
5.3. Geomorfológiai vizsgálati módszerek és mérési feladatok	119
5.3.1.Morfometriai mutatók	119
5.3.2.Szelvények (metszetek).....	119
5.3.3.A geomorfológiai térkép elkészítése	121
5.3.4.Terepbejárás	121
5.3.5.A mintaterület ábrázolása.....	121
5.3.6.A vizsgálatokhoz szükséges eszközök	121
5.3.7.A mérési eredmények értékelése.....	122
5.4. Függelékek.....	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
5.4.1.Bibliográfia	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
5.4.2.Geomorfológiai térkép	123
6. Meteorológiai és éghajlattani alapismeretek (Bartholy Judit, Mészáros Róbert)	124
6.1. Bevezetés	124
6.2. Elméleti alapismeretek.....	124
6.2.1.Sugárzási folyamatok	125
6.2.2.Légköri mozgásrendszerek.....	127
6.2.3.Helyi éghajlat-módosító hatások.....	129
6.3. Meteorológiai elemek és mérésük	130
6.3.1.Vizuális megfigyelések	130
6.3.2.A sugárzás mérése.....	132
6.3.3.A légnyomás mérése	133
6.3.4.A léghőmérséklet mérése	133
6.3.5.A légnedvesség mérése	134
6.3.6.A szél mérése	134
6.4. Gyakorlatok	134
6.4.1.Az időjárás megfigyelése	134
6.4.2.Az időjárási elemek mérése	134
6.4.3.A meteorológiai elemek analízise	135
6.4.4.Éghajlattani megfigyelések	135
6.4.5.Helyi sajátosságok.....	136
6.5. Függelékek.....	138
6.5.1.Bibliográfia	138
6.5.2.Fogalomtár	138
6.5.3.Meteorológiai munkatérkép	139
7. Környezetfizika (Papp Botond).....	140
7.1. Bevezetés	140
7.2. A természetes ionizáló háttérsugárzás vizsgálata	140
7.2.1.A vizsgálat elméleti háttere.....	140
7.2.2.Aktivitás, felezési idő, dóziszfogalmak	143
7.2.3.Vizsgálati módszer	144
7.2.4.A mérési feladatok	144

7.3.	A radiopotenciál vizsgálata	145
7.3.1.	A vizsgálat elméleti háttere.....	145
7.3.2.	Vizsgálati módszerek.....	146
7.3.3.	A mérési feladatok	149
7.4.	Források és kútvizek radontartalmának vizsgálata	151
7.4.1.	A vizsgálat elméleti háttere.....	151
7.4.2.	Vizsgálati módszerek.....	152
7.4.3.	A mérési feladatok	153
7.5.	Környezeti zajok vizsgálata.....	154
7.5.1.	A vizsgálat elméleti háttere.....	154
7.5.2.	Akusztikai alapfogalmak	155
7.5.3.	Vizsgálati módszerek.....	157
7.5.4.	A mérési feladat	158
7.6.	A napelemmel és szélkerékkel történő energiatermelés vizsgálata az agostyáni energia-tanösvény példáján	159
7.6.1.	A vizsgálat elméleti háttere.....	159
7.6.2.	Vizsgálati módszerek.....	160
7.6.3.	A mérési feladatok	161
7.7.	Függelékek.....	162
7.7.1.	Bibliográfia	162
7.7.2.	Fogalomtár	162
8.	Vízkémiai vizsgálatok (Kardos Levente).....	166
8.1.	Bevezetés	166
8.2.	Vízminősítés, vízminőségi szabványok, monitoring rendszerek.....	167
8.3.	Vizsgálati módszerek.....	171
8.3.1.	A helyszíni vizsgálatok alapjai	171
8.3.2.	A mintavétel célja	171
8.3.3.	A mintavétel helye	172
8.3.4.	A mintavétel gyakorisága	172
8.3.5.	A mintavétel időtartama, a minta előkészítése	173
8.3.6.	A mintavétel eszközei.....	173
8.4.	A terepi mérések és a mérési feladat leírása.....	174
8.4.1.	A vizek fizikai, fizikai-kémiai tulajdonságainak vizsgálatai	174
8.4.2.	A vizek kémiai tulajdonságainak vizsgálatai	176
8.5.	Függelékek.....	184
8.5.1.	Bibliográfia	184
8.5.2.	Fogalomtár	184
9.	A terepi talajvizsgálatok módszertana (Papp Sándor)	186
9.1.	Bevezetés, alapelvek.....	186
9.2.	A talajszelvények kijelölésének, lemélyítésének és vizsgálatra való előkészítésének szabályai	187
9.3.	A talajszelvény vizsgálata	188
9.4.	A talajok rendszertani besorolása a vizsgálati eredmények értékelése alapján..	194
9.5.	Függelékek.....	195

9.5.1. Bibliográfia	195
9.5.2. Fogalomtár	195
9.5.3. Táblázatok	197

10. Ökológiai módszerek a biodiverzitás megismeréséhez (Szabó Mária, Török János)..... 206

10.1. Bevezetés.....	206
10.2. A vizsgálatok elméleti háttere	207
10.2.1. A populációk egyedszámának becslése	207
10.2.2. A közösségek vizsgálata	209
10.3. Az ökológiai vizsgálatok módszerei	210
10.3.1. A növényzet vizsgálata	210
10.3.2. A növényzet vizsgálatának módszerei	211
10.3.3. A kapott eredmények értékelése	215
10.4. Gyakorlati feladatok	227
10.4.1. Szárazabb, degradált füves terület összehasonlítása nedves kaszálóréttel botanikai (10.6 és 10.7. táblázat) és zoológiai szempontból	227
10.4.2. Különböző élőhelyek összehasonlítása a növényfajok és a talajcsapdák által fogott állatok (ezerlábúak, százlábúak, ászkarák, pókok, bogarak) egyedszáma alapján 228	
10.4.3. Madarak egyedszámának becslése költési időszakban, savmódszer segítségével.....	229
10.4.4. Növénytársulások és vízi állatközösségek összehasonlítása hasonlósági indexek alkalmazásával	230
10.4.5. Folyóvizek (patakok) szennyezettségének indikációja víziállatok segítségével 232	
10.4.6. Erdőszegély kisemlős közösségének vizsgálata	234
10.4.7. Biodiverzitás-becslések	234
10.5. Függelékek	236
10.5.1. Bibliográfia	236
10.5.2. Fogalomtár	237

11. Alapvető környezet-mikrobiológiai terepi eljárások (Márialigeti Károly, Romsics Csaba)..... 241

11.1. Bevezetés.....	241
11.2. A vizsgálatok elméleti háttere	242
11.3. Talaj-mikrobiológiai vizsgálati módszerek	245
11.3.1. Talajmintavétel mikrobiológiai célra.....	245
11.3.2. Talaj összecsíraszámának, illetve gombaszámának gyors, tájékozódó jellegű meghatározása	245
11.3.3. Talajok mikrobiális aktivitásának becslése CO ₂ -termelés mérésével	246
11.3.4. Talajok katalázaktivitásának kimutatása gyors teszttel	247
11.3.5. Talajok anaerob légző (denitrifikáló) aktivitásának becslése gyors teszttel segítségével.....	248
11.4. Vízmikrobiológiai megfigyelések és mérések	249
11.4.1. Vízmintavétel.....	250

11.4.2. Vízhminőségi indikátor baktériumfajok kimutatása, ill. csíraszámának becslése	251
11.4.3. Trofitásfokjelző algák, cianobaktériumok mikroszkópos vizsgálata	252
11.4.4. Vízminta klorofill-a tartalmának meghatározása	253
11.4.5. Vízminta BOI-értékének meghatározása OxiTop rendszerben	254
11.5. A levegő mikrobiológiája	255
11.5.1. A levegő mikrobiális terheltségének elemzése szedimentációs módszerrel	255
11.5.2. A levegő mikrobiális terheltségének mérése RCS Plus levegőminta-vevő eszközzel	255
11.6. Függelékek	256
11.6.1. Bibliográfia	256
11.6.2. Fogalomtár	257
11.6.3. Feladatlap	259
12. Természeti erőforrások hasznosításának és komplex bemutatásának lehetőségei a tatai Fényes-forrástavak példáján	261
12.1. Bevezetés	261
12.1.1. Adott természeti erőforrások bemutatásának szempontjai	262
12.2. Esettanulmány: terepbejárás a tatai Fényes-forrásoknál	264
12.3. Feladatok	274
12.4. Függelékek	275
12.4.1. Bibliográfia	275
12.4.2. Fogalomtár	276
13. Térképezés és műholdas helymeghatározás (Kovács Béla)	277
13.1. Bevezetés	277
13.2. Térképek	277
13.2.1. EOTR – EOVSzelvények	278
13.2.2. Gauss–Krüger- (GK) szelvények	279
13.2.3. UTM (Universal Transversal Mercator) szelvények	281
13.2.4. Egyéb térkép- és adatforrások	281
13.3. Helymeghatározás	283
13.4. Mértékegységek	284
13.5. Technikai háttér	285
13.6. GPS – hibaforrások	287
13.7. Jegyzőkönyvek	288
13.8. Függelékek	289
13.8.1. Bibliográfia	289
13.8.2. Fogalomtár	289

1. A TEREPI TEVÉKENYSÉGRŐL ÁLTALÁBAN (SZÉKELY BALÁZS)

A terepi kutatási tevékenység – bár elemeiben és bizonyos részleteiben hasonló – sokban különbözik a laboratóriumban végzett mérési, észlelési tevékenységtől. A terepen sok olyan körülmény, zavaró tényező, megoldandó feladat van, amely a laboratóriumban nem merül fel vagy gyakorlati problémát nem jelent.

Ez a különbség az oka annak, hogy egyrészt erről külön kell szólnunk, másrészt, hogy ezen, hallgatóként, terepgyakorlat formájában át kell esnünk. A terepgyakorlatot a gyakorlat vezetői igyekeznek olyanra formálni, hogy a hallgatók a tipikus terepi helyzetekkel, az ott felmerülő logisztikai és mérési problémákkal szembekerüljenek, és azokat sikeresen megoldva tapasztalatot nyerjenek a majdani önálló munkájuk során alkalmazandó eljárásokban.

A jelen fejezet célja, hogy általános ismereteket nyújtson a terepi megfigyelési, észlelési, mérési tevékenységekről. Szinte szakterülettől függetlenül alkalmazhatók az itt leírtak, de természetesen kiegészítendőek a szakspecifikus információkkal. Fontosnak tartjuk, hogy a terepgyakorlaton résztvevők mindegyike olvassa át és sajátítsa el az itt foglaltakat még akkor is, ha esetleg ezen anyag rész közvetlenül nem is kerül számonkérésre. Bizonyosak vagyunk benne, hogy mindenkinek hasznára válik, ha áttanulmányozza ezt a néhány oldalt: a terepi munkája biztosan egyszerűbb, biztonságosabb, sikeresebb lesz.

1.1. Miért különbözik a terepi kutatási tevékenység a laboratóriumitól?

A kérdésre lényegében két szóval felelhetünk: a tevékenység helye és körülményei miatt. A tevékenység helye azért említendő, mert a terepen csak azok az eszközök állnak rendelkezésre, amiket magunkkal viszünk, ezen eszközök segítségével kell minden felmerülő problémát megoldanunk. (Pl. általában nincs elektromos áram és folyóvíz, ami minden laborban adott lenne.)

A terepi körülmények pedig alapjaiban befolyásolják az egész terepi tevékenységünket, alapvetően háromféleképpen: magát a vizsgálandó jelenséget, a mérőberendezéseket és természetesen a mérést kivitelező személyeket.

A laboratóriumban a mérési, észlelési körülményeket igyekszünk stabilan tartani, pl. a laboratóriumokat fűtjük, illetve légkondicionáljuk, minimálisra csökkentjük a por, a szennyezőanyagok hatását, a műszereket, eszközöket pedig tiszta, kalibrált állapotban használjuk, és az egyes mérések után így is tároljuk őket a következő mérésig. Ezzel szemben a terepen a környezetre általában kevés hatással lehetünk. Az időjárás viszontagságai, a terepviszonyok (pl. sár) vagy a mérés helyszíne (pl. sziklapárhány vagy hideg vízű, gyors folyású patak) a mérést, megfigyelést vagy magukat a mérést végzőket is befolyásolják. Ez a hatás időnként

olyan mértékű is lehet, hogy a tervezett tevékenységet korlátozza vagy esetleg meg is hiúsítja (pl. igen nagy hideg vagy zivatar). Még ha nem is válik ténylegesen lehetetlenné a tevékenység, a terepen kényszerülhetünk olyan intézkedésekre – például a személyi biztonság vagy a műszerek megóvása érdekében –, amelyek nem tartoznak közvetlenül a feladatunkhoz, mégis szükségesek a mérés sikeréhez. Ilyen lehet például, hogy eső vagy tűz nap ellen sátrat vagy napernyőt viszünk magunkkal (kényszerűen növelve

ezáltal a szállítandó eszközmennyiséget). Talán mindenki ismeri az Eötvös Lorándról készült klasszikus képet, amint a gravitációs méréseit napernyő védelmében végzi. Ez nemcsak a kísérletezőt volt hivatott a nap hevétől védeni, de az érzékeny torziós ingát is óvta a közvetlen napfény melegítő hatásától.

A következőkben a fent említett befolyásoló hatásokat tekintjük át.

1.2. A terepi hatások befolyása a vizsgálandó jelenségre

A mérendő jelenség változhat a napszaknak, a megvilágításnak, a hőmérsékletnek, a légnyomásnak és még számos más hatásnak függvényében. Vannak esetek, amikor éppen ezt a hatást kívánjuk megismerni, megmérni, de a legtöbbször ez inkább zavaró, kiküszöbölendő tényezőként van jelen. Általános érvényű megállapításokat a jelenségek sokfélesége miatt nehéz tenni, ezért itt inkább csak néhány példát sorolunk fel.

Közismert, hogy a napi ritmus befolyásolja a legtöbb élő szervezet működését, ezért sokszor nem mindegy, hogy egy növénymintát mikor gyűjtünk be vagy valamely állat viselkedését mely napszakban, évszakban vizsgáljuk. Az állatokra a légköri elektromosság (pl. készülő vihar) is hathat. A földmágneses tér állandóan változik, több hatás eredőjeként, a legismertebb az ún. [nyugodt napi variáció](#), amely a mágneses viharoktól mentes napi változást írja le. A mérhető gravitációs anomáliát az [árapály](#) hatása befolyásolja, amit korrekcióba kell vegyünk. A geoelektromos jelenségeket a talajban folyó áramok, fennálló potenciálkülönbségek módosíthatják, melyeket méréstechnikai fogásokkal igyekszünk elmentélezni. A GPS-szel (Global Positioning System) történő helymeghatározás pontosságát a légköri jelterjedés befolyásolja. Bizonyos geomorfológiai jelenségeket sűrű fényben, alacsony napállásznál könnyebb észrevenni.

A felsorolt néhány példa talán illusztrálja a lehetséges hatások sokféleségét. Az egyes konkrét terepi vizsgálatok leírása tartalmazza a környezeti hatások befolyásoló jellegére vonatkozó további megállapításokat.

1.3. A terepi hatások befolyása a műszerekre

Ahogy már említettük, a terepi viszonyok hatnak magukra a műszerekre is. E befolyás és néhány másik hatás eredőjét összefoglalóan [műszerjárás](#)-nak nevezzük. A műszerjárás a műszereink állapotában bekövetkező, a kísérletet végző által általában nem vagy alig befolyásolható, lassú változás, mely a mérési eredményeinkben jelentkezik vagy jelentkezhet. A jelenséget hosszú távon a műszernek az öregedése, kopása, elhasználódása okozza; míg a rövidtávú hatásokat legtöbbször környezeti tényezőkre vezethetjük vissza: a hőmérséklet, esetleg a légnyomás változása, sőt más hatótényező (pl. árapály) is szerepet játszhat.

A hatás jellege miatt ide sorolhatjuk a telepek, akkumulátorok lassú kimerülése által okozott változásokat is.

A műszerjárás különféle formában jelentkezhet. A legtipikusabb jelenségek: a műszer kalibrációjának elcsúszása, az érzékenység megváltozása, az elektronikus vagy a mérési zaj szintjének megemelkedése, a méréshez szükséges idő megnövekedése.

Mivel a műszerjárásra általában nincs hatásunk, a mérési eljárásban kell olyan technikákat alkalmazni, amelyek a műszerjávást kompenzálják vagy korrekciós lehetőséget biztosítanak, de legalábbis módot adnak arra, hogy észleljük a műszerjárásból eredő hatások jelenlétét. A legtipikusabb ilyen mérés-technikai eljárások közé sorolhatjuk az ismert pont-ra, objektumra való megismételt visszamérést (ún. [bázismérés](#)), a rendszeresen ismételt

[kalibrációt](#), a telepek cseréjét megelőző és azt követő tesztmérést, rendszeres üres (**blank**) mérést vagy a zajmérést. A legtöbb mérőműszerhez mellékelnek pontos mérési utasítást, amely tartalmazza, hogy milyen sűrűn milyen ellenőrző, korrekciós, illetve kalibrációs méréseket kell végezni. Bizonyos műszereknél előírás, hogy a gyártó vagy a szakszerviz végezze el ezeket a méréseket, beállításokat, kalibrációt. Az ilyen méréseket, ha magunk végezzük, mindig a mérési utasítás által meghatározott módon és gyakorisággal kell végrehajtanunk, mivel előfordulhat, hogy máskülönb az értékes mérési anyagunk kiértékelhetlenné vagy elfogadhatatlanul zajossá válik.

1.4. A terepi hatások befolyása a megfigyeléseket végzőkre

Ahogy a fentiekben is általában, e tekintetben is a legkézenfekvőbb hatás az időjárás. Két értelemben is figyelembe kell vevyük: egyrészt a terepi napi tevékenységre gyakorolt integrált hatást, másrészt a hirtelen változásokból adódó átmeneti hatásokat.

A mérsékelt övben, a Kárpát-medencében a legtöbbünknek, akik a tanulmányaikban idáig eljutnak, van már bizonyos tapasztalatuk a szabadban való tartózkodás során az időjárás néhány órával való előrejelzéséről, megsejtéséről, ezért talán feleslegesnek tűnhet az időjárás hatásának kiemelése. Érdemes azonban felhívni arra a figyelmet, hogy egyrészt munkánk távoli tájakra is elvezethet, ahol az addigi időjárás tapasztalataink csődöt mondhatnak, másrészt kialakulhat extrém időjárás helyzet is, amit megszokott (pl. lakó-) környezetünkben talán könnyen megoldanánk, de terepi viszonyok közepette veszélyezteteti a személy- és vagyónbiztonságot.

Az időjáráson túlmenően van néhány olyan hatás is, amely szintén a munka hatékonyságát csökkentheti. Ezek legtöbbször közismertek, ugyanakkor nem feltétlenül jut eszünkbe az ezekre való felkészülés, ezért itt összefoglaljuk a hazánkban előforduló legfontosabb hatásokat. Más tájakon ettől eltérő, komolyabb veszélyforrásokkal is számolnunk kellhet, ezért mindig vegyük igénybe helyi szakemberek segítségét.

Helyhez kevésbé köthető a rovarrajzás: a szúnyog-, méh-, darázs-, bögölyrajzás, de még a nagy tömegű muslicarajzás is igen zavaró, sőt veszélyes lehet. Egyes területeken (pl. Bakony) a kullancsok jelentős százaléka agyhártyagyulladásal való fertőződés veszélyét hordozza. A terep egyes részein csalán, bojtorján, vadrózsa, kökény, szeder, akác vagy más szúrós, tüskés, tövises vagy sűrűn növény tenyészhet akár nagy kiterjedésben is, ami igen megnehezítheti a terepen való haladást, illetve egyes mérési pontok elérését, esetleg fájdalmas sérüléseket okozhat.

Egyre többen szenvednek allergiás tünetektől; előfordul, hogy az illető a meglévő allergiájáról városi környezetben szinte nem is tud, csak az allergén növény tömegével való terepi találkozáskor jönnek elő – az akár orvosi beavatkozást is igénylő – tünetek. Rovarcsípés is okozhat akár súlyos allergiás tüneteket, de a leggyakoribb az utóbbi időben nagy médiapublicitást kapott parlagfű-allergia, és komoly allergén faktor a kevesebbet emlegetett fekete üröm is. A nagyüzemi mezőgazdasági művelés következtében ezen növények tömeges előfordulására nemcsak vagy nem elsősorban az elhanyagolt területeken kell számítanunk, hanem sokkal inkább a gyomirtóval kezelt kukorica-, napraforgótáblákban, illetve ezek mezsgyesávjaiban, de gyakori, hogy a parlagfű a korai aratású növények tábláiban is megjelenik július-augusztustól, sokszor nagy mennyiségben.

1.5. A személyi és vagyonbiztonság a terepen

A fentiekben láttuk, hogy számos olyan hatás ér vagy érhet minket a terepen, amit akár veszélyforrásként is tekintetbe kell vennünk. Fontos, hogy terepi tevékenységünk biztonságos legyen az azt végzők számára és természetesen eszközeink se károsodjanak, továbbá a zavaró hatások ellenére minden a lehető legeredményesebben, legtervszerűbben történjen. Ennek érdekében szükséges bizonyos biztonsági rendszabályok szigorú betartása. A továbbiakban ezekről lesz szó.

A személyi biztonsággal a munkavédelmi előírások foglalkoznak. A munkavédelem célja a balesetek megelőzése, a veszélyforrások feltárása és hatásaik csökkentése, a munkaképesség fenntartásának elősegítése, és általában minden káros hatás minimalizálása. Ezt az alábbi négy egyszerű szabályként is megfogalmazhatjuk:

- Vigyázz magadra!
- Vigyázz másokra!
- Vigyázz a műszerre, eszközre!
- Vigyázz a környezetre!

A fenti felsorolási sorrend lényegében fontossági sorrend is.

A terepi tevékenységünk biztonságát sok más módszer és óvintézkedés mellett legegyszerűbben azzal fokozhatjuk, ha – lehetőség szerint – nem végzünk egyedül terepi munkát. Probléma esetén a társunk mindig segítségünkre siethet, illetve segítséget hívhat szorult helyzetünkben. Természetesen ez fordítva is igaz: a saját kötelességünk is a terepen segítséget nyújtani társainknak.

A terepi tartózkodással kapcsolatban már említettük a meteorológiai élettani hatásokat. A napsütés, eső, hó, zivatar, illetve hideg által okozott veszélyekre néhány nagyon kézenfekvő, kiragadott példát említünk:

- Tűző napon az arra érzékenyek rosszul lehetnek, kábultság, szédülés, napszúrás léphet fel, ezért megfelelő fejfedőt mindig vigyünk magunkkal. Még gyakoribb veszély a leégés, mely ellen ma már magas fényvédő faktorú napkrémekkel védekezhetünk. Napos, meleg időben emellett fokozódik a kiszáradás veszélye, ezért mindig legyen nálunk megfelelő mennyiségű ivóvíz (részletesen ld. a terepi felszerelésről szóló részben).

- Csapadékos időben az elázás is veszélyforrás lehet, ha nincs módunk az átázott ruháinkat idejében szárazra váltani. Jó tanácsként elmondható, hogy kabát, dzseki mindig, a legnagyobb hőségben is legyen nálunk, amivel nemcsak az elázást lehet megakadályozni,

de sokszor még fontosabb, hogy az áthülést is. Amíg nem jutunk fedett, száraz helyre, esőben és az általában ehhez társuló szélben még az átázott kabát is jelent valamelyes hőszigetelő hatást.

– Zivatarban nem hanyagolható el a villámcsapás veszélye. Ha elkerülhető, zivatarban ne tartózkodjunk szabad ég alatt, de ha a vihar meglep minket, ne álljunk magányos fa, távvezeték, tartóoszlop, mobiltelefon-torony alá, nyílt területen pedig inkább feküdjünk a földre. A jégverés személyi sérülést okozhat (és persze kárt tehet a felszerelésben is), ezért erre az – általában rövid – időre keressünk fedezéket.

– Hóban, nagy hidegben a méréseket végzők végtagjai, ujjai, orra, füle fagyásveszélynek van kitéve. Ez igen fontos veszélyforrás, ezért igen nagy hidegben inkább fűgesszük fel a tevékenységünket és gondoskodjunk a tagjaink átmelegítéséről. Ha nincs annyira hideg, az ujjak akkor is hamar elgémberednek, a műszereket, mérőeszközöket ilyen állapotban nem könnyű kezelni. (Megfelelő kesztyű viselete segíthet.) A személyekre való hatáshoz járul, hogy a telepek, akkumulátorok teljesítménye csökken. Ez befolyásolhatja a mért értékeket, sőt az is előfordulhat, hogy nem adnak le elég teljesítményt ahhoz, hogy egyáltalán mérni tudjunk. Összességében a napi mérési teljesítmény esetleg csak töredéke lesz a normális körülményekkel jellemezhető napokénak.

Az egyéb terepi hatások közül a rovarcsípésről már esett szó. Fontos veszélyforrás az állatmarás is: a kutyaharapás, ritkábban kígyómarás mellett a kicsinyeit védő vaddisznó jelenthet veszélyt. Magasabb hegységben medve vagy farkas támadása sem kizárt, ha ilyen helyen vagyunk, mindig kérjük előbb helyiek tanácsát a követendő magatartás tekintetében.

1.6. A terepi tevékenység tervezése

A terepi tevékenységünket, ha lehet, még gondosabban kell megterveznünk, mint az egyéb mérési, megfigyelési munkánkat. Ezt a nagyobb gondosságot, illetve részletesebb előkészítést indokolja egyrészt az, hogy az egész tevékenység logisztikáját is meg kell szervezni, másrészt az, hogy a terepen nagyobb szerepet játszik a kifáradás, fásultság, az eszközeink nem megfelelő volta, hiánya vagy meghibásodása. Itt terveznünk kell a helyszínre való el- és visszajutást, az – esetleg komoly súlyt képviselő – mérőeszközöknek a mérési pontokhoz való szállítását (pl. hegytetőre, átázott szántóföldre stb.). Biztosítanunk kell a méréshez szükséges anyagok, fogyóeszközök helyszíni utánpótlását, a begyűjtött minták csomagolását, szállítását, megfelelő tárolását, esetleg őrzését, és mindezt meg kell óvni az időjárás hatásaitól. Eközben figyelniük kell arra, hogy a környezetünket ne vagy csak minimális mértékben rongáljuk, szennyezzük, károsítsuk. Számolnunk kell azzal is, hogy a tevékenységhez szükséges fényviszonyok a megfelelő évszakban, napszakban adottak-e, vagy mesterséges megvilágításról külön kell gondoskodnunk. A mérések, észlelések helyszínének megközelítését meg kell terveznünk, és sok esetben rendszeresen vagy akár folyamatosan rögzítenünk kell a pozíciónkat, melynek meghatározásához megfelelő eszközökre előre gondolnunk kell.

1.7. A terepi észlelési adatok értéke

Talán nem nyilvánvaló, de kis utánagondolással beláthatjuk: az egész terepi tevékenység eredménye, mindaz az erőfeszítés, amit azért teszünk, hogy egy jelenségről a terepen adatokat gyűjtsünk, végül a [terepi jegyzőkönyv](#)-ben leírtakban és mérési adatokban testesül meg. Legyen akár valamely számszerű, grafikus vagy szöveges adat, az egész tevékenység ennek a szakszerű begyűjtését célozza. A fel- vagy elhasznált erőforrások, a ráfordított idő, a leküzdött nehézségek tulajdonképpen ezen adatok formájában léteznek majd tovább, ezért rendkívül fontos, hogy a befektetett munka hosszú távon a lehető legjobban hasznosuljon, de különösen, hogy mindez ne vesszen kárba azáltal, hogy az adathordozó (pl. jegyzőkönyv, számítógépes állomány) megsemmisül vagy olvashatatlanná válik. A leggyakrabban az adott jelenség jellege miatt sem ismételtető meg a mérés az adott körülmények között, de még ha ez működne is, ennek a költségeit és az ehhez szükséges időt újra a tevékenységre kellene fordítani.

Gyakori hiba, hogy a terepi tevékenység végzésére nagy erőket mozgósítunk, lelkiismeretesen elvégezzük a kitűzött feladatokat, viszont a terepi fázis lezárultával már senki nem törődik a begyűjtött adatok megfelelő megőrzésével vagy az olvashatóságának, értelmezhetőségének fenntartásával. Az sem ritka, hogy a terepen nem fordítunk kellő gondot a jegyzőkönyvezésre. A leírtak önmagukban nem mindig értelmezhetők később, mivel a helyszínen egyértelműnek gondolt megjegyzéseket rögzítettünk, amelyek jelentését később magunk (és különösen mások, akik munkánkat használni kívánják) nem tudjuk rekonstruálni.

Ennek elkerülése végett fontos bizonyos rendszabályokat betartani. Mivel az észleléseink gyakran többféle adatból tevődnek össze (pl. a műszerben tárolt, később számítógépre töltött adatok, a jegyzőkönyv, térképi rajzok, digitális vagy analóg fényképek, terepi víz-, kőzet- vagy talajminták, ásvány- vagy növény példányok, ősmaradványok stb.), melyek együttese képezi az eredményt, az egyes elemekre együttesen vonatkozik a megőrzésre vonatkozó előírás. A terepi fázis végeztével a mintákat, a begyűjtött példányokat gyakran más-más laboratóriumok dolgozzák fel. Fontos, hogy ezt is nyomon tudjuk követni, a mintaszámok alapján egyértelműen azonosítani tudjuk majd az eredményeket, hiszen máskülönben a munkánk (és a vizsgálatot végzők munkája is) hiábavalóvá válik.

1.8. Elkerülendő típushibák

Vannak olyan körülmények, helyzetek, amelyek rendszeresen előforduló típushibákhoz vezetnek. Ha ezen helyzetekről ismeretekkel rendelkezünk, külön figyelmet fordíthatunk az ebből eredő potenciális hibák elkerülésére. Az alábbiakban – a teljesség igénye nélkül – néhány példát említünk. Az elhárításuk, bekövetkezésük esetén gyakran igen nehéz, esetleg lehetetlen, ezért igen fontos, hogy kerüljük el őket.

- A műszer akkumulátora nincs feltöltve, a GPS-készülékhez, digitális kamerához nincs tartalékelem vagy feltöltött akkumulátor. Ez többnapos mérésnél még tipikusabb: az első napon vagy napokon minden rendben volt, de este elfelejtjük feltölteni a telepeket, vagy feltesszük őket tölteni, de épp ezért a bázison maradnak.

- Nincs jegyzőkönyvezésre alkalmas füzetünk, adatlapunk vagy papírunk, illetve a megfelelő íróeszköz hiányzik, a toll nem fog.
- A mérőműszerben, digitális kamerában az előző mérésekből származó, még le nem mentett, másolatban nem létező adatok, képek vannak, a terepen a mentés nem oldható meg, és a műszer vagy a kamera memóriája megtelik.
- A terepi jegyzőkönyv elvész vagy olvashatatlaná válik (pl. záporosó, sár miatt, esetleg megég vagy patakba esik és elmázolódik).
- A zseblámpáink (pl. elem lemerülése, az izzó kiégése vagy zárlat miatt) felmondják a szolgálatot.
- A műszer egyes fontos elemeit elfelejtettük a dobozába visszarakni, ezért most valamely rögzítőelem, kábel, állványcsavar stb. hiányzik. (Szerencsés esetben legalább tudjuk, hogy hol keressük.)

Mint jeleztük, ezek csak a gyakorlatban sokszor előforduló példák, de más módon is előállhat nehezen megoldható helyzet. A munka tervezésének fázisában sokat tehetünk azért, hogy elkerülhessük kialakulásukat. Az indulás előtt vagy a mérés elkezdése előtt érdemes lehet egy-egy – korábban átgondoltan kialakított – ellenőrzési sort (angolul [check list](#)) végigvenni, hogy ellenőrizzük, minden rendben van-e. Ugyanígy a terepről visszainduláskor is végezhetünk lista alapján ellenőrzést, hogy minden eszközt (pl. mérőszalag, elektróda, szerszámok) a terepről beszedtünk, a műszereket szállításra alkalmas állapotba kapcsoltuk stb. Még hatékonyabb, ha az ellenőrzést ketten végzik, egyúttal egymást is ellenőrizve, így a fáradtságból, fásultságból vagy a romló látási viszonyokból (szürkület, köd) eredő hibákat is könnyebb kiszűrni.

1.9. A terepi felszerelés

A terepi felszerelésünket egyrészt természetesen a kivitelezendő terepi tevékenység határozza meg, másrészt annak is van szerepe, hogy a terep vizsgálandó részét milyen módon (pl. gépjárművel, gyalogosan) érjük el. Ugyanakkor bizonyos eszközök, célszerű, ha mindig nálunk vannak. Ezek közül a legfontosabbak: (eső)kabát, zseblámpa, tájoló (iránytű) vagy kompasz, bicska, konzervnyitó, kanál, kulacs (vagy masszív műanyag palack) ivóvízzel, (feltűnő színű) műanyag szigetelőszalag, zsineg, kisméretű egészségügyi csomag (sebtapasz, nagyobb sebek ellátására alkalmas géz, ragasztószalag, fájdalomcsillapító, hasmenés elleni szer, kisolló), gyufa nejlonzacskóban, biztosítótű, papírzsébkendő, WC-papír. Célszerű varráshoz szükséges eszközöket (tű, cérna, tartalékgomb, esetleg gyűszű) is magunkkal vinni, mert ruházatunk a terepi viszonyok között könnyebben károsodhat. Szűnyog- és kullancsriasztó krém vagy spray nagyon hasznos lehet. Már tavasztól vigyünk magunkkal magas fényvédő faktorú napkrémet, naptejet, akinek szükséges, terepálló nap szemüveget. Napkrém használata esetén is fontos, hogy még nyáron, nagy melegben is hordjunk vékony, de igénybevételt jól tűró anyagból készült hosszú ujjú felsőruházatot és hosszúnadrágot, ez megóvja végtagjainkat a leégéstől, részben a rovarcsípéstől és a növények (csalán, tüskés bozót) legtöbb kellemetlen hatásától.

A felszerelésünket olyan hordtáskában vagy hátizsákban helyezük el, amit könnyen tudunk vinni úgy, hogy kezünk szabad maradjon, továbbá az egyes eszközöket könnyen el tudjuk érni. (Tehát pl. ne kelljen kipakolni a táska tartalmát ahhoz, hogy kivegyünk belőle egy rendszeresen használt eszközt alulról.) Bizonyos eszközöket (geológuskalapács, kompasz, [GPS-vevő](#), adó-vevő) megfelelő tartóval övünkre is fűzhetünk.

A tervezett terepi időtartamnál hosszabb időre vigyünk magunkkal élelmet és legfőképpen vizet. Az ivóvíz a terepen sokkal jobban oltja a szomjat, mint az üdítőitalok, és szükség esetén használható sebtisztításra, kézmosásra. A napi vízmennyiségre 4–6 litert számítsunk személyenként. Ez a vízmennyiség minden időjárási körülmény és terepi környezet esetén elegendő, ennél kisebb mennyiséget viszont csak akkor tervezhetünk, ha a tevékenységünk helyszíne közelében akár gyalogosan is elérhető bázis vagy ellátóhely van. Napi 3-4 liter/fő mennyiséget ekkor is terveznünk kell a folyamatos napi munkavégzés biztosítására. Fontos, hogy ennek legalább egy részét (1-2 litert) még akkor is magunknál tartsunk (pl. hátizsákban), ha egyébként gépjárművel utazva kannában viszünk vizet több személynek együtt. Az élelem lehetőleg könnyen kezelhető, közvetlenül fogyasztható legyen. Biztonsági okból kisebb, közvetlen fogyasztásra alkalmas ételkonzervet akkor is érdemes magunkkal vinni, ha nem tervezzük elfogyasztását.

Gyakran hasznos, ha 1-2 km hatótávolságú, nem engedélyköteles adó-vevő pár (ún. walkie-talkie) is rendelkezésünkre áll. Fordítsunk gondot a telepek állapotára, illetve arra, hogy a csatornakiosztást és a legfontosabb használati ismereteket a terepi csoport minden tagja készség szinten megismerje. Adott esetben a készülék és a kezelési ismeretek életet menthetnek! Ugyanez igaz a mobiltelefonra is: manapság már eléggé elterjedt, segítségkérésre, illetve a többi terepi csoporttal való kapcsolattartásban is fontos lehet, de ne számítsunk arra, hogy mindig lesz a használatához megfelelő térerő (pl. szurdokban).

A tapasztalat azt mutatja, hogy még akkor is érdemes magunkkal vinni néhány mintazacskót, ha alapvetően nem mintavételi célú a terepi tartózkodásunk. Ha kifejezetten mintagyűjtési céllal tevékenykedünk, mindig vigyünk magunkkal másfélszer-kétszer annyi mintatartót, gyűjtőzacskót, mint amennyi a várható napi mintaszám. Ne felejtünk el magunkkal vinni olyan írószert (vastag filctoll, speciális marker stb.) amivel egyrészt a mintazacskót feliratozhatjuk, másrészt (pl. közetpéldányoknál) magát a mintát is. A mintagyűjtésnél ne feledkezzünk el arról, hogy valamiben szállítanunk kell majd a begyűjtött mintákat is, ami adott esetben nagy térfogatot, közet- és vízminták esetén nagy súlyt is jelent, ezért vigyünk magunkkal tartalék hordtáskát vagy nagyobb terhelést is elviselő vastag műanyagszatyrot. Az utóbbit nem túl kényelmes hosszabb távon kézben hordozni, ez akkor ajánlható, ha a mintákat várhatóan rövidtávú kézi szállítás után pl. gépjárműben tudjuk továbbszállítani.

1.10. A terepi ruházat

A terepen a ruházatunk (is) komolyabb igénybevételnek van kitéve, mint a köznapi polgári életben. A kivitelezendő tevékenység miatt nem fordíthatunk arra kellő gondot, hogy a ruházatunkat eközben óvjuk, ezért fontos, hogy a ruházatunk jól tűrje az igénybevételt, illetve az esetleges sérülés, szakadás esetén könnyen javítható vagy pótolható legyen. Fontos, hogy a ruházat valóban megvédje a testünket a környezet hatásaitól, tehát pl. télen a többréteges ruha, sapka, sál, terepi kesztyű elengedhetetlen. A terepen való haladás közben az ágak, a bozót sérüléseket okozhatnak, jó, ha a ruhánk ettől legalább részben megvéd. Sok esetben felmerül a különféle (pl. UV-szűrős vagy a repülő szilánkok hatását kiküszöbölő) védőszemüvegek iránti igény is. Bizonyos tevékenységek különleges ruházatot kívánhatnak meg, így például a mágneses geofizikai méréseknél mágnesmentes ruha szükséges, amelynek biztosítása gyakran nehézkes, főleg a megfelelő lábbeli tekintetében. Lábbeliként (pl. hosszabb gyaloglást igénylő munkánál) a lábat, bokát jól tartó, sok esetben ütés

től védő, kényelmes (túra)bakancs tesz jó szolgálatot. Ha vizes, sáros környezetben dolgozunk, a gumicsizmának jó hasznát vehetjük.

Praktikus, ha a ruházatunk megfelelő méretű és számú zsebbel is el van látva, hiszen az egyes kisebb, de állandóan használatban lévő eszközöket, de akár a jegyzőkönyvet is itt tárolhatjuk két használat között úgy, hogy mindig a kezünk ügyében legyenek. Újabban elterjedtek a sokzsebes (ún. cargo) nadrágok és mellények, ezeknek jó hasznát vehetjük, ha megfelelően erős, ugyanakkor kellemes viseletet nyújtó anyagból készültek. Mindig győződjünk meg arról, hogy a zsebek jól zárnak, nem lyukasak-e, hiszen valamely eszköznek, alkatrésznek az ebből eredő elvesztése meghiúsíthatja a munkánkat, a pótlás anyagi terheiről nem is beszélve. Az elveszett eszköz megtalálásának esélye általában csekély és a keresés is túlzott emberi erőforrást köt le.

1.11. A jegyzőkönyv

A jegyzőkönyvünk az egyik legfontosabb dokumentum, ami a terepi tevékenység lefolyását, eredményét, körülményeit rögzíti. A jegyzőkönyvnek olyannak kell lennie, hogy annak elolvasása alapján a vizsgálat, mérés más személy által is ismételtelen elvégezhető legyen, feltéve, hogy az egyéb körülmények adottak. A rutinos terepi kutatók sok esetben évek vagy évtizedek múltán is vissza-visszanyúlnak a terepi jegyzőkönyvekhez bizonyos adatok, körülmények felelevenítésére. Terepi jegyzőkönyvet soha ne dobjunk ki, ne selejtezünk le!

A jegyzőkönyvnek magának is olyannak kell lenni, hogy bírja a terepi viszonyokat, és hogy hosszú távon tárolható, olvasható maradjon. Nem jó, ha könnyen átnedvesedő, nedvszívó papírból van, de az sem, ha nehezen vagy csak speciális írószerezrel tudunk rá írni (pl. műanyag). Ha a méréshez, megfigyeléshez rendszeresítve van valamely előnyomott adatlap, jegyzőkönyv, akkor is vigyünk magunkkal saját jegyzőkönyvünket, mert abban tetszőleges formátumban rögzíthetjük olyan megfigyeléseinket is, amelyeknek a formanyomtatványban esetleg nincs megfelelő hely. Gyakori az is, hogy a méréshez használt nyomtatványokat tovább kell adjuk a méréseket feldolgozóknak, a saját jegyzőkönyvünk viszont hosszú távon nálunk marad.

Praktikus, ha a jegyzőkönyvünknek keményfedelű, stabilan kötött vagy fűzött, kisebb méretű (pl. A5-ös) füzetet választunk. A kemény fedél a terepen való írásban fog segíteni, ahol nincs lehetőség a füzetet írás közben asztalra vagy más felületre helyezni. A stabil kötés azért fontos, mert nem szabad, hogy a füzetünk az igénybevétel hatására szétessen, a szél esetleg lapokat szakítson ki belőle. (Általában kerüljük a lapok kitépését, erre a célja vigyünk magunkkal külön papírköteget, amit pl. a mintazacskókba fogunk jelzetként elhelyezni.) Jó, ha a jegyzőkönyvként szolgáló füzet kívülről legalább részben víz-, illetve cseppálló: hirtelen kerekedő esőben gyorsan becsukva a jegyzőkönyvünket, annyi ideig bírni fogja az esőcseppeket, míg el tudjuk vízhatlan helyre rakni. Ugyanezen okból fontos, hogy kisebb méretű legyen: a kis méret lehetővé teszi, hogy nagyobb ruhazsebbe vagy a hátizsák zsebébe gyorsan elrakjuk, és onnan ismét gyorsan elővehető lesz. A nagyobb méretű füzetek esetén ez sokkal nehezkesebb.

1.12. A jegyzőkönyv vezetése

Nem lehet eléggé hangsúlyozni, hogy jegyzőkönyvünk az egyik legfontosabb dokumentumunk, mely terepi eredményeinket rögzíti, ezért a jegyzőkönyv pontos, olvasható, utólag is érthető vezetése elemi érdekünk. A terepen (pl. hőség, nagy hideg, erős szél vagy fásultság miatt) hajlamosak vagyunk sommás, rövidített bejegyzéseket tenni, melyek utólag félreértésekhez vezethetnek. Ezek elkerülésére álljon itt néhány tanács a jegyzőkönyv vezetésére vonatkozóan.

A jegyzőkönyvünk természetesen a saját megfigyeléseink, gondolataink lenyomata, s mint ilyen, magától értetődően egyéni, mind kialakításában, mind tartalmában. Ugyanakkor bizonyos elveket, szabályokat érdemes mindig betartani. Később meg fogjuk köszönni magunknak a jegyzőkönyvezésre fordított fegyelmezettséget.

A jegyzőkönyv vezetésének két iránya van: az egyiknél folyamatosan, a bejegyzés tartalmától függetlenül, minden oldalra írunk, a másiknál a terepi megfigyeléseket csak a jobb oldalra írjuk, a bal oldalra pedig a megjegyzéseink, gondolataink, a terepi észlelések interpretációja, illetve a későbbiek során a minták mérési eredményei kerülnek.

Mindkét stílusnak megvannak a maga előnyei és hátrányai. Az egyik oldalra való írás nagyon áttekinthetővé teszi a jegyzőkönyvet: gyors átlapozással pillanatok alatt megtalálhatunk benne mindent, és utólagos (a bal oldalra kerülő) megjegyzéseinkkel bármikor, utólag is frissíthetjük az anyagot. (Minden utólagos bejegyzést dátummal látunk el.) Az egyoldalas módszer hátránya, hogy közel kétszerannyi helyet igényel (interpretációink, megjegyzéseink a terepen általában ritkábbak). Ez akkor lehet zavaró, ha hosszabb terepi tartózkodás miatt a terepi jegyzőkönyveinket magunkkal kell vinni, ami az egyéb felszerelés mellett súlytöbbletet jelent. Van olyan is, akit zavar, ha sok üres helyet kell hagynia. Itt is igaz, hogy melyik módszert alkalmazzuk, és ezen belül is hogyan alakítjuk ki a formátumot, az teljesen egyéni. A lényeg a következetes alkalmazás és a hosszú távú értelmezhetőség.

A jegyzőkönyvünket a terepi nap megkezdésekor fejléccel indítjuk. Minden terepi napot új oldalra, jobb oldalon kezdünk. Jobb oldalt felülre kerül a dátum (év, hó, nap). Érdemes középre írni a terepi tevékenység címét, pl. „Régészeti célú terepbejárás”, „Vízmintagyűjtés”, „Geoelektromos mérés”, „Madármegfigyelés” stb. Írjuk fel azt is, ha a terepmunka valamilyen projekt része.

A lap bal oldalára kerül azok névsora, akik a terepi tevékenységben részt vesznek. Erre azért van szükség, mert később, ha a terepi adatokkal probléma merül fel vagy további egyeztetésre van szükség, tudni fogjuk, hogy kik voltak ott a helyszínen. A résztvevők jegyzőkönyve mindig kissé eltér egymástól és mások olyan jelenségeket is feljegyezhetnek, amit mi magunk kihagytunk vagy nem tartottunk jegyzőkönyvezésre érdemesnek.

A fejlécebe jönnek még azok az információk is, amelyek az egész terepi napra várhatóan érvényesek lesznek. Példák: a használt műszer típusa, alapbeállításai, a mintavevő jellege, mérete, a térképszelvény azonosítója, automatikusan rögzítő mérőberendezésnél a rögzítésre megnyitott állomány neve stb. Ide kerülhetnek adminisztratív információk is: a tevékenységre vonatkozó engedélyek azonosítói, telefonszámok, a polgármesteri hivatal kapcsolattartója stb. A fejlécebe tartozik a terepi körülmények általános leírása, pl. az időjárás („borongós, hideg idő, köd”), a talajviszonyok („sár”), az általános terepviszonyok („szántó”, „nehezen járható cserjés”).

A terepi rutinunk kialakulása során bizonyos rövidítéseket, szimbólumokat fogunk használni. Ez természetes és könnyíti, gyorsítja a munkánkat. Arra viszont ügyeljünk, hogy az ilyen típusú rövidítések a jegyzőkönyv valamely részén feloldásra kerüljenek a magunk, esetleg mások számára. Most hihetetlennek tűnik, de lehet, hogy néhány év múlva a ma mégoly természetesnek tűnő saját jelöléseink sem maradnak mindig egyértelműek.

A jegyzőkönyvet a terepi tevékenység sajátosságainak megfelelően szakspecifikusan vezetjük, erre általános szabályokat nehéz adni. Annyit az általánosság megszorítása nélkül mindenképpen érdemes megemlíteni, hogy az elkészített felvételek azonosítóját, a mérési jegyzőkönyvlapok számát, a vett minták elnevezését, hozzávetőleges főbb tulajdonságait (milyen növényről, ősmaradványról, kőzetről, ásványról stb. van szó) és természetesen a minta számát, azonosítóját mindig írjuk fel. (Az 1.12.1. ábra egy régészeti lelet megírt mintazacskóját mutatja közvetlenül a lelet megtalálásának helyén.)



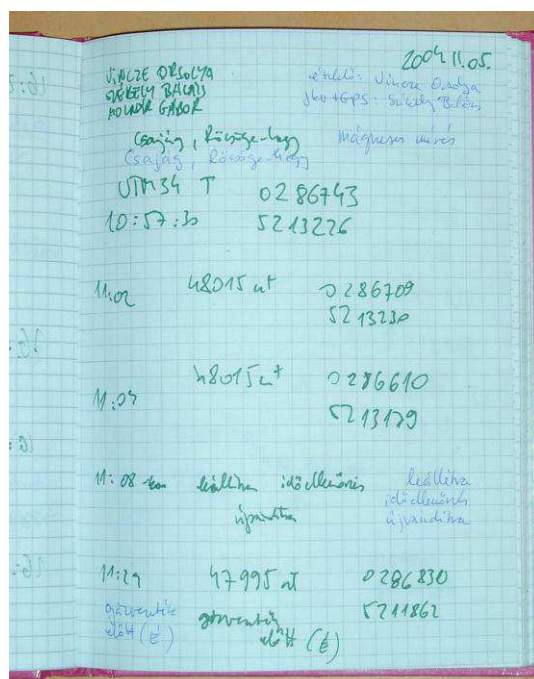
1.12.1. ábra: Terepi mintagyűjtő zacskó feliratozása (helyszín és dátum) és fénykép dokumentációja (a skála ezért van a minta mellé helyezve). A mintazacskó számát vagy azonosító jelzetet is kap, ha több mintazacskónk is lesz a területről

A mintavételnél azt is jegyezzük fel, hogy a mintát pontosan milyen (esetleg több különböző) célból vettük, milyen méréseket, elemzéseket, vizsgálatokat kívánunk rajta végezni. Ne felejtsük el, hogy ami a terepen megfigyelésként nyilvánvaló volt, az a minták száradása, elszíneződése, oxidálódása, megváltozása miatt már nem feltétlenül lesz nyilvánvaló a laborban, ezért nem biztos, hogy magától értetődő marad a mintavétel célja. Nagyban segíti majd saját és mások munkáját, ha a minták számozásában, jelölésében egy jól átgondolt rendszert alkalmazunk. Mint általában, kerüljük az *ad hoc* megoldásokat, és az elnevezésnél arra is legyünk tekintettel, hogy a későbbi vizsgálatok miatt a mintanevekből gyakran számítógépes állománynév is lesz, amiben nem használhatunk tetszőleges karaktereket (pl. a törtvonal használata nem túl szerencsés). Hamar rá fogunk jönni, hogy a „Zsolt-1”, „Zsolt-2” stb. elnevezés nem túlzottan sokatmondó, ráadásul a következő terepi mintázásnál esélyes, hogy ugyanezeket a neveket adjuk ismét, ami komoly félreértésekhez vezethet.

1.13. Jegyzőkönyvi példák

1.13.1. Első példa: mágneses mérés

Első példánkon (1.13.1. ábra) egy terepi geomágneses mérés jegyzőkönyve látható. Ennek a példának az értelmezéséhez tudni kell, hogy a mérés úgy zajlott, hogy egy automatikusan regisztráló mágneses mérőműszer, ún. **magnetométer** és egy vele együtt haladó GPS (helymeghatározó) együttesével mértünk, de az adatokat a két műszer külön-külön rögzítette, melyet a mérés után számítógépbe áttöltöttünk. A jegyzőkönyv itt a két mérés szinkronitását hivatott biztosítani. Mindkét műszer rögzíti a mérés idejét is, de ez a két idő nem feltétlenül van jól egymáshoz igazítva, erről a mérés kezdetén meg kell győződnünk, és szükség esetén a magnetométerben a mérés előtt az időt be kell állítani. Előfordul, hogy az idő beállítását az észlelők elmulasztják vagy olyan zónaidőt állítanak be, amit később a GPS által szolgáltatott időhöz nehéz illeszteni. Ezen esetleges problémák kiküszöbölésére készül a jegyzőkönyv: itt az adott időpontokra mindkét adat meg van adva, így a két állomány szinkronizálható.



1.13.1. ábra: Terepi jegyzőkönyv (totális mágneses mérés) fedőlapja utólagos kiegészítésekkel (más színnel jelölve). A fejlécben a résztvevők (utólag beírva a szerepük), a helyszín és a kezdő UTM-koordináták vannak feltüntetve, a továbbiakban pedig a koordináták, a percponosságú időpontok, valamint a mért térértékek a fontosabb pontokon

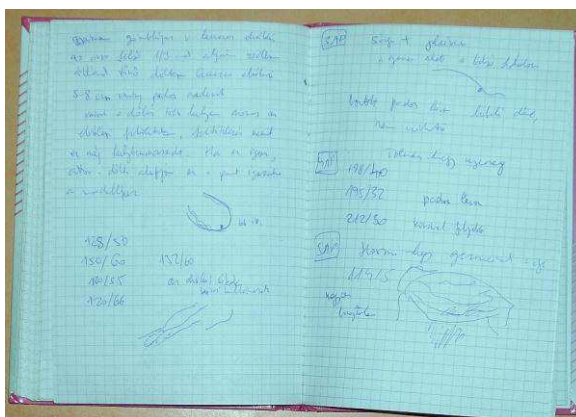
A jegyzőkönyvi példa fejlécén látjuk, hogy a mérésben három fő vett részt. A kézzel írt bejegyzések szemmel láthatóan utólagosan készültek, pontosító, kiegészítő jelleggel. Ebből tudjuk meg, hogy a három résztvevő közül ki volt az észlelő és ki a jegyzőkönyvvezető („JKV+GPS”). Utóbbi személy egyúttal a GPS-t is kezelte.

A jegyzőkönyvben az idő, a földmágneses tér mért értéke (nanoteszlában, nT), és az UTM-koordináta szerepel. Emellett néhány helyen a mérés szempontjából fontos bejegyzések vannak, pl. hogy a műszer mikor lett újraindítva, illetve, hogy mikor haladtak át gázvezeték felett. Utóbbi itt azért fontos, mert a gázvezeték erős mágneses anomáliát okoz,

amely biztosan nem földtani eredetű, ezért fontos feljegyezni már a terepen, hogy ezt a hatást véletlenül se értelmezzük földtani hatónak.

1.13.2. Második példa: vulkanológiai terepbejárás

Második példánk (1.13.2. ábra) egy vulkanológiai célú terepbejárás jegyzőkönyvéből kiragadott példa. A jegyzőkönyvhöz egy munkatérkép is tartozik, melyen az álláspontok („ÁP”) külön szerepelnek. Tanulságos észrevenni, hogy az egyes álláspontok jelentősége más és más. A 2. álláspont (valószínűleg ezt olvasnánk az előző lapon) leírásának vége olvasható a bal oldalon, láthatóan részletes leírással. A leírás végén interpretációt, illetve a terepi benyomások alapján ébredt gondolatokat is találunk a jegyzőkönyvben, de az észlelt adatoktól világosan elkülönítve. Végül csapás/dőlés mérési eredményeket látunk. Ezeket az adatokat közismerten fokban kell értelmezni.



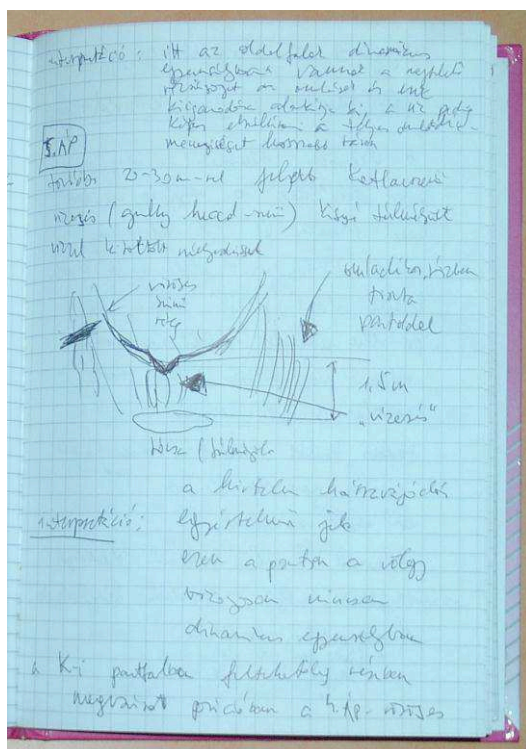
1.13.2. ábra: Egy vulkanológiai terepbejárás jegyzőkönyvi részlete az egyes álláspontok („ÁP”) leírásával. Figyeljük meg a változó részletességet és az adatok eltérő megbízhatóságára vonatkozó megjegyzéseket!

A 3. álláspontnál a jegyzőkönyv vezetője leírja, hogy találtak ugyan megfelelő pados látót (ami a bejárás célja volt), de nem volt mérhető. Ez azért érdemel figyelmet, mert elképzelhető, hogy noha itt mérés nem végezhető, de a keresett jelenség jelen van, tehát a bejárást végzők vagy más észlelő a környéken más alkalommal esetleg mégis találhat mérésre megfelelő helyet. Elképzelhető lenne, hogy a további álláspontokban (amit ekkor még nem tudunk!) hasonló megfigyeléseket tehetnénk, ami egy újabb, immár célzottan a környék szisztematikus átfésülésére irányuló vizsgálat alapja lehetne.

A 4. álláspontnál a megfigyelő csak adatot közöl, illetve azt, hogy min történt a mérés, az 5. álláspontnál pedig a mérést maga is nagyon bizonytalannak minősíti. Érdekes felfigyelni rá, hogy ehhez az állásponthoz tartozó bejegyzésnél az íráskép megváltozik, ami vagy az észlelő fáradtságára, fásultságára vagy esetleg a nehezebb jegyzőkönyvvezetési körülményekre (időjárás, meredek lejtőn kell megállni stb.) utalhat.

1.13.3. Harmadik példa: előkészítő terepbejárás

Ez a példa (1.13.3. ábra) egy terepi morfológiai, mintagyűjtést előkészítő terepbejárás jegyzőkönyvének részlete, mely szintén a megfelelő térképvázlattal együtt értelmezhető. A jegyzőkönyvi szöveg fésületlensége (pl. szóismétlés, ékezethiány) bizonyos mértékig természetes, bár a hibákat magától értetődően igyekezzünk elkerülni.



1.13.3. ábra: Mintavételt előkészítő terepbejárás jegyzőkönyvi részlete a megfigyelések és a megfigyeltek interpretációjának határozott elkülönítésével

A példa abból a szempontból tanulságos, hogy több helyen – világosan kiemelve, elkülönítve – interpretációt tartalmaz. (A lap tetején lévő szöveg még az előző álláspontoz tartozik.) Az álláspont („5. ÁP”) a megfigyelő megítélése szerint olyan jelentőségű, hogy vázlatot is készít róla, és terepi interpretációt is közöl. Megfigyelhető, hogy a vázlaton a hozzávetőleges méretet is megadja, amely az ilyen vázlatok kötelező eleme.

1.13.4. Negyedik példa: csuszamlások vizsgálata

Példánkban (1.13.4. ábra) a jegyzőkönyvnek a terepi fényképek utólagos értelmezésében játszott szerepét és a jegyzőkönyvi vázlatok jelentőségét mutatjuk be. A jegyzőkönyv vezetője az egyes álláspontoknál felírta a digitális fényképek sorszámát, amit a kamera kiírt, ugyanakkor egy kis vázlatot is mellékel, melyben *kiemelte*, hogy mit láthatunk a fényképen, mi a lényeges elem és ezt a terepen hogyan interpretálja. Figyeljük meg azt is, hogy fel van jegyezve a kép készítésének időpontja is (amit a kamera is rögzít, ezáltal még egy ellenőrzési lehetőséget kapunk a sok, esetleg hasonló kép közötti azonosításra)! Ha a jegyzőkönyvi vázlatok nélkül nézzük a fényképeket, akkor az 1566-os számú fényképen még csak-csak meg tudjuk állapítani, hogy miért készült és mit akar vele a szerző mondani, de már az 1567-es képen sokkal kevésbé nyilvánvaló, hogy a deformált, szabványövésű fákat, és ezen belül is a különböző korú fákat kell észrevenni.



1.13.4. ábra: A megfigyelt (és lefényképezett) jelenség (itt: lejtős tömegmozgásokra utaló jelek), és az ugyanezt a jelenséget rajzban lényegileg kiemelő jegyzőkönyvi rajzok összehasonlítása. Figyeljük meg, hogy a jegyzőkönyv vezetője a fénykép készítésének időpontjával is igyekszik az azonosítást megkönnyíteni!

1.14. A terepi helymeghatározás

Minden terepi méréssel kapcsolatban felmerül a helymeghatározás problémája, hiszen nemcsak azt akarjuk tudni, hogy mit figyeltünk meg, mit mértünk, hanem azt is, hogy hol. Azt, hogy milyen pontosan van szükség erre az adatra, természetesen a megoldandó feladat határozza meg. A kívánt pontossághoz más és más mérési technika tartozik; az egyes technikák alkalmazásának nagyon különböző az időszükséglete és erőforrásigénye. Tudnunk kell tehát, hogy az egyes helymeghatározási módszerek közül melyek jönnek számításba a pontosságuk, illetve a méréshez szükséges idő szerint, és ezek közül melyeknek milyenek a költségviszonyai. Ezen szempontok alapján lehetséges a megfelelő helymeghatározási módszer kiválasztása.

A téma rendkívül szerteágazó mivolta miatt, itt csak a jelenleg általánosan használt GPS- (Global Positioning System, Globális Helymeghatározó Rendszer) alapú megoldásra, és ezen belül is ennek a kézi (ill. hobbi) GPS-vevős változatára térünk ki röviden. Az ezen túlmenően érdeklődő olvasónak javasoljuk a vonatkozó geodéziai kézi- és tankönyvek át tanulmányozását.

A helymeghatározás egyik legfontosabb kérdése az alkalmazott koordinátarendszer megválasztása, amelyben megadjuk a mérés helyét. Fontos, hogy ezt a koordinátarendszert mások is ismerjék, és hogy a mérési sorozat kezdetén ezt a rendszert adjuk meg. E kérdést

itt szintén nem részletezzük, mert túlmutatna a jelen fejezet keretein. Annyit azonban érdemes tudnunk, hogy az ún. „földrajzi koordináták” (a földrajzi szélesség és hosszúság) nem egyértelműek. Egy adott pont földrajzi koordinátái az egyes térképekről leolvasva több száz méteres eltéréseket mutathatnak, ami a térképeken alkalmazott eltérő geodéziai alap következménye. A földrajzi koordinátákkal történő helyleíráskor (pl. GPS alkalmazásakor) meg kell adnunk azt is, hogy ezek a koordináták mely rendszerben (ún. geodéziai dátumon) értendők. Ha megadjuk, hogy ez a koordinátarendszer pl. a [WGS84](#) dátumon alapul (a GPS ezt használja), akkor ez a későbbi felhasználók számára egyértelművé teszi adataink értelmezését.

Ugyanígy a térképről leolvasott koordináták esetén is biztosítanunk kell, hogy a használt rendszer ugyanaz legyen, mint amiben a többi adat van (vagy éppen amiben a GPS-vevők dolgozik). Igen sok tévedés alapja a koordinátarendszerek összetévesztése, a koordináták felcserélése, ezért ezt a hibát mindenképpen el kell kerülni megfelelő tervezéssel és a mérésekben résztvevők megfelelő tájékoztatásával, képzésével.

A GPS-vevő a GPS-műholdak jeleit fogja és ezen jelekből (megfelelő vételi és geometriai körülmények között) különféle pontossággal tudja meghatározni a műszer pozícióját. A ma használatos kommersz készülékekkel, korrekciók nélkül, optimális esetben 3–5 méteres pontosság érhető el. Ennél nagyobb pontossági igény esetén más típusú eszközrendszer használata szükséges. A továbbiakban azt is feltételezzük, hogy optimális vételi viszonyok közepette mérünk, továbbá, hogy megfelelő számú (minimum négy, de inkább 5–8) GPS-műhold adását tudja venni a készülékünk akadálymentesen (pl. nincs növényzeti vagy más takarás, nem mély völgyben mérünk).

A GPS-készülék bekapcsolása után, itt most nem részletezendő okokból, célszerű néhány percet várni, amíg a rendszer számára szükséges teljes adatrendszer megérkezik a műholdak adásából. Innentől kezdve optimális körülmények között a helymeghatározás folyamatos lehet. Mint említettük, fontos, hogy az általunk használt koordináta-rendszer legyen beállítva a készülékben. A legtöbb, a polgári életben használt koordináta-rendszer a mai GPS-vevőkben már beállításként választható. Ha ez nincs, akkor előzetesen kérjük szakértő segítségét vagy használjuk a WGS84 dátumon értelmezett földrajzi koordinátákat, amely az alapértelmezett minden vevőben.

A GPS-készülékek, kiépítésüktől függően, különböző szolgáltatásokat nyújthatnak. Ami biztosan elérhető, a pillanatnyi pozíció leolvasása, a pozíció pontossága, az ún. GPS-ideje (ez igen pontos), az egyes műholdak vételére vonatkozó adatok (hány műholdat vesz éppen, milyen erősséggel). A legtöbb készülék alkalmas konkrét megadott pont megtalálásához irány és távolság kijelzésére, és – változó mértékben – az egyes pozíciómérések tárolására, illetve adott időközönként mért pozíció elmentésére.

A készülék használata előtt mindenképpen olvassuk el a használati utasítást, és különös figyelmet fordítsunk arra, hogy a majdan elmentendő, illetve a már tárolt mérési adatokat hogyan és milyen formában tudjuk lementeni a készülékről pl. számítógépre. Amennyiben ezt nem tesszük meg, előfordulhat, hogy csak később derül ki, hogy nincs megfelelő átjátszókábelünk, esetleg az adatátvitelhez szükséges szoftverünk, és így csak egyenként, manuálisan tudjuk a tárolt adatokat kiolvasni és számítógépbe vinni.

1.15. A terepi felvételek készítése

A terepi tevékenységünk, a megfigyelt jelenségek fontos dokumentálási eszköze a terepi felvételek készítése. Ezek között a leggyakrabban fényképfelvételeket, bizonyos célokra pedig video-, esetleg hangfelvételeket készítünk. Itt most a túlnyomórészt képviselő, és szinte minden szakterületen alkalmazott fényképfelvételekkel foglalkozunk.

A korábban tipikus filmalapú fényképezést lassacskán felváltja a digitális kamerák használata. Ez a kutatás szempontjából rendkívül öröndetes, hiszen az elkészült képek előhívására, kidolgozására nem kell várni, továbbá gyakorlatilag költség nélkül készíthetünk igen nagy mennyiségű felvételt. A kevésbé sikerült képek utólag is szelektálhatók. Szükség esetén, a terepen készített képek – mobil internetes megoldás segítségével – gyakorlatilag azonnal a feldolgozóközpontba vagy a terepi bázisra is eljuttathatók, ahol a kiértékelést haladéktalanul meg lehet kezdeni. Mára már a digitális képek korábban fennálló, legkomolyabb hátránya, a gyengébb felbontás sem igazán korlát: a professzionális digitális kamerák által elérhető felbontás gyakorlatilag egyenértékűvé teszi a digitális fényképezést a filmalapúval e szempontból is. Erdemes megjegyezni azonban, hogy a kimmersz kamerákba beépített, ki nem kapcsolható automatikus képfeldolgozási eljárások miatt olyan esetekben, ahol a színek pontos visszaadása feladat, nem feltétlenül jó választás a digitális megoldás.

A fényképezéssel kapcsolatban még egy fontos problémára kell felhívni a figyelmet. A következő képen (1.15.1. ábra) látszólag egy kétirányú alagútban haladó gépkocsisort látunk. Ha megnézzük azonban a kép eredetijét (1.15.2. ábra), rögtön láthatjuk, hogy valójában egy terepasztról van szó, és a kocsik valójában modellautók. Ez rávilágít arra a problémára, hogy az elkészített képeken – hacsak külön valahogyan nem jelezzük – a valós skála nem látható. Ez különösen így van, ha valamely természeti objektumot fényképezünk: felhők, kőzetek, domborzat esetén gyakran nincs módunk megállapítani, hogy mekkora a látómező valójában. Ez azért van így, mert a természetben (beleértve a fenti példákat is) sok jelenség ún. **önhasonló** tulajdonsággal rendelkezik, azaz a tárgy, a jelenség egy kis részét kinagyítva igen hasonló képet nyerünk, mint amilyen a teljes kép volt. Ezt gyakran többször is, több mélységben ismételtjük. Egy műholdfelvétel sokszor alig különbözik jellegében egy mikroszkópban vizsgálendő kőzetcsiszolati képtől, pedig km-es skálától ugrunk a néhányszor tíz mikrométeres tartományba.



1.15.1. ábra: A skála fontosságának bemutatásához: a képen látszólag gépjárműveket látunk egy alagútban (vö. 1.15.2. ábrával)



1.15.2. ábra: Az 1.15.1. ábra eredetije; látható, hogy a kép egy terepasztal részletét mutatja, és a korábban gépjárműveknek gondolt objektumok valójában kicsinyített autómmodellek.

Ennek oka az, hogy sok természeti jelenség ún. **fraktál**ként, törtdimenziós objektumként fogható fel. Ezzel az érdekes jelenséggel terjedelmi okokból részleteiben itt nem foglalkozhatunk, elég csupán annyit megjegyezni, hogy a fényképeinken éppen ezért kell minden esetben biztosítani, hogy a szemlélőnek hozzávetőleges elképzelése legyen arról, hogy a képen ábrázolt jelenség valójában mekkora.

Erre több módszer is kínálkozik. Az első, a méreteket hozzávetőlegesen megadó technika, amikor valamely közismert méretű, terepen a kezünk ügyében lévő tárgyat (pl. pénzérmét, gyufásdobozt, tollat, geológuskalapácsot, a fényképezőgép védőkupakját stb.) helyezünk el a képmezőbe, ezáltal skálázva a látványt. Erre mutat példát a következő kép (1.15.3. ábra): egy kisebb hátizsák jelenléte világossá teszi a feltárás méretét. Ha az ábrázolandó objektum még nagyobb, akkor gyakori, hogy úgy készítjük el a képet, hogy a képmezőben egy vagy több személy áll. A példaként hozott képen (1.15.4. ábra) a közel 2 m testmagasságú személy mérete alapján látható, hogy a bányafal legalább 10 méter magas.



1.15.3. ábra: Egy feltárás részlete, a skálát (és részben a fal orientációját) a képmezőbe helyezett hátizsák adja meg hozzávetőlegesen



1.15.4. ábra: Bányaudvar fényképi dokumentációja. A skálát a képen látható, közel 2 m testmagasságú személy biztosítja

Az eddigi példákban csak viszonylagosan tudtuk megállapítani a méreteket, nem is volt igazán cél a pontos mérhetőség. Újabb példákban (1.15.5. ábra) ezt a funkciót a képen lévő fűszálak már önmagukban biztosítanák, de itt pontosabb méretbecslést kívánunk biztosítani.



1.15.5. ábra: Szántásban kipreparálódott kavics a talaj felszínén. A kavics méretét a mellé helyezett, kifejezetten fényképi skála céljára készült cm- és inch-skála mutatja. (Kisebb szemcseméret esetén az alsó szemcseméretskála lenne használandó)

Erre a célra kaphatók a képmezőbe helyezhető skálák, mint amelyet az ábránk is mutat. A skála mind centiméterben, mind inch-ben (hüvelykben) meg van adva, sőt alul van egy szemcseméretskála is 1–5 mm közötti szemcsékhez. A képen látható apró kavicsról a skála segítségével tehát megállapítható, hogy jó közelítéssel 1 cm-es méretű.

Említettük, hogy a jegyzőkönyvünkben fel kell jegyeznünk az elkészített fényképeket, utalva arra, hogy mi van a képen. Ez csak akkor működik igazán, ha a képeken alapvetően más a téma. Ha fényképsorozatot készítünk ugyanolyan típusú jelenségekről nagyobb mennyiségben (mondjuk madárfészkekről), akkor könnyen belátható, hogy a jegyzőkönyvi bejegyzéseink hamarosan semmitmondók lesznek, ráadásul a bejegyzéshez nehezen lehet társítani a képet. (A digitális kamerák gyakran kijelzik a kép számát, és ahogy már fent láttuk, ezt praktikus feljegyezni, de ezt nem minden kamera írja ki, az analóg fényképezésnél pedig ez fel sem merül.)

Más megoldást kell tehát találnunk. Célszerű, ha az azonosítás a képen is rajta van, így nem keveredhetnek el, illetve nem keveredhetnek össze a képek és a hozzájuk tartozó azonosító adatok. A régészetben, a bűnüldözésben, a baleseti helyszínelésben már régóta használják, hogy minden képre ráfényképeznek egy azonosító feliratot. Hogy ne kelljen mindegyik képhez papíron feliratot csinálni (amiből lelőhelyenként több száz is lehet), betűkirakós táblára szokták kiszedni a feliratot, és ezt a táblát helyezik el a képmezőben.

Ehhez hasonló (de papíralapú) megoldást látunk utolsó példánkban (1.15.6. ábra). Egy sekélyfúrás egy szakaszát mutatja a fotó. A feliraton szerepel a fúrás neve („Enying PR-1”), alatta az UTM koordinátája, majd a kiemelt magszakasz mélysége, végül pedig a hozzávetőleges litológiai leírás, ami természetesen a jegyzőkönyvben van részletezve. A képen mindezt cm- és inch-skála egészíti ki.



1.15.6. ábra: Sekélyfúrás szegmensének fényképi dokumentálása. A fúrószár mellé helyezett skála (ld. 1.15.5. ábra) és a tábla felirata együttesen adja meg a fúrás nevét, helyét, a szegmens mélységét, fontosabb jellemzését és a kép skáláját

1.16. Függelékek

1.16.1. Bibliográfia

- Barnes, J. W., Lisle, R. J.: Basic Geological Mapping, J. Wiley and Sons, Chicester (2004), 196 p.
- Márton P.: Földmágnesség. Kézirat, Tankönyvkiadó, Budapest (1980), 236 p.
- McClay, K. R.: The mapping of geological structures. Geol. Soc. London Handbook Series, (1987) 161 p.
- Oravecz J.: Földtani térképezés és szelvénytérképezés. Jegyzet, ELTE, Budapest (1986).
- Timár G.: Helymeghatározás GPS-szel. Elektronikus oktatási segédlet (2007) ELTE Geofizikai Tanszék, http://sas.elte.hu/szb/m_m/GPSHelymeghat.pdf. Hozzáférés: 2011. október.
- Timár G.: Kulcsszavak, definíciók *A Föld alakja, nehézségi erőtere és változó forgása* c. tárgy oktatásához. Elektronikus oktatási segédlet (2004) ELTE Geofizikai Tanszék, <http://sas2.elte.hu/tg/szotar.html>. Hozzáférés: 2011. október.
- Timár G., Székely B.: A térképi tájékozódás és helymeghatározás alapjai. Elektronikus oktatási segédlet (2007) ELTE Geofizikai Tanszék, http://sas.elte.hu/szb/m_m/TerkepiHely.pdf. Hozzáférés: 2011. október.

1.16.2. Fogalomtár

Árapály: általánosan minden olyan változás, amely egy vonzócentrum (pl. a Föld) nehézségi erőterében külső vonzócentrumok (pl. Nap, Hold) hatására jön létre. A Föld esetében a Nap körüli keringésének ellipszispályája miatt, a Holdnak a Föld körüli keringéséből adódó hatások miatt jön létre.

Bázismérés: a különféle mérési zajokból, a háttérértékek időbeli változásából és a műszerjárásból eredő, a mérésekre rakódó változások utólagos csökkentése, illetve korrekcióba vétele érdekében végzett mérés, amikor mérés közben a műszerrel egy rögzített, ismert értékű bázispontra rendszeresen visszamérünk.

Blank mérés: „üres” mérés, amikor a mérőrendszerünkkel a háttérérték, a zaj szintjének megállapítása érdekében minta, mérendő jel nélkül mérünk. Az így nyert értékek alapján megállapítható például, hogy a zajszint mennyire változott a mérés során.

Check list: angol kifejezés, a.m. ellenőrző lista, a mérés vagy más tevékenység pontos kivitelezésének elősegítésére létrehozott eszköz. Az emberi tévedés, feledékenység, fáradtságból eredő figyelmetlenség hatásainak minimalizálására való törekvés keretében, különösen figyelmet igénylő vagy kritikus ténykedések tervezésekor összeállított tevékenységi sor, amely a tevékenységeket úgy és olyan sorrendben, időbeli ütemezésben sorolja fel, ahogyan azt majd éles helyzetben végre kell hajtani. Az ellenőrző listán annak előírásai szerinti előrehaladás esetén a hibázás, tévesztés esélye nagyságrendekkel csökken.

Felhasználják a repülésben, az orvostudományban, az üzemi biztonság biztosításában, kísérletek lebonyolításában, a logisztikában és számos más területen.

Fraktál: matematikai fogalom, illetve az ilyen matematikai objektumhoz hasonlóságot mutató természeti forma, jelenség, melyre matematikailag pontossággal vagy jó közelítéssel igaz, hogy valamely része hasonló az egész objektumhoz, és ez az ismétlődés sok nagyságrenden keresztül, matematikai objektumoknál végtelen sok nagyítási lépésen keresztül megfigyelhető. Ezt a tulajdonságot önhasonlóságnak nevezzük. Közismert matematikai fraktál például a Mandelbrot-halmaz, a Júlia-halmazok, a Sierpinski-háromszög, a Koch-görbe, a Menger-szivacs. A természetben megfigyelhető jelenségek közül fraktálszerű alakzatot mutatnak a felhők, bizonyos vízhálózatok, egyes kristályok (pl. jégkristály, hópehelyek), a növények levelének erezete, a domborzat, a villámok alakja, a földregégek eloszlása.

GPS-vevő: a jelenleg legszélesebb körben elterjedt, polgári célokra is igen sokrétűen alkalmazható, globális helymeghatározó eszköz, amely az erre a célra működtetett GPS-műholdak jeleinek vételével és feldolgozásával számítja ki a vevőberendezés pozícióját néhány méteres, korrekciók és helyi korrekciós szolgáltatás használata esetén néhány centiméteres pontossággal

Jegyzőkönyv (terepi): a terepi tevékenység dokumentálására szolgáló, általában kézírással, esetlegesen számítógépen vezetett dokumentum, amely tartalmazza a megfigyelésekkel és mérésekkel kapcsolatos minden fontos információt, a mérések időbeli lefolyását, helyszínét, a mérőszemélyzet kilétét, a mérési elrendezést, a műszertípust, a méréskor uralkodó fontos körülményeket (pl. időjárás, talajviszonyok). További tartalma lehet (amennyiben nem egy műszer rögzíti) a megfigyelések és a mérések eredménye. A jegyzőkönyv tartalmának és külalakjának olyannak kell lennie, hogy ez alapján egy átlagosan tájékozott szakember az elvégzett mérésről hosszú távon is teljes képet tudjon kapni.

Kalibráció: méréseknél alkalmazott eljárás, melynek során a mérés közben időnként, adott (előírt) módon és rendszerességgel más forrásból ismert mérési értékű objektumot vagy jelenséget is lemérnek. Ez annak érdekében történik, hogy a kalibrációs mérési eredményben az ismert értéktől mutatózó esetleges eltérések nagyságát, időbeli változását felfedjük, illetve ezek figyelembevételével a későbbiekben korrigálhassuk a többi mérés eredményét is, illetve mód legyen detektálni, ha a mérési elrendezésben olyan változás állna elő, ami már a mérést vagy annak kiértékelését lehetetlenné teheti.

Magnetométer: a mágneses tér erősségének mérésére szolgáló műszer.

Műszerjárás: a terepi viszonyoknak, magának a műszernek az állapotváltozásából, öregedéséből származó befolyásnak és néhány másik, időben változó hatásnak az eredőjét összefoglalóan műszerjárásnak nevezzük. A műszerjárás hatását különféle mérési technikák használatával, illetve korrekciók alkalmazásával igyekszünk minimalizálni.

Nyugodt napi variáció: a földmágneses térnek azon, helyi időben mért napi változása, amely mentes a mágneses viharoktól. A változás a létrejöttét a napsugárzás hatására a felsőlégrétegben keletkező áramok mágneses hatásának köszönheti.

Önhasonlóság: ld. fraktál.

Skálaprobléma: a természetben előforduló önhasonló jelenségek fényképezésekor, ábrázolásakor fellépő probléma; az önhasonlóság miatt az ábrázolt objektum valós méretét a néző, a befogadó önmagában nem képes megállapítani, csak akkor, ha a képen egy ismert méretű (és nem önhasonló) objektum (pl. gyufásdoboz, pénzérme, toll, a fényképezőgép kupakja, nagyobb objektumoknál egy táskák vagy egy személy) is a képen van. Másik megoldás, hogy a képmézőbe mérőszalagot vagy más mérésre alkalmas tárgyat helyezünk.

UTM: a.m. Universal Transverse Mercator, globális érvényű, nemzetközileg használt koordináta- és vetületi rendszer, mely a Földet 60 darab meridionális zónára és kiegészítőleg két sarki területre osztja (a 80°D és 84°E szélességeken kívül). A meridionális zónákra transzverzális helyzetű Mercator-vetületeket definiáltak, innen származik az elnevezés.

WGS84: globális felhasználásra alkalmas geodéziai dátum, azaz a Föld alakját közelítő, olyan két-tengelyű lapult ellipszoid, melynek tömegközéppontja a Föld tömegközéppontjával esik egybe.

2. GEOLÓGIA (MINDSZENTY ANDREA, DEÁK FERENC JÓZSEF)

2.1. Bevezetés

Ez a fejezet a geológus munkájából ad ízelítőt. Bemutatjuk, milyen terepi módszerekkel lehet megvizsgálni a kőzeteket, és miként lehet az egyszerű észlelésekből az egykori környezetre utaló következtetéseket levonni. Különös figyelmet fordítottunk a geológiai gyakorlati nap céljára kiválasztott két terület (Tata, Kálvária-domb és Tardos, Vörös-hídi kőfejtő) részletes ismertetésére, ahol számos jól tanulmányozható földtani jelenséggel találkozhatunk. A leírás tanösvényszerű logikát követ. Az anyag fontos részét képezi az irodalomjegyzék, mely kiindulásul szolgálhat a téma iránt mélyebben érdeklődők számára. A könnyebb érthetőség kedvéért a fejezet végén röviden ismertetjük a legfontosabb alapfogalmakat is. Végül kilenc feladatlapot mellékelünk, melyek segítséget nyújtanak a feladatok elvégzéséhez.

2.2. Elméleti tudnivalók

2.2.1. Földtörténeti vázlat

A Dunántúli-középhegység ÉK-i részén, a Dunától Tatabánya–Bicske vonaláig húzódó hegyes-dombos vidéket uralkodóan mezozoós-tercier képződmények építik fel. A dombok Ny-ÉNy felé néző meredekebb oldalainak sziklakibúvásai többségükben a terület legidősebb, felszínen is tanulmányozható kőzetei közé tartoznak. A kutatók ezeket a felső-triász Földolomit, ill. a Dachsteini Mészke Formációba sorolják. E vastagpados megjelenésű, ciklikus felépítésű mészkövek, ill. dolomitok az egykori Tethys-óceán sekély selfjén, egy hatalmas, egyenletesen süllyedő karbonátplatform háttérágúájában, trópusi éghajlaton lerakódott karbonátüledékekből keletkeztek. Ez a karbonátplatform része volt annak a kiterjedt, sekélytengeri üledékképződési környezetnek, amely a Tethys óceán déli pereme mentén az afrikai kontinenst szegélyezte, és amelyből, az alpi hegységképződés eredményeként, a késő-mezozoikum és a terciér során a mai Keleti-Alpok mészkővonulataival együtt a Dunántúli-középhegységet alkotó képződmények is deformálódtak. (A terciert követő neogén folyamán a terület szigetszerűen emelkedett ki a környező, süllyedő medencéreszeket kitöltő tengerből. Idővel a tengert (Paratethys) a környezetében egyre magasabbra emelkedő hegyláncok (Kárpátok) felől érkező folyók hordaléka feltöltötte, vize kiédesedett, beltóvá változott (Pannon-tó), majd később teljesen eltűnt, helyén folyóvízi üledékképződés, illetve mállás/talajképződés zajlott. A pleisztocénben gyors ütemű emelkedés indult meg, ezt jelentős erózió kísérte, az exhumálódó mezozoós karbonátos kőzetek **karszt**osodásnak indultak. A völgyekben előtörő meleg vizű karsztforrásokból édesvízi mészkő (travertino) csapódott ki. A nagy lehülések (glaciálisok) idején lösz rakódott le és borította be néhány méter vastag lepelként a felszínt, az interglaciálisokban ezzel szemben talajképződés folyt.

2.2.2. Földtani felépítés

A felszínre kibukkanó legidősebb – **triász időszaki** – képződmények vastagsága (több ezer méter) jól mutatja, hogy a karbonátplatform a felső-triász folyamán egyenletesen süllyedt, és hogy ezzel a süllyedéssel a lagúnában élő karbonátkiválasztó szervezetek éppen lépést tudtak tartani, ezért a süllyedés ellenére a vízmélység a lagúnában alig változott. A változásokra érzékeny karbonátkiválasztó közösség azonban a csekély vízszintingadozásokra is reagált, ennek köszönhető a képződmény ciklusos felépítése. Az egyenletes süllyedésre szuperponálódó, periodikusan ismétlődő, néhány méteres tengerszint-ingadozások eredményeként a vastagpados, árapályöv alatti kifejlődésű, jellegzetes kagylófaunát (*Megalodus*) tartalmazó mészkövet vékonyan, hullámosan laminált, árapályövbeli algaszönyeges kifejlődés, ill. sárgás színű mészbekéregzéssel, zöldes vagy vöröses színű agyaggal jellemzett, talajosodott szintek szakítják meg (tengerszintcsökkenés). A talajosodott szintekre a tengerszint ismételt megemelkedését jelző algagyepes, árapályövi, majd újfent árapályöv alatti kifejlődés következik (ld. Lofér-ciklusok).

Ezt az alapvetően sekélytengeri („árapályöv-környéki” v. „peritidális”) egységekből felépülő sorozatot a **jura** időszak elején, éles átmenettel, világosvörös, mikrites szövetű, vékonyabb pados, majd a határtól felfelé egyre vékonyabb **réteggé** váló brachiopodás, ammoniteszes mészkő váltja fel, amelynek megjelenése és pelágikus faunája a platform süllyedésének hirtelen felgyorsulásáról tanúskodik. Ezzel a gyorsabb ütemű süllyedéssel a lagúna életközössége nem tudott lépést tartani, a karbonátplatform „megfulladt”, a ciklusos felépítésű, vastagpados, sekélytengeri kagylókban gazdag üledék helyett a jurában vékony réteges, gumós, ammoniteszes, brachiopodás mészkövek keletkeztek („Ammonitico Rosso”).

Az egyre mélyülő, következésképp az egykori partoktól egyre távolabb kerülő (=pelágikussá váló) üledékképződési környezetben a jellemzően inkább a sekély régiókban termelődő karbonátanyag mennyisége fokozatosan visszaszorult, a mészkövet márga, majd végül kovaanyagú üledék (tűzkő) váltotta fel. A tűzkőrétegekre ismét pelágikus ammoniteszes mészkő települ, amelynek legfelső, egészen világosszürke, majdnem fehér rétegei már az **alsó-krétába** (berriasi) sorolhatók. Ezután egy jellegzetes foszfátos, vasas, mangános kéreggel borított keményfelszín közbeiktatásával, jelentős üledékhézaggal a **kréta** időszak albai emeletébe sorolt crinoideás mészhomokkő („Tatai Mészkő”) következik. Ez a mészhomokkő, fossziliái alapján, az alatta lévő berriasi mészkőhöz képest sekélyebb, de egyértelműen szubmarin környezetet jelez.

A **tercier** képződmények a Tatai-rögről teljesen lepusztultak, a Gerecsében a hegység északi részén még megtalálhatóak, de a terepgyakorlati területen feltárásaik nincsenek.

A rétegsor legszebb feltárásait a terepgyakorlat területén a Tatai Kálvária-dombon kialakított geológiai parkban szemlélhetjük meg. A tataihoz hasonló, de agyagos **paleotalaj** szintekben is bővelkedő **felső-triász** sorozat és a fedőjét alkotó **jura** „ammonitico rosso” típus-feltárása a tardosi vöröshídi kőbányában látható. A tatai rög peremeinek **neogén** történetéről tanúskodó nyomok a geológiai park nyugati oldalán észlelhetők (liász mészkő abrúziós felszíne, *Congerina* nevű kagyló maradványaival). **Pleisztocén** képződményeket a tatai Kálvária-domb régészeti leleteket is bemutató kiállítószarkában, valamint Vértesszőlőn, a szabadtéri régészeti múzeum területén találunk.

2.3. Vizsgálati módszerek

2.3.1. Terepi megfigyelések

A geológus terepi munkája során néhány alapvető, egyszerű segédeszköz segítségével dokumentálja a geológiai képződményeket. Kalapács, kézi nagyító (=lupe), kompasz, sósav, színskála, acéltű, fényképezőgép, ceruza és jegyzőkönyv. Amikor egy számunkra ismeretlen feltárás rétegsora előtt állunk, arra kell gondolnunk, hogy terepi munkánk során legfontosabb a precíz dokumentáció! Ez a további munkák alapja. Sok esetben előfordul, hogy az adott képződményt nem tudjuk másodszor is terepen megvizsgálni. Ilyen alkalom lehet pl., ha távoli országban járunk vagy egy művelés alatt álló bánya területén dolgozunk. Először vázlatos térképet készítünk a feltárásról, bejelölve rajta a főbb jellegzetességeket. A rétegzést (ha van), a rétegek dőlését, dőlésirányát, a vetőket, és a nagyobb repedéseket feltétlenül dokumentáljuk. Ha lehet, készítsünk fotót is. Közelről az egyes rétegek jellegzetességeit vehetjük szemügyre. Megfigyelhetjük az egyes rétegek vastagságát, esetleg a réteglapok felszínét, a repedéseket kitöltő üledéket, ősmaradványokat. Ezen túlmenően a kőzetek következő fontos tulajdonságait kell jegyzőkönyvezni:

Szín: A sárgás, barnás, vöröses színek oxidatív viszonyokra, míg a szürkés, sötétszürke vagy zöldes színek redukív keletkezési körülményekre utalhatnak (megjegyzendő, hogy ezek lehetnek utólagos elszíneződések is).

Szag: A kovás vagy nagy szervesanyag-tartalmú kőzeteknek jellegzetes szaguk van.

Keménység: A cementáltság fokára utal. Mérésére egy tapasztalaton alapuló skálát, az ún. Mohs-féle keménységi skálát használjuk. A tízfokozatú skála legpuhább tagja a talk nevű ásvány, míg a legkeményebb a gyémánt. A sorozat első két tagja körömmel karcolható. A 3., 4., 5. tagja acéltűvel könnyen, kevésbé könnyen és nehezen karcolható. A 7., 8., 9., 10. tag acéllal összeütve szikrázik.

Cementáció: A cement anyagára vagyunk kíváncsiak (meszes, kovás stb.). Itt a 10%-os sósav a segítségünkre lehet. Ha a kötőanyagra cseppentve heves pezsgést tapasztalunk, akkor meszes a kötőanyag. A pezsgést a felszabaduló szén-dioxid okozza. A dolomit vagy a kvarc/kova nem pezseg!

Rétegzettség: A rétegek vastagsága, dőlésszöge, a különböző megjelenésű rétegek esetleges ciklusos ismétlődése, a réteglapok felszínén észlelhető jelenségek tartoznak ide.

Kőzetanyag jellemzése: Törmelékes üledékeknél a kőzetanyag szemcsenagysága, szemcsenagyság-eloszlása, a szemcsék kerekítettsége/koptatottsága fontos információ. Karbonátos kőzeteknél a hajdan lerakódott mészsanyagot, annak kristályosságát vizsgáljuk. Fontos, a keletkezési környezetre utaló információ a mészkövek esetében, hogy jól elkülöníthető kőzettörmelékből és/vagy biogén szemcsékből vagy döntően mészsizapból álló kőzetről van-e szó.

Ősmaradványok: Ha tudjuk, meghatározzuk a fossziliák nevét és korát. Lejegyezzük gyakoriságukat, a rétegen belül elfoglalt helyzetüket, méretüket.

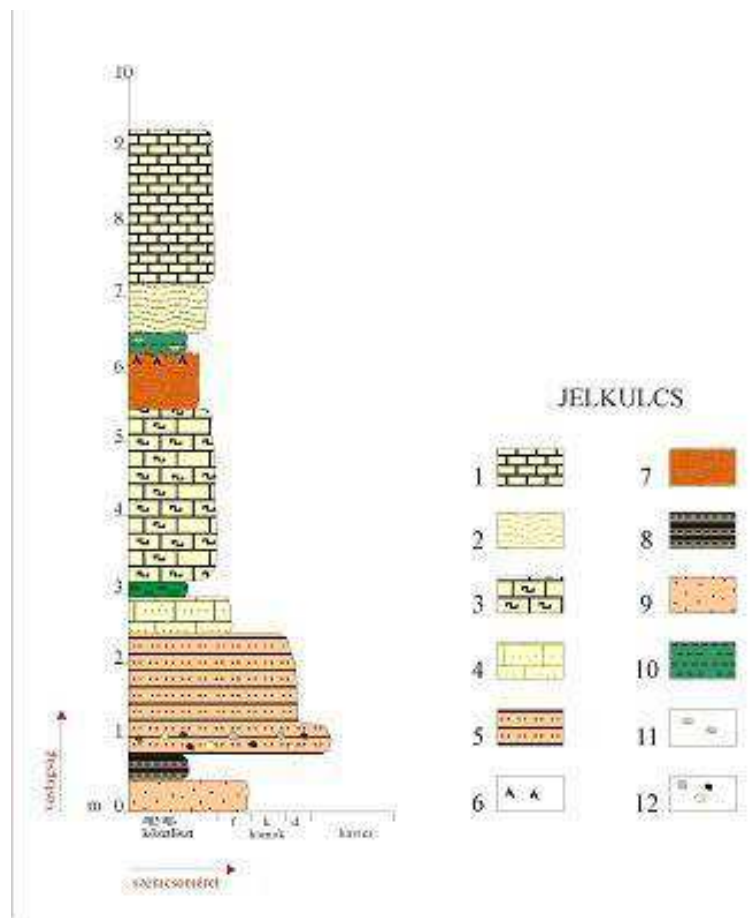
Oldódási jelenségek: Eróziós felszínek és réteglapok alatt gyakran találhatunk kisebb-nagyobb oldódási üregeket. Vizsgálni kell az üregkitöltő üledék (ha van) anyagát (kalcit, agyag, mészsizap stb.).

Érdeemes a kőzet friss törési felületét megnedvesíteni, s azt vizsgálni kézinagyító alatt: így számos részlet jobban megfigyelhetővé válik.

Az itt felsoroltakon kívül természetesen más szempontok is felmerülhetnek egy adott kőzet leírása során. Laboratóriumban több egyszerű vizsgálattal egészíthetjük ki terepi megfigyeléseinket. Sokszor a kőzetekből készített vékonycsiszolatok vizsgálata adja a legértékesebb többletinformációt.

2.3.2. Földtani szelvény készítése

Egy rétegsor dokumentálásának fontos és szemléletes része a *földtani szelvény* (rétegoszlop) (2.3.1. ábra) készítése.



2.3.1. ábra: Rétegoszlop

1. mészkő, 2. algaminit, 3. mészmárga, 4. homokos mészkő, 5. homokkő, 6. gyökérszemű, 7. kalkkrétesedett algaminit, 8. szénzsinóros agyag, 9. homok, 10. agyag, 11. mészkonkrécia, 12. kavics-kőzettörmelék

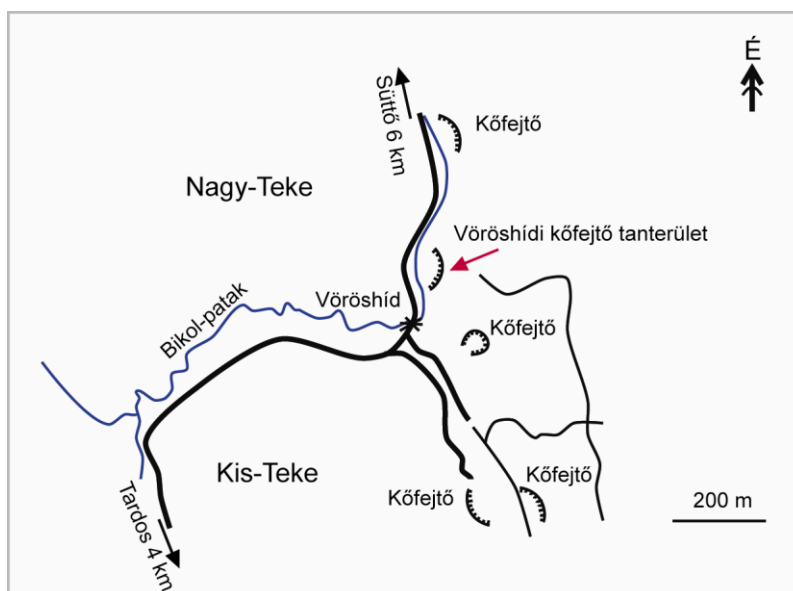
Attól függően, hogy a szelvényrel (rétegoszloppal) mi a célunk, milyen adatok állnak a rendelkezésünkre, többféle módon is elkészíthetjük. Ha azt akarjuk szemléltetni, hogy az egyes geológiai korokban milyen képződményeket találunk, akkor a függőleges skálán elég csak a korokat jelezni. Ebben az esetben nem szükséges az egyes képződményeket vastagságarányosan felrajzolni. Ha a rétegek vastagsága és kőzettani sajátosságai fontosak, úgy a függőleges skálán a vastagságszámok, míg a vízszintes skálán a szemcseméret szerepeljen. A vízszintes skálán a szemcseméret jobbra nő. A szelvényre a képződményeket úgy rajzoljuk

föl, hogy alul legyen a legidősebb és legfelül a legfiatalabb. A szelvényi ábrázoláshoz vannak egyezményes jelek, de ettől el lehet térni. Az a fontos, hogy egy szelvényen belül a jeleket következetesen használjuk, és mindig adjuk meg az egyértelmű jelkulcsot.

2.4. A mérési feladatok leírása

2.4.1. Tardos, Vörös-hídi kőfejtő

A tardos–süttöi út mellett, a Tardostól É-i irányban húzódó Csonkás hegy Ny-i oldalában találjuk a Vörös-hídi II. sz. kőfejtőt (2.4.1. ábra). A kőfejtő a jura időszaktól kezdve jellegzetesen eltérő történettel jellemezhető Kelet- és Nyugat-Gerecse-i kifejlődési területek határához közel, de még a Nyugat-Gerecsei kifejlődési területen található. A kb. É–D-i csapásirányú kőfejtő mintegy 25 m vastagságban tárja fel a felső-triász sekélytengeri Dachsteini Mészke felső részét és kb. 24 m vastagságban a rá éles határral települő alsó-jura Pisznicei Mészke és Tüzkövesárki Mészke mélyebb tengeri rétegeit. A rétegek K felé dőlnek.



2.4.1. ábra: A Vöröshídi kőfejtő tanterület és környezete

A kőfejtő kiválóan alkalmas annak bemutatására, hogy a mintegy 200-210 millió évvel ezelőtti környezetváltozások miként tükröződnek egy földtani rétegsorban. A ciklusos felépítésű sekélytengeri felső-triász mészkősorozatot paleotalajszintek szakítják meg, ami az üledékképződési környezet ismételt szárazra kerülését, majd újbóli elmerülését jelzi. A felső-triász karbonátplatform végleges elsüllyedését (befulladását) mutatja a sekélytengeri rétegsor eróziós felszínére éles határral települő, nyílt, mélyebb tengeri eredetű vörös, ammoniteszes, alsó-jura mészkő rétegsor.

Triász. A kőfejtő alsó részét a ciklusos felépítésű felső-triász *Dachsteini Mészke* vastag padjai alkotják. A mészkő a mai Bahama-szigetekről ismert sekélytengeri üledékképződési környezethez hasonló körülmények között rakódott le. A mésziszap anyagát a néhány méter, maximum 10–30 méter mély, jól átvilágított, meleg vízben élt mészkiválasztó szervezetek, *algák*, egysejtű *foraminiferák* vázai és váztöredékei szolgáltatták. A sekélyvízi

környezetben lerakódott üledékek jól dokumentálják az egykori tengerszintváltozásokat. Viszonylag magasabb tengerszint idején, az árapályöv alatt folyt az üledékképződés. Az algák és foraminiferák mellett nagytermetű *Megalodus* nevű kagylók telepedtek meg az üledékfelszínen. A [kőzetté válás \(diagenézis\)](#) során ez az üledék szürkésfehér, tömött mészkővé vált, benne a fosszilizálódott biogénmaradványokkal. Amikor a tengerszint valamilyen okból lecsökkent, a terület az árapályzónába került, és az új, megváltozott környezethez alkalmazkodni tudó életközösség lépett színre. Ekkor képződtek az ún. [alga-szónvegek](#). Ma általában hullámos lemezekből fölépülő, vékony, sárgásfehér rétegekként jelennek meg. A tengerszint további csökkenésével az üledék szárazra került, felszínén megtelepedett a növényzet és megindult a talajképződés. Ezek a speciális talajok csak karbonátos felszínen képződnek. Sárgásfehér-sárga [kalkrétből](#) és feltehetőleg a szél által a karsztos üledékfelszínre szállított porból képződött, zöld-vörös agyagból állnak. A paleotalajok egy részében és/vagy a fölöttük települő képződmények alján apró, sötétszürke, kerekített vagy szögletes mészkőtörmelék figyelhetünk meg. Ez a mészkőtörmelék, a szárazulati esemény idején, a felszín kisebb-nagyobb mélyedéseiben („pocsolyákban”) lerakódott, szerves anyagban dús mésziszap feltöredezett törmelékanyaga lehet. A kalkrétben mikroszkóppal gyakran gyökérnyomokat is megfigyelhetünk. Egy-egy paleotalaj alatt, az üledékben gyökértevékenységből származó breccsásodás is látható. A tengerszint emelkedésével a terület ismét az árapályövbé, majd az árapályöv alatti zónába került, és újra megindult a tengeri üledékképződés. A fentebb leírt kőzettípusok többszöri ismétlődését láthatjuk a rétegsorban, amiből arra következtethetünk, hogy a tengerszint több-kevesebb szabályszerűséggel ismételtelen annyira lecsökkent, hogy az üledék a felszínre került. Az utolsó rétegekben megfigyelhető, hogy sok *Megalodus* kagyló vastag héja kioldódott, és a héj helyét finom kőzetliszt méretű, apró szemcsékből álló vörös törmelék töltötte ki. Ez a kitöltés a feltételezések szerint a rétegsor felsőbb részéből, a jura időszaki üledékekből az apró üregek, hajszálszálak mentén leszivárgott és a héjak kioldódása nyomán keletkezett üregekbe behordódott anyag, de a hipotézis bizonyításán a kutatók még dolgoznak. A jura üledékek a Dachsteini Mészkő eróziós felszínére települnek (feltehetően tenger alatti lepusztulásról van szó). A lepusztulás tényét az eróziós felszín által horizontálisan félbevágott *Megalodus* kagylók, valamint a csak lupéval vagy mikroszkóppal látható bioeróziós nyomok is bizonyítják.

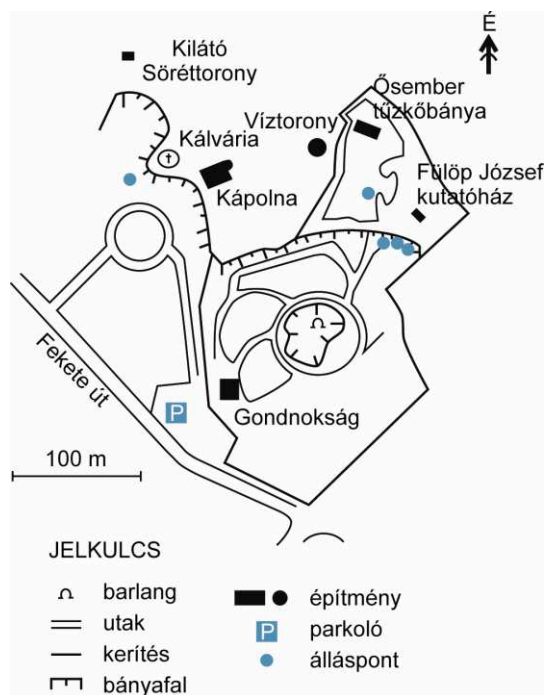
Jura. Éles határral települ a felső-triász mészkő lepusztult felszínére az alsó-jura *Pisznicei Mészkő*. Az alsó, kb. 8 méternyi üledék vöröses világosszürke színű, vastagpados mészkő. Jellemző a lencseszerűen megnyúlt foltokban megfigyelhető biogén törmelékanyag. A leggyakoribb ősmaradványok a tengeri lilium váztöredékei, foraminiferák, kagylós rákok (ostracodák), csigák, ammoniteszek, brachiopodák. Gyakoriak a kalcitkristályokkal bélelt, vörös színű, finom kőzetliszt frakciójú törmelékkel kitöltött formák (oldási üregek?) (2.4.2. ábra), melyek keletkezésére vonatkozóan, a tudomány álláspontja ez idő szerint nem egységes. A Pisznicei Mészkőre a rétegfelszíneken agyagos, vörös színű Tüzkövesárki Mészkő települ. Jellegzetes ősmaradványa az ammonitesz. A mélyvízi mészkőben, önálló rétegek formájában vagy lencseszerű képződményként, sekélyebb vízből átülepített biogén törmelékanyagot (tengeri lilium váztöredéke, foraminiferák, apró csigák, kalcitos szivacsstűk, brachiopodák) figyelhetünk meg. Ez az anyag az elsüllyedt karbonátplatform viszonylag kiemeltebb helyzetű területeiről származhatott.



2.4.2. ábra: Kalcitcementtel és kőzetliszt frakciójú üledékekkel kitöltött, a rétegzéssel párhuzamosan oldott üreg. Felső-triász mészkő, Vörös-hídi kőfejtő (Mindszenty A. felvétele)

2.4.2. Tata, Kálvária-domb

A Kálvária-domb (2.4.3. ábra) geológiai jelentősége abban áll, hogy itt viszonylag kis helyen együtt tanulmányozható a Dunántúli-középhegység mezozoós rétegsorának jelentős része.



2.4.3. ábra: Tata, Kálvária-domb, Geológiai Természetvédelmi Terület helyszínrajza

1. álláspont A Kálvária alatti kőfejtő, felső-triász sekélytengeri, ciklusos mészkő (Dachsteini Mészkő).

Felépítése sokban hasonlít a Vörös-hídi kőfejtő felső-triászához. Az árapályöv alatti fehér, világosszürke üledékben itt is jellemzőek a foraminiferák, és a Megalodusok. A

Megalodusok néhol rétegszerűen feldúsulnak. Az árapályöv sárga, vörössárga hullámosan laminált algaszőnyegek itt is megtalálhatóak. A paleotalajokat esetenként a Vörös-hídi felső-triásznál már említett sötétszürke mészkőtörmelék és/vagy a talajosodási folyamatok során elváltozott algaszőnyegek képviselik. Jellemző, hogy az agyagos talajképződmények hiányoznak. Az itteni felső-triász rétegsor egyik fő jellegzetességét a rendkívül gyakori *oldódási jelenségek* adják. A Megalodusok héja kioldódott, és belsejüket több mm vastagságban hófehér szálas-sugaras, kalcitkristályokból álló „cement” béleli. A maradék üreget pedig sárgás-vöröses finomszemű üledék tölti ki (2.4.4. ábra). A kagylóhéjak oldódása mellett más típusú oldódási jelenségeket is megfigyelhetünk. Ezek főleg az alsó ciklusok árapályöv alatti üledékeiben találhatóak. Az 1-2 m hosszú, 8-10 cm magas, réteggel párhuzamos üregekben a kalcitcement-kiválás és a finom üledék lerakódása kétszer is ismétlődhet. A rétegsor másik jellegzetessége, hogy a felső-triász mészkövet töréses folyamatok során kialakult ún. „neptuni” **üledékes telérek** metszik. Ezek voltaképp üledékkel kitöltött hasadékok. Kitöltésük vegyes (finom és durva) törmelékanyag: a finom szemcseméret általában vöröses színű mészsizap, a durvább darabok a hasadékok faláról lerepedt szögletes mészkődarabok. Nagy kristályokból álló kalcitcement a durva törmelékdarabok környezetében jellemző. A triász és jura üledékek éles, eróziós felszínnel érintkeznek. Itt is, akár csak a Vörös-hídi kőfejtőben, megfigyelhető, hogy az eróziós felszín elmetszi a Megalodusokat.



2.4.4. ábra: A kioldott Megalodus-héjak helyét kalcitcement és/vagy finom üledék tölti ki. Felső-triász mészkő. Tata, Kálvária-domb (Lantos Z. felvétele)

2. álláspont A Kálvária alatti kőfejtő nyílttengeri (pelágikus) jura mészkőve. (*Pisznicei Mészkő*)

A felső-triász rétegsor eróziós felszínére települ. Alsó, közel egyméteres szakasza biogén törmelékben (csiga, ammonitesz, tengeri liliom, brachiopoda) gazdag mészkőpad, helyenként nagyméretű (több cm) bekérgezett szemcsékkel (**onkoid**okkal). Erre világos vörös mészkő települ, melynek alsó része gyengén rétegzett. A mészkőben megtaláljuk a triászból már jól ismert oldási formákat és neptuni teléreket is.

3. álláspont A természetvédelmi területen nyomozható *Kisgerecsei Márga*

Vastagsága a természetvédelmi területen 60-80 cm. A Pisznicei Mészkő kemény, visszaoldott felszínére települ. Vörös, gumós szerkezetű. A gumók közeit vörös színű agyag

tölti ki. Szabad szemmel látható fossziliák az ammonitesz kőbelek. Csiszolatban foraminiferák, tengerililiom-töredékek stb. is megfigyelhetők.

4. álláspont A természetvédelmi terület felső szintjén található **keményfelszín**.

Ez a keményfelszín a felső jura, alsó-kréta üledékek erodálódott üledékfelszíne, melyen több helyen 1-2 cm, de néhol 1-2 dm vastag vörös-sárga, tarka, zöld színű, valószínűleg bakteriális eredetű, ún. stromatolitos kéreg figyelhető meg. A kéreg néhány tized mm vastagságú meszes, foszfátos és apró törmelékes, vasas, glaukonitos (a glaukonit zöld színű vastartalmú hidroszilikát ásvány) hullámos lemezekből épül föl. Az aljzaton csöves férgek telepei figyelhetők meg. A mélyedésekben, az áramlások következtében összetöredezett összemosott szervezetek (Brachiopoda, Ammonites, Crinoidea, csiga, kagyló) fossziliáit találjuk. A vázak oldódása miatt ezek jórészt csak kőbelek. Helyenként pogácsaméretű, egyenetlen felszínű, félgömbszerű sárgásbarna foszfát (apatit) gumók is megfigyelhetők.

5. álláspont A természetvédelmi területen nyomozható kréta időszaki crinoideás mészkő (*Tatai Mészkő*).

A felső-jura, alsó-kréta rétegek tenger alatt erodálódott, lejtős felszínére települ a középső-kréta, kőzetalkotó mennyiségű, durvahomok-méretű Crinoidea-vázelemet tartalmazó, zöldesszürke színű mészkő. Alsó részén, az alatta lévő üledékek bekérgezett darabjai figyelhetők meg. A mészkő jól rétegzett. A biogén törmelék mellett sok jura és triász mészkőtörmelék, és kvarcsemcsét is tartalmaz.

6. álláspont A természetvédelmi területen feltárt tűzkő (*Lókúti Radiolarit*).

A középső-jura tűzkő alsó és felső határa is keményfelszín. Vastagsága a 0,8–1,2 m között váltakozik. Legjobb feltárása a felső bányaudvaron, a felszínen és ugyanitt a neolit tűzkő-bányában (ld. múzeumi kiállítás). A tűzkő színe barna, barnásszürke. Rétegei egyenlőtlen vastagságúak, a rétegek közeit meszes agyag tölti ki. A tűzkőben enyhe redőket/gyűrődéseket lehet megfigyelni. A redők érdekes jellemvonása, hogy csak a tűzkőre szorítkoznak. Az alatta és felette lévő rétegeket az alakváltoztató hatás nem érintette. Az ilyen jelenség mindig arra utal, hogy az alakváltozás a még lágy, nem-cementált üledékben ment végbe („szinszediment”, azaz az üledék felhalmozódásával egyidejű, nem utólagos deformáció). Jelen esetben a kutatók szerint valószínűleg egykori enyhe, tenger alatti lejtőn való üledékcsumlásra utal. A neolitikumi ősember szerszámokat és fegyvereket készített a kemény, de jól pattintható tűzkőből.

2.5. Függelékek

2.5.1. Bibliográfia

Adams A.E.–MacKenzie W. S.: A colour Atlas of carbonate sediments and Rocks Under the Microscope. Manson Publishing (1998), London, 180 p.

Báldi T.: Elemző (általános) földtan I.–II. ELTE Budapest, Egyetemi jegyzet. (1992) 797 p.

Császár G.: A gerecei és a vértés-előtéri kréta kutatás eredményeinek áttekintése. *Általános Földtani Szemle* 27(1995), 133–152.

Császár G.–Galác A.–Vörös A. (1998): A gerecei jura–fácies kérdések, alpi analógiák. *Földtani Közlöny* 128/2-3, 397–435.

Deák F. J.: A lábatlani Kecskő felsőtriász karbonátos paleotalaj szintjeinek paleopedológiai szempontú vizsgálata. ELTE TTK Alkalmazott és Környezetföldtani Tanszék, Szakdolgozat (1996) 50 p.

- Fogarasi A.: Üledékképződés egy szerkezeti mozgásokkal meghatározott kréta korú tengeralatti lejtőn a Gerecse hegységben–munkahipotézis.– *Általános Földtani Szemle* **27**(1995), 15–41.
- Fodor L.–Lantos Z.: Liász töréses szerkezetek a Nyugati-Gerecsében. – *Földtani Közlöny* **128/2-3**(1998), 375–396.
- Fülöp J.: Tatai mezozóos alaphegységgrögök. *Geol. Hung. ser. geol.* 16. (1975) pp. 1–225
- Galács A.–Monostori M.: Ósállattani praktikum. Tankönyvkiadó, Budapest, (1992) 664 p.
- Géczy B.: Óslénytan. Tankönyvkiadó, Budapest (1986), 474 p.
- Haas J.: Az Északi-Gerecse felsőtriász karbonát platform képződményei. *Földtani Közlöny* **125/3-4**(1995), 259–293
- Juhász Á.: Évmilliók emlékei. Magyarország földtörténete és ásványi kincsei. Gondolat, Budapest (1987), 562 p.
- Konda J.: Gerecse, Süttő, Vöröshídi-kőfejtő. Magyarország geológiai alapszelvényei (1988). MÁFI kiadvány.
- Lantos Z.: Gerecsei alsójura szedimentológiai vizsgálata. Kapcsolatok a liász tektonikával és ösföldrajzzal. ELTE TTK Alkalmazott és Környezetföldtani Tanszék, (1995) Szakdolgozat 136 p.
- Lantos Z.: Karbonátos lejtő – üledékképződés egy liász tengeralatti magaslat oldalában, eltolódásos vetőzóna mentén (Gerecse). *Földtani Közlöny* **128/2-3**(1997), 91–320
- Mindszenty A.: Diagenesztörténeti vizsgálatok a tatai Kálvária-domb felső triász szelvényében- ELTE TTK Alkalmazott és Környezetföldtani Tanszék, Kézirat (1992)
- Mindszenty A.–Deák F. J.: Karbonátos paleotalajok a gerecsei felsőtriászban. *Földtani Közlöny* **129/2**(1999), 213–248
- Sztanó O.: Durvatörmelékű üledékek gravitációs tömegmozgásai egy gerecsei alsókréta tengeralatti csatornakitöltő konglomerátum példáján. *Általános Földtani Szemle* **25** (1990), 337–360
- Véghné Neubrandt E.: A Gerecse hegység felsőtriász képződményeinek üledékföldtani vizsgálata. *Geol. Hung. Ser. Geol.* **12.** (1960) pp. 1–130
- Véghné Neubrandt E.: Triassische Megalodontaceae Entwicklung, Stratigraphie und Paläontologie. Akadémiai Kiadó, Budapest (1982), 526 p.
- Wright W. P.–Tucker M. E.: Calcretes. Blackwell Sci.Publ. Oxford (1991) 352 p.

2.5.2. Fogalomtár

Algaszönyeg: Az árapálysíkagon a kékeszöld algák fotoszintéziséhez kapcsolódó karbonátkiválás figyelhető meg. A nyálkás algalepelre finom üledék, ill. biogén törmelékanyag tapad. Így alakul ki a változóan hullámos, finomlemezes szerkezet, amit algagyepnek vagy algaszönyegnek nevezünk. A lemezes szerkezet mellett az algagyep másik jellegzetessége az ún. „madárszemszerkezet” (birds eye structure), amit az apró, rétegzéssel párhuzamosan megnyúlt, utólagosan cementtel (leggyakrabban kalcit, aragonit) kitöltött üregek okoznak. Az üregek száradási, zsugorodási folyamatok és/vagy a szerves anyag bomlása következtében képződő gázbuborékok hatására keletkezhetnek. Az algaszönyeg a triász Dachsteini Mészköben gyakran előforduló képződmény.

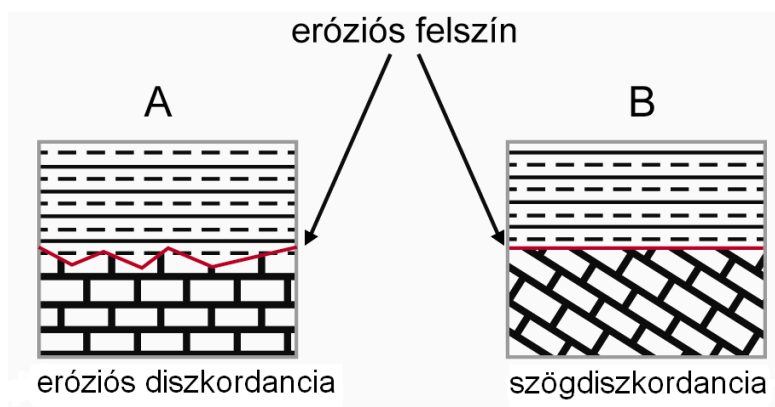
Bioturbáció: Az üledékanyagban a benne, ill. a felületén élő szervezetek ásó/turkáló tevékenysége következtében történő mechanikai keveredése. Az üledékes képződmények túlnyomó része rétegzett. Sok esetben a kezdeti rétegzettséget az üledék felszínén és az üledékben élő, ott táplálkozó szervezetek tönkreteszik. A laza üledéket homogenizálják, átdolgozzák, bioturbálják. Az egykori alapos bioturbáció tényére az üledék rétegzetlensége, ill. bizonyos jellegzetes fúrás- és ásásnyomok figyelmeztetnek.

Cementáció: A cementáció a köztetté válás (=diagenézis) egyik igen fontos folyamata. A lerakódott üledékszemcsék közötti teret (pórusokat) kitöltő oldatok (többnyire tengervíz, édesvíz

vagy a kettő keveréke) kémizmusának (pH, Eh, p, T, oldottion-tartalom stb.) megváltozásakor a belőlük kiváló szilárd fázis az egyes szemcséket, az üledéket összetapasztja, összecementálja. Elegendő hosszú időn át tartó, ismételt kicsapódás esetén a folyamat a pórusok teljes elzáródását is okozhatja. Leggyakoribb cementek a kalcit, a kova, és az FeO(OH) vagy Fe_2O_3 összetételű vasásványok (goethit, hematit, limonit). Ha a cementáció az üledéknek csak kis részére terjed ki, akkor különböző formájú és méretű háromdimenziós testek jönnek létre. Ezek az ún. konkréciók vagy gumók. Ilyen meszes kötőanyagú konkréción a löszben gyakori „löszbaba” is. A karbonátos kőzetekben leggyakoribb a különböző alakú kalcitkristályokból álló kalcitcement.

Diagenézis (kőzetté válás): Azon folyamatok összességét, melyek során a laza üledékből kőzet lesz, *diagenézisnek* nevezzük. A kőzetté válás során, az üledék tömörödik („kompaktálódik”), vastagsága csökken. A szemcsék és a szemcsék közötti tér aránya, a porozitás ugyancsak csökken. A kompaktáció és a cementáció eredményeként a laza üledék kemény lesz (*litifikálódik*). A biogén anyag fosszilizálódik.

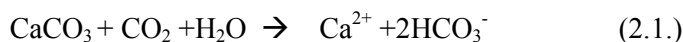
Diszkordancia: Az üledékképződés nem folytonos. Az üledékképződés szüneteiben az előzőleg lerakódott üledék kisebb nagyobb mértékben lepusztulhat, erodálódhat. Később erre a lepusztulási (eróziós) felszínre újabb üledékek rakódhatnak. A rétegek ilyen típusú egymásra települését nevezzük *eróziós diszkordanciának* (2.5.1. A ábra), az eróziós felszint pedig *diszkordanciafelületnek*. E felszín alatt és fölött a rétegek dőlése lehet azonos és lehet különböző. Ez utóbbi akkor következik be, ha az üledékképződés szünetében az előzőleg lerakódott üledékek deformálódtak (gyűrődés, törés). Ha a deformációt követően újra megindul az üledékképződés, a vízszintesen lerakódó üledék réteglapjai valamilyen szöget fognak bezárni a deformált üledék réteglapjaival. Ekkor beszélünk *szögdiszkordanciáról* (2.5.1. B ábra). Könnyű belátni, hogy az esetek többségében a szögdiszkordancia egyben eróziós diszkordancia is, ugyanez azonban fordítva nem szükségszerűen igaz: nem minden eróziós diszkordanciához tartozik szögeltérés.



2.5.1. ábra: Eróziós diszkordancia (A) és szögdiszkordancia (B)

Kalkrét: A talajtanból kölcsönvett kifejezés. A geológus kalkrétnak nevezi a CaCO_3 -nak a talajszelvényben, oldódás és cementatív újrakicsapódás révén történő felhalmozódását. Talajkalkrétről beszélünk, ha a mész a talajszelvényben lefelé migráló oldatokból válik ki, a talaj alsóbb szintjeiben. Talajvízkalkrét keletkezik, ha a CaCO_3 a $\text{Ca(HCO}_3)_2$ -ra nézve túltelített talajvízből válik ki. A sekélytengeri karbonátos környezet talajainak, paleotalajainak fő alkotórésze a kalkrét, ami általában szemiárid klímára (paleoklímára) utal.

Karszt: A karsztosodás valójában a karbonátos kőzetek mállása. A jelen körülmények között is zajló folyamat. A karbonátok tiszta vízben nagyon nehezen oldódnak. A természetben azonban az esővíz a levegőből és a talajból felvett CO_2 egy részével szénsavat alkot, amellyel való kölcsönhatás eredményeként a karbonátásványokból álló kőzetek már jól oldódnak. A karsztosodást szemléltető kémiai egyenlet az alábbi:



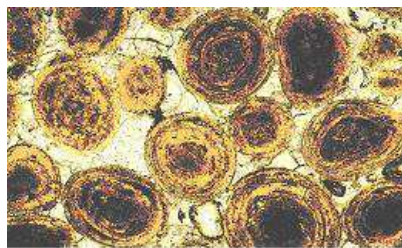
A karsztosodás a kőzetek repedései mentén halad előre. Az oldódás a repedéseket üregekké, barlangjáratokká alakíthatja át. Ha a fizikai/kémiai körülmények megváltoznak, akkor a karsztba beszivárgott vízből a beleoldódott mésztartalom kalcitként ismét kiválhat. Így keletkeznek a barlangok falán a cseppkövek. A cseppkövek az összefüggő karsztvízszint fölött (az ún. „vadózus” vagy „telítetlen”) zónában lejátszódó karsztosodási folyamatok termékei. Az állandó karsztvízszint alatt, az ún. „freatikus” (v. „telítetlen”) zónában zajló karsztosodást oldódási folyamatok, ill. a víz alatti üregek falát borító változatos megjelenésű, de soha nem cseppkő jellegű ásványkiválások jellemzik. A jelenlegi karsztvízáramlási rendszerektől már független, fosszilizálódott egykori karsztjelenségek (pl. üledékek vagy ásványi kiválásokkal kitöltődött karsztüregek) gyűjtőneve paleokarszt.

Keményfelszín: Az üledékfelhalmozódás hosszabb-rövidebb ideig szünetelhet. Ilyenkor az üledék felszíne oldódhat, és/vagy a felületére a vele érintkező vízből, kémiai kiválásként, különféle ásványok csapódhatnak ki, amelyek az üledéket cementálják. A cementanyag lehet kalcit, foszfát, glaukonit vagy vas–mangán-oxidos kéreg is. Az ilyen üledékfelszínt nevezzük keményfelszínnek („hardground”).

Ooid, pizoid, onkoid: Trópusi sekélytengeri környezetben erősen mozgatott vízben gyakori jelenség, hogy apró törmelékszemesek (pl. homokszem vagy héjtöredék) felületén CaCO_3 válik ki. Az állandó mozgatottság következtében a kiválás körkörösén megy végbe. Sok-sok ilyen mészkéreg kiválásából többé-kevésbé koncentrikus héjszerkezetet mutató gömb alakul ki. Neve ooid (2.5.2. ábra). Az ooidok átmérője kisebb, mint 2 mm. Az ennél nagyobb koncentrikus héjas felépítésű szemesek neve pizoid (2.5.3. ábra).

Az ooidok és pizoidok képződése is cementációs folyamatnak minősül, csak ebben az esetben a cementáció nem az üledéken belül a pórusokban, hanem az üledékfelszínen mozgó szemesek felületén válik ki.

Egyes nyugodtabb környezetben leülepedett, pizoid méretű, szabálytalanul koncentrikus szerkezetű szemesekről az alaposabb vizsgálatok kiderítették, hogy héjas szerkezetük nem kémiai kicsapódás, hanem mikrobiális tevékenység eredménye. Ezeket a bekérgezett szemeseket onkoidnak nevezik. (2.5.4. ábra). Az uralkodóan ooidokból, pizoidokból, onkoidokból álló kőzetek szövetének leírásakor az oolitos, pizolitos, onkolitos megjelölést alkalmazzuk.



2.5.2. ábra: Jelenkori ooidok a Bahamákról. Csiszolati felvétel. Nagyítás: 50x (Adams and Mackenzie, 1998)



2.5.3. ábra: Pizoid (alsó jura). Csiszolati felvétel. Nagyítás: 16x-os (Adams and Mackenzie, 1998)



2.5.4. ábra: Onkoid (középső jura). Csiszolati felvétel. Nagyítás: 10x-es (Adams and Mackenzie, 1998)

Üledékes telérek: Általános vélemény szerint az üledékgyűjtő fenekén tektonikai folyamatok révén létrejött változó szélességű és hosszúságú hasadékok, melyeket üledék és/vagy cement tölt ki. Gyakoriak a jura nyílt tengeri mészköveket átszelő, esetenként az alattuk lévő sekélytengeri karbonát platform típusú, triász mészkövekbe is benyúló hasadékok. A Dunántúli-középhegységben, számos helyen, így pl. a Gerecsében és a Bakonyban ismerünk ilyen képződményeket. Két típusukat szokás megkülönböztetni: a) neptuni telérek b) injekciós telérek.

A neptuni telérek (2.5.5. ábra) általában függőleges lefutású hasadékok, melyek szélessége a tatai területen több tíz cm, hosszirányban akár több tíz m-en keresztül is követhetők. A neptuni telérek tulajdonképpen tenger alatti repedések, melyek a felettük lévő egykori, még konszolidálatlan üledékekből gravitáció hatására lassan leszivárgott vagy hirtelen, eseményszerűen leülepedett anyaggal töltődtek ki. Az injekciós telérek a kőzetet szögletes blokkokra tagoló, maximum tíz cm-es szélességű, üledékkel kitöltött repedések hálózata. A kitöltő anyag változatos üledékjegyeket mutató breccsa és kőzetliszt finomságú mészsizap. Az injekciós telérek kialakulásának mechanizmusa a feltételezések szerint a következő: a töréses zóna környezete vízzel és iszappal átjárt. A töréses zónákban gyakori, eseményszerű szerkezeti mozgások pl. egy földrengés hatására kialakuló szeizmikus lökéshullám hirtelen annyira megnövelheti a vizes szuszpenzió nyomását, hogy a repedésekben lévő víz és iszap keveréke a nyomáslejtő irányába elmozdulni („kiszökni”) igyekszik. Eközben a kőzettest, gyengeségi zónái mentén, tovább töri/repeszt a kőzetet, és ezekbe az új repedésekbe is bepréselődik.



2.5.5. ábra: Neptuni telér triász mészkőben. Tata, Kálvária-domb (Lantos Z. felvétele)

Üledékgyűjtő: Az üledék végleges lerakódási és betemetődési helye. Ilyenek pl. a tavak és tengerek.

Paleotalaj: Az eltemetett ősi talajokat nevezzük paleotalajnak. A talajok ásványos összetétele jelentősen függ a környezeti hatásoktól, ezért a paleotalajok vizsgálatával esetenként információt szerezhetünk az egykor uralkodott környezeti viszonyokról (klíma, növényzet stb.) is. Sekélytengeri karbonátos környezetekben a hosszabb-rövidebb időre szárazra került karbonátos üledékek felszínén speciális, a megszokott szárazföldi környezetek talajaitól eltérő összetételű és felépítésű talajok képződtek. Ezek az ún. karbonátos paleotalajok (2.5.6. ábra), melyek kalkrétből és/vagy agyagból állnak. A talajosodott szintekben alapos vizsgálattal az oldódás és kicsapódás nyomait, oxidációs jelenségeket, szerencsés esetben gyökérnyomokat vagy a gyökerek által kifejtett **bioturbációs** hatás eredményeit (breccsás, foltos üledékszerkezet) ismerhetjük fel.



2.5.6. ábra: Kalkrétos paleotalajsíntek triász mészkőben. Tardos, Vöröshídi-kőfejtő (Mindszenty A. felvétele)

Pellet: A karbonátos lagúnákban gyakori iszapfaló szerkezetek apró, gömbölyded, finom mészsizapból álló ürülékét nevezzük pelletnek.

Réteg: A réteg a kőzet geometriailag planparalell síkok által határolt „lemezsel” közelíthető térbeli egysége. Az üledékes kőzetek jelentős része rétegzett: egymástól síkszerű felületekkel, ún. „réteglapokkal” határolt egységekből áll. Ez a réteges felépítés az üledékképződés során alakul ki. Az üledék lerakódása sem időben, sem pedig térben nem folytonos esemény. A réteglap valójában az egyes üledékképződési események során lerakódott üledék fosszilizálódott felszíne, geológiaiailag igen rövid (nem mérhető) szünetet reprezentál. A rétegeknek két fő típusa van:

A réteglapok párhuzamosak, ez az ún. párhuzamos rétegzés.

A réteglapok valamilyen szögben metszik egymást. Ezt nevezzük keresztrétegzésnek.

Sztilolit: A mészkőekben gyakorta észlelhető diagenetikus jelenség a koponyavarrathoz hasonló lefutású cikcakkos vonal, az ún. sztilolit. Az eltemetődő és lassan kőzetté váló üledékben a rétegerheléses nyomás hatására, kitüntetett pontokon oldódás indul meg (nyomásoldódás). Az ennek folytán oldatba kerülő karbonát az oldódás helyéről eltávozik és valahol másutt, általában ugyanazon kőzettesten belül ismét kicsapódik. Az oldhatatlan agyag vékony, filmszerű bevonat formájában az oldási felszínen marad. A sztilolitok zezugos lefutásának oka a kőzet inhomogenitása.

2.5.3. A területen előforduló legfontosabb kőzetek

A kőzeteket a geológia általában három nagy csoportba osztja: *magmás*, *üledékes* és *átalakult* (=metamorf) kőzetek. Mivel a Gerecse hegységet túlnyomó többségében üledékes kőzetek építik

föl, a másik két alaptípussal a továbbiakban nem foglalkozunk. Az üledékes kőzetek bonyolult osztályozási rendszerének ismertetésére sem térünk ki. Az egyszerűség kedvéért a területünkön előforduló kőzeteket a következőképpen csoportosítjuk:

Törmelékes üledékes kőzetek, melyek anyaga túlnyomórészt korábban lepusztult, változatos eredetű törmelékszemescséből áll (breccsa, konglomerátum, kavics, homok, kőzetliszt, lösz, agyag, bauxit).

Karbonátos üledékes kőzetek, melyek anyaga uralkodóan karbonát (mészkö, dolomit).

Keverékkőzetek jönnek létre a karbonátok és a finomtörmelék (agyag kőzetliszt) különböző arányú keveredésével (agyagos mészkö, mészmárga, márga, agyagmárga, meszes agyag).

Biogén üledékes kőzetek, melyek szerves anyag felhalmozódásából jöttek létre (tűzkő, kőszén).

1. Törmelékes üledékes kőzetek

A Gerecsében a következő törmelékes üledékes kőzetekkel találkozhatunk.

Agyag: A 0,002 mm-nél kisebb szemcséből álló üledékes frakció az agyag. A belőle képződött kőzet neve is agyag. Agyagfrakciót gyakran találunk, pl. homokokban, aleuritokban vagy akár karbonátos üledékekben is. Agyagüledékek a Gerecsében pl. a Tölgyháti kőfejtőben található jura időszaki mangángumós agyag vagy az oligocén Kiscelli Agyag, vagy a löszben található, fent említett vörösayagok.

Bauxit: Általában vörös színű, talaj jellegű málladék, mely trópusi klímán, magmás metamorf vagy üledékes kőzetek kémiai mállásával jön létre. A kőzetalkotó ásványok legnagyobb része kisebb, mint 0,001 mm. A vas és titán-oxid- és hidroxid ásványok együttes mennyisége több mint 50%. A bauxit az alumínium legfontosabb ércőzete. Hazánk bauxitjai, így a Gerecsében Nagyegyháza, Csordakút, Óbarok, Újbarok körzetében előforduló bauxit is karbonátos kőzetekre, azok karsztosodott felszínére települnek. Ezek az ún. karsztbauxitok.

Breccsa: A mállás során a kőzetek aprózódnak, darabokra esnek szét. Ha a szögletes, sarkos kőzetdarabkák, vagyis a törmelék rövid szállítás után, lényegi koptatódás nélkül rakódik le és cementálódik, akkor az így képződött kőzetet breccsának nevezzük. Ilyen breccsa pl. az ún. Felsővadácsi Breccsa, amely a Gerecsében a kréta időszaki törmelékes üledékes összlet legalsó (legidősebb) rétegeiben található. Felszínen pl. a Tardos melletti Szél-hegy vagy a Törökösbükk kréta rétegsorában tanulmányozható.

Homok/homokkő: Azt a törmelékes üledéket, melyben a kőzettörmelék döntő hányada a 0,03–1,0 mm szemcseátmérő-tartományba esik, homoknak nevezzük. A cementált homok a homokkő. Általában a homokhoz kavics és/vagy agyag is keveredik, a tisztán csak homokfrakcióból álló kőzet nagyon ritka. A hegység peremi részein (pl. Neszmély, Agostyán, Tinnye, Úny) a felszínen tanulmányozható homokokat találunk. Homokköveket a felszínen, pl. a lábatlani Kőszőrűkő bányánál (Lábatlani Homokkő) figyelhetünk meg.

Kavics: A mállás, aprózódás során keletkezett kőzettörmelék hosszú vízi szállítás során koptatódik, kerekítődik. Az ilyen kerekített kőzettörmeléket nevezzük kavicsnak, amit a Gerecsében, pl. a nyugati és északi peremterületeken a Duna-teraszok kavicsanyaga képvisel.

Konglomerátum: Ha a kavics cementálódik, szemcséit valamilyen ásványos kötőanyag „ragasztja” össze, akkor konglomerátumnak nevezzük. A lábatlani Bersek-hegy kőfejtőjében vagy a Kőszőrűkőbánya rétegsorában is találunk konglomerátumot, mely a kréta időszaki, Lábatlani Homokkő felső szakaszát képezi.

Kőzetliszt (aleurit): A 0,03–0,002 mm közötti szemcsetartományba eső kőzettörmelék a kőzetliszt (aleurit, iszap, silt). Cementált változata az ún. iszapkő vagy aleurolit. A Nyugati-Gerecsében csak fúrásból ismert a kréta időszaki Vértessomlói Aleurolit. Az oligocén Mányi Homokkő is jelentős mennyiségű aleuritot tartalmaz. Uralkodóan kőzetliszt méretű szemcséből áll a terület számos

útbevágásában feltárt sárga sárgásszürke lösz (ld. később) amelyet gyakran barna barnászörös agyagos paleotalajok tagolnak.

Lösz: A löszben is jelentős szerephez jutnak az agyagfrakcióba tartozó kőzet-, ill. ásványszemcsék. A lösz anyaga a jégkorszak idején a levegőből ülepedett ki, ezt az alapvetően „hulló pornak” minősülő üledéket azután a későbbiek folyamán meszes kötőanyag cementálta. A cementáció gyenge, a lösz kézzel jól morzsolható. A hegységben sok helyütt hegytetőkön, völgyekben ez a képződmény található a felszínen vagy közvetlenül a talaj alatt.

2. Karbonátos üledékes kőzetek

A Gerecse hegységben ezek a legnagyobb tömegben előforduló kőzettípusok.

Dolomit: A dolomit kőzet alapvetően a *dolomit* ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) nevű ásványból áll. A tengervízből dolomit csak akkor tud kiválni, ha a Ca^{2+} és SO_4^{2-} ionok mennyisége a tengervízben megszokott átlagértékhez képest valamilyen okból jelentősen lecsökken, ill. a Mg^{2+} mennyisége megnő. Ez a jelenség gyakran megfigyelhető egyes trópusi lagúnák lefűződött mészszipos területein. Az anhidrit (CaSO_4) nevű ásvány kiválása után a maradék tengervíz dolomittá alakítja a mészszipot. Nagy kiterjedésű sekélytengeri mészkőtestek dolomitósodása egyes kutatók szerint a következő folyamat eredménye: a partvidék felé áramló felszín alatti édesvíz és az üledék pórusaiban, a szárazföld felé áramló tengervíz keveredésekor a keverékvíz kalcitra telítetlen marad, míg a dolomitra nézve túltelítetté válik, így megindul a dolomitósodás. Ezt a feltételezést jamaikai és floridai jelenkori tengerparti megfigyelések is alátámasztják. A legújabb kutatások szerint fontos szerepe van a dolomitképződésben a mikrobiális aktivitásnak is. A Gerecse jelentős részét alkotó dolomit, pl. a középső-triász Budaörsi Dolomit és a felső-triász Fődolomit képződése is hasonló folyamat eredménye lehet.

Mészkő: A mészkő uralkodóan a CaCO_3 *kalcit* nevű ásványából épül fel. Mészkő képződhet az üledékgyűjtőben élő mészkiválasztó szervezetek közreműködésével és/vagy kémiai kiválás útján is. A forrásvízben vagy tavi környezetben képződött mészkő, az ún. édesvízi mészkő vagy *travertino* (olasz) vagy mésztufa. A Gerecse északi, északnyugati peremterületein sok édesvízi mészkövet ismerünk, pl. Süttő, Vértesszőlős, Tata. Süttőn ezt a képződményt több külfejtésben is bányásszák. Jól faragható, kedvelt díszítő- és építőkö. A legnagyobb tömegű mészkő a földtörténet során a tengerekben, a legkülönbözőbb környezetekben (sekélytenger, zátony, mélytenger) leülepedett mészszipból keletkezett. A Gerecseben nagyon szép példáját találjuk mind a sekélytengeri, mind pedig a mélytengeri környezetben lerakódott mészszipból képződött mészkőeknek. Az előbbi, pl. a legelterjedtebb gerecsei kőzet, a triász Dachsteini Mészkő, míg az utóbbit, pl. a gumós, jurakorú Tölgyháti Mészkő képviseli.

3. Átmeneti kőzetfélések

A mészszip és a finomtörmelék (agyag frakció) keveredése esetén különböző „keverékkőzetek” jöhetnek létre. Ha az agyagfrakció részaránya:

10–20% agyagos mészkő

20–40% mészmárga

40–60% márga

60–80% agyagmárga

80–90% meszes agyag a kőzet neve. Az arányok pontos mérésére természetesen csak laboratóriumi körülmények között van lehetőség, de tapasztalati úton, terepi vizsgálódás közben is jól megbecsülhetők.

4. Biogén üledékes kőzetek

Kőszén: A kőszén olyan üledék, melynek fő tömege szerves anyag, mely szárazföldi, főképpen magasabb rendű növényekből (fák, cserjék) származik. A szénkőzetek szerves anyaga eutrofizálódott tavakban, lápokban és tengerparti mocsarakban rakódhat le. A felhalmozódott, elhalt növényi maradványok először tőzegesednek. Az itt nem részletezett szénülési folyamat során

a tőzezből lignit, majd barnaköszén képződik. Kedvező feltételek mellett kellő gyorsaságú eltemetődés, oxigénszegény környezetben való lassú bomlás során a barnaköszén feketeköszénné, majd antracittá alakulhat. A Gerecsében található kőszének anyaga tengerparti mocsarakban rakódott le, és a szénülési folyamat során a barnaköszén állapotig jutottak el.

Tűzkő: Ritkán szárazföldi tavakban, illetve sekély, partközeli tengerrégiókban is képződhet, de leggyakrabban mégis mélytengeri medencék üledéke. A kovaanyag származhat a vízben oldott SiO_2 -ből vagy egyes kovavázú szervezetekből is. Ilyen kovavázú szervezetek az egysejtű sugárállatkák (radiolária), kovaszivacsok vagy a kovamoszatok. A gerecsei Lókúti Radiolarit anyaga a trópusi övben a tenger fenekén lerakódott radioláriák felhalmozódott kovavázából származik.

2.5.4. Feladatlapok

I. FELADATLAP**Tata, Kálvária-domb, 1. álláspont, bányaudvar**

1. Vázolja fel a bányaudvar falában észlelt kőzet(ek) tulajdonságait a következő alapvető szempontok alapján:

szín

keménység

rétegzés

rétegvastagság

ösmaradványok

oldódási jelenségek

kőzetalkotó szemcsék

(nagysága, eloszlása, gyakorisága, anyaga)

Sósavval milyen reakciót ad (pezseg, nem pezseg, gyengén pezseg)?

2. Vizsgálja meg kézinagyítóval a kőzet mállott felszínét.

Írja le, mit lát.

3. Állítson elő friss törési felületet kalapáccsal a kőzeten, és vizsgálja meg ismét kézinagyítóval. Mit lát?

4. Nedvesítse meg a kőzetmintát.

Mit tapasztal?

5. Mérjen rétegdőlést.

6. Nevezze meg a kőzetet.

7. Lát-e töréseket, repedéseket a bányafalon?

8. Milyen a geometriájuk (hosszúság, szélesség, elágazás)?

9. Mérje meg az irányukat.

10. Üresek, vagy kitöltöttek?

11. Ha kitöltöttek, jellemezze a kitöltések anyagát.

II. FELADATLAP**Tata, Kálvária-domb, 1. álláspont, bányaudvar**

1. Keresse meg a triász és jura képződményeket elválasztó felszín.
Jellemezze a határfelület mentén érintkező két kőzetet.
2. Jellemezze a triász és jura rétegeket elválasztó felszín.
3. Milyen jelenségeket tapasztal a határhoz közel eső, ahhoz képest rétegtanilag idősebb kőzetben?
4. Talál-e bizonyítékot arra, hogy a felszín mentén történt-e lepusztulás? Részletezze, hogy ez micsoda.
5. Rajzolja le a látottakat.
6. Mit gondol, milyen eseményre vezethetők vissza az észlelt jelenségek?

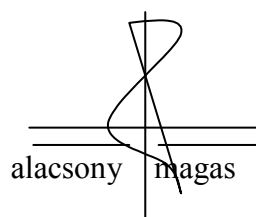
III. FELADATLAP

Tata, Kálvária-domb, 4. álláspont, a természetvédelmi terület felső szintjén található keményfelszín.

1. Mit hallott róla, miként keletkezhetnek a keményfelszínek?
2. Kíséreljen meg részletes leírást adni a látható kőzetfelszín jellegzetességeiről.
3. Lát-e biogén eredetű képződményt a felszínen?
4. Milyen ősmaradványokat ismer föl?
5. Milyen ezek megtartási állapota (pl. van-e héja)?

IV. FELADATLAP**Tardos, Vörös-hídi kőfejtő**

1. Vizsgálja a kőbánya rétegsorát.
Lát-e a rétegsorban oldódási jelenségeket?
2. Mekkora és milyen az alakjuk?
3. Milyen anyag tölti ki az üregeket?
4. Rajzolja le valamelyik jellegzetes oldásos üreget.
5. Mit gondol, mi lehet az oka, hogy ilyen üregek képződtek?
6. Mit gondol, mikor alakultak ki (az üledékfelhalmozódás idején, közvetlenül azután, vagy valamikor a jelenkorban)?
7. A bányafal rétegsora alapján rajzoljon rétegszlopot.
Javasolt méretarány: **1: 25**, azaz 1 cm a milliméterpapíron a valóságban 25 cm-nek felel meg.
8. Tüntesse föl a felismert ősmaradványok, oldódásos jelenségek és neptuni telérek rétegsorban elfoglalt helyzetét is.
9. A rétegsort alkotó üledékek jellegei és ősmaradványai alapján alkosson véleményt minden egyes elkülöníthető réteg lerakódási környezetéről, (nagyon sekély, sekély, mélyebb) és a rétegszlop mellé rajzoljon egy a relatív tengerszintváltozást szemléltető görbét.



V. FELADATLAP**Tardos, Vörös-hídi kőfejtő**

1. Keressen a rétegsorban paleotalajszi­nteket. Milyen eseményt jeleznek?
2. Hasonlítsa őket össze vastagság, kapcsolódó agyagréteg (van/nincs), felépítés (egy rétegből áll, vagy tagolt) szín, oldódási jelenségek stb. alapján.
3. A paleotalajszi­ntek tanulmányozása során megfigyelt-e valamelyik szint alatt breccsaréteget? Ha igen, milyen elképzelései vannak a keletkezéséről?
4. Próbálja csoportosítani a paleotalajokat.

I. FELADATLAP A MIKROSZKÓPOS MEGFIGYELÉSEKHEZ

Vizsgálja mikroszkópban polarizált fényben az árapályöv alatti mészkőből készült vékonycsiszolatot.

1. Homogén a kőzet szövete, vagy különböző méretű és alakú szemcsék különíthetők el?
2. Megfigyelhető-e a kőzetben a következő jellegzetes szemcsék közül valamelyik (oid, onkoid, pizoid)?
3. Lát-e ősmaradványokat, vagy azok töredezett vázelemeit?
4. Lát-e oldási üregeket? Kalcitcementtel, vagy finom szemű üledékkal kitöltöttek?
5. Rajzolja le a látottakat.

II. FELADATLAP A MIKROSZKÓPOS MEGFIGYELÉSEKHEZ

Vizsgálja mikroszkópban polarizált fényben az árapályöv algaszőnyeges üledékéből készült vékonycsiszolatot.

1. Milyen a kőzet szerkezete?
2. Milyen üregeket lát? Mi a kitöltésük?
3. Lát-e ősmaradványokat?
4. Rajzolja le a látottakat.

III. FELADATLAP A MIKROSZKÓPOS MEGFIGYELÉSEKHEZ

Vizsgálja mikroszkópban polarizált fényben az árapályöv fölötti kalkrétesedett üledékből készült vékonycsiszolatot.

1. Figyelje meg a kőzet szövetét. Homogén, vagy heterogén?
2. Lát-e a kőzetben szögletes vagy kerekített közetszemcséket, ősmaradvány-töredékeket?
3. Található-e benne kalcitcementtel kitöltött üreg? Milyen az üregek alakja?
4. Rajzolja le a látottakat.

IV. FELADATLAP A MIKROSZKÓPOS MEGFIGYELÉSEKHEZ

5. Mik a három kőzettípus fő szerkezeti és szöveti különbségei?
6. Próbálja a különbségek okára magyarázatot adni.

Lát-e különbséget?

3. HIDROGEOLÓGIA (MÁDLNÉ SZŐNYI JUDIT, ZSEMLE FERENC)

3.1. Bevezetés

A földi víz körforgalma a víz különböző formában történő cirkulációja a nagy vízrezervoárok az atmoszféra, a hidroszféra és a litoszféra között. A [hidrológia](#) tudománya a vízkörforgalom keretében zajló víztömegtranszport mennyiség-tani elemzésével és megértésével foglalkozik. Ezen az elemzésen alapuló vízmérlegszámítások képezik az alapját a vízkészletekkel való gazdálkodásnak. A hidrológia mellett számos más tudomány, így a meteorológia, a hidrogeológia is hozzájárul a [vízkörforgalom](#) vizsgálatához. Az előbbi a légköri, az utóbbi a litoszférában zajló folyamatokkal foglalkozik. Kiemelkedő jelentősége van a különböző rendszerek és alrendszerek közötti vízáradás megállapításának, hiszen a kvantitatív elemzések során ezek számbavételével tudjuk egy adott rendszerre, alrendszerre vonatkozóan a beérkező és kilépő vízmennyiségeket megállapítani, [vízmérleget](#) számítani és a rendszer hidrológiai állapotát hosszú távon prognosztizálni.

Mindezen túlmenően a vizes oldatok formájában zajló anyagtranszport is a [hidrológiai ciklus](#) „szállítószalagján” keresztül valósul meg. A folyókba kerülő szennyező anyagok így közvetett úton elszennyezhetnek felszín alatti ivóvízkészleteket. Erre példa, amikor 2004 és 2005 nyarán az Onyx Magyarország Kft. területéről, a Kenyérmezei-patakba bejutott szennyezők a tati Duna-ágba jutva már Esztergom [parti szűrésű ivóvíz](#) készleteit is veszélyeztették.

A [hidrogeológia](#) és a [hidrológia](#) határterületét képezi a [geohidrológia](#), amely a felszín alatti és felszíni vizek kapcsolatának mennyiség-tani elemzésével foglalkozik. Egy esetlegesen bekövetkező szennyezési helyzetben ezen elemzéseket is alapul véve lehet a szennyező anyag sorsát prognosztizálni, a veszélyeztetett folyószakaszokat, kutakat, forrásokat kijelölni. A gyakorlat keretében az Öreg-tó vizét az Által-érbe elvezető két csatorna vízhozamát elemezzük.

3.2. A vizsgálat elméleti hátttere – az Által-ér és földtani, hidrogeológiai környezetének bemutatása

Az Által-ér Komárom-Esztergom megye legjelentősebb vízfolyása. A Bársonyos dombvidéken, Pusztavám és Császárszék között ered és Bokod, Oroszlány, Kecskéd, Környe, Tatabánya, Vértesszőlős, Tata, Szomód érintésével, 53 km megtétele után ömlik a Dunába (3.2.1. ábra). Vízigyűjtő területe közel 120 km².

Az Által-ér Tata és Duna közötti szakaszának helyén egykor kiterjedt mocsárvilág terült el, a híres tatai forrásokkal együtt – hidrogeológiai értelemben – megcsapolódási területet képezett. Itt lépett felszínre a Gerecsében és a Vértes-hegységben beszivárgó vizek

egy része. Gróf Eszterházy József támogatásával Mikoviny Sámuel, korának híres matematikus-mérnök 1747 telén dolgozta ki tervét a mocsarak lecsapolására. Még ugyanezen év májusa és szeptembere között 500 árokásó munkás közreműködésével a vizeket az általa „Canalis molaris et derivatorius”-nak nevezett malom- és levezető csatornába kényszerítette. A tatai források egy részét 600 holdas tóban gyűjtötte össze. A levezető csatorna megépítésével a tatai tavak, források vizének biztonságos elvezetésére, valamint vízi szállítások – faúsztatás – céljára kínált megoldást.

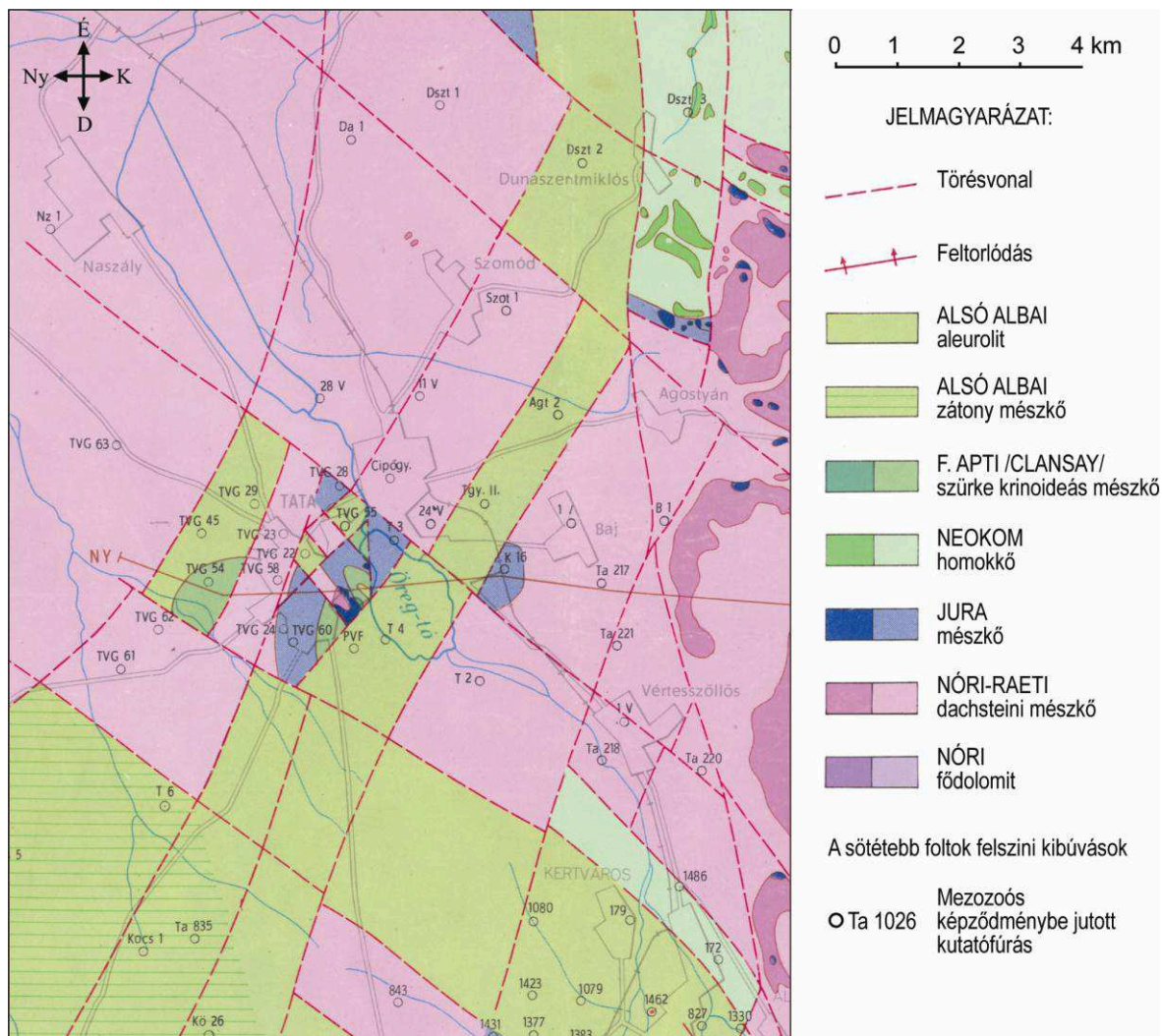


3.2.1. ábra: Az Által-ér folyásának domborzati térképe (Magyar Honvédség Térképészeti Hivatal, 1989)

A következőkben tekintsük át, hogy mi a források és az egykor kiterjedt mocsárvilág kialakulásának földtani, hidrogeológiai háttere. Ez a terület a Dunántúli-középhegység fő karsztvíztároló rendszerének – melyet több ezer méter vastagságú triász és alsó-jura korú karbonátos kőzetek alkotnak – egyik legjelentősebb természetes megcsapolódása. Az 1900-as évek elejéről származó becslések alapján az itt fakadó források vízhozama elérte a 30–32 m³/sec értéket. Ezek a források (30–40 nagyobb forrás) a mai Tata város belterületén, mintegy 10–15 km²-en, 142–119 mBf-en láttak napvilágot. Összetételüket tekintve 600–800 mg/l összes oldottanyag-tartalmú, 15–20 °C-os, közepes keménységű Ca–Mg–HCO₃-os, kissé kloridos-szulfátos jellegű langyos karsztvizek.

A terület legidősebb ismert alaphegységi képződményei a felső-triász Dachsteini Mészke Formáció és a fekéjében található Földolomit Formáció (3.2.2. ábra). A helyenként 1000 m-nél is vastagabb, jól karsztosodó kőzetek az egész Dunántúli-középhegység ÉK-i részének fő karsztvíztároló kőzetei. Tatán csak a Kálvária-hegyen jelennek meg kibúvás formájában. Ugyanitt jura és kréta időszerű mészkövek is előfordulnak. Ezeket a kőzeteket oligo-miocén agyagos-kavicsos rétegek, pannóniai üledékek, illetve pleisztocén agyag,

homokos agyag borítja. A pleisztocéntól kezdve forrasmésző teraszok is képződtek a langyos források tevékenységéhez kapcsolódva. A forrásfeltörések kialakulásában döntő szerepe volt a terület szerkezeti adottságainak, a töréssoroknak és a környező utánpótlódási területeknél jóval alacsonyabb térfelszínnek. Az Által-ér völgyének erózióbázis szerepe a negyedidőszak óta feltételezhető.

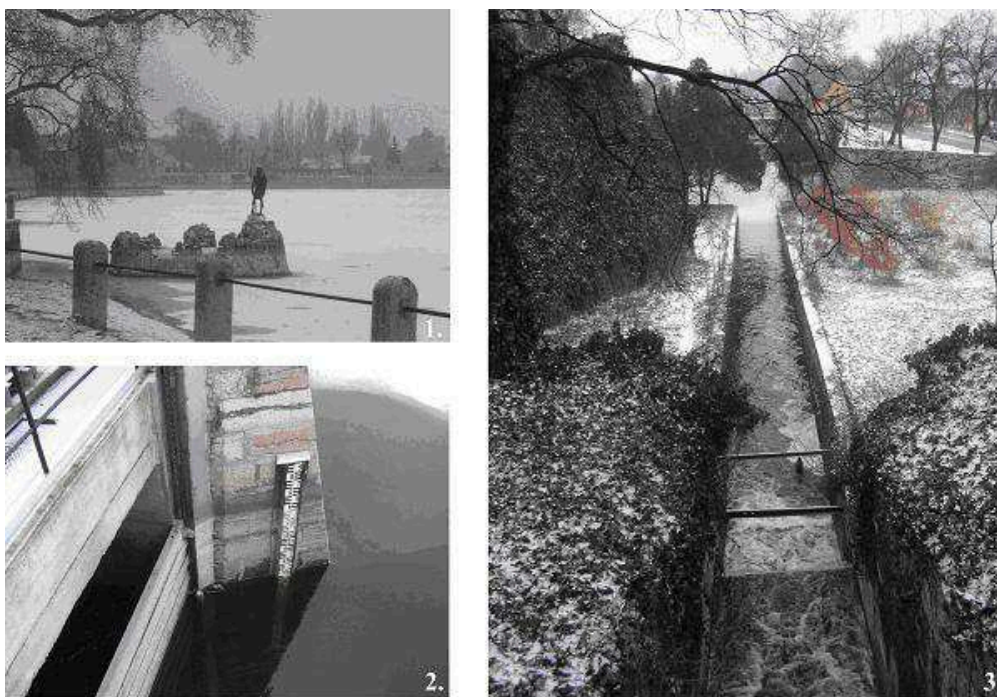


3.2.2. ábra: A Tata és a Duna között húzódó terület karsztvíztároló kőzetei (Forrás: Fülöp József és Császár Géza (1975): A Gerecse-hegység ÉNy-i előterének mezozoós alaphegységtérképe)

A korábbi évszázadokban Tata lakosságának vízellátása a forrásokra épült. Ez a közel természetes állapot a XX. század közepéig fennállt. Malmok, fürdők, parkok, halastavak hasznosították a karsztvizet. A Tatabánya környezetében zajló szénbányászat a XX. század második felétől kedvezőtlenül hatott a Tata környéki vízviszonyokra. A szénmező zavartalan termelhetősége érdekében mesterséges vízkivételekkel a természetes utánpótlódást meghaladó vízkivétellel megbontották a vízáramlási rendszerek természetes egyensúlyát. 1990-ig 30–50 m-es karsztvízszintcsökkenés következett be. Ez vezetett az 1961–1970 közötti időszakban a tatai források, és –1973–74-ben – a Dunához legközelebbi dunaalmási (108 mBf) források elapadásához. Fordulat akkor következett be, amikor 1990 januárjában az eocén programot leállították, bezárták a nagyegyházi bányüzemet és a vízkivételeket is lecsökkentették. A regeneráció 1990 és 2001 között 25 m volt és 2001-ben ismét „megszólalt” az első,

hosszú időre elapadt tatai forrás. A híres Fényes-forrás 2002 áprilisától kezdett ismét működni.

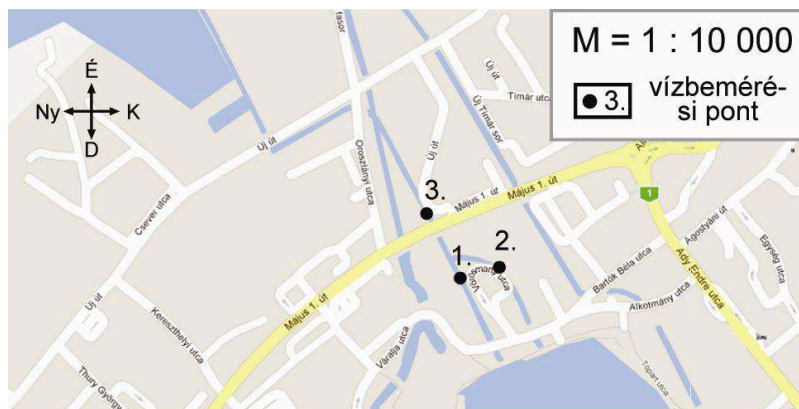
Az egykor kiterjedt Által-ér környéki mocsárvilág, számos vízimalom a folyó szabályozásával, a terület fokozódó benépesülésével és a mezőgazdasági területhasználat növekedésével mára csaknem teljesen eltűnt. Az Által-eret ma már csak keskeny sávban kísérik vizes élőhelyek, fűz-nyár ligeterdők, nádasok és zsombékosok. Az Által-ér táplálja a tatai, [Ramsari](#) területként számon tartott Öreg-tavat is, melynek szabályozott túlfolyásai szolgáltatnak vizet az Által-ér Dunáig terjedő szakaszának (3.2.3. ábra). Az Által-ér Környe és Dunaalmás közötti szakasza 2002 óta „Fontos Érzékeny Természeti Terület”, amely a még megőrződött növény- és állatvilág fennmaradását hivatott szolgálni.



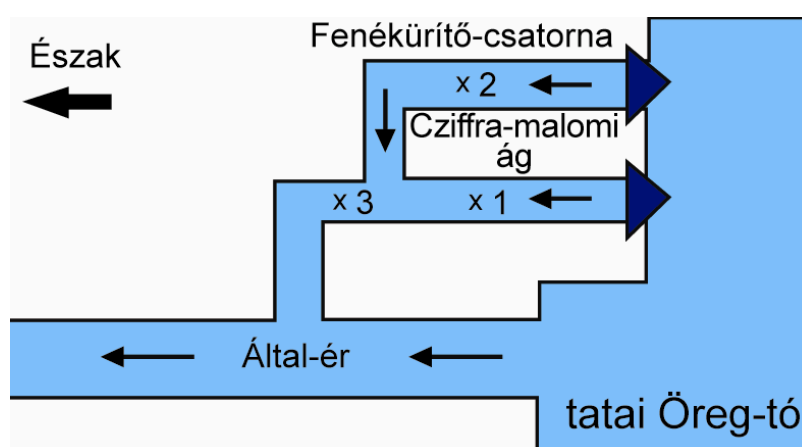
3.2.3. ábra: A tatai Öreg-tó (1.) és az Által-eret tápláló egyik, zsilippel (2.) szabályozott vízfolyás (3.)

3.3. A vízhozammérés célja, a belőle levonható következtetések

A Tata belterületén elvégzendő vízhozammérések (3.3.1. és 3.3.2. ábrák) célja a patakon, csatornákon történő vízhozammérési módszerek elsajátítása. Az évente megjelenő karsztvízszinttérképek alapján 2001-ben még 112 mBf-en volt a vizsgált csatornák és az Által-ér vizsgálendő szakasza alatt a karsztvízszint, míg 2003-ban már megközelítette a 120 mBf-et. Tehát a karsztvízszint fokozatos „visszatöltődésével” az Által ér ismét elnyeri korábbi, megcsapoló vízfolyás jellegét. A méréssel a folyóvíz és a felszín alatti víz kapcsolatának iránya is meghatározható. A vízhozammérésre a mederszelvény egyidejű felvétele mellett úszós és jelzőanyag vízsebességmérést alkalmazunk. A kétféle módszer alkalmazása egyúttal alkalmas a módszerek mérési pontosságának összevetésére is. A folyóvíz és a felszín alatti víz kapcsolatának megismerése fontos a patak vízhozamának és a patakba esetlegesen bekerülő szennyező anyag terjedésének prognosztizálása szempontjából.



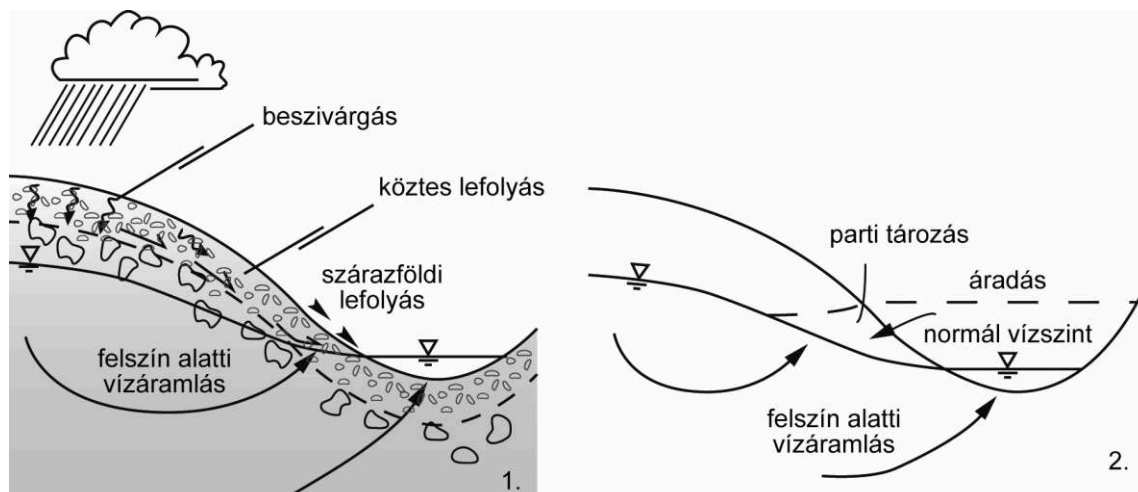
3.3.1. ábra: Térkép a vízhozammérési pontok feltüntetésével



3.3.2. ábra: Vázlat a vízhozammérési pontok feltüntetésével

3.4. A folyóvízi lefolyás és a felszín alatti vizek kapcsolata

Annak érdekében, hogy megítélhessük a folyóvíz és a felszín alatti vizek kapcsolatát, tisztában kell lennünk a lehetséges helyzetekkel. Csapadékos éghajlaton általában a folyóvíz csapolja meg a felszín alatti vizeket (3.4.1. ábra). A folyóba a víz mederszivárgás révén kerül. Csapadékos időszakban ehhez hozzájárul a [köztes lefolyás](#) és a felszínen keresztüli lefolyás is a közvetlenül a folyóba hulló csapadék mellett. Hosszú, száraz, csapadékmentes időszakban a felszín alól származó vízhozam adja a folyók alapvízhozamát. A folyóba a felszín alól bekerülő vízhozam egyenesen arányos a nedvesített mederkeresztmetszettel, a mederüledék [vízáteresztő képességével](#) és a felszín alatti víztükör lejtésével, a [hidraulikus gradienssel](#). Kis gradiens kis vízhozamot eredményez. Nagyobb hidraulikus gradiens mellett nagyobb a szállított hozam, mélyebb a meder. Alapvetően megcsapoló jellegű folyó is táplálóvá válhat az áradások alkalmával, így a folyóból kilépő vízhozam a part közeli mederbe kerül.



3.4.1. Folyóvíz és utánpótlódása nedves klímán (1.) (Watson & Burnet, 1995); folyóvíz és felszín alatti víz viszonya áradás idején (2.)

Száraz klímán a folyókat elsődlegesen a **felszíni lefolyás** táplálja, de a **köztes áramlás** is jelentősen hozzájárul a folyók vízhozamához. Itt a folyó rátáplál a felszín alatti vizekre, a táplálás mértéke függ a vízmélységtől és az allúvium átteresztő képességétől.

3.5. Vizsgálati módszerek

A vízhozam – egészen kis vízfolyásoktól eltekintve – közvetlenül nem mérhető. A legtöbb vízhozam-meghatározás közvetett úton, a vízsebesség és a vízzel borított (nedvesített) áramlási keresztmetszvény, továbbiakban keresztmetszvény területének mérésén alapul.

A vízsebesség mérésére számos módszert, eljárást dolgoztak ki. A legismertebb ezek közül az úszókkal történő mérés, a forgóműves sebességmérők alkalmazása, mesterséges jelzőanyagok használatán alapuló mérés, ultrahangos vízsebességmérés stb. A Magyarországon érvényes szabvány (MI-10-231-4:1986) a forgóműves vízsebességmérés mint a legáltalánosabban használt eljárás mellett a jelzőanyag mérést ismeri el.

A vízfolyások keresztmetszvényében a vízsebességek értékei térben és időben változnak. Ezért a vízhozam lehetőség szerinti legpontosabb meghatározása érdekében a keresztmetszvény minél több pontjában szükséges a vízsebességet meghatározni, az ebből számított részhozamok összegzése adja a keresztmetszvény teljes vízhozamát. A gyakorlati kivitelezés érdekében a vízfolyás keresztmetszvényét megfelelő sűrűségű mérési függélyre osztjuk. A mérési függélyek távolsága a víztükör szélességének növekedésével nő (2 m-es szélességnél 5 cm, 500 m-es szélesség felett 10 m). E függélyek menti sebességmérések alkalmasak a függély-középsébség meghatározására, mert a függély-középsébség elég hosszú idő alatt állandó marad. A függélyek által lehatárolt szelvények és a függély-középsébségekből számított szelvény-középsébségek felhasználásával számítható ki a szelvény menti vízhozam a következő módon:

$$Q_{isz} = v_{isz} A_{isz}, \quad (3.1.)$$

ahol

Q_{isz} az „i” szelvényen átáramló víz mennyisége (m^3s^{-1}) és
 v_{isz} szelvény menti középsébség (ms^{-1}).

$$A_{isz} = d_{isz} l_{isz}, \quad (3.2.)$$

ahol

d_{isz} a szelvény menti átlagmélység (m),

l_{isz} a szelvényt szakasz hossza (m) és

A_{isz} a szelvény területe (m²).

A szelvény menti középsebességet (v_{isz}) és a szelvény menti átlagmélységet (d_{isz}) a szelvényt határoló függélyek sebességének (v_i), ill. mélységének (d_i) átlagolásával kapjuk. A szelvény menti vízhozamok (Q_{isz}) összegzésével kapjuk meg a teljes vízhozamot.

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_{isz}, \quad (3.3.)$$

ahol

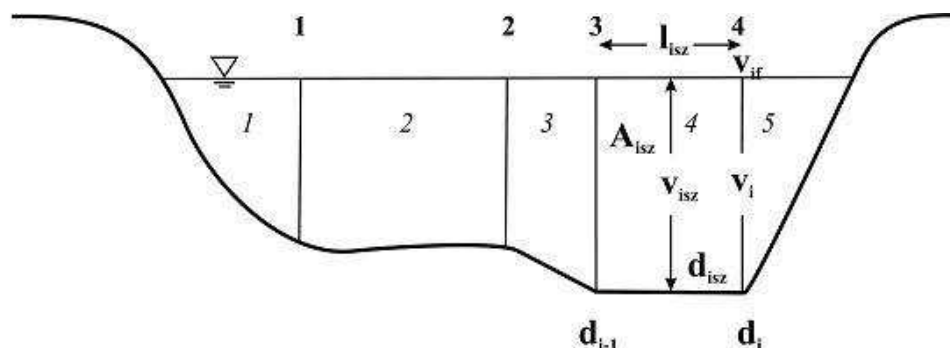
Q a keresztmetszvényen átáramló teljes vízhozam (m³s⁻¹) és

n a függélyekkel elválasztott szelvények száma.

3.5.1. Felszíni vízsebességmérés úszóval

A vízsebességmérés legegyszerűbb – műszert nem igénylő – megoldása úszóval történik. Minden felszínen úszó tárgy: alma, mandarin, levél, faág alkalmas a felszíni vízsebesség mérésére. Csak olyan helyeken alkalmazzuk, ahol nem áll rendelkezésre megfelelő felszerelés, műszer, és megelégszünk a szelvény menti középsebesség és a vízhozam közelítő értékeivel. Ugyanakkor kitűnően használható oktatási céllal, hiszen minimális az eszköz-igénye, és a mérés elve könnyen megérthető középiskolásoknak is.

Az első lépés a keresztmetszvény felmérése. A víztükörszélesség és a mederváltozékonyság ismeretében történik a mérési szelvények lehatárolása függélyekkel (3.5.1. ábra).



Jelmagyarázat: 3 – függély sorszáma, 2 – szelvény sorszáma, v_{if} – függélyre vonatkozó felszíni vízsebesség, v_i – függély középsebessége, d_i – függély mélysége, l_{isz} – szelvényt szakasz hossza, d_{isz} – szelvény menti átlagmélység, v_{isz} – szelvény menti középsebesség, A_{isz} – szelvény területe

3.5.1. ábra: Vízfolyás-keresztmetszvény mérési függélyei és szelvényei a konkrét mérési feladatnál használt paraméterekkel

A függélyek helyét a mederben fapóznákkal rögzítjük. Megállapítjuk a mérési szelvények adatait (függély mélysége: d_i , szelvény menti átlagmélység: d_{isz} , szelvényt szakasz hossza: l_{isz}) (3.5.1. ábra). Kijelöljük az úszók várt beérkezési szelvényét a folyómederre merőlegesen, megmérjük távolságát az indítás helyétől. Ezt követően minden egyes függélynél elindítjuk az úszót. Az eltelt időt stopperórával rögzítjük. A megtett út és az

eltelt idő hányadosaként minden egyes függélyre vonatkozóan kiszámolható a felszíni vízsebesség (v_{if}).

A függély-középsébséget (v_i) a (v_{if}) felszíni vízsebességből a következő összefüggéssel számíthatjuk:

$$v_i = 0,85 v_{if} \text{ (ms}^{-1}\text{)}. \quad (3.4.)$$

A függély-középsébségekből a határoló függélyek (v_{i-1} és v_i) segítségével a szelvény menti középsebesség (v_{isz}) kiszámítható. A szelvény menti hozamot Q_{isz} a (3.1.) és (3.2.) összefüggés, a teljes hozamot (Q) a (3.3.) összefüggés alapján számíthatjuk ki.

Még egyszerűbb megközelítéssel, a függélyek mentén észlelhető maximális felszíni vízsebességből (v_{ifmax}), közvetlenül is kiszámíthatjuk a teljes kereszt-szelvény középsebességét (v):

$$v = 0,75 v_{ifmax} \text{ (ms}^{-1}\text{)}. \quad (3.5.)$$

Ebben az esetben a kereszt-szelvényen átáramló teljes hozam (Q) a következőképpen számolható:

$$Q = v A \text{ (m}^3\text{s}^{-1}\text{)}, \quad (3.6.)$$

ahol

v a teljes kereszt-szelvény középsebessége (ms^{-1}) és

A a teljes kereszt-szelvény területe (m^2).

A két eredmény összehasonlításából megtudhatjuk, hogy a felszíni vízsebességmérést a maximális függély menti felszíni vízsebességmérésre korlátozva és ebből a teljes kereszt-szelvény középsebességét kiszámolva, a számolt vízhozam mennyiben tér el attól, ha a mérést valamennyi függélyben elvégezzük és a függélyek által lehatárolt szelvényekre számolt hozamokat összegezzük.

A módszer gyors, a középiskolás tanulók által is könnyen elvégezhető, de eredményei tudományos kutatási célokra nem használhatók.

3.5.2. Híguláson alapuló vízhozammérés mesterséges nyomjelző anyaggal

Az egyik legjobban alkalmazható módszer a felszíni vízfolyások hozamának mérésére a mesterséges nyomjelzők használata. A mérés alapelve, hogy a vízfolyásba nyomjelző anyagot juttatunk, melynek mérjük a fokozatos felhígulását, és ebből számítjuk a vízhozamot.

A mérés alapfeltétele a nyomjelző anyag teljes mértékű elkeveredése a patak vagy a folyó vizében, viszonylag kis távolságon belül. Ellenkező esetben a nagy szállítási idő jelentősen befolyásolná a mérés körülményeit, illetve megnövelné a bejuttatandó nyomjelző anyag mennyiségét. Az injektálás és detektálás közötti szakaszon nem lehet a patakba történő hozzáfolyás és elfolyás sem. A vízfolyás kevésbé gyorsan mozgó – stagnáló részeit – célszerű elkerülni. A lassan csordogáló patakok vízhozammérésére a módszer nem alkalmas a nem kielégítő keveredés miatt.

A mesterséges nyomjelző anyagok alkalmazhatóságának legfontosabb követelményei:

- környezetre jelentéktelen hatást gyakoroljon (nagy ökológiai tűrőképesség),
- a nyomjelző anyag háttérkoncentrációja a vízfolyásban nagyon alacsony értéken legyen,
- jó oldhatóság,
- a vízben lebegő részecskéken ne történjen adszorpció,

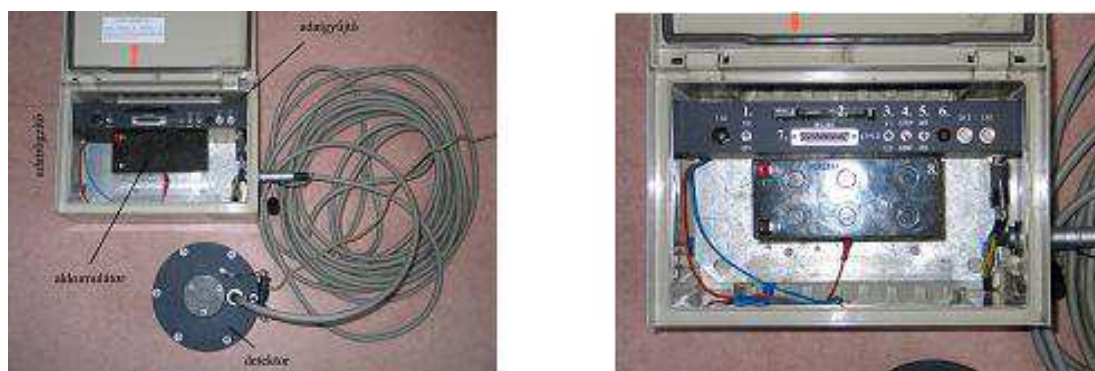
- nagy kémiai stabilitás.

Mindegyik nyomjelző anyagnak megvan az előnye és hátránya. A konyhasó (NaCl) is alkalmas lehet vízhozammérésre egészen 1 m³/s vízhozamig, kivételes esetekben 5 m³/s hozamnál is. Hátránya, hogy nagyon nagy mennyiségben kell a patakba juttatni a megfelelően detektálható koncentráció elérése érdekében.

A legfontosabb nyomjelző anyagok, amelyek vízhozammérésre korlátozás nélkül alkalmazhatók a fluoreszcein (uranin), szulfurodamin, Tinopal CBS-X. A fluoreszceint használják a legszélesebb körben, előnyös tulajdonságainak köszönhetően. Rendkívül jól oldódik, kimutatási határa nagyon alacsony, ezért néhány (tized) gramm injektálása is elegendő a detektáláshoz. Hátránya, hogy fény hatására bomlik.

3.5.3. GGUN-FL Fluorometer

Az előzőekben említett, az opaleszcencia* jelenségét mutató nyomjelző anyagok – pl. fluoreszcein, tinopal – mérésére alkalmas eszköz a GGUN-FL Fluorometer. A műszer két részből áll, a vízfolyásba helyezhető detektorból, amelyet egy 15 m hosszú vízhatlan kábel köt össze a parton elhelyezett adatrögzítővel (3.5.2. ábra). A detektoron a víz – és a benne oldott nyomjelző anyag – akadálytalanul átfolyhat. Méréskor a sugárforrásból származó, adott hullámhosszú fényvel (gerjesztési hullámhossz) világítják meg a detektoron átfolyó vizet. A kibocsátott fluoreszcens fény intenzitását egy színszűrővel kiválasztott hullámhosszon mérik egy fényérzékelővel. Az így kapott jelet a berendezés elektromos jellé alakítja, felerősíti, és a kábelen keresztül bejuttatja az adatrögzítő egységbe. A jel erőssége arányos az átáramló nyomjelző anyag koncentrációjával. Az adatrögzítő egy adatgyűjtő egységből és egy akkumulátorból áll (3.5.2. ábra). Az utóbbi biztosítja az eszköz működéséhez szükséges energiát. Az adatokat hordozható számítógépben is könnyen olvasható memóriakártya tárolja (3.5.2. ábra). A berendezés jellemző műszaki paramétereit a 3.1. táblázat tartalmazza.



3.5.2. ábra: A GGUN-FL fluorometer fő részei és az adatrögzítő felépítése:

1. ki-be kapcsolás, 2. memóriakártya, 3. gerjesztés tartomány-választás, mérési idő beállítása, 4. memóriakártya írása (mérésnél), olvasása (az adatok betöltésénél), 6. mérésnél felvillanó lámpa, 7. RS-32-es csatlakozás (összekötés a számítógéppel), 8. akkumulátor

* Az **opaleszcencia** tejszerű fényjelenség. A fényszóródás során elsősorban rövidhullámú, pl. a kék fény szóródik. A kék sugarak erősen, a vörösek és sárgák kevésbé szóródnak, inkább áthaladnak.

DETEKTÁLHATÓ NYOMJELZŐ ANYAG	FLUORESZCEIN
kimutatási határ	0,05 ppb*
mérési határ	500 ppb
mérési gyakoriság	4 perc vagy 10 másodperc
reproduktivitás	99%

3.1. táblázat: A GGUN-FL fluorometer jellemző műszaki tulajdonságai

*ppb: parts per billion (10^{-9})

3.6. A mérési feladatok

A méréseket az Öreg-tóból kifolyó Fenékürítő csatornán és a Cziffra-malomi ágon, valamint azok összefolyásánál (mielőtt az Által-érbe jut) hajtjuk végre, Tata belterületén (3.3.1. ábra). Egy hallgatói csoportnak egy mérési helyen kell csak dolgoznia. A feladat vízhozammérés: 1) felszíni vízsebesség meghatározásával, 2) fluoreszcein felhasználásával. A mérésekről jegyzőkönyv készül (3.6.1. ábra), ennek alapján kell végrehajtani a mérési pontra vonatkozó feladatokat: vízhozamszámítások, 3) különböző módszerrel kapott eredmények tárgyalása, értelmezése. Végezetül valamennyi hallgató megkapja a három mérési pontra vonatkozó – nyomjelző anyag (fluoreszcein) alkalmazásával számított – vízhozameredményt egy táblázatban. 4) Ezeket kell összevetni és diszkutálni, hogy a mellékágakon mért hozamok hogyan viszonyulnak az összefolyásnál mért vízhozamhoz.

3.6.1. Vízhozammérés a felszíni sebesség meghatározásával

A vízhozammérést a 3.5. fejezetben leírt módon kell végrehajtani. A méréshez szükséges felszerelés: apró fadarabok mint úszók; stopper; mérőrúd és mérőszalag; magas szárú gumicsizma; fapóznák (4 db), kalapács. A függélyek számát az egyszerűség kedvéért előre meghatározzuk. Négy függély mentén végezzük az úsztatást, az úsztatási távolság minden esetben 30 m.

A szelvények (5 db) területének meghatározásánál (3.5.1. ábra), a két szélső szelvényt (1. és 5.) háromszögmént, a 2–3–4. szelvényt pedig téglalapként kezeljük. A Q_{isz} , azaz a szelvény menti hozam megállapításakor az 1. és az 5. szelvény esetében a v_1 és a v_4 és d_1 , d_4 értékeket használjuk. A közbenső szelvényekre az egyszerűsítés érdekében a határoló függélyek középsebességeinek (v_{isz}) átlagával és a szelvény menti átlagmélységgel (d_{isz}) számolunk:

$$v_{isz} = \frac{v_{i-1} + v_i}{2}, \quad (3.7.)$$

$$d_{isz} = \frac{d_{i-1} + d_i}{2}. \quad (3.8.)$$

3.6.2. Vízhozammérés fluoreszcein felhasználásával

A méréshez olyan mederszakaszt kell választanunk, ahol a víz gyorsan áramlik és a növényzet visszatartó szerepe elhanyagolható. Ez elősegíti a nyomjelző anyag akadálytalan elkeveredését. Ez a feltétel az Által-éren kijelölt valamennyi mérési pontnál teljesül.

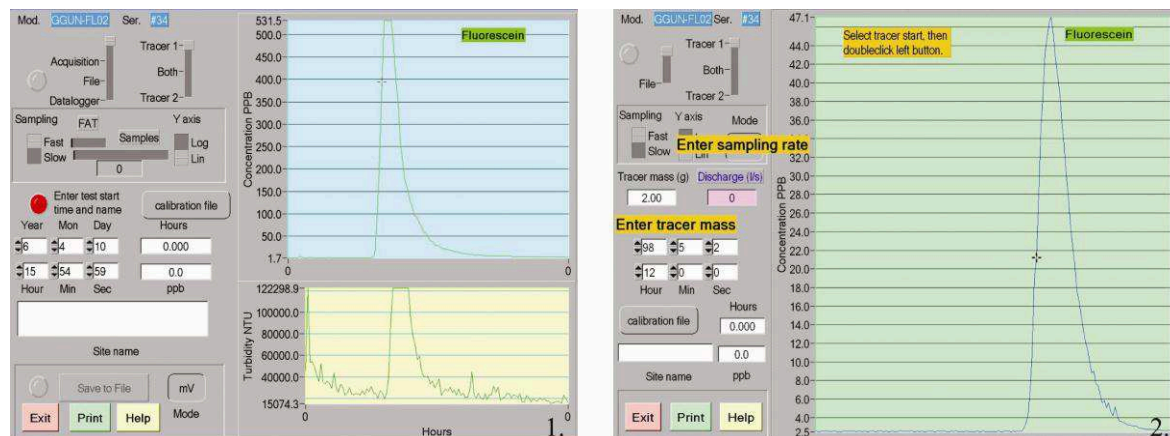
A vízhozammérést előre feloldott fluoreszcinnel végezzük, a 3.5.3. fejezetben ismertett GGUN-FI fluorometer mérőberendezéssel. A mérés megkezdése előtt a detektort a kábel segítségével összekötjük az adatgyűjtő egységgel, ügyelve arra, hogy a csatlakozót ütközésig betoljuk. Az előre feltöltött 12 V-os akkumulátort – polaritásának megfelelően – összekötjük az adatgyűjtővel. Ezután a detektort a patak sodorvonalába helyezzük, úgy, hogy az teljes mértékben a víz alá merüljön. Ezzel biztosítjuk, hogy a víz akadálytalanul tudjon átfolyani az optikai egységen.

Az időbeli koncentrációváltozás folyamatos megfigyelése hordozható számítógéppel valósítható meg: a laptopot és az adatgyűjtő egységet soros-RS32-es kábellel összekötjük, majd a GGUN FI Field Fluorometer és a Discharge Utility szoftvereket elindítjuk (3.6.1. ábra). A programban kiválasztjuk, hogy a „TRACER 1” (= jelzőanyag 1)-et (fluoreszcint) akarjuk mérni. Beállítjuk a mérési gyakoriságot: „FAST” (= gyors) (10 másodperc), majd elindítjuk a mérést az „ACQUISITION” (= adatgyűjtés) gombbal. Az újonnan megjelenő ablakban már a nyomjelző anyag időbeli koncentrációváltozását tudjuk nyomon követni grafikonon és táblázatos formában („TIME” [= idő] és „DYE 1 [PPB]” (= festék 1 [ppb]) oszlopokban).

A mérés megkezdése előtt az adatrögzítőn (3.5.2. ábra) is be kell állítani a detektálási paramétereket. A memóriakártyát nem írásvédett állásban helyezzük be a foglalatba. A műszert „WR” (WRITE = írás) állásba tesszük. A 10 másodpercenkénti fluoreszcin nyomjelző anyag méréshez a kapcsolókat „L1” és „CONT” állásba toljuk. Végül a műszert bekapcsoljuk. Az adatgyűjtő helyes működését a 10 másodpercenként felvillanó piros lámpa és kattánás jelzi. A műszer bekapcsolásával egy időben a számítógép képernyőjén is megjelennek az első értékek.

A mérés elindítását követően a vízhozam mértékének függvényében a helyszínen megállapított fluoreszcinmennyiséget (0,5–2 g) a detektor feletti 20-30 m-es mederszakaszon a vízbe juttatjuk. Természetesen az injektálási távolságot a nyomjelző anyag teljes elkeveredésének valószínűsítése alapján állapítjuk meg. A jellegzetesen sárgászöld fluoreszcin csóva eléri a detektort. Ekkor a monitoron a koncentráció gyors növekedését figyelhetjük meg, majd a csóva elhaladtával az érték tetőzése után egy folyamatosan lecsengő görbét kapunk. Mintegy 15-20 perccel a kísérlet megkezdése után a nyomjelző anyag koncentrációja visszatér az alapértékre, a mérést befejezzük. Az adatgyűjtő egység (3.5.2. ábra) memóriakártyáját írásvédett állásba tesszük – ezzel megakadályozva az esetleges adatvesztést – és a műszert kikapcsoljuk.

Az eddig „WR” állásban lévő kapcsolót pedig „RD” („READ” = olvasás) pozícióba tesszük, ezzel előkészítjük az adatok memóriakártyáról való letöltését. A számítógépen GGUN FI Field Fluorometer programban is leállítjuk a mérést: „STOP ACQUISITION” (= adatgyűjtés leállítása), majd az adatgyűjtővel létesítünk kapcsolatot: „DATA LOGGER” (= adatgyűjtő). Az adatgyűjtőről elkezdjük az adatok letöltését, majd az eredményeket elmentjük: „SAVE TO FILE” (= file elmentése) (3.6.1. ábra).



3.6.1. ábra: A GGUN-FI Field Fluorometer* program (1.) és a Discharge Utility** program (2.) kezelőfelülete a beállítandó paraméterek kiemelésével

*Field Fluorometer – fluoreszcenciát mérő terepi műszer

**Discharge Utility – vízhozam-meghatározás

A hozam számítása a Discharge Utility című programmal történik (3.6.1. ábra). A „FILE” gombra kattintva megnyitjuk az előbb elmentett adatokat: a *memocard.dat*-ot. Ekkor megjelenik a nyomjelző anyag időbeli koncentrációváltozását ábrázoló görbe. Először is ki kell választanunk a fluoreszcenciát a „TRACER 1” parancssal, majd a mintázási gyakoriságot „SAMPLING” (= mintázás), (FAST = gyors). Ezután beírjuk az injektált nyomjelző anyag mennyiségét a megfelelő rubrikába (TRACER MASS = jelzőanyag tömege), végül a beérkezési görbe kezdetét és végét kijelölve megkapjuk a hozamot (DISCHARGE = vízhozam). Maga a program a görbe alatti terület integrálásával számol összmennyiséget, a bejuttatott nyomjelző anyag és az eltelt idő függvényében pedig hozamot.

3.6.3. Feladatok

Az (1)–(2)–(3) feladatok végrehajtása a terepgyakorlat idején történik, a (4) feladat utólagosan elvégezhető.

- (1) „Mérési jegyzőkönyv” felvétele a helyszínen a mérési helyre vonatkozóan: (3.6.2. ábra)
- Rajz a mederszelvényről: természetes vagy mesterséges szakasz, növényborítottság mértéke.
 - A vízsebességméréshez felvett keresztmetszvény helye, úsztatási távolság.
 - A fluoreszcenciával történő mérés során a bejuttatás helye, detektálás helye.

(2) Készítsen vázlatot a mederszelvényről!

- Vegye fel a szelvény méreteit a 3.5.1. ábra alapján!
- Számítsa ki a teljes keresztmetszeten átáramló hozamot a felszíni vízsebesség mérési eredményei alapján (3.6.2. ábra):
- a szelvény menti középsebességek (v_{isz}) segítségével: (Q_1)
- a teljes keresztmetszvény-középsebesség (v) felhasználásával: (Q_2)
- tárgyalja az eredményeket!
- Töltse ki a mérési jegyzőkönyvet a fluoreszcenciával! Adja meg a számolt vízhozamot (Q_3)!

(3) Értékelje a felszínsebesség-meghatározással (Q_1 , Q_2) és a fluoreszcenciával (Q_3) kapott eredményeket és adjon rövid magyarázatot azok különbözőségére!

(4) Vesse össze a három csoport fluoreszcenciával kapott mérési eredményét (1., 2. és 3. mérési pontokra vonatkozóan)!

A 3. mérési pontban az 1. és 2. hozamok összegét kapjuk-e, ha nem, mi lehet az oka?

MÉRÉSI JEGYZŐKÖNYV

Csoport tagjai:				Mérési pont száma:
Dátum:	Év:	Hónap:	Nap:	Óra:

Felszíni vízsebesség mérés

Függély sorszám:	d_i (m)	t (s.)	v_{st} (ms ⁻¹)	v_i (ms ⁻¹)	v (ms ⁻¹) (csak v_{tmax} -nál)
1.					
2.					
3.					
4.					

Szelvény sorszám:	Szelvény hossza l_{isz} (m)	Szelvénymenti átlagmélység d_{isz} (m)	Szelvény keresztmetszet A_{isz} (m ²)	Szelvénymenti középsebesség v_{isz} (ms ⁻¹)	Q_{isz} (m ³ s ⁻¹)
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
			$\Sigma A_{isz} = A$ (m ²)		Q_1 (m ³ s ⁻¹)
			v (ms ⁻¹)		
			Q_2 (m ³ s ⁻¹)		

Vízhozammérés fluoreszcseinnel

Mérés sorszám:	Bejutattott fluoreszcein mennyisége (g)	Bejuttatás ideje (h, m, s)	Beérkezés ideje (h, m, s)	Koncentráció-alapszint visszaállásának ideje (h, m, s)	Q_3 (ls ⁻¹)	Q_3 (m ³ s ⁻¹)
1.						
2.						

3.6.2. ábra: Feladatlap

3.7. Függelékek

3.7.1. Bibliográfia

Által-ér www.tata.hu

Csepregi, A., Izápy, G. és Klecskó, B.: A tatai források és vízműutak vizsgálata. Hidrológiai Tájékoztató (2004). 52–58.

Deák, A.: Mikoviny Sámuel és a Tata környéki “posványások” lecsapolása. Hidrológiai Közlöny 75. évf. 5. szám (1995) 289–294.

Fülöp, J. és Császár, G.: A Gerecse hegység ÉNY-i előterének mezozoós alaphegység térképe. in: Fülöp, J. 1975: Tatai mezozoós alaphegység-rögök. – *Geologica Hungarica* ser. Geol. 16 (1975), 228 p.

GGUN-FL Fluorometer, User Manual, Geomagnetism Group, Institute of Geology, University of Neuchâtel, Switzerland

Lorberer, Á.: A Dunántúli-középhegység karsztvízszint térképe 2001. január 1-jei karsztvízszintértékekből szerkesztve, 1:200 000. (2002) VITUKI Rt.

Lorberer, Á.: A Dunántúli-középhegység karsztvízszinttérképe 2003. január 1-jei karsztvízszintértékekből szerkesztve, 1:200 000. (2004) VITUKI Kht.

Mádlné Szőnyi, J.: Bevezetés a hidrogeológiába. Egyetemi jegyzet környezettan szakos hallgatóknak. (2002) Kézirat.

Scheuer, Gy.: A tatai és a dunaalmási hévforrások, valamint üledékképző tevékenységük vizsgálata. Hidrológiai Tájékoztató. (1996) 1. sz. 29–32.

Schnegg, A. P. and Doerfliger, N.: An inexpensive flow-through field fluorometer – GGUN-FL Fluorometer, User Manual, Geomagnetism Group, Institute of Geology, University of Neuchâtel, Switzerland

Schudel, B., Biaggi, D., Dervev, T., Kozel, R., Muller, I., Ross, J. H. and Schindler, U.: Application of artificial tracers in hydrogeology – Guideline, *Bulletin d'Hydrogéologie, Special Issue*, 20, (2003)

Stelczer K.: A vízkészlet-gazdálkodás hidrológiai alapjai. Egyetemi és főiskolai tankönyv. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, (2000) 411.

Tóth, M.: Mikor fakadnak újra a tatai források? *Vízügyi Közlemények*, LXXXIV. Évfolyam, (2002) 194–207.

3.7.2. Fogalomtár

Felszíni lefolyás: a beszivárgási kapacitás és a depressziós tározás lehetőségének meghaladásával létrejött lefolyás.

Geohidrologia: felszín alatti régiókra vonatkoztatott hidrológia.

Hidraulikus gradiens: két mérési pont közötti folyadékoszlop-magasságok különbsége, osztva a mérési pontok távolságával.

Hidrogeológia: a Föld és a víz felszín alatti kapcsolatával foglalkozó tudomány.

Hidrológia: a Föld és a víz kapcsolatával tágabb értelemben foglalkozó, a víztömegek globális szférákon belüli és azok közötti szállítódását vizsgáló tudomány.

Hidrológiai ciklus (vízkörforgalom): a víz különböző formában történő körforgalma, mozgása az atmoszféra, a litoszféra és a hidroszféra között.

Köztes áramlás: lásd a köztes lefolyás meghatározását.

Köztes lefolyás: a talajnedvességi vagy a telítetlen zónában mozgó víz.

Parti szűrésű ivóvíz: a vízvezető rétegbe mélyült felszíni vízfolyás vizét nem közvetlenül a mederből, hanem a vízvezető rétegen át megsűrve termelik ki.

Ramsari egyezmény: 1971-ben Ramsarban (Irán) fogadták el, 1975-ben lépett hatályba. Hazánk 1979-ben csatlakozott hozzá. Az egyezmény célja a vizes élőhelyek megőrzésének elősegítése és ehhez megfelelő jogi, intézményi, együttműködési keretek biztosítása.

Vízáteresztő képesség (hidraulikus vezetőképesség, szivárgási tényező): arányossági tényező, amely a közeg és a benne szivárgó fluidum függvénye. Jele: K , Mértékegysége ms^{-1} .

Vízkörforgalom: lásd a hidrológiai ciklus meghatározását.

Vízmérleg: A hidrológiai rendszerek elemzése, egy rendszerben előforduló vízmennyiségek nyilvántartása.

4. GEOFIZIKA (DÖVÉNYI PÉTER (†), LIPOVICS TAMÁS)

4.1. Bevezetés

A geofizikai tudományág vizsgálatának tárgya a Föld bolygó, annak fizikai leírása és a belsejében zajló folyamatok fizikai megfogalmazása. Eszköztára mindazon, a föld felszínén vagy a felszín alatt, fúrásokban, valamint laboratóriumi kísérletek során megfigyelhető fizikai jelenségek összessége, amelyek alapján a Föld belső szerkezetére és az ott lezajló folyamatokra következtetni tudunk.

A földtörténet során a földbelső globális folyamatai és a felszín közeli rétegekben megfigyelhető lokális fizikai jelenségek egyaránt jelentős, közvetett és közvetlen hatást gyakoroltak az élő környezetre és jelenleg is befolyásolják az ökoszisztéma változásait. Újabban az ember tevékenységével gyakran avatkozik bele az élettelen környezet folyamataiba úgy (ide értve elsősorban a földkéreg legfelső rétegeit érő antropogén hatásokat), hogy rövidebb-hosszabb idő elmúltával a bioszféra állapotának kedvezőtlen megváltozását okozza.

4.2. A vizsgálat elméleti háttere

A XX. század folyamán geofizikai ismereteket elsősorban ásványi nyersanyagok és energiahordozók felkutatására használtak. Az utóbbi néhány évtized fordulatot hozott. A továbbra is jelentős szénhidrogén-kutatási feladatok mellett a tudományág jelentős szerepet kapott az egyre súlyosbodó környezeti problémák megoldásában: a környezeti állapot felmérésében, a további károkozás és a környezeti katasztrófák megelőzésében.

Égető kérdés a modern világ rohamosan növekvő mennyiségű, újra fel nem dolgozható hulladékainak biztonságos kezelése, kiemelten egyes ártalmas vegyi anyagok és legfőképp a radioaktív hulladékok végleges elhelyezése. Fontos feladat a regionális földtani-geofizikai viszonyok megismerése egyrészt egy lerakóhely műszaki tervezésének és megvalósításának előkészítésében, másrészt a műszaki létesítményt befogadó, a szennyezés szétterjedését hosszú ideig megakadályozni hivatott „földtani gát” vizsgálatában.

Geofizikai módszerekkel állapítható meg a befoglaló nagyobb köztettek átlagos porozitása és permeabilitása. Ilyen vizsgálatok alapján becsülhető a műszaki gáton esetleg átjutó szennyező anyagok talaj- vagy mélységi vizekkel történő tovaterjedésének várható iránya és sebessége. A hulladéktárolókkal kapcsolatos vizsgálatokhoz hasonló feladat hárul a geofizikára más, a környezetre fokozottan veszélyes létesítmény (pl. nukleáris és hagyományos erőművek, víztározók gátrendszerei, egyes vegyipari létesítmények stb.) telepítésének előkészítésében is.

Sokak szerint a XXI. század legfontosabb nyersanyaga a tiszta ivóvíz. A föld mélyében rejlő vízkészletek felderítése és a sérülékeny ivóvízbázisok védelmének kidolgozása során elengedhetetlenek a geofizikai vizsgálatok. Jelentős a geofizika szerepe a termásvíz-rezervoárok, illetve a geotermikus energia mint alternatív energiaforrás felderítésében és fenntartható kiaknázásában is.

Általában a számtalan különböző geofizikai kutatómódszer a legkülönbözőbb feladat megoldására alkalmas. A teljesség igénye nélkül felsorolunk ezek közül néhányat: eltemetett (szennyező) tárgyak kimutatása, föld alatti szennyeződés terjedésének vizsgálata, talajvízszint, illetve talajnedvesség-tartalom meghatározása, régészeti objektumok felderítése, üregkutatás, kommunális hulladéklerakók alapozása és szivárgásának monitorozása, mérnökgeofizikai vizsgálatok építményalapozásokhoz és mélyépítési feladatok előkészítéséhez (pl. metróalagút), út- és vasútalapozás, valamint útburkolat-állapot felmérése, árvízvédelmi töltések, álló- és folyóvizek, víztározók, kikötők medrének vizsgálata, (szennyezett) feliszapolódás kimutatása, kotrások hatásának nyomon követése a mederfenéken stb.

4.3. Geofizikai vizsgálati módszerek

Az általánosan alkalmazott geofizikai módszerek egyik nagy csoportját, az ún. erőter-geofizikai vizsgálatok alkotják. Ide tartozik a Föld természetes gravitációs és mágneses terének meghatározása és az eredmények interpretációja, egyrészt a Föld globális folyamatainak megértése, másrészt regionális és lokális inhomogenitások kimutatása és lehatárolása céljából. Az erőter-geofizikai mérések egy része relatív mérés, tehát nem abszolút térerősséget, hanem egyes mérési pontok között jelentkező térerőkülönbségeket észlelünk, ezért az eredményeket általában ún. anomália- (eltérés-) térképek, illetve szelvények formájában ábrázoljuk.

A geofizikai kutatómódszerek másik nagy csoportjába a Föld belsejében terjedő, különböző közettestek határfelületén megtörő, illetve visszaverődő hullámok vizsgálata tartozik. A természetes eredetű és a mesterségesen gerjesztett rugalmas hullámokkal, a visszavert hullámkép vizsgálatával két iker diszciplína foglalkozik: a szeizmológia, illetve a szeizmika. A felszínen mért szeizmikus szelvényeken plasztikusan kirajzolódnak az eltérő jellegű közettestek határfelületei és a vetők, törések nyomvonalai. Hasonló eredményeket ad igen kis mélységekre a nagyfrekvenciás elektromágneses hullámok gerjesztésén és mérésén alapuló földradar módszer.

Külön csoportba soroljuk a geoelektromos mérések szerteágazó módszeregyüttesét. Ide tartoznak a természetes eredetű elektromágneses hullámok, a geokémiai okokra visszavezethető természetes potenciálkülönbségek, az egyenáramú gerjesztéssel létrehozott feszültségkülönbségek és a legkülönbözőbb váltóáramú gerjesztés hatására a felszínen kialakuló elektromágneses tér mérése. A geoelektromos eredmények az alkalmazott módszer függvényében különböző jellegű szelvények és anomáliatérképek formájában kerülnek ábrázolásra, és a kőzetek eltérő elektromos paramétereit, a fajlagos ellenállás és a dielektromos állandó különbségeit tükrözik.

A következő pontokban sorra vesszük a legfontosabb geofizikai kutatómódszereket, röviden vázoljuk a fizikai alapokat, egyes mérések kivitelezését és az értelmezés legfőbb szempontjait, valamint a legjellemzőbb alkalmazási területeket.

4.3.1. Gravitációs kutatások

Az anyag legalapvetőbb tulajdonsága a tömegvonzás (gravitáció). A föld felszínén mérhető nehézségi gyorsulás (g) nagysága pontról pontra változik. A g értékét a földfelszín egy adott pontján kisebb mértékben a Föld forgásából következő (centrifugális) gyorsulás és a közeli égitestek (elsősorban a Hold) tömegvonzása befolyásolja, ám döntően a földbelső tömegeinek integrált vonzása határozza meg. Homogén vagy homogén koncentrikus héjakkal álló gömb gravitációs potenciálja (V_g) bármely gömbön kívüli pontban megegyezik azzal a potenciállal, ami akkor alakulna ki, ha a gömb teljes tömegét a tömegközéppontba sűríténénk:

$$V_g = -f \frac{M}{r}. \quad (4.1.)$$

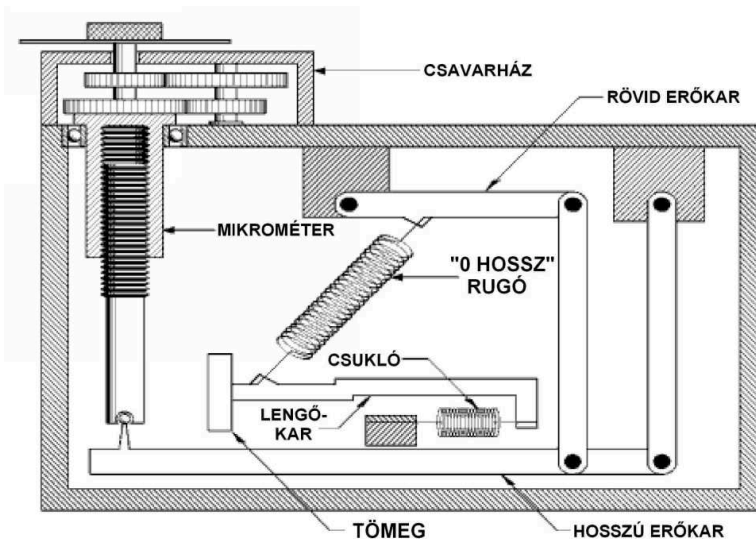
M a gömb tömege, r a középponttól mért távolság és f a **gravitációs állandó**. A Föld felszínén e potenciál gradiensének szisztematikus területi felmérésével a homogén gömbhéjszerkezettől való eltérésekről, azaz a különböző sűrűségű kőzettestek elhelyezkedéséről nyerhető információ. Néhány kőzettípus jellemző sűrűségértékeit foglalja össze a *4.1. táblázat*.

Anyag	Sűrűség (kg/m ³)	Anyag	Sűrűség (kg/m ³)	Anyag	Sűrűség (kg/m ³)
Homok	1400–2100	Tömött mészkő	2500-2800	Gránit	2500–2600
Agyag	1200–2200	Porózus mészkő	1300-2500	Riolit	2000–2500
Homokkő	1700–2800	Dolomit	1900-3000	Bazalt	2900–3200

4.1. táblázat: Kőzetek jellemző sűrűsége (kg/m³)

A g területi változása globális léptékben a mesterséges holdak pályadataiból határozható meg, míg regionális és lokális léptékben gravitációs ponthálózatok terepi mérésével térképezhető. A terepi méréseket a XX. század első felében Eötvös-féle torziós ingával végezték, újabban az egyre pontosabbá váló gravimétereket alkalmazzuk. A graviméterek működési elve egyszerű (*4.3.1. ábra*). A mérés kezdetekor egy lengőkar végén elhelyezkedő, addig stabilan rögzített tömeget felszabadítunk (dezaretálás). Ekkor a nehézségi erő forgatónyomatéka hatására a kar kilendül. E kimozdulással egy rugó növekvő megnyúlása tart egyensúlyt. Ezután a rugó rögzítési (felfüggesztési) pontját egy csavarszerkezet segítségével addig mozgatjuk (emeljük), amíg a tömeg vissza nem kerül az alaphelyzetbe (kompenzálás). A kompenzálás mikrométeren leolvasható mértéke arányos a mérési pontra jellemző nehézségi gyorsulással. A nehézségi gyorsulás geofizikában használatos mértékegysége, Galilei tiszteletére, a gal (1 gal = 10⁻² m sec⁻²). A graviméterek mérési pontossága ~0,01 mgal, a földi nehézségi gyorsulás 10⁻⁸ szorosa.

A terepi graviméterek relatív mérőberendezések, azaz az egymást követő mérési pontok közötti gyorsuláskülönbség (Δg) meghatározására alkalmasak. A nehézségi gyorsulás abszolút értékét más, speciális mérőberendezésekkel határozzák meg, elsősorban geofizikai obszervatóriumokban. A relatív mérősorozatokat ismert abszolút értékű pontokon (bázispontokon) kezdve és végezve, a Δg mérősorozatokból kiegyenlítő számításokkal minden mérési pontra meghatározhatjuk g abszolút értékét is.



4.3.1. ábra: La Coste–Romberg-típusú graviméter vázlat (E graviméertípusban speciális, erőhatásmentes állapotban 0 hosszúságú rugót alkalmaznak)

Ahhoz, hogy gravitációs mérésekből a földbelső sűrűség-inhomogenitásaira következtethessünk, néhány más hatást el kell távolítani mérési eredményeinkből. Korrekcióba kell venni az árapály jelenségét, a centrifugális gyorsulás Egyenlítőnél távolodva csökkenő hatását és az észlelési pontoknak a Föld tömegközéppontjától (pontosabban a tengerszinttől) mért különböző távolságát. Ez utóbbi korrekció elvégzése csak a mérési helyek tengerszint feletti magasságának ismeretében lehetséges. A graviméteres felmérés elengedhetetlen része tehát a mérési pontok geodéziai szintezése. A szintezés pontosságának a gravitációs mérés pontossági követelményeihez kell igazodnia. (A nehézségi gyorsulás vertikális gradiensének átlagértéke, amellyel a magassági korrekciót is végezzük, 0,3086 mgal/m.)

A felsorolt korrekciók után kapott értékeket tiszta magassági (free-air) anomáliaértékeknek nevezzük. A tiszta magassági értékekből a széles környezet topografikus hatásának és egy átlagos kéregvastagságra számolt kompenzációs hatásnak együttes figyelembevételével ún. izosztatikus anomáliákat kaphatunk. Ezek egy adott helyen a földkéregnek az izosztatikus egyensúlyi állapottól (a sűrűbb köpenyanyagon történő úszástól) való eltérését tükrözik. Ilyen eltérésekből globális vagy szélesebb régiókat érintő kéregmozgási folyamatokra következtethetünk.

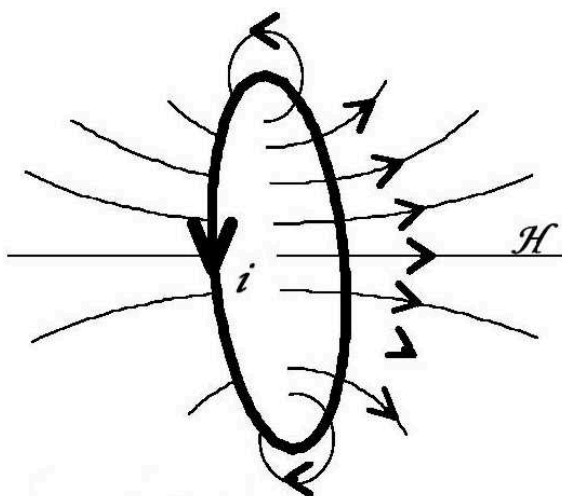
A regionális és főképpen a lokális földtani szerkezeteket az ún. **Bouguer**-anomáliatérképek tükrözik. Bouguer-anomáliát a tiszta magassági értékekből úgy kapunk, hogy rendre kivonjuk belőlük a széles (végtelen) környezet tengerszint feletti tömegeinek, egy alkalmasan választott átlagsűrűséggel számolt, elméleti hatását. Ezek után térképünkön a választott átlagértéknél nagyobb sűrűségű kőzettestek („hatók”) pozitív, míg a kisebb sűrűségűek negatív anomáliát okoznak. Az anomáliák amplitúdója a hatók vastagságával nő, mélységével csökken, kiterjedése a ható kiterjedésével nő. A Bouguer-anomáliatérképek jellegzetes vonásait szűrési algoritmusokkal emelhetjük ki („maradék-anomáliatérképek”), és, kvantitatív módon, hatószámításokkal, valamint inverziós (optimális paraméterbecslő) eljárásokkal értelmezhetjük.

Az átnézetes gravitációs felmérések a XX. század második felében a kontinentális területek jelentős részén, így Magyarországon is megtörténtek. Nagyobb területeket lefedő, sűrűbb ponthálózatokat földtani szerkezetek részletes megismerésére nyersanyagkutató,

elsősorban szénhidrogén-kutatás céljából mérnek. Lokális hálózatok és igen kis területek részletes felmérései (az ún. mikrogravitációs mérések) minden olyan geofizikai feladat megoldásában alkalmazhatók, amelyben, várhatóan, a felderítendő objektum sűrűsége számottevően különbözik a beágyazó kőzetekétől. Mégis a mikrogravitációs kutatómódszert viszonylag ritkán alkalmazzák, mert a mérések kivitelezése, más geofizikai mérésekkel összehasonlítva, időigényes.

4.3.2. Földmágneses kutatások

A kutatómódszerrel a mágneses teret mérjük a Föld felszínén. Ennek nagyságát és irányát alapvetően a Föld globális mágneses tere szabja meg, de kisebb mértékben befolyásolja a mérési hely környezetében jelen lévő anyagok mágnesezettsége is. Szisztematikusan végrehajtott mérések eredményeként olyan anomáliaképet kaphatunk, amelyen a felszín alatti, különböző mágneses tulajdonságú anyagok egymáshoz viszonyított helyzete kirajzolódik.



4.3.2. ábra: Körvezetőben folyó áram hatására létrejött mágneses térerősségvonalak

Szemléletesen a magnetosztatikát kétféleképpen, virtuális mágneses töltésekkel és elektromos köráram segítségével lehet megalapozni. A nemzetközileg elfogadott SI-mértékegységrendszerhez az áramszemlélet áll közel. Eszerint képzeljünk el egy r sugarú elektromos körvezetőt, amiben olyan I erősségű áram folyik, ami nagyjából megfelel az atomban keringő elektronok áramának (4.3.2. ábra). Ekkor a hurok középpontjában keletkező mágnesestérerősség-vektor nagysága $H=I/2r$, mértékegysége A/m (Amper/méter). Ugyanennek a körvezetőnek a mágneses momentuma $M=I*2r^2\pi$, mértékegysége Am^2 .

A mágneses tér forrásai nem különálló töltések, mint az elektromos tér esetében, hanem egyszerre mindig két ellenkező előjelű mágneses „töltés” van jelen. Így az elemi mágneses momentum két pólusból áll, úgynevezett dipólmomentum. (A természetben a dipólusok kombinációjaként magasabb rendű, multipól momentumok is létezhetnek.)

Az anyag mágnesezettségének mértékét a térfogategységre (V) jutó mágneses momentum nagysága határozza meg, azaz $\mathbf{J}=\mathbf{M}/V$, mértékegysége A/m. A tömegegységre jutó mágneses momentum a következő: $\boldsymbol{\mu}=\mathbf{M}/m$, mértékegysége Am^2/kg . A mágneses szuszceptibilitás annak a mértéke, hogy az anyag mennyire mágneseződik fel adott nagyságú mágneses tér jelenlétében: $\kappa=|\mathbf{J}|/|\mathbf{H}|$. Az egységnyi tömegrre jutó mágneses szuszceptibilitást a következőképpen definiáljuk: $\chi=|\boldsymbol{\mu}|/|\mathbf{H}|$ mértékegysége m^3/kg . Ez a mennyiség általánosan alkalmazható a különböző típusú mágneses anyagok jellemzésére.

Az anyag mágnesezettsége két összetevő eredője $\mathbf{J} = \mathbf{J}_{REM} + \mathbf{J}_{IND}$. A **remanens mágnesezettséget** (\mathbf{J}_{REM}) az adott anyagban meglévő mágneses momentumok okozzák, az indukált mágnesezettség ($\mathbf{J}_{IND} = \kappa * \mathbf{H}$) pedig külső mágneses tér hatására alakul ki.

A földmágneses kutatások során műszereinkkel a mágneses indukcióvektor (\mathbf{B}) valamely komponensét mérjük. A mágneses indukció mértékegysége a Tesla (Vs/m^2). SI-rendszerben a \mathbf{B} , \mathbf{H} és \mathbf{J} közötti összefüggést a $\mathbf{B} = \mu_0 * (\mathbf{H} + \mathbf{J})$ kifejezés adja meg. A μ_0 anyagi állandót a vákuumra vonatkoztatott mágneses permeabilitásnak nevezzük, értéke SI-egységekben $4\pi * 10^{-7}$ Henry/m (Vs/Am).

Az anyag mágneses tulajdonsága az elektronok atommag körüli, illetve spin mozgásából, valamint egymás közötti kölcsönhatásából fakad. Azokat az anyagokat, amelyekben az atomoknak vagy ionoknak nincsen eredő mágneses momentuma, diamágneses anyagoknak nevezzük. A diamágnesek külső mágneses tér hatására igen csekély, a térrel ellentétes irányú mágnesezettséget mutatnak, azaz szuszceptibilitásuk kis negatív érték, mely független az anyag hőmérsékletétől. A paramágneses anyagokban az atomoknak vagy ionoknak van eredő mágneses momentumuk és mágneses tér jelenlétében az elemi momentumoknak a tér irányába történő részleges beállása figyelhető meg, ami pozitív mágnesezettséget eredményez. Az egyedi mágneses momentumok azonban ugyanúgy, mint a diamágneseknél, nem lépnek kölcsönhatásba egymással, tehát a mágnesezettség nullává válik, ha a külső tér megszűnik. A paramágneses anyagok szuszceptibilitása a diamágneses szuszceptibilitások abszolút értékénél általában nagyobb, pozitív érték, és a hőmérséklet növekedésével gyakran csökkenést mutat. Igen sok vasat tartalmazó ásvány paramágneses.

A ferromágneses anyagokban az elemi mágneses momentumok ún. doméneket alkotnak, és ezek igen jelentős eredő mágnesezettséget eredményezhetnek külső mágneses tér jelenléte nélkül is. Tipikus ferromágneses anyag az elemi vas, nikkell, kobalt, gadolinium és ezek ötvözeteinek többsége. A ferromágnesek két igen fontos tulajdonsága a spontán mágnesezettség, illetve a ferromágnesség határát jelentő, kritikus hőmérsékleti érték (**Curie-pont**) megléte. A 4.2. táblázat néhány ásvány mágneses szuszceptibilitását foglalja össze.

A kőzetek mágneses szuszceptibilitása az ásványi összetétel alakulása miatt csak akkor mutat lényeges változást, ha a bennük lévő ferromágneses ásványok mennyisége változik meg. A porozitásnak, tehát a folyadékkal vagy gázzal kitöltött térrész arányának növekedésével a mágneses szuszceptibilitás csökken. Független a szuszceptibilitás a kőzetalkotó szemcsék méretétől is, mert a 10^{-2} – 10^{-3} mm nagyságú részecskék már a mágneses domének nagyságrendjébe esnek.

		Anyag	Mágneses szuszceptibilitás ($\kappa * 10^{-5}$ SI)
Diamágneses ásványok		Kvarc (SiO_2)	-1,63
		Kalcit (CaCO_3)	-1,38
		Víz (H_2O)	-0,90
Paramágneses ásványok		Sziderit (FeCO_3)	250–800
		Pirit (FeS_2)	120
		Biotit ($\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH},$	15–100
Rendezett mágneses ásványok	Ferromágnes	Pirrotin (FeS)	$5 * 10^4 - 5 * 10^5$
	Antiferromágnes	Hematit (Fe_2O_3)	200–1500
	Ferrimágnes	Magnetit (FeOFe_2O_3)	$8 * 10^5 - 2 * 10^6$

4.2. táblázat: Néhány ásvány és a víz mágneses szuszceptibilitása SI-egységekben ($\kappa * 10^{-5}$)

Anyag	Mágneses szuszceptibilitás ($\kappa \cdot 10^{-5}$ SI)	Anyag	Mágneses szuszceptibilitás ($\kappa \cdot 10^{-5}$ SI)	Anyag	Mágneses szuszceptibilitás ($\kappa \cdot 10^{-5}$ SI)
Kavics	20–40	Márga	10–100	Gránit	100–7000
Homok	20–40	Mészkö	5–200	Peridotit	300–10 000
Agyag	5–200	Dolomit	5–200	Riolit	200–6000
Aleurit	20–100	Agyagpala	100–8000	Bazalt	200–10 000
Homokkő	20–80	Bauxit	100–10 000	Riolittufa	200–2000

4.3. táblázat: Néhány kőzet mágneses szuszceptibilitása SI-egységekben ($\kappa \cdot 10^{-5}$)

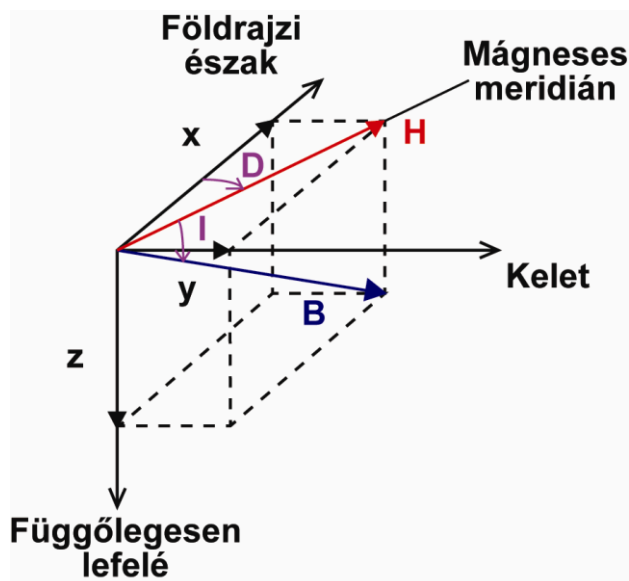
A 4.3. táblázat széles értékintervallumai arra utalnak, hogy egyazon kőzet más-más ki fejlődése igen különböző mágneses szuszceptibilitást mutathat. A földmágneses mérések kiértékeléséhez tehát lehetőség szerint meg kell határozni a vizsgált terület kőzeteinek jellemző szuszceptibilitásértékeit. A mérést laboratóriumi berendezésbe helyezett kőzetmintákon vagy terepi szuszceptibilitásmérő műszer segítségével lehet elvégezni. A terepi műszer eredményei a talaj legfelső, néhány cm vastag rétegére vonatkoznak, és más célokra is használhatók. Például szél útján vagy felszíni csapadékvízzel szállított nehézfém-szennyeződések elterjedése terepi mágneses szuszceptibilitásmérésekkel térképezhető.

A földi mágneses tér döntő része belső eredetű, és igen jó közelítéssel leírható egy rúd mágnes terével, melynek tengelye a Föld forgástengelyével közel azonos irányú, bár azzal nem esik pontosan egybe. Jellemzői lassan, évszázadok alatt változnak. A tér másik, jelentősen kisebb összetevője a zömmel a Naphól érkező részecskesugárzás hatására az ionoszférában és a **magnetoszférában** lejárló folyamatok eredménye, és gyors időbeli változás jellemzi.

A földmágneses teret a hagyományos iránytűs, majd ún. terepmérleggel végzett észlelésekhez igazodva komponensekre bonthatjuk és ezeket a mérési ponthoz illesztett lokális mágneses koordinátarendszerben írjuk le (4.3.3. ábra). Az inklináció a földmágneses tér vektorának dőlését méri a föld felszínét érintő horizontális síkhoz képest. A deklináció a horizontális komponens irányának a földrajzi északról való szögeltérése. Magyarországon mint közepes mágneses szélességű helyen, jelenleg (2011-ben) a földmágneses tér nagysága hozzávetőlegesen $F=48000$ nT, a deklináció értéke $D=3-4^\circ$, az inklináció nagysága $I=63^\circ$.

A mágneses tér elmúlt földtörténeti korokban uralkodó szerkezetére paleomágneses vizsgálatok segítségével következtethetünk. A kőzetek keletkezésekor remanens mágnesezettséget nyerhettek, amelynek iránya a korabeli térerősség irányát őrzi. A természetes remanens mágnesezettség lehetséges okai közül a legfontosabb az ún. termoremanens mágnesezettség, mely akkor jöhet létre, amikor egy forró kőzet a földi mágneses térben lehűl. Egy másik lehetséges ok az, hogy a vízben leülepedő magnetitszemcsék a földmágneses tér irányába igyekeznek beállni és az üledékekbe beépülve eredő mágneses nyomatékuk makroszkóposan megjelenik. A különböző helyekről gyűjtött különböző korú kőzetmintákon végzett paleomágneses laboratóriumi mérések a Föld mágneses pólusainak szélsőséges mozgásaira utalnak, sőt a földmágneses tér irányának gyakori átfordulását is tanúsítják. Nagyobb számú paleomágneses adat birtokában rekonstruálható a litoszféralemezek múltbeli mozgása, mélyfúrások magmintáin végzett szisztematikus mérések pedig az egyes rétegek abszolút korának meghatározását teszik lehetővé. Régészeti

kutatásoknál a kormeghatározást ősi tűzhelyek környezetének paleomágneses vizsgálata segíti.



4.3.3. ábra: Lokális földmágneses koordinátarendszer

Terepen a mágneses indukció vektorát (\mathbf{B}) vagy annak valamely komponensét különböző fizikai elveken működő magnetométerekkel mérjük. A legmodernebb készülékek kvantummechanikai elvek alapján működnek. Egyik típusuk, a protonprecessziós magnetométer egy szondából és a hozzá csatlakozó elektronikai egységből áll. A szondában speciális összetételű folyadék található, amely nagyszámú protont tartalmaz. A folyadékot tekercs veszi körül, amelynek segítségével az anyagot gerjesztjük. Ekkor a protonok energiát vesznek fel, azaz gerjesztődnek. Minden egyes proton, mint egy kis pörgettyű, a külső mágneses tér által meghatározott irány körül precessziós mozgásba kezd, és így a folyadék egésze polarizálódik. A protonok precessziója miatt a folyadékban pulzáló mágneses tér alakul ki. A gerjesztés kikapcsolásával a protonok precesszáló mozgása lecseng, de a pulzálás a lecsengés ideje alatt is jól mérhető elektromos jelet hoz létre a folyadékot körülvevő tekercsben, amelynek frekvenciáját méri az elektronikai egység. A protonok precessziós frekvenciájából a külső mágneses tér nagysága a következő lineáris összefüggés alapján határozható meg: $f_p = \gamma_p \cdot |\mathbf{B}| / 2\pi$, ahol f_p a precessziós frekvencia, γ_p a protonok giromágneses együtthatója és \mathbf{B} a mágneses indukció vektora. Az eszköz abszolút pontossága $\sim 0,5$ nT. Figyelembe véve, hogy a Föld mágneses pólusain a mágneses indukcióvektor nagysága ~ 60000 nT, ez a földi mágneses tér százazred részének meghatározását jelenti.

A graviméteres mérésekkel összehasonlítva a földmágneses mérések eredménye nem relatív, minden ponton a teljes térrel arányos értéket kapunk („abszolút mérés”). Mégis célszerű az eredményeket egy-egy bázisponthoz, majd az aktuális földi normál térhez viszonyított anomáliatérképek formájában értékelni. Ennek elsődleges oka az, hogy ez által küszöbölhetjük ki eredményeinkből a földi mágneses tér rövid periódusú, illetve szekuláris (évszázados) időbeli változásának hatását.

A mágneses anomáliák az eltérő szuszceptibilitású vagy remanens mágnesezettségű mélybeli kőzetblokkokhoz, a mágneses hatókhoz társíthatók. A hatók dipólus jellegűek, így a felszínhez viszonyított helyzetüktől függően különböző jellegű anomáliát, gyakran egy pozitív-negatív anomáliapárt okoznak. A mágneses anomáliatérképek hiteles értelme-

zéséhez szűrési algoritmusokat, elméleti hatószámításokat, illetve inverziós eljárásokat alkalmazunk.

A gravitációs felmérésekhez hasonlóan valamilyen mágneses térképezés a Föld jelentős részén történt már. A felméréseket megkönnyítette, hogy földmágneses mérések repülőgépről is jó pontossággal végrehajthatók. A módszerrel regionális léptékben magmás eredetű közettömegek, lokálisan vulkáni telérek, vastartalmú közettestek és érctelepek, mikroléptékben pedig, az ember által megbolygatott szűkebb környezet eltemetett objektumai (pl. fémcsövek, hordók) és egykori emberi tevékenység nyomai (árkok, kutak, sírok) válnak térképezhetővé.

4.3.3. Szeizmikus kutatások

A szeizmika a „geofizika királynője”: ezzel a felszíni módszerrel lehet legeredményesebben leképezni a földkéreg belső szerkezetét, a talajrétegektől kezdődően egészen a néhány-szor tíz kilométeres mélységekig. Szeizmikus méréseknél mesterségesen keltünk rezgéseket a földben, és a mélyből visszaérkező rugalmas hullámokat regisztráljuk. A rezgéskeltés eszköze a mérési feladathoz és a mérési környezethez alkalmazkodva többféle lehet. Szárazföldön sekély fúrásokban végzett robbantásokkal vagy többtonnás hidraulikus rázószervezetekkel (ún. vibrátorokkal), esetleg, sekély kutatásoknál, egy néhány kg tömegű kalapáccsal gerjesztünk akusztikus hullámokat. Vízen végzett méréseknél sűrített levegőt vagy vizet kilövellő hidraulikus puskát (air-gun, water-gun), elektromos ívkisülést létrehozó (sparker) vagy indukciós elven működtetett cintányérszerű eszközt (boomer) alkalmazunk. A beérkező jelet, a működés elvét tekintve, a szeizmográfokkal analóg, hegyes végű, talajba szúrható [geofon](#)okkal észleljük. Vízi méréseknél műanyag csőben elhelyezett [piezoelektromos nyomásérzékelőt](#), ún. hidrofont vagy azok sorozatát alkalmazzuk.

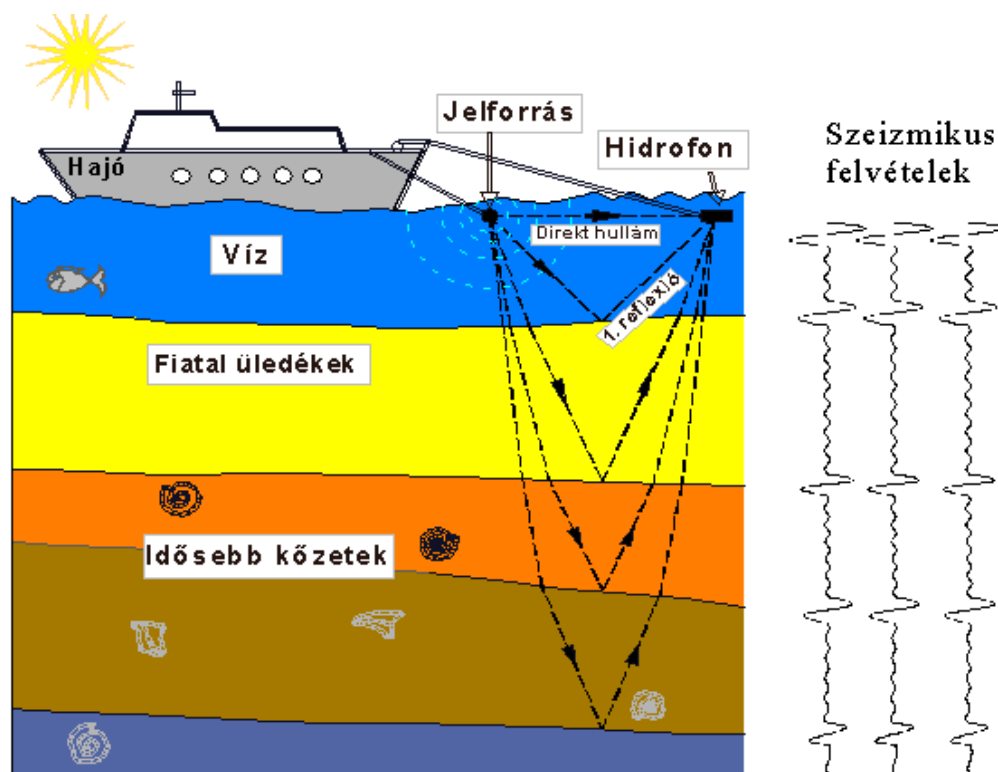
Legegyszerűbb és leggyorsabban kivitelezhető az ún. egycsatornás reflexiós szeizmikus szelvényezés. Ekkor egy jelforrást és egy geofont (vízben hidrofont) helyezünk el egy vonal mentén. A forrással akusztikus impulzust gerjesztünk és a geofonhoz érkező rezgés-hullámokról felvételt készítünk (4.3.4. ábra). A felvételen („szeizmikus csatornán”) nagy amplitúdóval először az ún. direkt hullám jelenik meg, majd az egyre mélyebben húzódó réteghatárokról az egyre később beérkező visszavert hullámok („reflexiók”) jelentkeznek. A forrást és a geofont a köztük lévő távolság megtartásával tovább helyezük a vonal mentén, és újabb felvételeket készítünk, amelyeket egymás mellé felrajzolva kialakul a szeizmikus időszelvény. Vízi környezet, úgy a rezgéskeltés, mint az észlelés oldalán kiemelkedően jó energiacsatolást biztosít, ezért álló- és folyóvizekben a mederfenék alatti néhány-szor tíz méteres tartomány egycsatornás szeizmikus mérésekkel pontosan leképezhető.

A többcsatornás szeizmikus mérések két típusát különböztetjük meg: a reflexiós és a refrakciós szeizmikát. Reflexiós esetben, mint láttuk, a határfelületekről visszaverődött síkhullámok beérkezését vizsgáljuk. Refrakció jelensége akkor alakul ki, ha egy felső, kisebb terjedési sebességű közegből a határfelületre α_k kritikus szöggel (a teljes visszaverődés határszögével) érkezik síkhullám. (A [Snell–Descartes-törvény](#) szerint $\sin \alpha_k = V_1/V_2$). Ekkor nem hatol be az alsó közegbe, hanem a határfelület mentén halad tovább az alsó rétegre jellemző terjedési sebességgel, és a felszín felé a kritikus szögben kiinduló hullámok forrásává válik.

A többcsatornás szárazföldi mérések menete, mindkét méréstípus esetén, a következő. Egy, a felszínen kitzűzött egyenes vonal mentén egyenlő lépésközökben elhelyezünk több tíz vagy akár több száz geofont, melyeket vezeték köt össze egy sokcsatornás digitális fel-

vevőegységgel. Az egyenes egy pontján rezgést keltünk, és a geofonok jelét külön-külön csatornákon, alkalmasan megválasztott ideig regisztráljuk.

A kihelyezett geofonsorral („terítéssel”) újabb és újabb felvételeket készítünk úgy, hogy az egyenes további kijelölt pontjain („robbantópontok”) is rezgéseket keltünk. Ezután adott számú geofont a sor elejéről a végére áthelyezve továbblépünk a terítéssel, és újabb robbantópontokon gerjesztve további méréseket végzünk. A vázolt műveletsort a kívánt szelvényhosszúság eléréséig folytatjuk. A reflexiós és refrakciós eljárás a mérési paraméterek (elsődlegesen a robbantópontok és a terítés közötti távolság) megválasztásában különböznek.



4.3.4. ábra: Egycsatornás reflexiós vízi szeizmikus szelvényezés elvi vázlata

Mindkét méréstípus feldolgozása során elsődleges cél a réteghatárok, azaz a szeizmikus reflektorok minél pontosabb kijelölése (leképezése). Az azonos határfelületről reflektált vagy refraktált hullámok felszínre érkezésének idejét a robbantóponttól mért távolság függvényében az ún. menetidő görbe írja le (4.3.5. ábra). Az egy menetidőgörbéhez tartozó pontok az egymást követő geofonokhoz tartozó felvételeken kiugró amplitúdójuk alapján rendre kijelölhetők. Ha t jelöli az eltelt időt és x a robbantóponttól mért távolság, akkor h mélységben elhelyezkedő, a sík felszínnel párhuzamos határfelületről refraktált hullám menetidőgörbéje a következő egyenes:

$$t = \frac{x}{V_2} + \frac{2h \cos \alpha_k}{V_1}. \quad (4.2.)$$

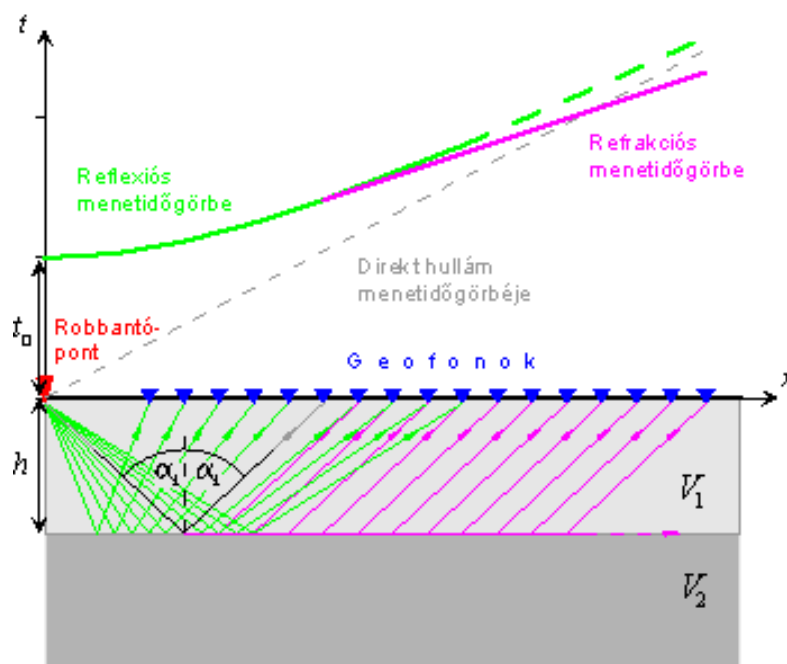
Dőlt határfelület esetén is hasonló összefüggésre juthatunk. Így egy refrakciós menetidőgörbe alapján megadható egy határfelület mélységének szelvény menti változása. A

számításhoz ismerni kell még a hullámterjedés sebességét a felső (V_1) és az alsó közegben (V_2). V_1 a robbantóponttól a geofonokhoz egyenes vonalban terjedő, ún. direkt hullám menetidőgörbéjének (4.3.5. ábra) reciprok meredeksége, V_2 pedig a refrakciós menetidőgörbe meredekségének reciproka.

A reflexiós menetidőgörbe képlete sík felszín alatt húzódó, vízszintes határfelületre a következő:

$$\frac{V_1^2 t^2}{4h^2} - \frac{x^2}{4h^2} = 1. \quad (4.3.)$$

A képlet dőlt határfelület esetén kissé bonyolultabb, ám szintén egy hiperbola egyenlete.



4.3.5. ábra: Reflexiós és refrakciós hullámutak és menetidőgörbék. h réteghatár mélysége, $V_1 < V_2$ a terjedési sebesség a felső, ill. alsó közegben, α_k a kritikus szög.

A többcsatornás reflexiós mérések feldolgozásának legfontosabb lépése az ún. *dinamikus (NMO) korrekció*, amely a fenti képlet alapján úgy transzformálja a csatornákat, hogy azonos vízszintes felületről visszavert hullámok beérkezései a csatornák kezdetétől azonos (a 4.3.5. ábrán t_0 -lal jelölt, a vertikális hullámútnak megfelelő) távolságra kerüljenek, tehát a menetidő-hiperbolák „kiegyenesedjenek”. Az egymást követő felvételeket szomszédos, függőleges tengelyek mentén ábrázolva kirajzolódnak a nagy amplitúdójú reflexiós horizontok (4.3.5. ábra). Minden csatornát a robbantópont – geofon távolság felezőmerőlegesében ábrázolunk, ugyanis azok a réteghatárok felező merőlegest metsző mélységpontjait képezik le (4.3.5. ábra).

Egy felező merőlegeshez általában több szimmetrikus robbantópont – geofonpár is tartozik. Az így összetartozó csatornák összeadása, az ún. *közös mélységponti összegzés (stacking)*, a szeizmikus feldolgozás másik jelentős lépése. Egy összegzési ponthoz („CDP”-hez) tartozó csatornák számát *fedéspontszám*nak nevezzük. A fedéspontok száma modern, igényes méréseknél elérheti a több százat is, miáltal alapvetően javul a jel/zaj vi-

szony és nagymértékben kierősödnek a koherens reflexiók horizontok az *összegzett szeizmikus időszelvényeken*.

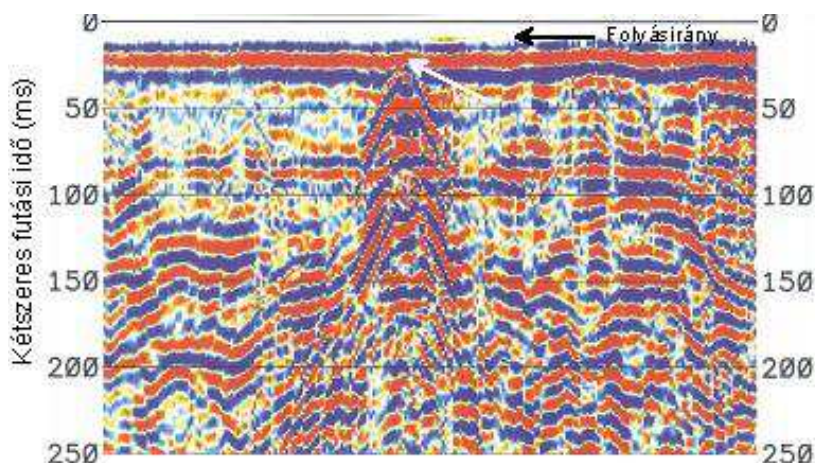
Az időszelvények kiindulópontjai lehetnek a földtani-szerkezeti értelmezésnek, ám azokon a függőleges koordináta nem a mélység, hanem a visszavert hullámok kétszeres futási ideje. (Tehát 2000 m/s átlagos szeizmikus sebesség esetén $1 \text{ ms} = 1 \text{ m}$). További műveletekkel az időszelvények mélységszelvényé konvertálhatók, de ez csak akkor pontosítja a leképezést, ha például mélyfúrásokban elvégzett akusztikus mérések eredményeképpen részletesen ismerjük a területre jellemző sebesség-mélység függvényt. Jellemző hullámterjedési sebességeket közöl a 4.4. táblázat.

Anyag	$V_{P\text{-hullám}}$ (km/s)	Anyag	$V_{P\text{-hullám}}$ (km/s)	Anyag	$V_{P\text{-hullám}}$ (km/s)
Márga	1,0–3,0	Laza mészkő	1,5–2,5	Tufa	1,2–4,0
Homokkő	2,0–4,0	Tömött mészkő	4,0–7,0	Andezit	5,0–7,0
Víz	1,485	Dolomit	5,0–8,0	Gránit	4,0–6,0

4.4. táblázat. P hullám terjedési sebessége néhány kőzetben és vízben (km/s)

Megjegyzendő, hogy a szeizmikus szelvényeket általában túlmagasítva ábrázolják, tehát az értelmezéskor figyelembe kell venni, hogy a réteghatárok és törésvonalak dőlésszöge nagyobbak látszik a valódinál. Ugyanakkor a valóban meredek réteghatárok leképezése bizonytalanra válhat és könnyen belátható, hogy 45° -nál meredekebb határfelületről egyáltalán nem érkezik reflexió a felszínre.

Az értelmezés során fel kell ismerni a szelvényeken azokat a reflexiók horizontokat, melyek nem köthetők valós réteghatárokhöz. Ezek elsősorban az ún. többszörösek, egy réteghatár és a felszín között kétszer vagy többször oda-vissza verődő hullámok jelei (4.3.6. ábra). További speciális alakzatok a szeizmikus szelvényeken a diffrakciós hiperbolák. Ezeket a hullámhossz néhányszorosánál nem nagyobb kiterjedésű inhomogenitások, sarkok, élek mint önálló, pontszerű hullámforrások hozzák létre. A diffrakciós hiperbolákat a dinamikus korrekció nem „egyenesíti ki” így kisebb kiterjedésű eltemetett objektumok indikátorai lehetnek (4.3.6. ábra).



4.3.6. ábra: Többcsatornás vízi szeizmikus szelvény a Dunán, Budapestenél. A fehér nyíllal jelzett pontból kiinduló diffrakciós hiperbola a 2. metró alagútját jelzi. (A mélyebb szintekről kiinduló további hiperbolák többszörösek!)

4.3.4. Geoelektromos módszerek

A geoelektromos kutatás a föld felszíne alatt kialakult elektromágneses tér bizonyos jellemzőit határozza meg, rendszerint a felszínen. A módszerek irányulhatnak a természetes erőter mérésére vagy mesterségesen gerjesztett tér elektromágneses jellemzőinek meghatározására. Az eredmények értelmezésével különböző elektromos tulajdonságú kőzettesteket tudunk lehatárolni a mélyben. A kőzetek eltérő elektromos tulajdonságai a ρ (fajlagos ellenállás), az ε (dielektromos állandó) és a κ (mágneses szuszceptibilitás) anyagi paraméterek különbözőségéből következnek.

A geofizikai mérések szempontjából legfontosabb paraméter a *kőzetek fajlagos ellenállása*. A fajlagos ellenállás egységnyi keresztmetszetű vezető egységnyi hosszúságú szakasán mérhető egyenáramú ellenállás, mértékegysége az Ωm (ohm-méter). Használjuk néha a reciproknak a fajlagos vezetőképességet ($\sigma=1/\rho$) is, ennek szokásos mértékegysége a S/m (Siemens/méter).

A kőzetalkotó ásványok fajlagos ellenállása, eltekintve néhány fémesen vezető ásványtól, igen nagy, 10^7 – 10^{15} Ωm közötti. A kőzetek ennél nagyságrendekkel jobb vezetők, pórusaikat és a repedéseket ugyanis víz (elektrolit) tölti ki. Az elektromos vezetést elsősorban a kőzetszemcsék felületén kötött iondús és a pórusokat kitöltő viszonylag kisebb ionkoncentrációjú szabad víztartalom befolyásolja. Az ásványos összetétel és a kristályszerkezet másodlagos jelentőségű.

Törmelékes üledékek (agyag, iszapkő, homokkő stb.) fajlagos ellenállása a porozitással és a fajlagos felülettel változik a finomszemcsés agyagok néhány Ωm -értékétől a durvaszemcsés homokkövek, kavicsok, konglomerátumok sok száz Ωm -értékéig. Durvaszemcsés üledékek fajlagos ellenállása a víztartalom függvényében akár egy nagyságrendet is változhat. Az üde és kompakt, tehát általában az idősebb és nagyobb mélységben elhelyezkedő karbonátos kőzetek (mész, dolomit) fajlagos ellenállása több ezer, porózus, repedezett vagy karsztosodott karbonátoké csak néhány száz Ωm . A kristályos kőzetek, vulkanitok fajlagos ellenállása, a repedezettség mértékétől erősen függően, 10^2 – 10^3 Ωm nagyságrendű. Néhány kőzet fajlagos ellenállását foglalja össze a 4.5. táblázat.

Anyag	Fajlagos ellenállás (Ωm)	Anyag	Fajlagos ellenállás (Ωm)	Anyag	Fajlagos ellenállás (Ωm)
Kavics (száraz)	100–10 000	Agyag	2–20	Gránit	200–10 000
Homok (száraz)	50–1000	Agyagmárga, márga	5–50	Gneisz	200–10 000
Kavics (víztelített)	50–1000	Mész, dolomit	100–5000	Diorit	500–10 000
Homok (víztelített)	15–100	Homokkő, konglomerátum	100–2000	Bazalt	200–10 000

4.5. táblázat. Néhány kőzet fajlagos ellenállása Ωm egységekben

Nagyfrekvenciás geoelektromos méréseknél jelentős szerepe van a kőzetek dielektromos állandójának (permittivitásának), mely anyagi jellemző az elektromos térerősség és az eltolási, más néven polarizációvektor között teremt összefüggést: $\mathbf{D} = \varepsilon \cdot \mathbf{E}$. A vákuumra vonatkoztatott relatív dielektromos állandó, ε_r egy dimenziótlan viszonyszám és értéke közönséges kőzeteknél általában 1 és 80 közé esik (4.5. táblázat). A víz kiemelkedően nagy értéket mutat, ezért a mérések értelmezésekor különböző kőzettestek eltérő víztartalmuk alapján különíthetők el.

Ferromágneses anyagok kőzetalkotó mennyiségben igen ritkán fordulnak elő. A nagy kőzettesteket jellemző kis és kevésbé változékony mágneses szuszceptibilás (κ) értékek hatása a geoelektromos mérésekre általában elhanyagolható. (κ részletesebb tárgyalása a földmágneses kutatómódszer leírásánál található).

A földfelszín alatt gyakran mennek végbe olyan fizikai és kémiai folyamatok, amelyeket elektromos tér kialakulása kísér. Kontaktpotenciál lép fel két különböző fázisú anyag érintkezésénél (pl. jég és víz), különböző koncentrációjú oldatot tartalmazó porózus közetek határán, fémek és valamely sójuk oldata között, szilárd fázisú anyagok allotrop módosulatainak érintkezésénél (pl. grafit és kőszén). Rétegvizek és talajvizek áramlásakor

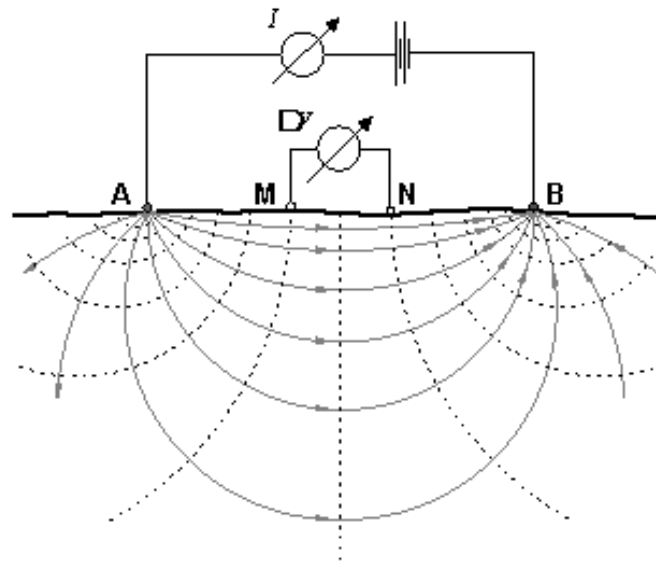
filtrációs potenciál alakul ki. A földfelszín közelében elhelyezkedő ércetek az oxigénben gazdag felszíni vizek hatására oxidálódnak és az oxidációs-redukációs potenciálok több száz mV nagyságúak lehetnek. A *természetes potenciált* (self-potential, SP) egy bázisponthoz képest, egymással párhuzamos szelvények mentén, nem polarizálódó elektródapárral mérjük nagy bemenő ellenállású feszültségmérő műszeren. A módszer sikeresen alkalmazható például érc-tömzsök, antracittelepek, elfedett vízvezető rétegfejek, illetve vetők és korrodált csővezetékek kimutatására, illetve lehatárolására.

A felszín közeli rétegek fajlagos ellenállását leggyakrabban *egyenáramú geoelektromos mérésekkel* határozzuk meg. A mérés elve a következő (4.3.7. ábra): az A-B elektródapáron keresztül egyenáramot vezetünk a földbe és az M-N elektródapáron mérjük a kialakult potenciálkülönbséget. A mérés alapösszefüggése a látszólagos fajlagos ellenállást definiálja:

$$\rho_L = K \frac{\Delta V}{I}. \quad (4.4.)$$

Jelentése, hogy I áram hatására ΔV feszültséget ugyanezen elektródákon, ρ_L fajlagos ellenállású homogén féltér felett lehetne mérni. A K együttható függetlenné teszi a látszólagos fajlagos ellenállás értékét az elektródák mindenkor geometriai helyzetétől. Kiszámítása a homogén féltér felszínén elhelyezett, pontszerű áramforrás körüli potenciált leíró $V = \rho I / (2\pi r)$ függvény alapján a következő:

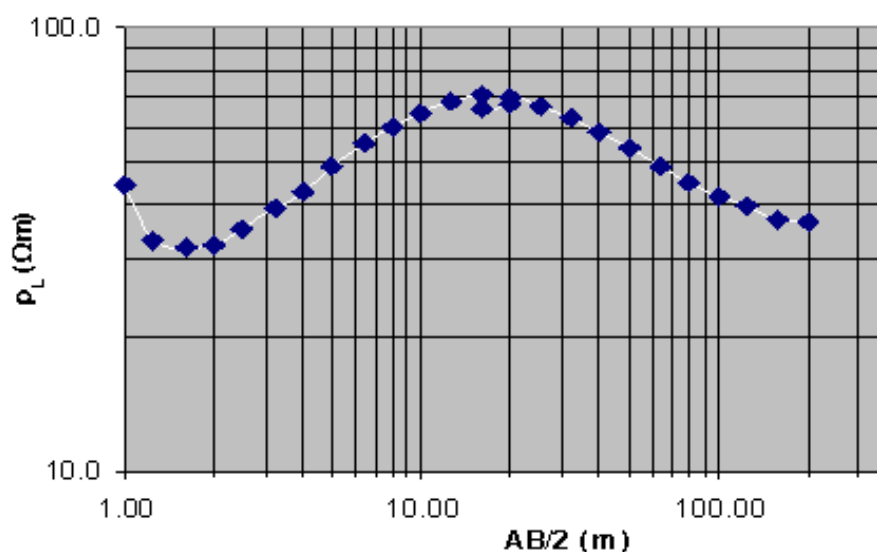
$$K = \frac{2\pi}{\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN}}. \quad (4.5.)$$



4.3.7. ábra: Az egyenáramú geoelektromos ellenállásmérések elvi vázlata az áramvonalak (folytonos) és az ekvipotenciális (szaggatott) vonalak feltüntetésével

A méréseket természetesen nem homogén feltér felszínén végezzük, sőt a cél éppen az inhomogenitások vizsgálata. ρ_L valójában az elektródák alatti térrész valamilyen átlagolt fajlagos ellenállását tükrözi. Kézenfekvő, hogyha egy adott AMNB konfigurációval a felszín több pontján is mérünk, az eredmények különbözősége az altalaj fajlagos ellenállásának laterális változásait tükrözi. Ilyen méréseket egy egyenes mentén vagy egy rácsháló pontjaiban végezve, *egyenáramú geoelektromos szelvényeket*, illetve ún. *potenciáltérképeket* kapunk, és kvalitatív vagy félkvantitatív módszerekkel értelmezhetjük azokat. Az egyszerű szelvényezések során pontról pontra nagyjából azonos vastagságú rétegsort átlagolunk.

Egyre vastagabb rétegösszlet átlagos fajlagos ellenállását úgy mérhetjük meg, hogy az áram- és feszültségelektrodák távolságát növeljük. Legkézenfekvőbb az \overline{AB} távolság növelése, ugyanis az áramelektrodák egymáshoz viszonyított távolságával az áram „behatolásának” mélysége is nő. A mérési középponttól távolodó A-B tápelektrodákkal végzett mérésorozatot *vertikális elektromos szondázásnak (VESz)* nevezzük. A mérés során a célszerűen megválasztott elektródatávolságok függvényében egy látszólagos fajlagosellenállásorozatot kapunk. A leggyakrabban alkalmazott, ún. Schlumberger-elrendezésnél az \overline{AB} távolságot mértani haladvány szerint növeljük, miközben \overline{MN} nem változik. Az eredmények számítógépes feldolgozása során vízszintes rétegekből álló modellekre számolt görbéket illesztünk a mért értékekhez, mindaddig, amíg az egyezés nem kielégítő („geofizikai inverzió”). Az inverzióval meghatározzuk a mérési pont alatti rétegek vastagságát és valódi fajlagos ellenállását (4.3.8. ábra). A mérés elvéből és gyakorlatából egyaránt következik, hogy a felbontóképesség a mélységgel jelentősen csökken, és a leképezett mélységtartomány általában kisebb, mint $\overline{AB}/3$.

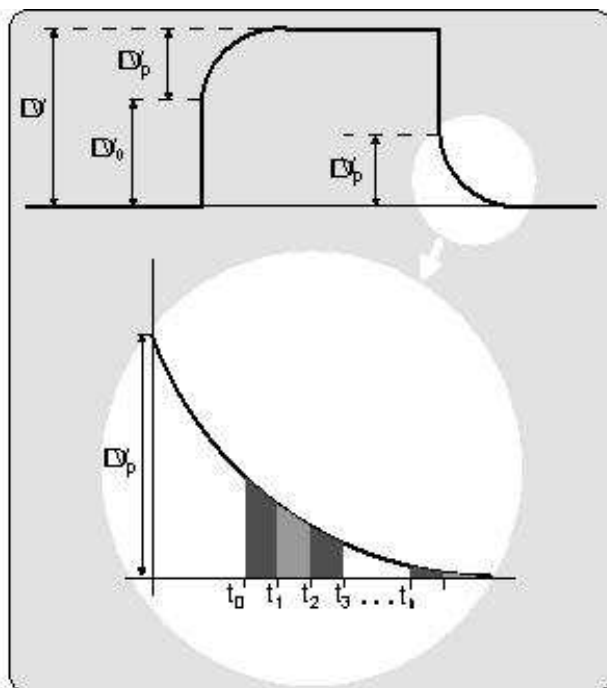


4.3.8. ábra: Schlumberger-elrendezéssel mért VESz görbe homokos-agyagos rétegsor fölött. Négyréteges inverzióval kapott rétegparaméterek: $\rho_1 = 114 \Omega m$; $h_1 = 0,33 m$; $\rho_2 = 21 \Omega m$; $h_2 = 1 m$; $\rho_3 = 84 \Omega m$; $h_3 = 15,5 m$; $\rho_4 = 28 \Omega m$

Az egyszerű egyenáramú szelvényezés és a vertikális szondázás kombinációja, az ún. *multielektrodás geoelektromos szelvényezés* a leghatékonyabb egyenáramú méréstípus.

Ekkor egy egyenes mentén egyszerre több tucat elektródát helyezünk ki egymástól egyenlő távolságra. Az elektródákat egy kábelköteg kapcsolja a vezérlő-mérő egységhez. A szelvény mentén valamely VESz szisztéma (pl. a Schlumberger-elrendezés) összes lehetséges ABMN konfigurációja lemerésre kerül. A megfelelő elektródák aktivizálását, az A-B áramok és M-N feszültségek mérését, valamint az eredmények rögzítését a központi egység, a hozzá csatlakozó számítógép által vezérelve automatikusan elvégzi. A kábelek szakaszolásával elérhetjük, hogy a többcsatornás szeizmikus méréshez hasonlóan, az első elektródákat az utolsó mögé áthelyezve, tetszőleges hosszúságú szelvényt mérhessünk. Egy ilyen méréssorozat eredménye úgy tekinthető, mintha az elektródátávolsággal egyenlő lépésként egy-egy vertikális szondázást végeztünk volna. Természetesen a „behatolási mélységet” az egyszerre kihelyezett elektródák száma, mint maximális \overline{AB} távolság, korlátozza. (A terepi multielektrodás méréseket részletesen a következő fejezetben ismertetjük.) Mivel az elektromos ellenállás a pórusfolyadék oldott iontartalmától is függ, kutak (fúrások) környezetében mesterséges ionbevitel (sózás) után időben ismétlődő méréssorozattal áramlási paraméterek is becsülhetők.

Árammal átjárt kőzetekben polarizációs jelenségek játszódnak le. Ezért stacionárius elektromos tér csak a gerjesztő egyenáram bekapcsolása után bizonyos idő elteltével, a polarizáció telítésbe jutásával áll be. Hasonlóan, a gerjesztés megszűnésekor csak a polarizáció véges időtartamú lecsengése után válik a tér nullává. A *gerjesztett polarizációs* (IP) kutatómódszer a jelenség kimérésével (4.3.9. ábra) a kőzetek polarizálhatóságáról ad információt. Az IP eredmények szoros korrelációt mutatnak a kőzetekben előforduló hintett ércesedéssel, valamint a finomszemcsés (agyagos) kőzetfrakció mennyiségével.



4.3.9. ábra. Az IP-mérések elvi vázlatja. ΔV_p az ún. gerjesztett potenciál, melynek lecsengését t_0, t_1, \dots, t_n időpontokban mérjük

A földi mágneses tér külső eredetű, időben gyorsan változó komponense (lásd a földmágneses fejezetet) a földi közetekben mint vezető közegben áramot indukál. A jelenség tekinthető úgy is, mint az ionoszférából kiinduló elektromágneses síkhullámok behatolása, törése, és visszaverődése a földi rétegekbe, ill. rétegekből. Az elektromágneses hullámok amplitúdója a vezető közegben exponenciálisan lecseng, pl. a hullám mágneses komponensére felírva a z mélység, f frekvencia és ρ fajlagos ellenállás következő függvénye szerint:

$$\left| H_y / H_0 \right| \approx e^{-0.002z \cdot \sqrt{f \rho}}. \quad (4.6.)$$

A képletben a mágneses permeabilitástól függő tagot mint jelentéktelent, elhanyagoltuk. A magnetotellurikus hullámok frekvenciatartománya 10^{-5} – 10^3 Hz, az általuk praktikus vizsgálatra alkalmas mélységtartomány ideális esetben a $100 \text{ km} > z > 100 \text{ m}$ intervallum.

A **tellurikus** geofizikai kutatómódszerrel az időben változó erősségű (tellur)áramok okozta változó potenciálkülönbséget regisztráljuk a felszínen, egymásra merőlegesen elhelyezett, két nem polarizálódó elektródapáron. Az egyidejűleg regisztrált potenciálkülönbségeket egy vektor x és y komponensének tekintve, az eredő végpontja egy ellipszis jellegű görbét ír le. A tellurikus ellipszis jellemzőit (a kis- és nagytengely viszonyát, a nagytengely irányát, a forgó vektor által súrolt területet) egy ponton, majd különböző mérési pontok közötti összehasonlítással vizsgálva, egyszerűbb, horizontálisan rétegzett geológiai szerkezetek mutathatók ki.

A **magnetotellurikus** méréseknél indukciós tekercsek segítségével a tér mágneses komponensét is regisztráljuk. A **magnetotellurikus frekvenciaszondázások** esetén a mágneses, H_x és az elektromos, E_y térerő regisztrátumok spektruma alapján különböző periódusidőkhöz (T) tartozó komplex bemeneti impedanciaértékeket, $Z(T) = E_x(T) / H_y(T)$, képezünk.

A komplex impedancia abszolút értékéből az egyenáramú vertikális szondázási görbékhez hasonló jelentésű látszólagos fajlagos ellenállás $\rho_L = 2T|Z(T)|^2$ görbét szerkeszthetünk. Láttuk, hogy nagyobb periódusidejű hullám mélyebbre hatol az anyagba, tehát a nagyobb T -hez tartozó ρ_L értékek nagyobb mélységekig átlagolt fajlagos ellenállások. A mérési pont alatt a horizontális kőzetrétegek vastagságát és fajlagos ellenállását a VESz mérések kiértékeléséhez hasonló inverziós algoritmussal határozzuk meg. (A bemeneti impedancia komplex érték, ezért, kiegészítésképpen, lehetőség van az elektromágneses hullám mágneses és elektromos komponense közötti fáziskülönbség frekvenciafüggésének vizsgálatára is.) A tellurikus és magnetotellurikus geofizikai módszerek elsősorban nagymélységű földtani szerkezetek kutatására alkalmasak.

Mesterségesen gerjesztett elektromágneses terek mérésével, az eddig megismert módszerekhez hasonló módon, határozható meg a felszín alatti kőzetek fajlagos ellenállása. Az elektromágneses indukción alapuló számtalan geoelektromos módszer (ún. *EM-módszerek*) legtöbbször mobil keretre rögzített sokmenetes tekercsben vagy a földre terített néhány menetes hurokban folyó váltóáram a teret indukáló forrás. A vevőoldalon szintén tekercsben vagy kiterített hurokban mérjük az indukált áramot. A forrás és a vevő mérete, egymáshoz és a felszínhez viszonyított helyzete, a gerjesztő áram jellege (szinuszos egy vagy több frekvencián, négyszög vagy impulzusszerű) függvényében igen sok EM-mérőberendezést fejlesztettek ki. A vevőegység, folyamatos gerjesztés mellett, a primer (gerjesztő) és a szekunder (kőzetekben indukált) tér összegét (CWEM-módszerek) vagy impulzus jellegű gerjesztés esetén a tranziens teret méri (TEM-módszerek). Különböző pontokon azonos frekvenciával gerjesztett mérések eredményei az *EM-szelvények* vagy *EM-térképek*. A különböző frekvenciákon történő méréseket vagy TEM-mérések spektrumának vizsgálatát *EM-frekvenciaszondázásnak* nevezzük. Az EM-mérésekkel vizsgálható mélységtartomány a felszíntől néhány száz méterig terjed. Az EM-eljárások többségét eredetileg érckutatásra használták, de sok más kutatási feladat megoldásában is alkalmazhatók. Nagy fajlagos ellenállású fedőösszlet alatt húzódó rétegek kutatására az egyenáramú módszereknél feltétlenül alkalmasabbak. Nagy területek gyors, átnézetes felmérésére légi EM-eljárásokat is kifejlesztettek.

4.3.5. A földradar módszer

A földradar- (GPR, Ground Penetrating Radar) kutatások során földbe sugárzott rövid, nagyfrekvenciájú elektromágneses hullámcsomagok (impulzusok) visszaverődését regisztráljuk. A fizikai alapjait tekintve geoelektromos mérések eredményeinek feldolgozása és interpretációja a reflexiós szeizmikus kutatásoknál megismert módon történik.

Az alkalmazott impulzusok középfrekvenciája a kutatás jellegéhez igazodva 20 MHz és 2 GHz között változhat. Ilyen nagy frekvenciákon a kőzetek elektromos viselkedését elsősorban dielektromos állandójuk (ϵ) határozza meg. A 4.6. táblázatban néhány kőzet (anyag) jellemző relatív dielektromos állandóját és más, a radarmérések szempontjából lényeges paramétereit foglaltuk össze.

Anyag	ϵ_r	V (m/ns)	β (dB/m)	Anyag	ϵ_r	V (m/ns)	β (dB/m)
Levegő	1	0,30	0	Homok (víztelített)	20–30	0,06	0,03–0,3
Jég	3–4	0,16	0,01	Homok (száraz)	3–5	0,15	0,01
Víz	80	0,033	0,1	Agyag, márga	5–20	0,08	1–100
Mészke	4–8	0,12	0,4–1	Iszap	5–30	0,07	1–100
Gránit	4–6	0,13	0,01–1				

4.6. táblázat. A relatív dielektromos állandó (ϵ_r), az elektromágneses hullám terjedési sebessége (V) és a csillapítás mértéke (β) néhány anyagban ~ 100 MHz frekvencián

A réteghatárokon a radarhullámok törése és visszaverődése az akusztikus hullámoknál megismert törvényszerűség szerint történik. A beeső (A_0) és visszaverődő (A_1) amplitúdó aránya pedig a

$$A_1 = R * A_0 = \frac{\sqrt{K_2} - \sqrt{K_1}}{\sqrt{K_2} + \sqrt{K_1}} A_0 \quad (4.7.)$$

képlettel írható le. Az R reflexiókoefficiens a rétegek komplex dielektromos állandójától (K) függ, amelyet a $K = \epsilon + j\sigma/(2\pi f)$ összefüggés definiál (σ a fajlagos vezetőképesség, f a radarhullám frekvenciája, j az imaginárius egység). Tapasztalatok szerint réteghatár kimutatására $R > 0,01$ esetben van esély. A komplex dielektromos állandóhoz hasonlóan képezhetjük az ún. veszteségi szög (α) tangensét $\tan\alpha = \sigma/(2\pi f\epsilon)$. A veszteségi tényező (tangens) a közetbe hatoló hullám csillapodásának mértékére jellemző, fizikai értelemben a hővé alakult elektromágneses energia arányát mutatja.

A 4.6. táblázat tanúsága szerint a víz kiemelkedő dielektromos állandóval rendelkezik, tehát a földradarmérések elsősorban a különböző víztartalmú rétegek határáról verődnek vissza. Fémes vezetők felszíne szintén kiváló reflektor. A táblázatban közölt sebességértékekből meghatározható a hullámhossz is ($\lambda = V/f$, azaz pl. vízben, 100 MHz frekvencián 33 cm). Így becsülhető a mérések felbontóképessége, ugyanis a tapasztalatok azt mutatják, hogy a radarszelvényen két réteghatár akkor különíthető el, ha a köztük lévő távolság legalább a hullámhossz fele-negyede. A táblázat következő oszlopa a különböző közetek egységnyi vastagságú szakaszán áthaladó hullám energiacsökkenését mutatja. Látható, hogy agyagrétegekben rendkívül nagy csillapítás is létrejöhét (100 dB 10^{-10} -szeres energiacsökkenést jelent!), praktikusán meghiúsítva az energia továbbterjedését.

A földradar-berendezés adó- és vevőantennáját rendszerint optikai kábel köti össze a vezérlőegységgel. A digitálisan mintavételezett radarjeleket a vezérlőegységhez csatolt mobil számítógép rögzíti. A méréseket egy egyenes mentén haladva, állandó vagy változó adó- és vevőantenna-távolsággal végezzük. Eredményként, a mérési elrendezésnek megfelelő egycsatornás vagy összegzett reflexiók időszelvényeket kapunk, a szeizmikus méréseknél megismert módon.

A földradarméréseket, a radarjel frekvenciájától és a felszín közeli rétegek elektromos paramétereitől függően, a néhány deciméterestől a néhány száz méteresig terjedő mélységek kutatására használják. (Kuriózumként megemlítyük, hogy a sarki jégtakaró alól, 5 km mélységből is észlelhető visszavert radarjel.) A módszer többek között alkalmas sekély, üledékes geológiai szerkezetek, talajvízszint, szennyeződések, megbolygatott felszín közeli rétegek, eltemetett tárgyak, régészeti területek, üregek, műanyag és fémcsövek, lőszerek, (taposó)aknák, mederfenék alatti rétegek, iszapolódás vizsgálatára. Létezik vízben, repülőgépről, sőt mesterséges holdról mérő földradar-berendezés is.

4.4. A terepi mérési feladatok leírása

A fejezetben három, széles körben alkalmazható, gyorsan kivitelezhető geofizikai mérés terepi végrehajtását ismertetjük. Mielőtt azonban rátérnénk az egyes módszerekre, néhány általános irányelvet adunk a terepi geofizikai mérések kivitelezésével kapcsolatban.

A terepi méréseket kis léptékű térképlapokon előre meg kell tervezni. Eldöntendő, hogy a műszereket is szállító gépkocsik mennyire és milyen útvonalon tudják megközelíteni a mérés helyszínét. A térképi információk alapján viszonylag jól meghatározható az is, hogy a mérési pontok gyalogosan megközelíthetők-e. Ugyanakkor nagyobb lélegzetű munkák mérési hálózatának megtervezése előtt ajánlatos terepbejárást is tartani.

A terepi geofizikai munka nem egyszerű erdei vagy mezei séta. A kijelölt vonalak, elkerülhetetlenül meredek oldalakon, mély árkokon, bozotos, sáros, mocsaras területeken vezethetnek keresztül. Fontos tehát a megfelelő cipő és ruházat megválasztása. Fel kell készülni a kedvezőtlen időjárási fordulatokra, nemcsak a mérést végző személyzet, de a műszerek tekintetében is. A geofizikai mérőműszerek ugyan általában vízhatlanok, de a kiegészítő berendezések, különösen az adatgyűjtő számítógépek gyakran nem.

A legkülönbözőbb jellegű balesetek (pl. áramütés, kullancsfertőzés stb.) megelőzése végett szükséges a mérési módszerhez és a terepi körülményekhez igazodó balesetvédelmi szabályok felállítása és betartása. Tartsunk magunknál elsősegélycsomagot!

Minden mérésről vezessünk jegyzőkönyvet! A jegyzőkönyvben a mérési hely azonosítása (pl. „útkereszteződéstől 50 m ÉK-re”), valamint a mérőműszer azonosítójának, a mérés időpontjának, a mérési paramétereknek és a rögzített adatfájlok nevének feljegyzése mellett tüntessük fel a külső körülményeket is: pl. a felszíni jelenségeket („szelvény 50 m-es pontján dagonya”, „120 m-nél dolomitkibúvás”, „170 m-nél É 20 m-re villanyoszlop”, „220 m-nél drótkerítés” stb.), az időjárást (pl. „nagy zápor után” vagy „2^h 14'-kor szemerklő eső kezdődik”) stb. Próbáljuk meg logikusan és áttekinthetően számozni mérési pontjainkat és a jegyzőkönyvben írjuk le a számozási (jelölési) szisztémát is! A mérési eredményeket rögzítő fájlokról készítsünk másolatot külső adathordozóra (CD, floppy) közvetlenül a mérés befejezése után!

Mindig legyen nálunk egy alap szerszámkészlet (különböző fejkiképzésű csavarhúzó, fogók, imbuszkulcsok, kés, kontaktspray, forrasztópáka, forrasztóórn, multiméter, pillanatragasztó, vízhatlan tömítőanyag, szigetelőszalag, szigetelt vezetékdarabok, csatlakozók, szigetelőtömlők, háztartási műanyag fólia). Műszereink többsége akkumulátorokról működik. Minden mérési nap előtt töltsük föl azokat, és legyen nálunk tartalék is. Tapasztalatok szerint egy autóakkumulátor 40 Ah kapacitása nem elegendő egy laptop komputer egész napi működtetéséhez!

Terepi navigációra és a mérési ponthálózat bemérésére általában GPS- (Global Positioning Satellites) berendezést használunk. Tartsuk azonban szem előtt e rendszer korlátait! Az egyszerű kézi készülékek pontossága jó esetben $\pm 3\text{--}5$ m, és erősen függ a „látható” műholdak aktuális helyzetétől. Érdekes a berendezéssel előzetesen letöltetni, majd tanulmányozni a várható műhold-konstellációkat megadó „Almanach”-ot. Nagy mértékben javítható a pontosság az ún. differenciális korrekció (DGPS) alkalmazásával.

Ilyen korrekciót igényesebb műszerek valós időben képesek elvégezni korrekciós műholdak vagy közelebbi, bázis GPS-berendezésekkel való rádiókapcsolat útján. Rádiókapcsolat híján a regisztrált pozícióadatok utólagos korrekciójára is lehetőség van. Fedett terepen (erdőben) a GPS-berendezés nem működik. Ilyen helyzetben, és igen sűrű (pl. 1x1 m) mérési hálózat kitűzésekor hagyományos geodéziai módszereket kell alkalmazni (teodolit, kitűzőrúd, mérőszalag stb.)

4.4.1. Terepi földmágneses mérések

A mérések során GSM-19 típusú **Overhauser-effektus**on alapuló kvantum-magnetométereket használunk, amik igen hasonlóak a korábban említett protonprecessziós elven működő műszerekhez. Egy eszköz egy vagy két szondából és a hozzá csatlakozó elektronikai egységből áll. Egyetlen szonda használata esetén az eredményeket korrigálni kell. A földmágneses tér ugyanis rövid periódusú, ún. napi változást mutat, amely „rárakodik” a napközben mért értékeinkre. Az elvégzendő korrekciót báziskorrekciónak nevezzük, és lényege, hogy a mérési területhez közel, mágnesesen nem szennyezett helyen egy másik magnetométert is felállítunk, és azzal a mérés ideje alatt rögzítjük a tér időbeli változásait. A mérések befejezése után a mozgó műszer adataiból a bázisműszer azonos időpontokban mért értékeit levonjuk, és így egy olyan adatrendszerrel kapunk, amely már nem tartalmazza a mágneses tér időbeli változásait. A korrigált értékek csupán azt az információt hordozzák, amely a mérési pont anyagi környezetének mágneses tulajdonságaira jellemző.

Azokat a magnetométereket, amelyek több szonda által mért értékek különbségének mérésére képesek, gradiométereknek nevezzük. A különbség, azaz a gradiensérték meghatározása többfajta térbeli elrendezésben történhet, így például két szonda esetén a szondák egymás mellett vagy egymás alatt is elhelyezkedhetnek. Az első esetben horizontális, míg a második esetben vertikális gradiens meghatározása történik. Kizárólag gradiens célú mérés esetén báziskorrekcióra nincs szükség.

A mérések megtervezésekor fontos feladat a szondák felszínhez és egymáshoz viszonyított távolságának beállítása. Általában a lehető legnagyobb felbontásra törekszünk, azaz a minél kisebb kiterjedésű objektumok azonosítása a cél. Alacsonyabbra helyezett szonda kisebb méretű, felszínhez közeli objektumokra is érzékeny. E törekvésnek azonban gátat szab a mágnesesen szennyezett felszín zavaró hatása. A megoldás a tesztmérésekkel meghatározott optimális szondamagasság és távolság, amely alkalmazkodik a mérési hely jellegzetességeihez. A tesztmérés során – lehetőség szerint – ismert terület felett történik a mágneses mérés. Ugyanazon terület felett többfajta szonda-elrendezést és mérési pontsűrűséget

kipróbálva kiválasztható az adott helyszín mágneses és geológiai adottságainak legmegfelelőbb módszer.

A célszerűen megválasztott elrendezés mellett, precíz geodéziai méréssel kitűzött rácsháló mentén végezzük a mérést. Egy észleléshez csupán 0,2–0,5 másodpercnyi időre van szükség, tehát igen sok adat begyűjtése lehetséges viszonylag rövid idő alatt. A műszer nagy érzékenységének következtében a mérés körültekintést igényel. Az észlelő öltözékének teljesen vasmentesnek kell lennie, zsebeiben sem tarthat semmilyen fémtárgyat (kulcs, bicska, öngyújtó).

A mért mágneses adatokban nemesak a keresett fizikai változások jelét észleljük, hanem egyéb hatásokat is. Ez utóbbiakat zajnak tekintjük, és eltávolításukra, illetve csökkentésükre törekszünk. Attól függően, hogy kutatásunk mire irányul, zajforrás lehet az altalaj geológiai változása, árkok, földhalmok, felszínen elhelyezkedő nagyméretű vastárgyak

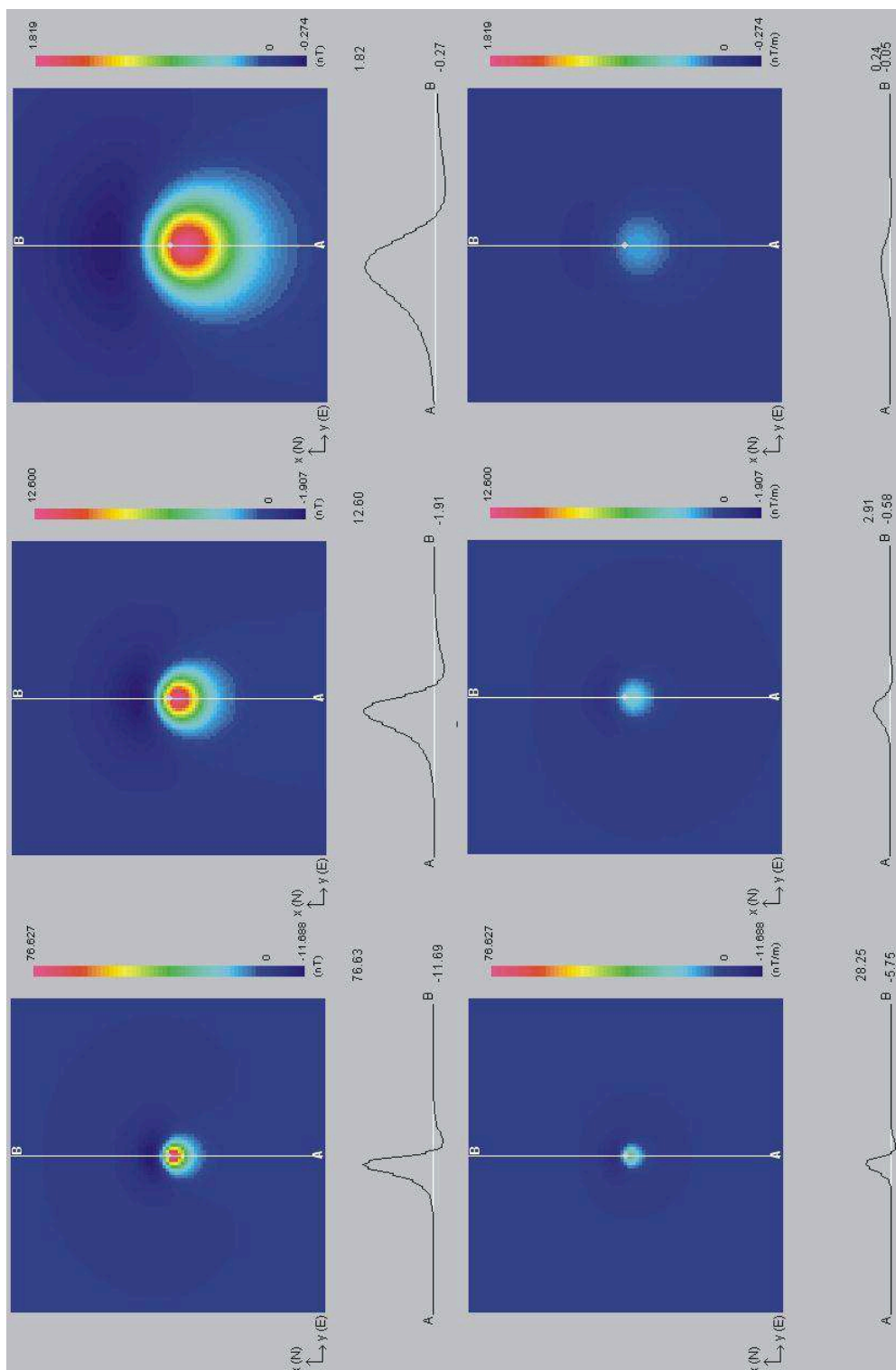
(villanyoszlop, épület, kerítés), felszínen elszórt vastartalmú szennyezés, elektromágneses sugárzás, a Föld mágneses terének gyorsan változó komponense. Az adatrendszer zajszintjét digitális szűrési műveletekkel csökkenthetjük.

További adatfeldolgozási lépések, mint például [pólusra redukálás](#), [lefelé folytatás](#), iránykiemelés, lokális amplitúdó- és fázisszámítás az ábrázolt adatrendszer lényegi komponenseit előnyösen befolyásolhatják. Ezek az átalakítási lépések a jelek kiemelése és a zajok elnyomása céljából történnek. Az, hogy mit tekintünk zajnak, csak az adatfeldolgozási lépések során, az adatrendszer részletes elemzése közben dönthető el. Az adatokat minden esetben térképen ábrázoljuk, a különböző értéktartományokhoz különböző színeket rendelve.

A mágneses adatok kvalitatív értelmezéséhez nyújt segítséget a 4.4.1. ábra, amely különböző mélységben elhelyezkedő, azonos momentumú mágneses dipólusok által keltett tereket mutat be. A felső sorban a mágneses indukcióvektor nagysága 1 m-rel a felszín felett, alatta az 1 és 2 m magasságban mért térértékek különbsége (vertikális gradiens) látható. A hatók balról jobbra 5 m, 10 m és 20 m mélységben találhatók. Az ábra 100 m x 100 m nagyságú területen, $D=0^\circ$, $I=63^\circ$ paraméterértékek mellett ábrázolja az anomáliákat. Az anomáliaképeken észak–déli irányba húzódó A-B szelvény menti értékek az anomáliaképek alatt találhatók. Érdeemes megfigyelni, hogy ugyanolyan mágneses momentumú, de egyre mélyebben található dipólushoz egyre kisebb amplitúdójú és egyre jobban szétterjedő anomália tartozik. A gradiensértékek mindig kisebbek, mint az egyetlen szondával mért mágneses indukcióvektor nagyságának értékei. Magyarország mágneses szélességén az indukált mágneses dipólusok anomáliaképét egy délen található, nagyobb pozitív anomália és ettől északra egy kisebb negatív anomália jellemzi. (Természetesen jelentős remanens mágnesezettségű hatók anomáliaképe más jellegű lehet.).

Feladatok:

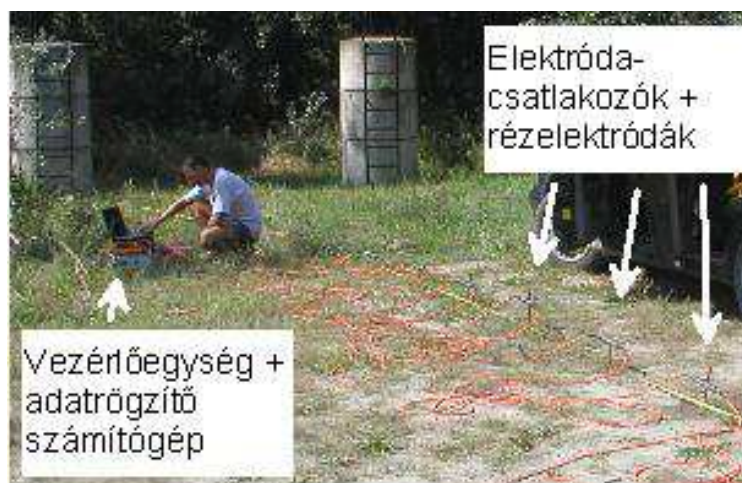
1. A mérésvezető által kijelölt területen egy GSM-19-es Overhauser-típusú magnetométerrel mágneses mérés végrehajtása méterszer méteres rácshálóban, vertikális gradiens-elrendezést alkalmazva.
2. A mérés feldolgozása: az adatok letöltése a magnetométerről egy hordozható számítógépre, a báziskorrekciónak elvégzése, majd a korrigált és a gradiensadatok térképi ábrázolása.
3. A mérési eredmény értelmezése, azaz a felkutatott objektum(ok) helyzetének a terepen történő meghatározása, a kiterjedés becslése.



4.4.1. ábra Különböző mélységben elhelyezkedő, azonos momentumú mágneses dipólusok által keltett tér. A felső sorban a mágneses indukcióvektor nagysága 1 méterrel a felszín felett, alatta az 1 és 2 méter magasságban mért értékek különbsége (vertikális gradiens) látható. A hatók balról jobbra 5 m, 10 m és 20 m mélységben találhatók. Az ábra 100 m x 100 m nagyságú területen, $D=0^\circ$, $I=63^\circ$ paraméterértékek mellett ábrázolja az anomáliákat

4.4.2. Terepi multielektródás szelvényezés

A multielektródás szelvényezést egy ARS-200 jelű „intelligens” elektródás berendezéssel végezzük (4.4.2 ábra). A vezérlő ereken kívül mindössze két áram- és két feszültségmérő vezeték köti össze az összes elektródát és az elektródacsatlakozókba épített elektronika kapcsolja azokat A, B, M, N, illetve neutrális funkcióba. A mérés során alkalmazott elektródakonfiguráció-sorozatot a konkrét feladathoz illeszkedően választhatjuk meg, alkalmazhatunk ismételt Schlumberger- vagy Wenner- ($\overline{AM} = \overline{MN} = \overline{NB}$) elrendezést, ezek kombinációját, valamint különböző dipól-dipól kombinációkat.



4.4.2. ábra Multielektródás szelvényezés ARS-200 berendezéssel

Az 5 darab, egymáshoz csatlakoztatható nyolcelektrodás kábelszakasz a maximum 8 m-es elektródatávolsággal legfeljebb 312 m-es egyszeri terítési hosszat tesz lehetővé. Ez a távolság behatárolja a kutatási mélységet (~80 m), de a szelvény hosszúságát nem, mert az utolsó kábelszakaszt felszedve és az első elé csatlakoztatva a mérést tetszőleges hosszúságban folytathatjuk. A mérés horizontális felbontóképessége a felszín közelében az elektródatávolsággal arányos, a vertikális felbontás azonban, az elektródatávolságtól nagyjából függetlenül, nagyobb mélységek felé lényegesen csökken. Kisebb elektródatávolság választásával növelhetjük a módszer felbontóképességét a felszínhez közeli rétegekben, amellyel csökkentjük az elérhető kutatási mélységet.

A mérés egyenes szelvények mentén történik. Enyhébb ívek a szelvényvonalban megengedhetők, de az egyenestől való eltérés mértékével nő a kiértékelés pontatlansága. A mért látszólagos fajlagosellenállás-értékeket a mindenkori A-B elektródák felezőpontja alá, $\overline{AB}/5$ mélységre vonatkoztatjuk. Az ún. pszeudoellenállás-szelvény az előzetes értelmezést és az esetleges hibás mérési pontok kiszűrését teszi lehetővé. A vázolt mérési technológiából következően a szelvény mentén csak egy fél terítési hossz után érjük el a maximális „behatolást”, és ugyanez a helyzet a szelvények végén is. A mérés vezérlését és a mért adatok rögzítését számítógép végzi. Az eredmények feldolgozása a RES2DINV számítógépes programmal történik. A program megjeleníti a pszeudoszelvényt, lehetővé teszi a hibás pontok szűrését és a feldolgozási célparaméterek beállítását. A végeeselemes inverziós algoritmus becslést ad a szelvény mentén a fajlagos ellenállás mélységi eloszlására.

Feladatok:

1. Multielektrodás szelvényezési vonal kitűzése GPS-berendezéssel, az elektrodák kihelyezése, a kábelrendszer kiterítése.
2. A megfelelő mérési paraméterek kiválasztása, beállítása a vezérlő számítógépen. A mérés elindítása és az automatikus mérési folyamat ellenőrzése, az esetleges korrekciók elvégzése.
3. Az eredmények feltöltése a RES2DINV kiértékelő programba. Az optimális feldolgozási paraméterek kiválasztása. A multielektrodás ellenállásszelvény összevetése a területről meglévő a priori ismeretekkel, az anomáliák értelmezése földtani és környezeti szempontok alapján.

4.4.3. Terepi földradarmérések

A földradarmérést Zond-12e berendezéssel végezzük (4.4.3 ábra). A vezérlőegységhez, egy, a mérési feladatnak megfelelő 38, 300, 500 MHz vagy 1,5 Ghz középfrekvenciájú antennapárost csatlakoztathatunk. Az alacsony frekvenciás antennák vállra függesztett rúd végén hordozhatók, a nagyobb frekvenciájú adó- és vevőantennákat pedig egy-egy közös tokba zárva, csúszó talpon lehet vontatni. A vezérlőegység, valamint az adatokat gyűjtő és megjelenítő számítógép (laptop) hevederrel az észlelő személy vállára van függesztve úgy, hogy mérés közben a valós időben felrajzolódó időszelvényt ellenőrizhesse.



4.4.3. ábra. A Zond-12e vezérlőegysége az adatrögzítő számítógéppel

A mérési eljárás, a műszeregyüttes összeállítását követően, a mérési paraméterek beállításával folytatódik, amelyhez ismételt tesztfelvételek nyújtanak segítséget. A 4.4.4 ábrán bemutatott képernyőn definiálhatjuk a felvételek időablakát, azaz a radarimpulzus kibocsátása és a felvétel kezdete közötti időkésleltetést („Pulse delay”, ps, azaz 10^{-12} másodperc-egységekben) és a felvételek hosszát („Range”, ns, azaz 10^{-9} másodperc-egységekben).

4.4.4. ábra. Műszerparaméterek beállítása földradarmérésekhez tesztfelvételek segítségével

A jobb oldali ablakban ellenőrizhetjük, hogy a beállítás következtében a kibocsátott impulzusokra adott válaszfüggvények információt hordozó szakasza kerül-e rögzítésre. A szelvényezés által érintett anyag (kőzet) minőségét (pontosabban a becsült átlagos relatív dielektromos állandóját) a „Medium” pontnál beállítva, válaszként megkapjuk a valószínű

kutatási mélységet is. A felvételek zajosságának csökkentése céljából elektronikus szűrő beállítására van mód („High-pass filter”) és hasonló célból meghatározhatjuk, hogy hány egymást követő felvétel kerüljön összegezésre („Stacking”).

A mérést úgy végezzük, hogy az antennát egy egyenes vonal mentén végigvontatjuk. A vonal végpontjait előzetesen, általában GPS-berendezéssel pontosan kitűzzük és megjelöljük. A mérés során mindenkori helyzetünket is rögzíthetjük GPS-berendezéssel, ám csak akkor, ha lehetőségünk van DGPS-korrekcióra. Gyakran elegendő, ha mérés közben nem végzünk helyzetmeghatározást, pusztán ügyelünk a vontatás állandó sebességére. Igényesebb feladatnál a vontatási sebességet egy, az antennához csatlakoztatott távmérő kerékkel (hodométerrel) pontosan regisztrálhatjuk.

Feladatok:

1. Földradarszelvény helyének kijelölése, a vonal végpontjainak kitűzése GPS-berendezéssel, a feladat megoldására alkalmas antenna kiválasztása.
2. A mérési paraméterek kiválasztása tesztmérések segítségével. A mérés végrehajtása, a szelvény minőségének valós idejű ellenőrzése.
3. A felvett földradarszelvény összevetése a területről, meglévő a priori ismeretekkel, és kiértékelése földtani és környezeti szempontok alapján.

4.5. Függelékek

4.5.1. Bibliográfia

Oravecz János: Földtani térképezés és szelvényyszerkesztés, ELTE, Egyetemi jegyzet (1986).
 McClay K. R: The mapping of geological structures. Geol. Soc. (1987), London Handbook Series.
 W. M. Telford, L. P. Geldart, R. E. Sheriff: Applied Geophysics. (1990), Cambridge University Press.

4.5.2. Fogalomtár

Bouguer, Pierre (1698–1758): francia matematikus, aki a Föld alakjának meghatározásával foglalkozott

Curie-pont: az a hőmérsékleti érték, amelyen a ferromágneses anyagok elveszítik mágnesezettségüket és paramágnesekké válnak. Ezen hőmérséklet alatt az elemi mágneses momentumok kölcsönhatásban vannak egymással és kollektíven viselkednek, míg e hőmérséklet felett az anyag paramágnesesen viselkedik. (Pierre Joliot-Curie [1859–1906], francia fizikus után)

geofon: a szeizmikus hullámok észlelésére használt eszköz, amelynek egy- és háromkomponensű változatait használják; többnyire egy tekercsben rugókkal felfüggesztett mágnes alkotja, ami a beérkező szeizmikus hullám hatására elmozdul a tekercsben, és így a beérkezéssel arányos nagyságú elektromos jelet indukál.

gravitációs állandó: arányossági tényező a Newton-féle gravitációs erőtvényben, értéke $f=6,6720 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$

ionoszféra: a Föld felső légkörének azon része, ami ionizált gázból áll, és 50–1000 km-es magasságban helyezkedik el. Az ionoszféra több különböző rétegből áll az ionok fajtája és koncentrációja szerint. Az E-rétegben, mintegy 90–120 km magasan működik az ionoszférikus dinamó, ami a Föld felszínén tapasztalható mágneses nyugodt napi változásokért felelős.

lefelé folytatás: olyan adattranszformáció, melynek során a nagyobb magasságban mért mágneses vagy gravitációs adatok konvertálása történik meg egy kisebb magassági szintre a tér folytonossága alapján.

mágneses normál tér: a Föld mágneses terének időben lassan változó, anomáliáktól mentes része, amit többnyire műholdas mágneses mérések alapján, alacsonyrendű gömbi harmonikus közelítés segítségével határoznak meg.

magnetoszféra: a Föld mágneses tere által uralt térrész, ami a Nap felőli oldalon mintegy 10 föld-sugár, az átellenesen oldalon mintegy 40 föld-sugár távolságig terjed.

Overhauser-effektus: nagy frekvenciájú elektromágneses sugárzással gerjesztett szabad elektronok kölcsönhatásba léphetnek protonokkal, és polarizálhatják őket. A hagyományos protonprecessziós magnetométerekben használt, külső mágneses tér segítségével történő polarizáció helyett ezt a módszert használják az Overhauser-típusú magnetométerekben. (Albert W. Overhauser [1925–], amerikai fizikus után.)

piezoelektromos nyomásérzékelő: a piezoelektromos anyagban nyomás hatására elektromos feszültség keletkezik. A hidrofon érzékelője, ami többnyire barium-titanátból készül, a nyomás hatására elektromos jelet hoz létre, így detektálható a vízben terjedő nyomáshullám.

pólusra redukálás: az inklinációval rendelkező mágneses térben mért adatok konvertálása olyan adatokká, amelyeket függőleges irányú mágneses térben mérhettünk volna. A transzformáció során az inklináció okozta aszimmetria eltűnik a mágneses anomáliáról, és a mért anomália az őt

létrehozó ható fölé kerül. Az eljárás feltételezi, hogy a ható remanens mágnesezettsége jóval kisebb az indukált mágnesezettségénél.

remanens mágnesezettség: indukált mágneses tér jelenléte nélkül az anyagban lévő mágnesezettség

Snell–Descartes-törvény: a geometriai szeizmika azon összefüggése, ami két izotróp közeg határán áthaladó hullám viselkedését írja le: a beesési szög és a törési szög szinuszának aránya ugyanazon közegpár esetén állandó, és egyenlő az első és a második közegben mért terjedési sebességek arányával. (Willebrord Snell [1591–1626] holland és René' Descartes [1596-1650] francia filozófus után.)

tellurikus áramok: természetes eredetű, kis frekvenciájú elektromos áramok a Földben, amelyek igen nagy területre terjednek ki. Keletkezésük az ionoszférikus dinamó folyamataira vezethető vissza.

5. GEOMORFOLÓGIA (GÁBRIS GYULA, DARABOS GABRIELLA)

5.1. Bevezetés

Földünk szilárd kérgének felszíne nem sima, rajta kisebb-nagyobb egyenetlenségeket – síkságokat, medencéket, árkokat, völgyeket, hegyeket stb. – találunk. A földrajzi környezet részét képező felszínformák és az ezeket létrehozó különleges folyamatok állandóan változnak, ugyanakkor hatással vannak a gazdasági és társadalmi életre. Számtalan példával igazolható, hogy a felszíni formák jelentős szerepet játszanak a földrajzi burok életében. A domborzat módosítja pl. az éghajlatot, felszínén alakul ki a növényzet és a talaj, rajta megy végbe a társadalom tevékenységének túlnyomó része, ez hordozza a településeket, utakat, folyókat.

A Föld arculatának alakításában az ember egyre fontosabb szerepet játszik. Az új évezredben a felszíni formák és különösen a folyamatok megfelelő ismerete nélkül nem lehet teljes a középiskolákban nyújtandó környezet- és természetvédelmi ismeretanyag. Szükséges, hogy a leendő környezettan szakos középiskolai tanárok a terepi megfigyelések során megismerjék a jellemző domborzati formákat és felszínalakító folyamatokat, valamint, hogy elsajátítsák a geomorfológia legfontosabb elméleti, terepvizsgálati és térképkészítési módszereit. Mindezek megkönnyítik a terepi tájékozódást, továbbá segítséget nyújthatnak az összetett környezet- és természetvédelmi problémák feltárásához, illetve megoldásához.

A felszínalaktan (geomorfológia) alapvető elméleti és módszertani tudnivalóit ismertető résszel segítséget kívánunk nyújtani a terepgyakorlati munkához.

5.2. A vizsgálat elméleti háttere

5.2.1. A geomorfológia és tárgya

A környezetkutatás szerves részét képező *geomorfológia* a szilárd kéreg domborzatának, azaz a felszín formáinak genetikai, fejlődéstörténeti magyarázata. Kutatásának tárgya a szilárd kéreg változatos formakincse, a domborzat. A felszíni formák nem merev, változatlan képződmények, hanem egy nagyobb globális rendszer részeként egymással kölcsönhatásban levő mozgásfolyamatok állandóan változó megnyilvánulásai. A geomorfológia feladata, hogy a változó felszíni domborzat fejlődésének törvényszerűségeit és a formák típusait megállapítsa, továbbá, hogy bemutassa a felszíni formák gazdasági-társadalmi tevékenységre gyakorolt hatását. A domborzat fejlődésének ismerete nélkül a földrajzi burok fejlődésének törvényszerűségei sem ismerhetők meg. Ez teszi lehetővé, hogy megtaláljuk a megoldásokat a környezeti beavatkozások nyomán felmerült kérdésekre is.

A geomorfológia ismeretanyagának összegyűjtésében, feldolgozásában és rendszerezésében más tudományok segítségére is támaszkodik. A felszínalaktan napjainkban sokféle irányvonalú kutatásaival több társtudomány (geológia, talajtan, hidrológia, geofizika és földrajz) területére is kiterjed, kutatási módszere pedig egyrészt tapasztalati, másrészt a felszínformákra vonatkozó egzakt, matematikai jellegű. A geomorfológiai elemek tanulmányozása lehetőséget ad arra, hogy a felszín alakulásának folyamatait vizsgáljuk.

5.2.2. A fontosabb felszínformáló erők és folyamatok

A különböző kőzetekből álló domborzaton a kisebb-nagyobb felszínformákat létrehozó erőknek két típusát különböztetjük meg: a Föld mélyéből eredő *belső erőket*, amelyek által kialakított felszíni egyenetlenségek a *külső erők* munkája révén pusztulnak. A belső és külső erők működése egymástól térben és időben elválaszthatatlan, egymást feltételezve és kiegészítve évezredek, évmilliók alatt formálják a felszínt. Az összegződő változások eredményeként alakul ki a domborzat.

A külső erők (pl. a víz, a jég és a szél) a kőzetek átalakítása után a felszín lepusztulását, a törmelék elszállítását, végül pedig lerakódását okozzák. A természetben megjelenő formák a különféle folyamatok bonyolult egymásra hatását tükrözik. A szárazföld felszínén általános jelentőségű a lejtős felszínek formaalakulása, amely a nehézségi erő hatására ún. *lejtős tömegmozgással* megy végbe. A lejtős folyamatok felszínformáló tevékenységét (talajfolyás, lejtőcsuszamlások, húzódo törmelékmozgások) összefoglalóan *deráziónak* nevezzük. Nyomukban völgyek és széles, sekély, enyhe lejtőjű, medenceszerű mélyedések keletkeznek. Ezek fenekén nem folyik patak és hiányzik belőlük a folyóvízi eredetű lerakódás is. A derázio a lejtőket felületileg (areálisan) formálja.

Ha a szállítóközeg a lejtőket leöblítő csapadékvíz, akkor a folyamatot *felszíni (areális) leöblítésnek* nevezzük. Gyakoribb, hogy a felszínre jutó víz különböző méretű és tartosságú *vonalas (lineáris) vízhálózati* elemek (eróziós barázda, vízmosás, patak, folyó) mentén folyik le. A lepusztulást eredményező folyamat, a *folyóvízi erózió*, ill. a vele kapcsolatos felhalmozás a *folyóvízi akkumuláció*. A *szél* felszínalakító tevékenységét jelöli a *defláció* vagy *eolikus erózió*, ill. *eolikus akkumuláció*. Az előbbieket alapján a *jég* felszínformálásaikor *glaciális erózióról* és *glaciális akkumulációról*, a hullámzó, áramló tengervíz vagy tó esetén pedig *abrázióról* beszélünk. Hazánkban a külső erők közül a jelenkorban a folyóvízi (lineáris) erózió a leghatékonyabb.

5.2.3. A vízgyűjtő terület morfológiai (alakmérési) jellemzői

A szintvonalas topográfiai térkép vízszintes és függőleges értelemben is mérhető adatokat tartalmaz, ezért sok olyan – főleg a vízgyűjtő területekre és felszíni vízfolyásokra, ill. állóvizekre vonatkozó *morfológiai (alaktani)* – mutató határozható meg rajtuk, amely különböző hidrogeográfiai és geomorfológiai következtetések alapjául szolgál. Az adatokból különböző mért vagy számított mutatók területi változását bemutató, ún. *morfológiai térképek* szerkeszthetők. A felszínalaktani vizsgálatok természetes egysége a *vízgyűjtő terület*, amit vízválasztók határolnak. Egy folyórendszeren belül az egyes vízfolyásokhoz részvízgyűjtők tartoznak. A viszonylag legnagyobb magasságú pontokat összekötő vonal a *vízválasztó-vonal*. Ennek pontos kijelölése, azaz a vízgyűjtő terület lehatárolása földtani okok (pl. vízzáró és vízáteresztő rétegek váltakozása) miatt néha nehézségeket jelent. A felszíni vízválasztók mellett léteznek felszín alatti vízválasztók is, amelyek futása eltérhet egymástól.

A vízgyűjtő fontosabb morfológiai jellemzői a következők:

A vízgyűjtő területének nagysága (F). Értéke többféleképpen határozható meg. A hagyományos módszerek mellett (mm-es beosztású pauszpapír, poláris planiméter), ma már a számítógépre rajzolt térképről közvetlenül is meghatározható értéke.

A vízvázlasztó hossza, ill. a belőle számítható értékek hasznos adatként szolgálnak a vízgyűjtő vízrajzi és geomorfológiai sajátosságainak feltárásakor. A vízvázlasztó hosszát (S) a topográfiai térképen gördülő távolságmérő segítségével mérjük. Ez a topográfiai térképek kötött méretarányaihoz készített hossz mérő műszer. A műszer számlapján a méretarányoknak megfelelő valóságos távolságok olvashatók le m , ill. km értékben.

A vízfolyások rendűségének bizonyos morfológiai paraméterek számításakor van jelentősége. A megállapítására vonatkozó számos elv közül csak egyet ismertetünk. Horton, R. E. (1945) szerint a vízfolyások forrásától az első összefolyásig terjedő szakaszát *elsőrendűnek* tekintjük. Két elsőrendű ág találkozásakor másodrendű, két másodrendű csatlakozásakor harmadrendű keletkezik és így tovább. Azonos rendű vízfolyások találkozása tehát eggyel emeli a rendszámot. Eltérő rendű folyók vagy patakok találkozásakor a rendszám nem változik.

A vízfolyások sűrűsége (D) fontos alakrajzi jellemző, amely a vízhálózatot kialakító tényezők (elsősorban az alapkőzet és az éghajlat) hatását tükrözi. Az éghajlati elemek közül a csapadék befolyásolja a vízfolyássűrűség kialakulását. Maximumát pl. félig száraz (szemiárid) területeken éri el, ahol a csapadék többnyire nagy intenzitású, gyér a növényzet és korlátozottak a talajfejlődési folyamatok. Mindezek következtében a felszíni vonalas erózió értéke is nagy. Növekvő csapadék esetén a záródó növénytakaró egy bizonyos határig visszatartó hatást fejt ki és megakadályozza a sűrű vízhálózat kialakulását.

Számszerű értékét a vízgyűjtő vízfolyás-összhosszának (L) és a vízgyűjtő terület nagyságának (F) hányadosa adja meg.

$$D = L / F \text{ (km/km}^2\text{)} \quad (5.1.)$$

A vízgyűjtő medence aszimmetriája (a)

$$a = \frac{F_b - F_j}{\frac{F_b + F_j}{2}} \quad (5.2.),$$

ahol F_b = a vízfolyás bal oldali vízgyűjtőjének területe (m^2)

F_j = a vízfolyás jobb oldali vízgyűjtőjének területe (m^2).

f . A vízvázlasztó tagoltsági száma (m) információt ad a vízgyűjtő alakjáról. Értéke 1-nél mindig nagyobb. A tagoltsági számot megkapjuk, ha a vízvázlasztó valódi hosszát (S) osztjuk a vízgyűjtőterülettel azonos nagyságú kör kerületének hosszával (s).

$$m = S / s. \quad (5.3.)$$

Ha ismert a vízgyűjtő nagysága (F) akkor a területtel megegyező nagyságú kör sugarát és kerületét az alábbiak szerint számíthatjuk ki:

$$R = \sqrt{F / \pi}, \quad (5.4.),$$

$$s = 2R\pi = 2\pi\sqrt{F/\pi} = 2\sqrt{\pi F}, \quad (5.5.),$$

$$m = S / 2\sqrt{\pi F}. \quad (5.6.).$$

g. *Futásfejlettség (Ff).*

A vízfolyás valódi hossza, futásvonala (L) rendszerint nagyobb, mint a folyó völgyének hossza (t). A két értékből megadható az ún. futásfejlettség (fejlettségi koefficiens) (Ff).

$$Ff = \frac{L-t}{t}. \quad (5.7.).$$

h. *A vízfolyás lejtése (i)*

A forrás és a torkolat közötti magasságkülönbséget (H_1-H_2) a vízfolyás esésének (Δh) nevezzük. A vízfolyás általános vagy átlagos lejtését (i) az esés és a vízfolyás hosszának (L) hányadosa mutatja meg. A lejtést általában ezrelékben fejezik ki.

$$i = \frac{H_1 - H_2}{L} = \Delta h \quad (5.2.8.).$$

5.2.4. *A felszín ábrázolása szintvonalakkal*

A domborzat magassági viszonyait a topográfiai térképen szintvonalakkal ábrázoljuk. A domborzatábrázolásnak tükröznie kell a terepidomok alakját és lejtésviszonyait. További követelmény, hogy a vizsgált terepről áttekinthető, plastikus képet adjon. E követelményeknek legjobban a szintvonalas domborzatábrázolás felel meg. A szintvonalak mindig merőlegeseek a legrövidebb esés irányára és az idomvonalakra. Bár számos más módszerrel is ábrázolható a terep felszíne, többségük ugyancsak a szintvonalas ábrázoláson alapul.

5.2.5. *A geomorfológiai térképezés*

Az elmúlt évtizedekben a *domborzat* sokoldalú tudományos és gyakorlati szempontú kutatása során alakult ki a geomorfológiai térképezés elmélete és módszertana.

A természetföldrajzi környezetnek, ill. a domborzatnak és a rajta térben-időben egymásra ható folyamatoknak a bemutatására a korábbi hosszadalmas leírások helyett a térképszerű információmegjelenítés alkalmasabbnak bizonyult. Egy adott tájban a természeti környezet alkotóelemei (domborzat, alapkőzet, felszíni és felszín alatti vizek, éghajlat, növényzet, talaj), valamint a belső és külső felszínalakító erők egymást és önmagukat szabályozó, nyílt, dinamikus rendszert képeznek. A geomorfológiai térkép (ld. 5.5.2. *melléklet*, 5.5.3. *melléklet jelkulcsa*) elkészítése előtt szükséges a természeti környezet említett tényezőinek részletes vizsgálata. Az elkészített térkép tömör összefoglalást ad a vizsgált területen található felszíni formák hegyrajzi (orográfiai) és alakrajzi (morfometriai) sajátosságain kívül azok eredetéről és kialakulásuk körülményeiről, továbbá várható fejlődésükről. Ezen túlmenően a természeti folyamatok és a domborzati formák kapcsolatában összefüggéseket, törvényszerűségeket és változási irányokat is megjelenít, abból a megfontolásból, hogy az elkészített térképek gyakorlati célokra is felhasználhatók legyenek. Az előbbieket figyelembe véve nyilvánvaló, hogy a geomorfológiai térkép elkészítése többet jelent egy topográfiai térképezési munkánál.

A komplex geomorfológiai térképek az igényeknek megfelelően formarészleteket és formákat bemutató részletes (1:10 000 – 1:50 000), formacsoportokat és -együtteseket ábrázoló

áttekintő (1:100 000 – 1:1 000 000) léptékben készülnek. A térképek tartalmukat és céljukat tekintve két különböző, de nem merev csoportba sorolhatók:

1. az elméleti megállapítások megalapozását elősegítő, általános geomorfológiai térképek
2. az elsősorban gyakorlati jelentőségű alkalmazott geomorfológiai térképek (pl. a mérnöki, talajvédelmi és erdősítési tervezések alapjául szolgálók).

5.2.6. *A geomorfológiai térképkészítés elméleti és gyakorlati alapelvei*

Az elvi és gyakorlati szempontok szabják meg a geomorfológiai térkép tartalmát. Általában a formák külső megjelenését (formákat, formacsoportokat), állapotát és a változások irányát, a formákat létrehozó és alakító dinamikus folyamatokat, a domborzat, ill. a formák korát, valamint a felszíni kőzeteit tüntetik fel.

A geomorfológiai térképek elkészítésekor, ill. a domborzati formák ábrázolásakor a következő néhány elvnek kell érvényesülnie:

A magyar geomorfológiai iskola hagyományait követve a komplex geomorfológiai térképeken ábrázoljuk a felszínre bukkanó kőzeteket, ill. az azokat takaró 1-1,5 m-nél vastagabb átalakult (mállott) rétegeket. A kőzettani viszonyok feltárásához a helyszíni felmérés mellett segítséget nyújthatnak a geológiai és talajtani térképek, valamint a légi felvételek.

A komplex geomorfológiai térkép fontos része a domborzatot kialakító dinamikus folyamatok és az általuk létrehozott genetikusan formák együttes ábrázolása (dinamikus ábrázolás elve). Ez azt jelenti, hogy a formákat – a kialakító folyamatok szerint – meghatározott színű jelekkel, ill. szimbólumokkal ábrázoljuk (pl. a belső erők által létrehozott formák vörös, a lejtős folyamatok barna, a folyóvíziek zöld színezésűek).

Az egyöntetű ábrázolás elve szerint a formákat, formacsoportokat arányosan, az alkalmazott léptéknek megfelelően kell megjeleníteni.

Az egyes formákat a cél, ill. a térkép jobb áttekinthetősége érdekében kiemelten ábrázoljuk (kihangsúlyozás elve). Pl. egy hordalékkúp-lejtőn számos további kisebb forma ismerhető fel, amelyeket formai vagy szimbolikus jelekkel a célnak megfelelően hangsúlyozunk.

A komplex ábrázolás elvét többnyire az áttekinthető geomorfológiai térképeken kell alkalmazni. A domborzati formák többsége ugyanis összetett eredetű, de a formát létrehozó valamennyi folyamat az áttekinthető térképen technikai okok miatt nem kerülhet ábrázolásra. Ezért a jelkulcsban az összetett eredetre utaló egyértelmű, részletes magyarázattal ellátott szimbólumokat kell alkalmaznunk.

A lejtőket %-ban kifejezett meredekségük, jellegük (pusztuló, épülő, stabilis) és genetikájuk (eróziós, csuszamlásos stb.) szerint ábrázolhatjuk (a lejtőábrázolás elve). A lejtőt kialakító folyamatokat különböző – a genetikusan felszíni formákhoz igazodó – színű jeleket alkalmazva (a zöldes szín pl. a folyóvízi erózió) fejezzük ki.

A domborzat fontosabb morfológiai és hidrogeográfiai elemeiből csak a legfontosabbak (pl. állandó medrű vízfolyások, források és csatornák) kerülnek rá a térképre.

A domborzat, ill. a felszíni formák pontos korának megállapítása nehéz és sokszor bizonytalan. A formák kora a felszínrészletre rárajzolt fekete betűjelzéssel adható meg. A napjainkban is alakuló, ún. recens felszínformák piros „R” betűvel jelölendők.

5.2.7. A geomorfológiai térkép tartalma

Idomvonalak

A topográfiai térképen a felszín jellegzetes vonalából és idomokból, formákból tevődik össze. A terep jellemző vonalai (idomvonalak) az esésvonal, a szintvonal, a vízválasztó- (vagy hát-) és a vízgyűjtő (vagy völgy-) vonal.

Esésvonal: A lejtőn szabadon lefolyó víz által kijelölt esésvonal a vízszintessel mindig a legnagyobb szöveget zárja be. Egyszerűbb alakja egyenes, összetett alakja törtvonallal helyettesíthető. Vízválasztó vonaltól vízgyűjtő vonalig halad. A vízgyűjtő és vízválasztó vonal minden pontjából két, de ellentétes irányú esésvonal indul ki. A felület minden pontjához csak egy esésvonal tartozik, ezért az esésvonalak egymást sohasem metszik. A topográfiai térképről a felszín esése az ún. eséstüske irányából és a szintvonalakra írt számok elhelyezkedéséből (a szám talpa lefelé mutat) könnyen megállapítható

Szintvonalak: Ezek a vízszintes síkba eső, mindig szakadásmentes, folyamatos vonalak sem önmagukat, sem a különböző magasságban levő szintvonalakat nem metszik, és mindig merőlegesek az esésvonalra.

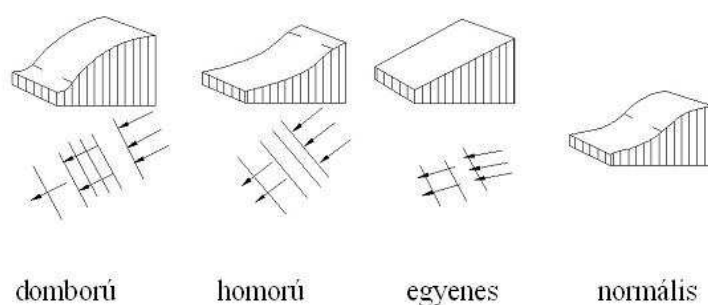
Völgy- vagy vízgyűjtő és hát- vagy vízválasztó vonalak az egész domborzat jellemző vonalai. A viszonylag (relatív) legnagyobb magasságú pontokat összekötő vonal a hát- vagy vízválasztó vonal. Hasonlóan a viszonylag legkisebb magasságú pontokat összekötő vonalat völgy- vagy vízgyűjtő vonalnak nevezzük. A vízgyűjtő és vízválasztó vonalak a szintvonalra merőleges, törés nélküli, folyamatos térbeli görbületes vonalak. Két vízgyűjtő vonal között mindig vízválasztó vonalnak kell lennie és viszont.

Terepidomok

A felszín további jellegzetes részei a terepidomok. Csoportosításuk sokféle szempont szerint történhet. Az alábbiakban a topográfiai térkép már ismertetett jellegzetes vonalait, a belőlük kirajzolódó formákat és a kialakító folyamatokat figyelembe véve tárgyaljuk a domborzat legfontosabb elemeit. A domborzat és a felszíni formák vízszintes és lejtős síkfelületek kombinációiból állnak.

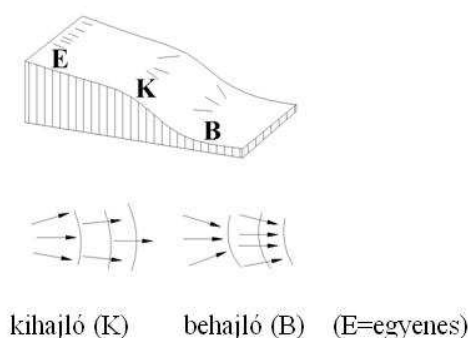
Lejtők

A lejtőfelület három alapformája az egyenes, domború és homorú lejtő (5.2.1.a.-b. ábra). Egyenes a lejtő, ha az esésvonalak hajlásszöge a lejtőn nem változik. Ha a hajlásszöge fokozatosan nő, *domború*, ha fokozatosan csökken, *homorú* lejtőről beszélünk. A domború lejtő általában pusztuló felszínt, a homorú pedig akkumulációs termékekből épülő felszínt jelöl. A domború és homorú lejtő kombinációját *normális* lejtőnek nevezzük, amelynek felső része domború, pusztuló lejtőtag, alsó része pusztulástermékből felhalmozódott homorú lejtőtag. Az *egyenes* lejtők viszonylag ritkán fordulnak elő a természetben. Főleg réteglapokon alakulhatnak ki, és csak kemény kőzeteken maradhatnak fenn huzamosabb ideig.



5.2.1.a. ábra: Lejtőtípusok

Ha a lejtőnek az esési irányra merőlegesen is van görbülete, akkor a lejtő *kihajló* (hát-szerűen ívelt) vagy *behajló* (teknőszerűen ívelt).



5.2.1.b. ábra: Lejtőtípusok

A lejtők további jellemző tulajdonsága a *méret* – az esésirányba eső hosszúság és az erre merőleges szélesség –, ami különösen az erózió szempontjából fontos tulajdonság. A víz puszító munkája általában nagyobb a hosszú és egyenes lejtőkön, mint a rövideken. A lejtőket természetes körülmények között térben és időben állandóan változó fejlődési folyamat jellemzi, változik a lejtő formája, (domború, homorú stb.) genetikája és típusa is. Ez a fejlődés zavartalan körülmények között általában igen lassú. A lejtők állagából a domborzatfejlődés általános jellegére és minőségére is következtethetünk.

A *stabilis lejtők* többnyire kemény, ellenálló kőzetből (pl. bazalt, mészkő, gránit) álló hegységek lejtői, amelyek a felszín lassú fejlődéséről tanúskodnak. A domborzati formák közül a hegygerincek, völgyközi hátaik vagy sasbércek szerkezeti lejtőit tartós stabilitás jellemzi.

Az *instabil lejtők*, elsősorban a laza üledékes kőzetekből (pl. agyag, homok, márga) álló, időleges nyugalomban levő lejtők. Eróziós-deráziós dombságaink lejtőinek jelentős része ilyen típusú.

A lejtők *égtáji helyzete* – az ún. *kitettség* – elsősorban mikroklimatikus változást idéz elő, aminek következtében eltérő talajszelvény és növényzet fejlődik ki a lejtőn. Nemcsak a talaj- és vegetációtípusok kialakulására, hanem ezeken keresztül az erózióra is hatással van. Sok esetben felismerhető, hogy pl. csaknem azonos szerkezeti és kőzettani felépítésű lejtők közül hazánkban a délies kitettségű lejtők erősebben pusztulnak, mint az északiak, mivel az erősebb besugárzás jobban kiszárítja a talajt, aminek következménye a gyérebb

növénytakaró kialakulása. Mindez elősegíti a csapadék felszint leöblítő hatását és vég-eredményben a délies lejtőkön a felerősödő lepusztulást.

Hegvidomtani felszínformák

1. Vízválasztó formák

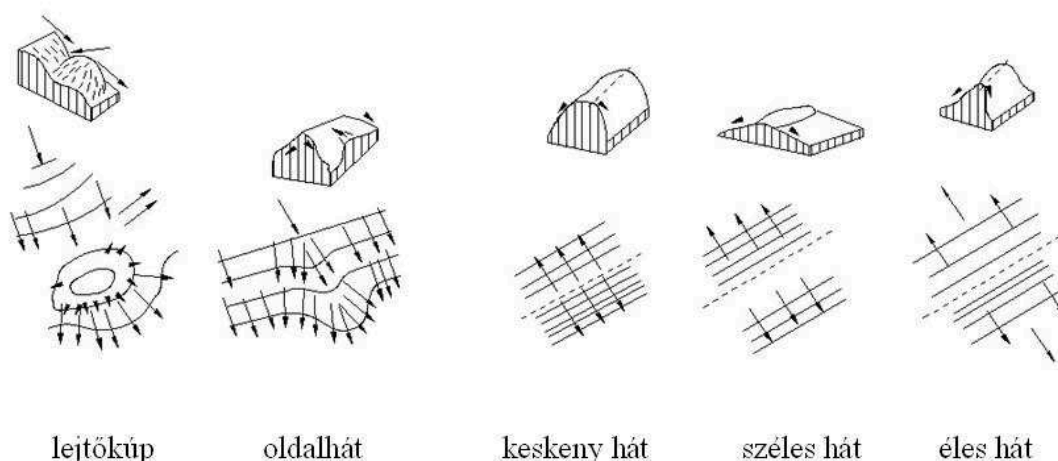
Vízválasztó formáknak nevezzük azokat a domborzati formákat, amelyeknek gerincét vízválasztó vonalak alkotják. Jellegzetességük, hogy a rájuk hulló víz sok irányban elfolyik (5.2.2. ábra). Kialakulásukban a szerkezeti mozgásoknak, a folyóvízi eróziós és akkumulációs tevékenységeknek, a felszint felületileg letaroló areális erózióknak, valamint a deráziós folyamatoknak egyaránt szerepük van, tehát általában összetett eredetű formák, ill. formacsoportok. Közös alakrajzi jellemvonásuk, hogy két vagy több oldalról (néha körös-körül) lejtők határolják, környezetükből határozottan kiemelkednek és tetejük sík vagy domború felületű. Kiterjedésük és alaprajzuk változó nagyságú és formájú. Legfontosabb változataik a következők:

Hegytető: A hegyek legmagasabb felületei, amelyek az alaprajztól (hegy lábazata) függően lehetnek pontszerűek (csúcshegy), rövidebb-hosszabb sávok (gerinces hegy) vagy lekerekített domború felületek (kúphegy).

Halom: Sík felületen álló, kisméretű kúpforma. Lejtőn előforduló változata a *lejtőkúp*.

Oldalhát: Az oldalhát kisebb méretű és mindig valamelyik hátidom mellékidomaként jelentkező forma.

Hegyhátak: A völgyekkel együtt a hegységek leggyakoribb formatípusait képviselik. Általában ovális vagy szabálytalan alaprajzú, keskenyebb-szélesebb, boltozatos tetőfelületű térszíni kiemelkedések. Tetőszintjének a vízválasztó vonalra merőleges kiterjedése szerint széles, domború, keskeny és éles hátról beszélünk.



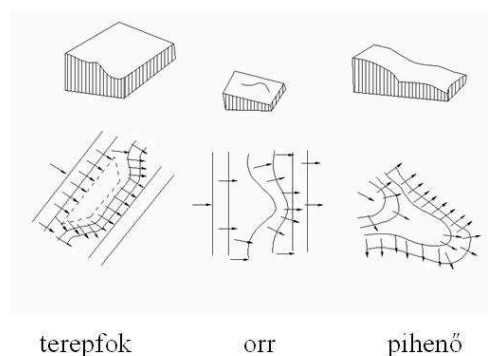
5.2.2. ábra: Vízválasztó formák

Dombtető: Izolált pozitív térszíni formák – dombok és halmok – lekerekített boltozatos tetőfelületei.

Hegygerincek: A hátformák legmagasabb pontjait összekötő vonal a gerincvonal, ami egyúttal vízválasztó is. A hegygerincek a hegyek, ill. a hegységek olyan hosszanti, elszigetelt térszíni kiemelkedései, amelyeknek rövidebb-hosszabb vonalban húzódó keskeny tetőszintjei gerincet formálnak. Kétoldali, pusztuló, domború lejtők jellemezik.

Fennsíkok: 500 m-nél nagyobb tengerszint feletti magasságban elterülő tökéletlen síkságok. Változatos közettani felépítésű hegységek lepusztulásának, letarolásának eredményeként alakulnak ki. A felszín lejtése nem haladja meg a 6 ezreléket. A viszonylagos szintkülönbség 30–200 m km²-enként.

Pihenők: Olyan oldalhátak, amelyek hátlapja síknak tekinthető, vízszintes felület (5.2.3. ábra). A formára egyik irányból a víz ráfolyik, három irányban pedig elfolyik róla. Az egészen kisméretű pihenőt *orrnak* nevezzük.

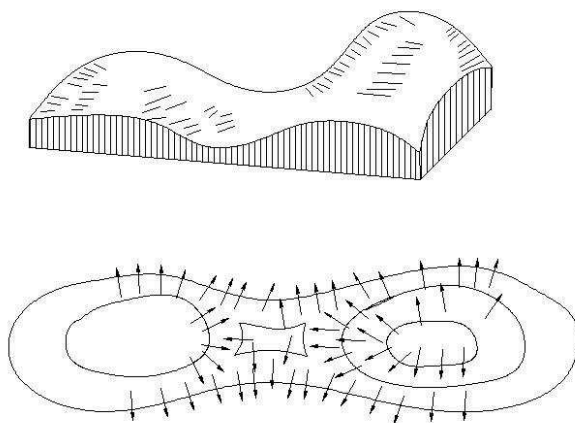


5.2.3. ábra: Pihenők

Lejtőpihenők (hegyorr): Többnyire hegyhátak és völgyközi hátak hosszabb lejtőit keskeny sávban tagoló enyhe hajlású félsíkok.

2. Nyergek

Az elnevezés is mutatja, hogy a nyereg felületéhez hasonló forma (5.2.4. ábra). Jellemzősége, hogy egyforma mértékben folyik rá és folyik el róla a víz. A vízgyűjtő és vízválasztó vonalak az ún. nyeregpontból indulnak ki. A nyeregformák leggyakrabban a vízválasztó gerincek lepusztulása során alakulnak ki (pl. eróziós vagy deráziós nyereg).

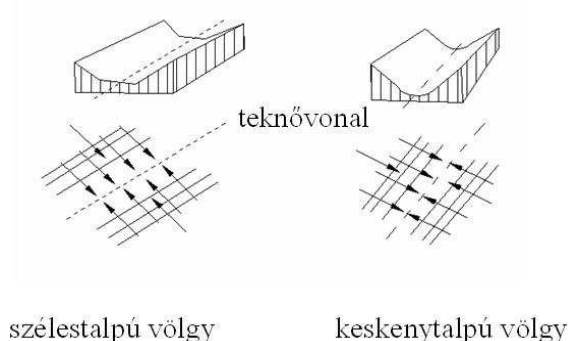


5.2.4. ábra: Nyereg

3. Vízigyűjtő formák

Jellegzetességük, hogy ilyen domborzati formákra a víz minden irányból ráfolyik és esetleg ott bizonyos ideig felgyülemlik. Főleg vonalas pályán mozgó vízfolyások és deráziós folyamatok által kialakított negatív formák, melyek között legfontosabb a völgy. Két, egymással szembeforduló párhuzamos vagy nagyjából párhuzamos lejtő által határolt

hosszanti térszíni mélyedés. Legmélyebb pontjait összekötő vonal a völgyvonal, amely egyúttal vízgyűjtő vonal is. A vízgyűjtő vonallal párhuzamos, kisebb lejtőszögű felületsáv a völgytalp, aminek kiterjedése lehet széles vagy keskeny (szélestalpú, keskenytalpú völgy). A völgyoldal fokozatosan a szomszédos hát oldalába megy át (5.2.5. ábra).



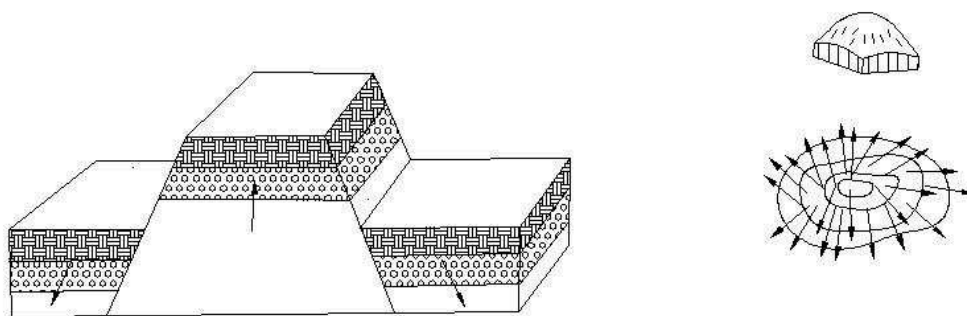
5.2.5. ábra: Vízgyűjtő formák

A domborzat legfontosabb geomorfológiai elemei

Az előzőekben a domborzat fő elemeit a szintvonalas térképről történő könnyebb felismerhetőség céljából csak alakrajzilag vizsgáltuk. A következőkben viszont ezek kialakulását, genetikáját helyezve középpontba tárgyaljuk a fontosabb és a mintaterületen előforduló formakincset.

Tektonikusformák

Sasbércek: Egymással párhuzamos vagy csaknem párhuzamos vetődések mentén kialakult, kis területű, izolált kiemelkedések (5.2.6. ábra). Legmagasabb pontjuk a tetőpont, ahonnan a térszín az ún. szegélyvonalig nagyjából azonos lejtéssel ereszkedik, majd a lejtés szöge megváltozik. Leggyakrabban úgy alakulnak ki, hogy a párhuzamosan futó vetődések mentén a törés két szárnya lesüllyed és/vagy a vetősíkokkal közrezárt rög felemelkedik. Többnyire egyenetlen vagy domború tetőszint és szálban álló, szilárd kőzetből épült stabil lejtő jellemzi.



5.2.6. ábra: Sasbérc

Folyóvízi (és deráziós) eróziós formák

Eróziós völgyek: A mederben áramló víztömegek eróziós tevékenysége által kialakított különböző mélységű völgy (5.2.7. ábra). Lapos, széles megjelenésű formája az időszakos vagy állandó jellegű vízfolyással rendelkező, széles völgytalpú, gyenge lefolyású völgy. A

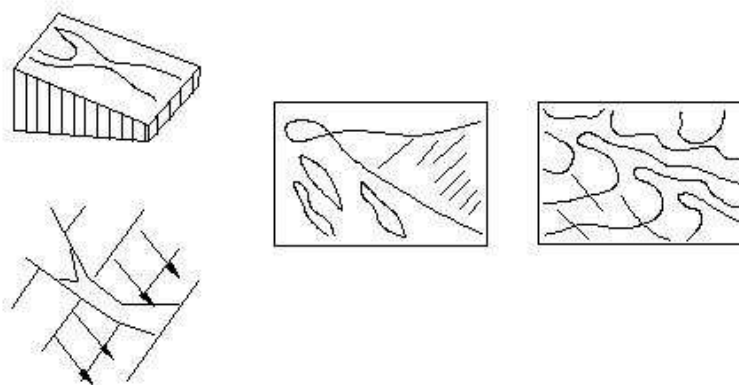
vonalas erózió mellett lejtőinek kialakításában az areális folyamatoknak is jelentős szerepük van.



5.2.7. ábra: Eróziós völgyek

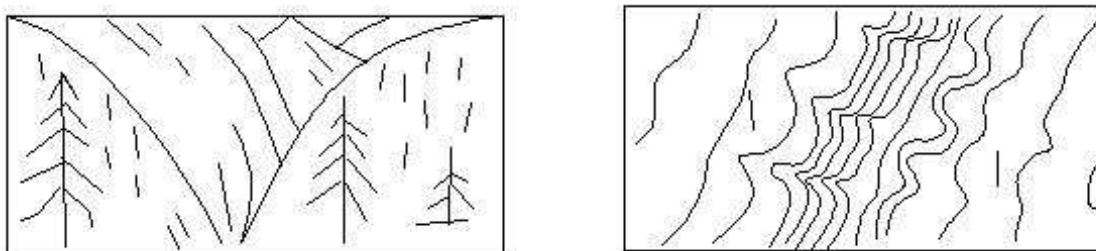
Eróziós árkok: 2 m-nél sekélyebb (általában 0,2–1 m), vonalas erózióval kialakított, „V” keresztmetszetű vagy függőleges oldalakkal határolt, negatív térszíni formák. Főleg szántókon és legeltetett területeken gyakoriak.

Eróziós vízmosások (horhosok, szurdikok): Leggyakrabban hátráló erózióval, az árkok továbbmélyülése révén keletkeznek nagy intenzitású esők idején, de löszös területeken a löszmélyutak „elvadulása” nyomán is kialakulnak (5.2.8. ábra). Mélységük 2–10 m, hosszuk több 100 m is lehet, esetenként függőleges vagy túlhajló falak jellemzik.



5.2.8. ábra: Eróziós vízmosások (horhosok)

Szurdokvölgyek: Ellenálló kőzetekben, főleg mészkőtérszínen kialakuló, keskeny, nagy mélységű, meredek falú eróziós völgyek (5.2.9. ábra). Bennük a vízfolyás mélyítő eróziója igen intenzív. Tektonikus törések mentén is kialakulhat keskeny szurdokvölgy (hasadék-völgy).

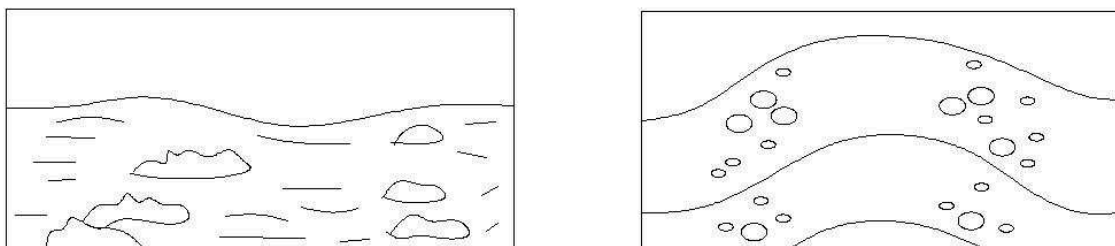


5.2.9. ábra: Szurdokvölgy

Holtágak: Elágazó (alsószakasz-jellegű) vízfolyások medréből lefüződött hosszabb mellékágak, amelyekbe csak magas vízállásakor kerülhet víz.

Meander- (kanyarulat-) maradványok: Kanyargó (középszakas-zjellegű) vízfolyások lefűzödött vagy mesterségesen levágott mederkanyarulatai, amelyek idővel holtmederré, morotvává alakulnak.

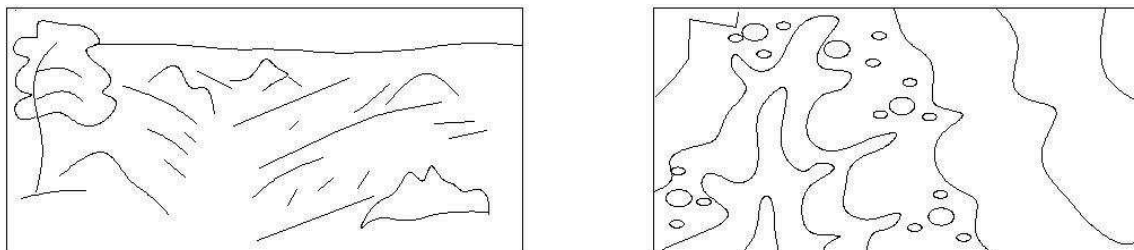
Deráziós völgyek: Többnyire széles, teknő vagy tál alakú, homorú lejtőkkel határolt, sok esetben völgytalp nélküli, hosszanti mélyedések (5.2.10. ábra). Sem medrük, sem állandó vízfolyásuk nincsen, s völgyfőjük páholyszerűen kiszélesedik. Kialakításukban a deráziós folyamatoknak (pl. felszíni leöblítés, csuszamlások) van elsőrendű fontossága.



5.2.10. ábra: Deráziós völgy

Deráziós fülkék: A deráziós fülkék kerekded vagy ovális tálformájú kisformák, amelyek többnyire a deráziós völgyek völgyfőit és oldallejtőit tagolják. Kialakításukban a felszíni leöblítés és a vonalas erózió mellett az antropogén tényezőknek is jelentős szerepük van.

Eróziós-deráziós völgyek: Eredetileg deráziós völgyekként kialakult kisvölgyek, amelyek alakrajzi és egyéb geomorfológiai sajátágaikban többé-kevésbé a deráziós völgyekre emlékeztetnek, de állandó vagy időszakos vízfolyásuk van (5.2.11. ábra).



5.2.11. ábra: Eróziós-deráziós völgy

Völgyközi hátak: A völgyközi hátak széles talappal emelkednek ki a két oldalról mélyre vágódott eróziós völgyek alluviális síkjaiból, s fokozatosan elkeskenyedő domború tetőfelületben magasodnak fel (5.2.12. ábra). Kialakulásukat tekintve többségük eróziós-deráziós eredetű, mert a völgy mélyülése folyóvízi, az oldalak fejlődése pedig lejtős folyamatokkal történik. Főleg pusztuló domború és labilis csuszamlásos lejtők jellemzik. A laza üledékes kőzetekből felépült, eróziós völgyekkel felszabdalt dombságaink leggyakoribb domborzati formái.



5.2.12. ábra: Völgyközi hát

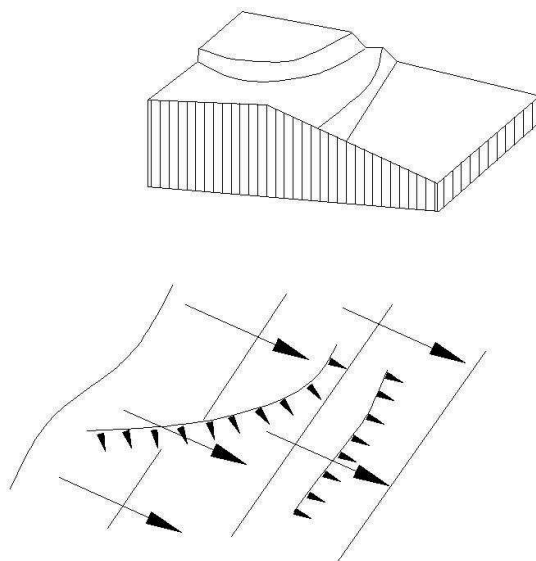
Hegylábfelszínek: Félig száraz (szemiárid) éghajlat alatt hegységperemi területeken az időszakos vízfolyások felületi lepusztításával kialakított, enyhén lejtő, elegyengetett felszínű formák. Lényeges vonásuk, hogy különböző korú és eltérő ellenálló képességű kőzetek a felszínen egy síkban vannak lenyesve. Magyarországon főként a pliocénben (kb. 5 millió évvel ezelőtt), és a pleisztocén jeges periódusaiban képződtek.

A domborzati formákat felépítő kőzetek a lepusztító erőkkel szemben eltérő ellenálló képességet tanúsítanak. Ennek megfelelően a különböző kőzetekből álló térszíneken a lepusztulás (denudáció) folyamata is eltérőképpen jelenik meg: a keményebb kőzetű formák kevésbé pusztulnak le és kipreparálódnak; a puhább, erősebben pusztuló környezetükből. Ez a *szelektív denudációnak* (válogató lepusztulás) nevezett folyamat meghatározó szerepet játszik többek között a következő néhány felszínforma kialakításában is.

Kőbörccök: Környezetétől eltérően, a lepusztulással szemben jobban ellenálló kőzetanyagból álló, pozitív formák.

Tanúhegyek: Minden oldalról lejtőkkel határolt lapos tetejű kiemelkedések. Közvetlen környezetükkel azonos rétegsort mutatnak. A felszínüket alkotó ellenálló kőzetek védték meg az alul levő puhább anyagokat az eróziótól. Tanúhegyek, mert a térszín hajdani magasságáról, ill. környezetük lepusztulásának mértékéről tanúskodnak.

Természetes tereplépcsők: Egyenletesen lejtő, nagyobb felszíneket szintekre tagoló, lankás peremű térszíni lépcsők, kisebb lejtők (5.2.13. ábra).

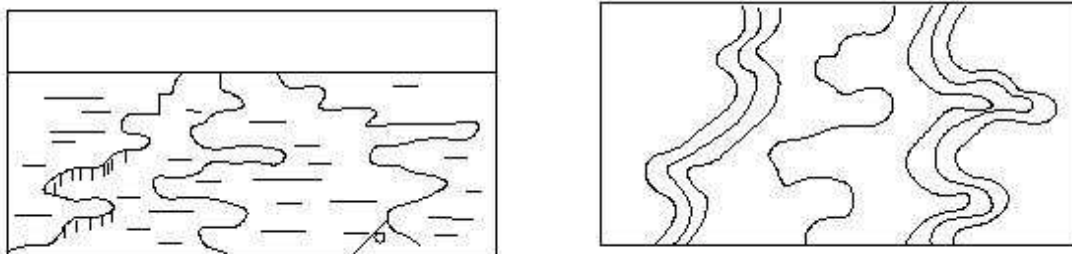


5.2.13. ábra: Természetes tereplépcső

Folyóvízi akkumulációs formák

Alsószakasz-jellegű vízfolyások feltöltő munkája nyomán keletkezett, többnyire gyengén lejtő, sík felszínű térszíni formák. Az akkumulációs formák a környezetükkel egybeolvadnak (pl. árterek, hordalékkúp-síkságok, törmelékkúpok) vagy egymás felett határozott lejtővel különülnek el (párkánysíkok = teraszok). Akkumuláció (felhalmozás) lesz a következménye annak, ha a vízfolyások esése erősen csökken vagy durva hordalékuk megszaporodik, ill. vízmennyiségük lecsökken. Az akkumulációs formák a lehordási terület közöttani felépítésétől és az adott vízfolyás mechanizmusától függően változatos üledékekből (iszap, homok, kavics stb.) épülnek fel.

Ártéri síkok: Az eróziós völgyek, valamint a medencék és völgymedencék folyóvízi rétegekkel feltöltött, alluviális síkságai (árterei) tartoznak ide (5.2.14. ábra). Alacsony és magas ártéri szintekre tagolódnak.

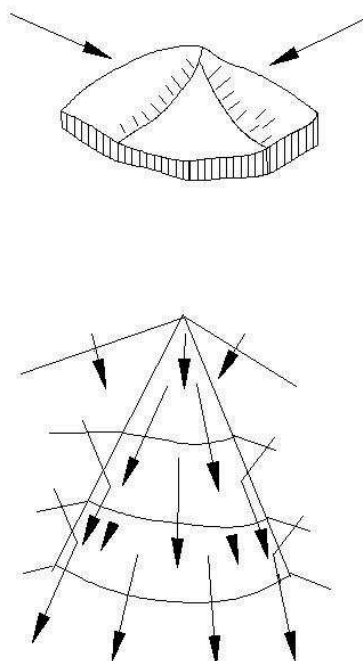


5.2.14. ábra: Ártéri sík

Vizenyős területek (laposok): Az alacsony ártéri szintek rossz lefolyású szakaszai és a hordalékkúp-síkságok feltöltött holtágai, amelyekben tartós esőzések idején megjelenik a belvíz.

Teraszok (párkánysíkok): Az eróziós völgyekben a folyót különböző szintekben kísérő hajdani völgyfenék maradványok. A lépcsőkként egymás felett elhelyezkedő, élesen vagy elmosódottan jelentkező szintjeik a folyók többször megismétlődött szakaszjelleg-változásainak következményei.

Hordalékkúpok: Süllyedő térszínen az alsószakasz-jellegű folyók feltöltő tevékenysége révén kialakított, nagyméretű, igen enyhén lejtő, lapos formák (5.2.15. ábra). Anyaguk (pl. kavics, homok, iszap) osztályozott, a hordalékkúp csúcsától a folyás irányában finomodik.



5.2.15. ábra: Hordalékkúp

Törmelékkúpok: A hegységekből kilépő, kisebb állandó és időszakos vízfolyások által szálított és legyezőszerűen szétterített hordalékból álló, félkúp alakú, gyenge lejtésű formák. Anyaguk általában durva és osztályozatlan. A felhalmozódás helyzetétől függően van pl. lejtőalji, medencetalpi és lejtőoldali törmelékkúp.

A szél felszínformáló tevékenysége – homokformák

A homokformák legjellegzetesebb kifejlődésükben a sivatagi területeken fordulnak elő, azonban bizonyos körülmények között a mérsékelt éghajlati övben is nagy szerepük lehet. Így pl. hazánkban is található nagy kiterjedésű, ún. félig kötött futóhomokkal borított területek. A szél által kialakított homokformák – akár a szabadon mozgó, akár a félig kötött futóhomokformák – lehetnek széleróziós és akkumulációs eredetűek. A deflációs formák többnyire mélyített formák. Hazai, jellegzetes formái a következők:

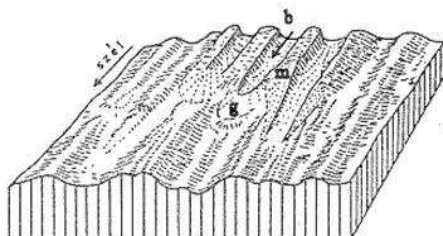
Szélbarázdák: Az ún. félig kötött futóhomokfelszíneken a vonalas szélerózió eredményeképpen képződött hosszanti, völgyszerű formák (5.2.16. ábra). Általában kopár vagy gyér növényzettel borított, sérült növénytakarójú térszíneken jelennek meg.

Deflációs mélyedések: Nagyobb kiterjedésű, részben kötött futóhomok-területeken, a szél deflációs tevékenységével kialakított, minden oldalról zárt mélyedések. Aljukon a kifúvásból visszamaradt durvább homok- és kavicszemcsék felszaporodva maradéktakarót képeznek.

Maradékgerincek: Szélbarázdák között az eredeti felszín hosszú maradékgerinc formájában emelkedik ki (5.2.16. ábra).

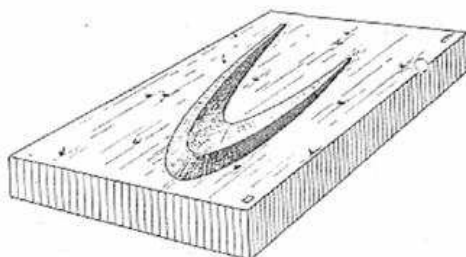
Az akkumulációs eredetű szélformák hazai képviselői:

Garmadák: A szélbarázdákból kifújt homokból a barázda végén felépült pozitív formák (5.2.16. ábra). A külső, domború oldalán meredek, a belsően pedig homorú, lankásabb lejtők által határolt buckák.



5.2.16. ábra: Szélbarázda (b), garmada (g) és maradékgerinc (m) Cholnoky J. szerint

Parabolabuckák: A forma gerincvonala parabola alakú, lejtőviszonyai a garmadákéhoz hasonló (5.2.17. ábra). Méretük azonban igen eltérő: a parabola szárnyai 1-2 km hosszúak is lehetnek. A szél irányában lassan mozgó formák.



5.2.17. ábra: Parabolabucka (Nyírség)

Lepelhomok: Vékony, néhány dm vastagságú, szétterített homoktakaró.

Karsztos formák

A mészkő sajátos lepusztulásának eredményeként a mészkőhegységekben az előzőektől jellegzetesen eltérő, sajátos ún. karsztos formák és képződmények alakulnak ki.

A karsztosodás meghatározó folyamata a karsztkorrózió, amely a felszínen előforduló mésztartalmú kőzet oldódását jelenti. A karsztosodó kőzetek a CO₂-ban dús (szénsavas) és egyéb agresszív anyagokat (szerves és szervetlen savakat) tartalmazó, beszivárgó, természetes vizekben nagymértékben oldódnak. Jellegüket tehát az oldásformák (karsztkorróziós formák) adják meg. Ezért a karsztformák túlnyomó többsége negatív felszíni forma és csak a karrosodott lejtők és a kiemelt mészkőplatók tartoznak a pozitív formák közé. Az oldásos denudációval egyidejűleg hatnak a nem karsztosodó kőzeteket formáló más külső felszínalakító folyamatok (mechanikai erózió, aprózódás stb.) is, aminek eredményeképpen sokszor összetett eredetű karsztformák képződnek. A karsztos térszint a felszíni vízfolyások fejletlensége vagy hiánya, ugyanakkor a felszín alatt áramló, ún. karsztvizekben való rendkívüli gazdagság jellemző. Csak a legfontosabb formákat mutatjuk be.

Szárazvölgyek: Eredetileg mint felszíni eróziós völgyek alakultak ki a vastag málladéktakarral borított mészkő felszíneken. A hegység megemelkedése következtében később a karsztvízszint mélyebbre szállt, s ezáltal a hajdani eróziós völgyek víz nélkül maradvá, karsztos szárazvölgyekké, ún. aszóvölgyekké alakultak.

Víznyelők: A víznyelők kémiai erózióval – a szénsavas víz által történt oldással – kitágított, domború lejtőjű, tölcészerű, függőleges kőzethasadékok. Határozott vízgyűjtővel rendelkeznek és mindig felszíni vizet vezetnek a mélybe. A hasadékok további tágulásával a be-rogyások során a víznyelők átalakulnak, és eltömődve dolinává szélesedhetnek.

Dolinák (töbrök): Többnyire kerekded, tálformájú mészkőfelszíni mélyedések. (Átmérőjük általában 50–200 m, mélységük 10–20 m.) Egyesével vagy csoportosan fordulnak elő.

Zsombolyok: A felszínről a mélybe vezető, nagyjából függőleges, fokozatosan kiöblösödő, kürtőszerű, esetenként tekintélyes méretű formák. Vízszintes barlanghoz kapcsolódva, annak mennyezetén nyílnak. Felszíni vízgyűjtőjük nincsen és aljukon mindig törmelékfelhalmozódás van.

Karrosodott lejtők: A kopár és gyér növényzetű lejtős felszínekbe a lefolyó csapadékvíz és a hóolvadék a mészkő oldásával és mechanikai erózióval sűrű barázdákat mélyít. A barázdák közötti gerincecskék az ún. korróziós karrok. Végeredményben az egész lejtőt beborító karmező alakul ki.

Mészkőplatók: Karsztos hegységek lepusztulása nyomán keletkezett, felszíni vízfolyások és völgyek által nem, de – az előzőekben említett – karsztos formákkal jellemzett, tagolt magas, lapos térszín.

Barlangok: Kialakulásuk és formakincsük rendkívül változatos.

Antropogén formák: Az emberi tevékenység által kialakított formák sorolhatók ebbe a csoportba, pl. útbevágások, töltések, árkok, mélyutak, külszíni bányák stb.

5.2.8. A geomorfológiai térkép jelkulcsa

A térképszerkesztés technikai kivitelezése országokként eltérő iskolákat teremtett. A Nemzetközi Földrajzi Unió (IGU) 1964-as kongresszusán felállított bizottság megkísérelte az eltérő szempontok alapján készített jelkulcsok összevetését, ill. egységesítését. Hazánkban

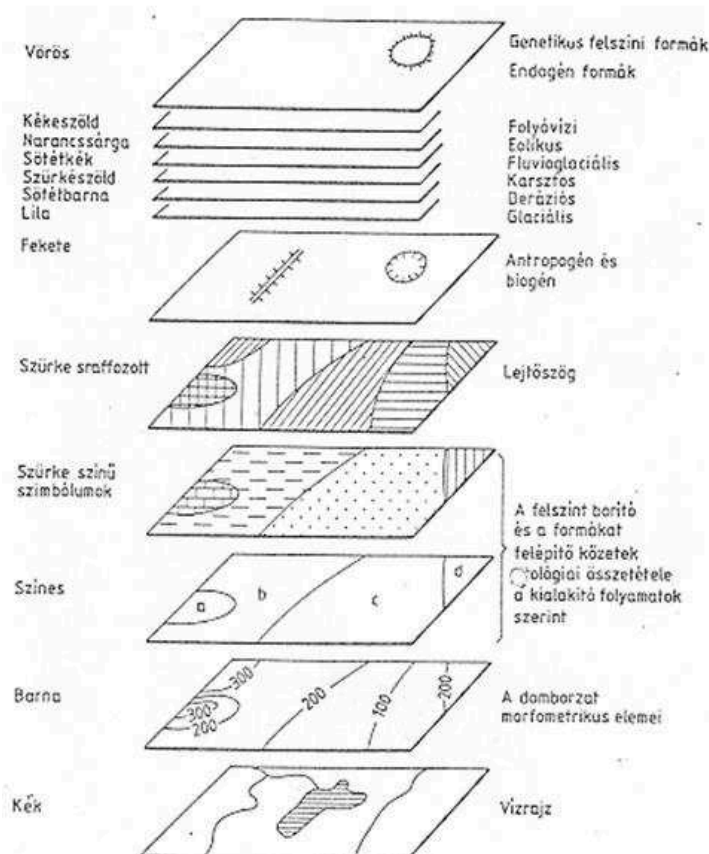
a geomorfológiai térképezéskor általában az MTA FKI (1963) és az IGU Geomorfológiai Térképezési Bizottsága (1976) által kidolgozott jelkulcsrendszereket veszik alapul.

A hazai geomorfológiai jelkulcsban (1963) a térkép színei a felszínalakító folyamatokra utalnak: egy szín jelöli az azonos genetikájú elemeket, legyen szó a felszín alkotó kőzetek takarójáról (a litológiáról), a lejtőkről, a különböző eredetű formákról. A térkép kartográfiai alapja a színes foltokkal ábrázolt litológia, melyen különböző jelek mutatják a többi ábrázolt elemet.

A jelkulcs színei a következők:

1. A belső erők által létrehozott kőzetek, formák, folyamatok *kárminvörösek*.
2. A fluviátilis (folyóvízi) jelenségek élénk *kékeszöldek*.
3. A deráziós (gravitációs, fagyaprózódásos és lejtőleöblítéses) jelenségek *barnák*.
4. A deflációs jelenségek *narancsszínűek*.
5. A karsztos jelenségek *szürkészöldek*.
6. A tengeri eredetű kőzetek, formák *lilák*.
7. Az antropogén jelenségek *feketék, szürkék*.

A fentiek alapján a geomorfológiai térképszerkesztés elve és gyakorlata az 5.2.18. ábrán bemutatott módon összegezhető.



5.2.18. ábra: A magyar iskola részletes geomorfológiai térképének szintjei (Mezősi G.)

5.3. Geomorfológiai vizsgálati módszerek és mérési feladatok

A vizsgálandó terület jellegétől függően sokféle geomorfológiai, ill. természetföldrajzi megfigyelés és vizsgálat végezhető el.

5.3.1. Morfometriai mutatók

A továbbiakban a vízgyűjtő terület néhány morfometriai jellemzőjének meghatározására szolgáló mérési eljárást és egyszerűbb számítást tekintünk át. A vízgyűjtő hidrogeográfiai vizsgálatához 1:25 000 és 1:10 000 méretarányú topográfiai térképeket használunk. Feladatunk a „Kék-folyó” vízrajzi sajátosságainak és vízgyűjtő területének felmérése és jellemzése.

A vizsgálat menete a következő:

Végezzük el a vízgyűjtő lehatárolását a topográfiai térképen úgy, hogy a szintvonalak alapján berajzoljuk a „Kék” folyó vízválasztóját! A szerkesztéskor ügyelni kell arra, hogy a vízválasztó vonala mindig merőlegesen metszi a szintvonalakat. A vízválasztó által közbezárt terület a vízgyűjtő terület (F). A vízválasztó térképi bejelölését lehetőleg terepi ellenőrzés kövesse.

A vízgyűjtő terület nagyságának (km^2) meghatározása. A topográfiai térképen körülhatárolt vízgyűjtő területre ráhelyezünk egy átlátszó, mm-es beosztású papírt, és viszonylag pontosan megszámloljuk, hogy a vízgyűjtő területe hány mm^2 , majd a méretarány segítségével m^2 -re vagy km^2 -re számítjuk át. A terület lemérhető poláris planiméterrel is.

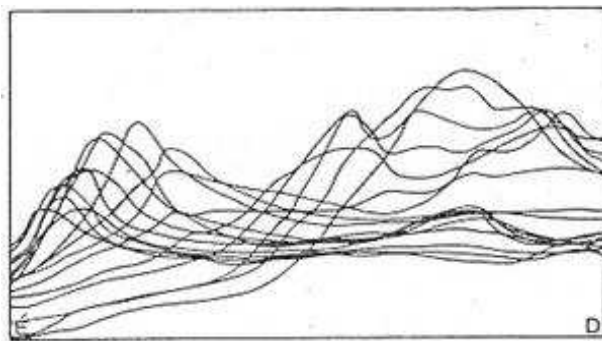
A vízválasztó hosszát (S) a topográfiai térképen görbemérő segítségével mérjük meg, úgy, hogy a műszert egyenesen tartva vezetjük végig a mérendő vonalon.

A topográfiai térképeken az 5.2.3. pontban leírtak alapján meghatározzuk a: (1) vízválasztó tagoltsági számát (m); (2) a vízgyűjtő medence aszimmetriáját (a); (3) a vízfolyások összhosszát (L); (4) a vízhálózat sűrűségét (D); (5) a fővízfolyás rendűségét; (6) a vízfolyás futásfejlettségi számát (Ff); (7) a vízfolyás esését (Δh) és lejtését (i).

5.3.2. Szelvények (metszetek)

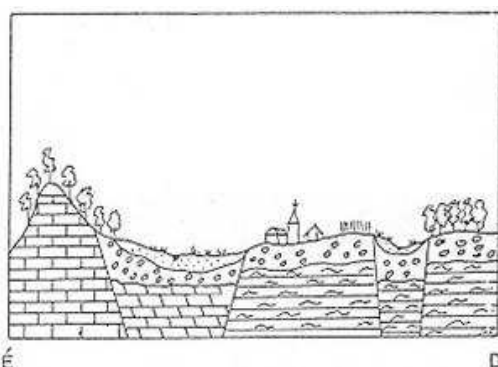
A szelvény (metszet) a földfelszín oldalnézeti képe. A szerkesztéssel elkészíthető grafikus ábra a vizsgált egyenes, illetve sík menti domborzat térképen közvetlenül nem látható információtartalmát segít feltárni. Ha a metszetet egy vízfolyásra merőlegesen vesszük fel, *kereszt-szelvényről* beszélünk (5.3.3. a. – 5.3.3.b. ábra).

Ha egy vízfolyás vagy út egyenes szakaszai mentén fölvelt szelvényeket közös alaponra kiegyenesítjük, *hossz-szelvényt* kapunk. A megszerkesztett szelvényeket különböző célokra használhatjuk. Például a magasságtorzítás nélküli szelvényeken valódi távolság mérhető gördülő távolságmérővel. Az egymástól egyenlő távolságra, párhuzamosan felvett szelvények egymásra fektetésével (szuperponálásával) azonos domborzati szintek (pl. folyóteraszok, lepusztulásszintek) mutathatók ki (5.3.1. ábra).



5.3.1. ábra: Szuperponált szelvények (Pesthidegkúti-medence) (Lerner J.)

A szelvények megfelelő kiegészítésével összetett földrajzi és földtani jelenségek szemléltethetők (5.3.2. ábra).



5.3.2. ábra: Komplex földrajzi szelvény (Pesthidegkúti-medence) (Lerner J.)

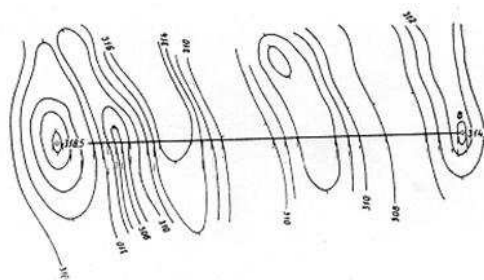
Keresztszelvény szerkesztését a következőképpen végezzük.

A topográfiai térképen kijelöljük egy egyenes vonallal – több szelvény esetén egymástól egyforma távolságra fekvő, párhuzamos vonalak mentén – a metszet vonalát, ill. vonalait.

Az alapszintköz, a méretarány és a domborzat jellege (sík-, domb-, hegyvidék) ismeretében meghatározzuk a szükséges magassági torzítás nagyságát.

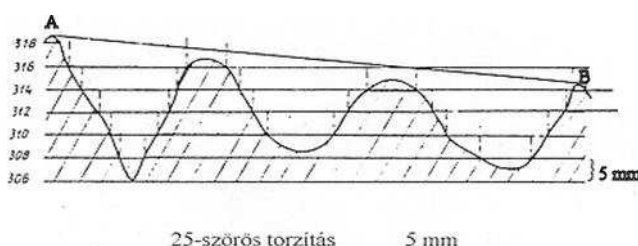
A metszet irányával párhuzamosan, az alapszintköznek megfelelő magasságtorzítás esetén azzal arányos távolságban annyi szintjelző vonalat rajzolunk, amennyi alapszintvonal a legmagasabb és legalacsonyabb szintvonal közé esik.

A metszetvonal és a szintvonalak metszéspontjait egyenesekkel, a szintvonal értékével azonos értékű szintjelző vonalakra vetítjük. Az így kapott metszéspontokat egy illeszkedő görbe vonallal összekötjük (5.3.3.a. – 5.3.3.b. ábra).



5.3.3.a. ábra: Keresztszelvény szerkesztése magasságtorzítással (Lerner J.)

($M = 1:10\,000$, alapszintköz: $2\text{ m} = 0,2\text{ mm}$)



5.3.3.b. ábra: Keresztszelvény szerkesztése magasságtorzítással (Lerner J.)

5.3.3. A geomorfológiai térkép elkészítése

Az 5.3.1. fejezetben már említettünk néhány alapvető szempontot, amelyekre a geomorfológiai térképezés során figyelemmel kell lenni. Az alábbiakban tekintsük át a térkép elkészítésének menetét.

5.3.4. Terepbejárás

A térképrajzolás megkezdése előtt meg kell ismerkednünk a kijelölt területtel. A terepbejárás során az eredeti térképről készített fénymásolt munkatérképen a terepi azonosítást követően berajzoljuk a felismert domborzati formákat. A terepbejárás során meg kell figyelni a kőzeteknek a formákkal való összefüggéseit, továbbá a felszínformáló folyamatok minőségét és intenzitását. A felszíni elemek felismerését, azonosítását, valamint a topográfiai térképen nem szereplő vagy nem felismerhető formák és a változások felderítését a területről készített légi felvételek használata segíti.

5.3.5. A mintaterület ábrázolása

Az 1:10 000 / 1:25 000-es méretarányú topográfiai térképlapra pauszpapírt rögzítünk.

A rajzoláskor színes ceruzát használunk. Elsőként kék színnel a terület hidrogeográfiai elemeinek (vízfolyások, tavak, források stb.), majd feketével az antropogén elemek (út, vasút, település stb.) bejelölése történik.

Ezután a legmagasabb tetőszintek körülhatárolása, eredetük megállapítása, majd ennek megfelelően térképi ábrázolása következik.

A továbbiakban berajzoljuk a legalacsonyabb térszíneket (völgyek).

A legmagasabb és legalacsonyabb domborzati formák közötti völgyközi háta és egyéb felismert formák megrajzolása.

Az esztüskéket és a szintvonalak megírását figyelembe véve a berajzolt formák között a szintvonalakra merőlegesen meghúzzuk a lejtővonalakat.

A térképet a jelkulcs alapján készítjük. Végezetül a kész térképet bekeretezzük, címét és méretarányát, valamint a felhasznált jelzésekből készített jelkulcsot rávezetjük a térképre (az utóbbit külön is mellékelhetjük).

A térkép készítése során előfordulhat, hogy első terepbejárásunk alkalmával nem, vagy tévesen ismertük fel az adott domborzati formát, ezért a kérdéses területre ismételtlen ki kell menni.

5.3.6. A vizsgálatokhoz szükséges eszközök

A vizsgálandó terület 1:10 000/1:25 000-es topográfiai térképei; légi fényképek a területről; pauszpapír, mm-papír; celluxragasztó, olló; színesceruza-készlet; vonalzó, mérőszalag; zsebszámológép; távcső; görbületmérő; poláris planiméter; jegyzetfüzet; tájoló; „Magyarország részletes geomorfológiai térképeinek jelkulcsa” című kiadvány.

5.3.7. A mérési eredmények értékelése

Eredmények:

1. A számított morfometriai mutatókat táblázatban foglalják össze!
2. A szelvényeket grafikusán ábrázolják!
3. A geomorfológiai térképet színes formában, lehetőség szerint nagy részletességgel és gondossággal készítsék el!
4. Készítsenek részletes jegyzőkönyvet a terepgyakorlatról! A jegyzőkönyv tartalmazza tapasztalataikat, megfigyeléseiket és az elvégzett feladatok szöveges magyarázatait!

Értékelés:

Felismerés, azonosítás: A terepbejárás során a területen található domborzati formák (alakjuk, eredetük, méreteik stb.) és felszínformáló folyamatok meghatározása. A tematikus térképek, valamint a légi fényképek megkönnyítik a munkát.

Elemzés: Irányuljon a figyelem arra, hogy különböző minőségű kőzeteken az azonos eredetű formák (genezis) más és más jellegűek, továbbá a felszín fejlődése is igen eltérő jellegű! Elemezze a morfometriai mutatók értékeit és a közöttük lehetséges összefüggéseket!

Következtetés: Vonjon le következtetéseket arra vonatkozóan, hogy a felszínen végbemenő természeti folyamatok együttes hatására jelenleg, ill. a jövőben milyen formaváltozásokat eredményez!

Ellenőrzés: Ellenőrizze, hogy megállapításait és következtetéseit tükrözi-e az elkészített geomorfológia térkép!

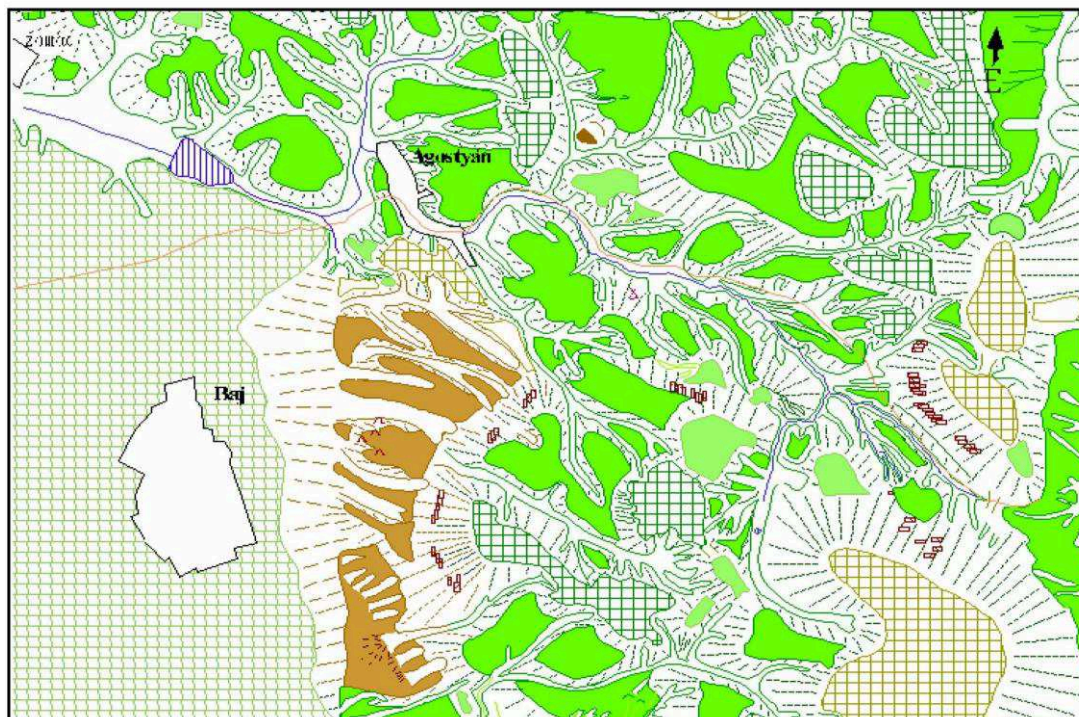
Feladatlapok kitöltése.

5.4. Függelékek

5.4.1. Bibliográfia

- Borsy Z.(szerk): Általános természetföldrajz. Fejezetek az általános természetföldrajz köréből. Nemzeti Tankönyvkiadó, 1993, Budapest.
- Bulla B.: Általános természeti földrajz II. Tankönyvkiadó, 1954, Budapest.
- Karátson D. (szerk.): Pannon enciklopédia – Magyarország földje. Kertek Kiadó, 1997, Budapest.
- Kertész Á.: A morfometria és morfometrikus térképezés célja és módszerei. Földrajzi Értesítő. 23. 433–442. 1974.
- Lerner J.: Térképészeti alapismeretek. Tankönyvkiadó, 1986, Budapest.
- Mezősi G.: Geomorfológiai térképezés. In: Borsy Z. (szerk): Általános természetföldrajz. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1993.
- Pécsi M.: A magyarországi geomorfológiai térképezés az elmélet és a gyakorlat szolgálatában. – Földrajzi Közlemények 11. (87), (1963), 289–299.
- Pécsi M. és mtsai: Magyarország részletes geomorfológiai térképeinek jelkulcsa. Összeállította: az MTA FKI Kutatócsoport. Természetföldrajzi Munkaközössége, MTA FKI Kiadv., (1963), Budapest.
- Pécsi M.: Geomorfológia. – Műszaki kiadó, Budapest, 243. 1971.

5.4.2. Geomorfológiai térkép



(M 1 : 25 000)

6. METEOROLÓGIAI ÉS ÉGHAJLATTANI ALAPISMERETEK (BARTHOLY JUDIT, MÉSZÁROS RÓBERT)

6.1. Bevezetés

E fejezet célja kettős, egyrészt általános meteorológiai és klimatológiai ismereteket adni, másrészt az agostyáni bázisterület adottságait kihasználva betekintést nyújtani az alkalmazott meteorológia néhány fejezetébe. A gyakorlatok során a régióra vonatkozó éghajlati adatok felhasználásával, illetve az együtt elvégzett helyszíni mérések, észlelések révén figyeljük meg a légkör kisebb szegmenseinek fizikai állapotát, folyamatait. Az elméleti ismeretanyagban azokat az alapvető fogalmakat, megfigyelési, mérési és elemzési módszereket foglaljuk össze, amelyek segítségével képet alkothatunk egy terület időjárási és éghajlati viszonyairól. Majd az észlelési naplók és elemzések elkészítése során az elméleti fejezetekben leírt és a gyakorlatok során elsajátított ismereteket kérjük számon, némi önállóságot feltételező munka formájában. Nem állt szándékunkban megterhelő információteemet zúdítani a – nem szakmabeli – hallgatókra, hanem inkább egy segítőt adni útítársul, mellyel a meteorológia oldaláról közelítve jobban megérthetik a mindannyiunkat körülvevő természet összefüggéseit.

6.2. Elméleti alapismeretek

A meteorológia talán két legfontosabb alapfogalma az időjárás és az éghajlat, melyek mind térben, mind időben különböző skálájú folyamatokat, jelenségeket vizsgálnak.

Az *időjárás* a légkör fizikai állapotát és folyamatait jellemző paraméterek összessége (például a levegő hőmérséklete, nyomása, nedvességtartalma stb.) egy megadott földrajzi helyen és időben. Értelemszerűen e fogalomhoz kapcsolódnak azok a kisebb tér- és időskálán zajló légköri folyamatok (pl. zivatar, front, ciklontevékenység) is, melyek a légköri állapot jellemzőinek aktuális értékeit befolyásolják.

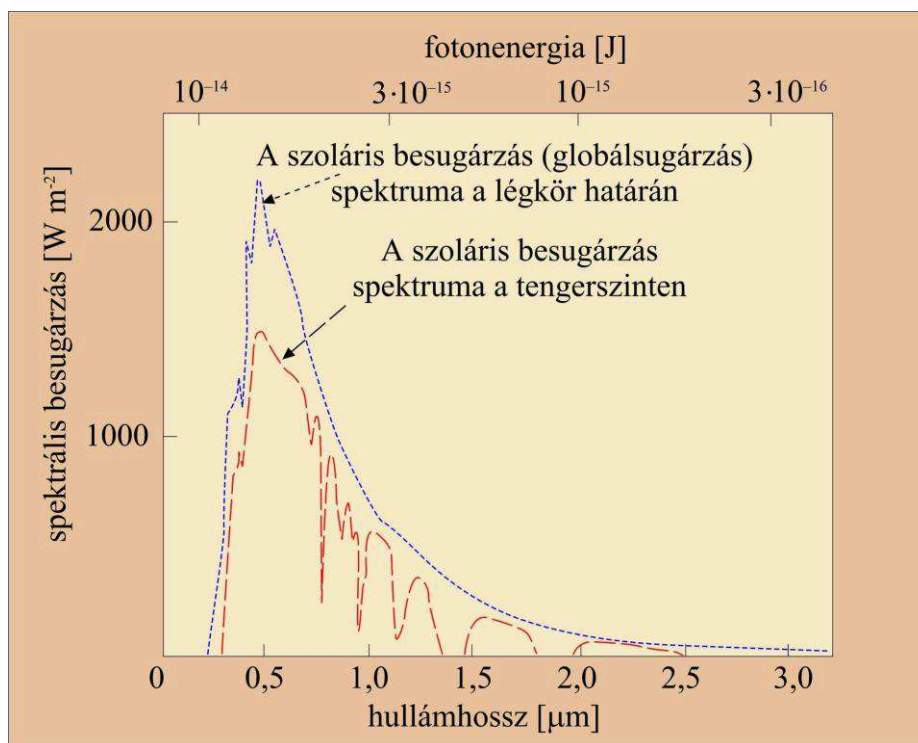
Az *éghajlat* egy adott földrajzi térség időjárási eseményeinek együttese, azok átlagos, illetve szélsőséges eseményeinek statisztikai jellemzőszámai. A viszonyítási alap az ún. éghajlati normálidőszak, mely nemzetközi megállapodás szerint az utolsó lezárt három évtizedre számított klímaátlagokat tartalmazza. Az éghajlati normálértékek általában egy nagyobb térséget jellemeznek, de jellemzik egyúttal magát az adott pontot is. Az éghajlat az a keret, melyen belül az időjárás változásai végbemennek, tehát az átlagos állapotokon (évi, havi, napi átlagokon, meneteken) felül a szélsőségeket, az extrémumok gyakoriságát, s egyéb statisztikai paramétereket is tartalmazza.

Egy adott földrajzi hely és időpont időjárását akkor ismerjük, ha meteorológiai megfigyelések és mérések alapján vannak adataink a légkör aktuális állapotáról. Egy térség éghajlatának leírását a folyamatosan, hosszú időszak alatt észlelt adatok halmazának elemzésével, statisztikai karakterisztikáinak kiszámításával végezhetjük el.

A következő alfejezetekben a légkör általános állapotát meghatározó hatásokat, valamint néhány helyi módosító tényezőt mutatunk be.

6.2.1. Sugárzási folyamatok

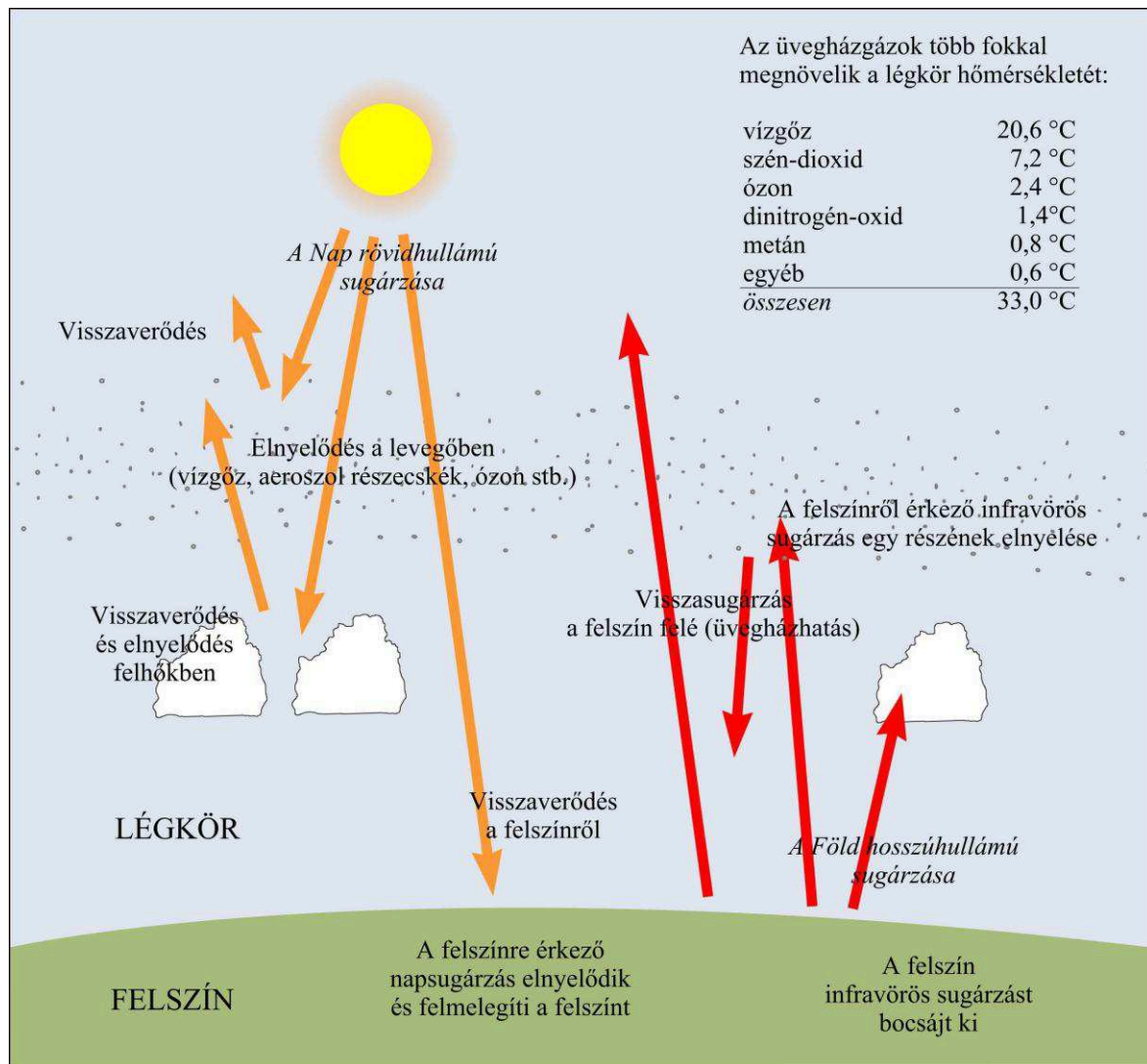
A földi légkör a Naptól érkező sugárzási energia által vezérelt rendszer. Ez azt jelenti, hogy az összes légköri mozgás (mint pl. az [általános cirkuláció](#), a ciklontevékenység, frontok mozgásai, kisebb térszkálájú örvények stb.) energetikai forrása a Nap. A földi légkörbe a Naptól rövidhullámú sugárzás érkezik. E sugárzási spektrumnak a légkör felső határára, illetve a föld felszínére érkező hullámhossz tartományait a 6.2.1. ábrán mutatjuk be. A légkörön keresztülhaladó sugárzás egy részét a légkör alkotóelemei szórják vagy elnyelik (abszorbeálják). Így a felszínre kevesebb energia jut, mint a légkör külső határára. A felszínre érkező rövidhullámú sugárzás egy része a felszínborítottság függvényében visszaverődik, a többi a földfelszínt melegíti.



6.2.1. ábra: A napsugárzás spektruma a légkör külső határán és a felszínen

A napsugárzás által felmelegített földfelszín infravörös (hosszúhullámú) tartományába eső [kisugárzás](#)át a légkörben lévő üvegházgázok részben elnyelik, ill. visszasugározzák, s így mindössze e sugárzási energia 5%-a tud akadálymentesen a világűr felé távozni. A légköri összetevőknek ezt a [szelektív abszorpció](#)s tulajdonságát, s a következményként jelentkező melegebb légkört illetik az ún. „légköri [üvegházhatás](#)” összefoglaló névvel. A légkör természetes üvegházhatása teszi lehetővé, hogy nem $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ a légkör felszín közeli átlaghőmérséklete, hanem $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ebből a $33\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os hőmérsékleti többletből rendre $21\text{ }^{\circ}\text{C}$, $7\text{ }^{\circ}\text{C}$, $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ért felelősek a vízgőz, a szén-dioxid, az ózon és a dinitrogén-oxid gázok.

A földi légkör sugárzási egyenlegének összetevőit és a természetes üvegházhatás folyamatát a 6.2.2. ábra foglalja össze.

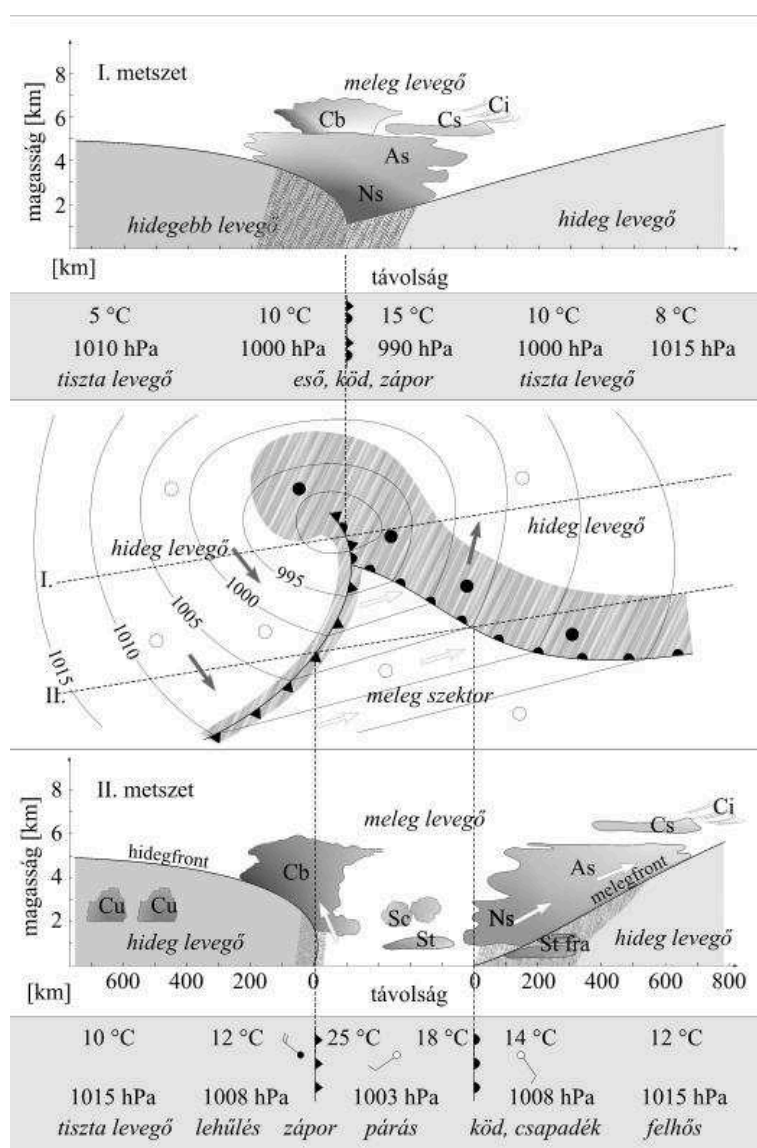


6.2.2. ábra: A sugárzási folyamatok és az üvegházhatás vázlatos folyamata

A földi népesség robbanásszerű növekedése, az ipar és a közlekedés nagyarányú fejlődése következtében szignifikánsan megnövekedett az üvegházgázok légköri koncentrációja az elmúlt évszázadban (néhány gáz esetében csupán az utolsó néhány évtizedben). Ez maga után vonja a légköri **sugárzásegyenleg** komponenseinek változását, az **üvegházhatás** fokozódását, melyek a sokrétű visszacsatolási mechanizmusok egyidejű működése miatt nehezen modellezhetők. Az elmúlt évtized óriási fejlesztéseinek köszönhetően mára már a nyolc éghajlati világgözpontban több mint 20 világmodell készített becsléseket a XXI. század végére várható éghajlatról. A gazdasági, társadalmi folyamatok várható alakulásának függvényében több tucat éghajlati szcenárió (forgatókönyv) létezik. Bár ezen „előrejelzések” bizonytalansága igen nagy, mégis e változások egyértelműen egy a mainál melegebb légkör felé mutatnak. E problémakört nevezzük összefoglalóan a globális felmelegedés folyamatának.

6.2.2. Léggöri mozgásrendszerek

A légkör **általános cirkulációját** különböző tér- és időskálájú mozgásrendszerek összessége alkotja (pl. a trópusi területek passzátszélrendszerei, a mérsékelt övi ciklonok, a tornádók vagy akár a kis portölcsérek). A következőkben csak néhány, hazánk időjárását is befolyásoló, nagyobb skálájú légköri mozgásrendszert említünk meg. Magyarország időjárásának alakulását leginkább a mérsékelt övi **ciklonok** (a hozzájuk kapcsolódó időjárási frontokkal), valamint az **anticiklonok** határozzák meg. A ciklonok és anticiklonok alacsony-, illetve magasnyomású középponttal rendelkező légörvények, melyek egymással ellentétes irányba forognak. Kiterjedésük az Atlanti-Európai térségben meghaladhatja az 1000–2000 km-t is. A hideg- és melegfrontok az örvénylő mozgás során egymásra felsiklő, eltérő hőmérsékletű légtömegek elválasztó felületei. A 6.2.3. ábrán egy mérsékelt övi ciklon szerkezetét, a meleg- és hidegfront jellegzetes felhőrendszerét, hőmérsékleti és szélviszonyait mutatjuk be.



6.2.3. ábra: Mérsékelt övi ciklon szerkezete, jellemző vertikális metszetei és az időjárási frontok felhőrendszere

A mérsékelt övi ciklonokban elhelyezkedő időjárási frontok mentén feláramlik a levegő, sajátos frontális felhőrendszert alkotva. Ez eltérő jellegű a hideg-, a meleg-, illetve az okklúziós frontok mentén. A meleg- és hidegfrontok alkotják a ciklon belsejében a különböző hőmérsékletű légtömegek elválasztó felületeit. Az északi féltekén a melegfront mögött dél felől északi irányba áramlik a meleg, a hidegfront mögött pedig délre a sarkvidéki, hideg levegő. A frontok töréspontja, azaz a hideg- és melegfront találkozási pontja lesz a ciklon középpontja. Itt a legalacsonyabb a légnyomás. A frontok mentén elhelyezkedő alacsony nyomású területek kedveznek a felhőképződésnek, a levegő feláramlása miatt. A frontok három szektorra osztják a mérsékelt övi ciklonokat. Az első a melegfront előtti tartomány. A következő, a melegfront mögötti, illetve a hidegfront előtti terület, ezt a két, front által közrezárt területet, meleg szektornak nevezzük. A meleg szektor után következik a hidegfront, a hozzá kapcsoló, mögötte haladó hideg légtömeggel. A ciklon melegfronti részén hosszan elnyúló, széles felhőzóna található, kiterjedt csapadéksávval, míg a hidegfront mentén csak egy keskenyebb területen hullik csapadék. A meleg szektorban csak részben felhős az ég és csupán egy-egy zápor fordul elő néha. A melegfront területén a csapadéksáv 300–400 km szélességben is elhúzódhat, végig a front mentén. Ez akár néhány ezer kilométer hosszúságot is jelenthet. A melegfront felhőzetének zömét több ezer méter vastag eső-rétegfelhő (nimbostratus) alkotja. Ebből váltakozó intenzitással, de általában folyamatosan hullik az eső vagy a hó, mely gyakran jelentős mennyiségű. A téli fél évben az ónos eső kialakulásának kedvező feltételek szintén a melegfront átvonulása előtt következnek be.

A hidegfront csapadéka általában intenzívebb, de jóval keskenyebb területre korlátozódik. A felhőrendszer azonban ez esetben is elhúzódik akár több ezer kilométer hosszan a front mentén. Tipikus hidegfronti helyzet az erős széllel érkező zivatarfelhőkől hulló zápor-szerű csapadék. A légkört átmosó csapadékot erős szél követi, mely a felhők feloszlását, az idő tisztulását s ezzel a látási viszonyok javulását vonja maga után.

A ciklonon belül a hidegfront mozgása gyorsabb, mint a melegfronté, így az fokozatosan közeledik a melegfronthoz. Ezáltal a két front közti meleg szektor egyre kisebb területre szorul. Végül a hidegfront utoléri a melegfrontot, s a ciklon középpontjától kezdve fokozatosan, cipzárszerűen összezáródik a két front, mely az ún. okklúziós front. Az okklúziós front tulajdonságait az határozza meg, hogy milyen a melegfront előtti, illetve a hidegfront mögötti – egyébként mindkét esetben hideg – légtömeg egymáshoz viszonyított hőmérséklete. Ha a hidegfront mögött érkező levegő a hidegebb, akkor beékelődve a melegfront előtti kevésbé hideg légtömeg alá, elsősorban hidegfronti, fordított esetben pedig a melegfronti hatás érvényesül elsődlegesen. Az okklúziós frontban a hideg- és a melegfront felhőrendszere összeadódik, s hatalmas felhőtömeget alkotva, egy nagy kiterjedésű csapadékszót alkot.

Az anticiklonok felett a magasban összeáramló mozgást (konvergenciát) figyelhetünk meg, s az így felhalmozódó levegő erősödő leáramlást indít meg. A talaj szintjén e folyamat hatására magas nyomású légköri képződmény épül ki. A leszálló légmozgás nem kedvez a felhőképződésnek, sőt inkább felhőoszlató hatású. Ezért a ciklonokkal ellentétben az anticiklonokban általában derült az idő. Az erős éjszakai **kisugárzás** hatására azonban – ami épp a derült égbolt következménye – gyakran keletkezik köd vagy alacsony szintű felhőzet a hajnali órákban. E vékony felhőzetből csak gyenge, szitáló eső, hószállingózás, hódara hullhat. A leszálló légmozgás s a gyenge szél hatására feldúsulnak a légszennyező anyagok, ezért gyakran rosszak a látási viszonyok, erős a levegő szennyezettsége. Az anticiklon hatalmas felhőmentes területein az intenzív **besugárzás**, illetve az erős éjszakai ki-

sugárzás hatására nyáron esetenként szélsőségesen magas, télen szélsőségesen alacsony hőmérsékleti értékek is kialakulhatnak.

6.2.3. Helyi éghajlat-módosító hatások

A felszín, a domborzat, valamint a növényzet típusa és állapota, mind szerepet játszanak egy térség klimatikus viszonyainak kialakításában. Ezeket a kisebb térségre vonatkozó egyedi sajátosságokat felmutató éghajlati jegyeket mezo-, illetve mikroklimáknak nevezzük. A teljességre való törekedés igénye nélkül vázlatosan bemutatunk néhány helyi hatást, amelyek esetenként egy terepi észlelés során is megfigyelhetők.

6.2.3.1. Az erdő éghajlati sajátosságai

Az erdőben és környezetében jelentős mértékben módosul a légkör fizikai állapota. A felszín közeli légréteget erdős környezetben az alábbiak szerint osztjuk részekre: (1) a lombkorona fölötti réteg, (2) a lombkorona szintje, (3) a törzstér, (4) az alacsony vegetáció alkotta cserjeszint s (5) a talaj menti réteg. A növényzet e rétegződése befolyásolja az egyes meteorológiai elemek felszín közeli értékeit. Lombhullató erdő esetén ezen felül az egyes évszakok között is markáns eltérések mutatkoznak.

Az erdő belsejében kialakuló időjárási viszonyok legfontosabb jellegzetessége, hogy a szélsőségektől mentesek, az egyes meteorológia elemek változékonysága kiegyenlítettebb. A következőkben sorra vesszük néhány meteorológiai elem eloszlását lefelé haladva, a lombkorona fölötti térrésztől az erdő talajáig.

Az erdő egyik legfontosabb klimatikus jellemzője, hogy az erdő felszínén szétterülő lombkorona a sugárzás egy jelentős hányadát fölfogja. A legtöbb besugárzást a lombkorona kapja. Az erdőállományba bejutó sugárzás mennyisége függ a fafajtától, a lombzat zártságától, illetve az évszakoktól egyaránt. Lombhullató erdőben nyáron kevesebb sugárzás jut a felszínre, túlevelű erdőben a sugárzáscsökkenés az év során kiegyenlítettebb. A lombzat a különböző hullámhosszú sugárzásokat különböző mértékben nyeli el, ezért nem csak a lejutó sugárzás mennyisége, hanem annak spektrális összetétele is módosul. A lombkorona alá elérkező sugárzás meghatározza a cserjeszinten lévő növényzet jellegét, s egyben a törzstér hőmérsékleti jellemzőit is.

A lombzat a talajfelszínhez hasonlóan elnyeli a Nap rövidhullámú sugárzását, és infravörös tartományban sugározza ki a hőt mind a törzstérbe, mind az erdőállomány fölé. Nyáron csak a sugárzás kicsiny hányada jut le a talaj közelébe, ezért itt a legalacsonyabb a hőmérséklet. Télen több sugárzási energia hatol be az állomány belsejébe (a lombkorona hiánya miatt), ezért a talaj is jobban fölmelegszik, s ehhez viszonyítva a törzstér hőmérséklete valamivel alacsonyabb. Túlevelű erdőben az egész év során hasonlóan alakul a hőmérséklet függőleges rétegződése. Mind a lombhullató, mind a túlevelű erdő az év egészében mérsékli a felszín közeli és a talajhőmérséklet napi ingását a nem fával beültetett területekhez viszonyítva.

Az erdőállományban a légnedvességet a sugárzási viszonyok és a párologtató felületek nagysága befolyásolja. A nedvesség a talajból és a növényzetben tárolt nedvességből származik. A növényzet párologása révén a legnagyobb páratartalom a felszín közelében és a lombkorona belsejében tapasztalható. A besugárzás hatására ugyanakkor a lombzat fölött általában kisebb a légnedvesség.

Az erdőállomány a csapadék felszínre jutását is sajátosan módosítja. A csapadék egy része közvetlenül keresztülhullik a lombzaton. Egy részét viszont a lombkorona fölfogja. Ez vagy elraktározódik, vagy lecsöpög róla, esetleg a törzsön folyik le, vagy elpárolog az

erdő fölötti, illetve alatti térbe. A felszínre lehulló csapadék mennyisége ezért kevesebb, mint a fátlan területeken, ugyanakkor a felszíni csapadék ([harmat](#), [dér](#), [zúzmara](#)) gyakoribb az erdőállományban.

6.2.3.2. A domborzat hatása

Az orografikus viszonyok értelemszerűen módosítják a felszínre érkező sugárzási energia mennyiségét, s így befolyásolják a helyi éghajlati sajátosságokat. A különböző lejtőszögű felületekre eltérő sugárzásmennyiség jut. A sík felszínhez képest a délies irányú lejtők sugárzástöbbletben részesülnek, az északi lejtők pedig sugárzáshiányban szenvednek. A téli félévben, alacsonyabb napmagassági értékek mellett nagyobbak a különbségek. A felhőzet ugyanakkor csökkenti a sík terület és a domborzat közötti besugárzási különbséget, mivel ilyenkor a direkt sugárzással szemben megnő a szórt sugárzás aránya. A besugárzási értéket az egymást árnyékoló hegyoldalak is befolyásolják.

A domborzat energiavesztesége (kisugárzása a hosszúhullámú tartományban) szintén függ a lejtőszögtől. Legerősebb a kisugárzás a domború felületeken, domb- és hegytetőkön, mivel itt nagyobb térszögben történik a hőenergia kisugárzása, legkisebb a homorú felületek mentén, például völgyekben. Ennek ellenére a völgyekben éjszaka jóval alacsonyabb hőmérséklet mérhető, mert a dombtetőről a hidegebb, egyben nehezebb levegő lefolyik az alacsonyabb részekre. A völgyekben felgyülemlett hideg levegő kedvez a ködképződésnek. A Nap sugarai a völgyekbe csak később jutnak be, ezért a köd általában hosszabb ideig meg is marad. Télen ez gyakran okoz zúzmarásodást. Nappal a besugárzás hatására a lejtők alja melegszik fel a legjobban. A domborzat tagoltsága miatt kialakuló hőmérséklet-különbség sajátos lejtő-, illetve hegy-völgyi szelet eredményezhet.

A domborzat az áramló levegő útjában akadályt képez. A feláramlásra kényszerülő levegő kedvez a felhő- és csapadékképződésnek. A tengerszint feletti magasság növekedésével ezért növekszik a csapadékhajlam (Magyarországon 100 méterenként átlagosan 35 mm-rel). A nagyobb csapadék a hegynek mindig a szél felőli oldalán hull, hiszen ebből az irányból érkeznek a csapadékfelhőket szállító légtömegek. A hegyek szélvédett oldala gyakran már nem is részesül csapadékban.

6.3. Meteorológiai elemek és méréjük

A meteorológiai elemek mérése – s az időjárási jelenségek egy részének észlelése is – általában automatikusan, elektromos szenzorokkal történik. A mért értékeket az ún. központi adatfeldolgozó egység gyűjti, tárolja, alakítja át és továbbítja. A légkör állapotának egyszerű terepi meghatározása során ilyen komplex meteorológiai állomás általában nem áll rendelkezésre. Ezért a továbbiakban olyan eszközöket és módszereket mutatunk be, amelyek önmagukban külön-külön alkalmasak egy-egy légköri állapothatározó vagy időjárási jelenség meghatározására.

6.3.1. Vizuális megfigyelések

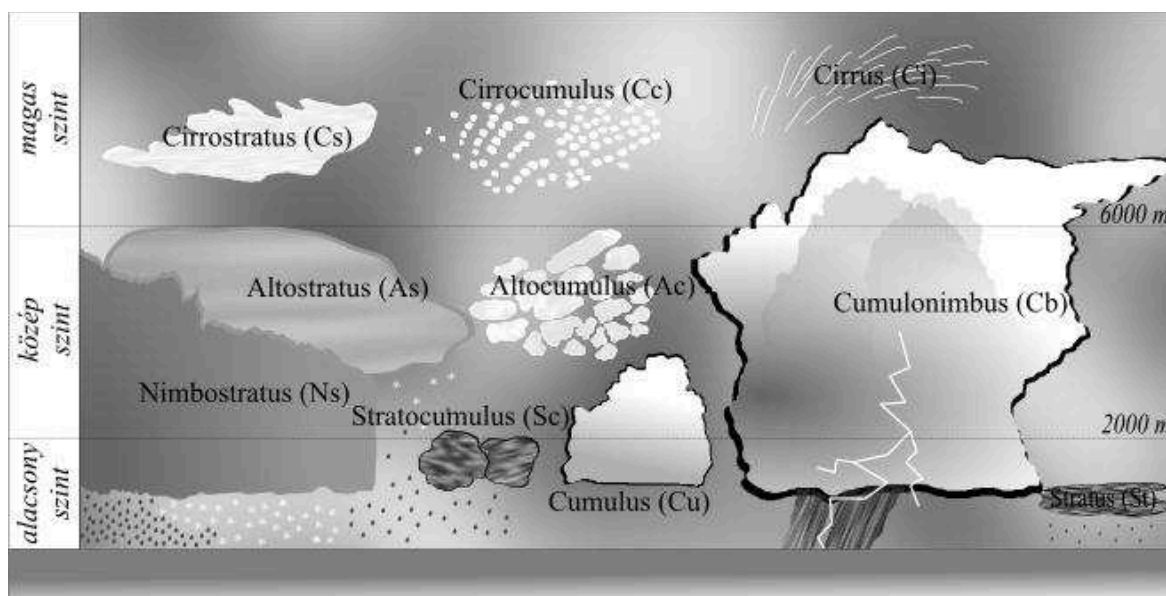
A vizuális megfigyelések során műszerek nélkül határozzuk meg az időjárási jelenségeket. Ide tartozik a felhőzet és az egyéb időjárási jelenségek megfigyelése, a látástávolság, valamint a talajállapot észlelése. Ebben az alfejezetben csak a felhőzet és a látástávolság megfigyelésére, becslésére vonatkozó alapismereteket írjuk le.

A felhő egy diszperz rendszer, vagyis egy légnemű közegben szilárd és cseppfolyós halmazállapotú részek keverednek el. Belsejében a légnemű halmazállapotú levegő túltelített állapotba kerül, s a vízgőz nagy része vízcseppecskék formájában kicsapódik. Mind a cseppek, mind a fagyott állapotú jégkristályok akadályt képeznek a felhőn áthaladó direkt és szórt sugárzás útjában. Egy légtömeg telítettségét a hőmérséklet csökkenése idézi elő. Adott vízgőztartalom mellett a hőmérséklet csökkenésével növekszik a relatív nedvesség, míg egy adott ponton – ez az ún. **harmatpont**-hőmérséklet – 100%-ká válik, azaz telítődik. További hűlés hatására a túltelítettség miatt a vízgőz kicsapódik, s ha ez a kicsapódás (ún. kondenzáció) nagymértékű, létrejön a felhő. A levegő lehülése s a kondenzációs folyamatok megindulása leggyakrabban feláramló mozgások során valósul meg. A feláramlást előidézhetheti az erős besugárzás (szabad konvekció), de egy akadályként megjelenő hegység, egy időjárási front felsiklási folyamata vagy két légtömeg összeáramlása révén is jelentkezhet (kényszerkonvekció). A kicsapódási folyamat beindulásához szükség van szilárd halmazállapotú részecskékre, amelyeken megindul a kondenzáció vagy a kifagyás. Ilyen természetes (pl. por- és koromszemcsék, sórészecskék, virágpór stb.) vagy antropogén forrásból származó részecskék, az ún. aeroszol részecskék, melyek mindig elegendő számban találhatóak a légkörben.

Látástávolságnak azt a távolságot nevezzük, ameddig a tárgyak még jól felismerhetők, s élesen elkülönülnek a környezetüktől. Elsődlegesen a légi és közúti közlekedés szempontjából fontos mennyiség. Ha a látástávolság 1 km-nél kisebb, ködről beszélünk.

6.3.1.1. A felhőzet megfigyelése

A felhőzet megfigyelése nemzetközi felhőosztályozás alapján történik. A rendszerben négy felhőosztályt találunk: alacsony szintű, középszintű, magas szintű, illetve nagy függőleges kiterjedésű felhők osztálya. Ezen belül tíz fő fajt különböztetünk meg a felhőalap magassága, a felhő vertikális kiterjedése és alakja alapján (6.3.1. ábra).



6.3.1. ábra: A felhők osztályozása, a felhőfajok.

A formai jegyek figyelembevételével további 14 *felhőforma* különböztethető meg. A felhőfaj és a felhőforma együttesen alkotja a felhőfajtát, amihez további változatok, járulékos képződmények, kísérő felhők kapcsolódhatnak, amelyekkel itt nem foglalkozunk. A felhőfajok közül 6–8 km magasan találhatóak a *Cirrus (Ci)* felhők. Szerkezetük rostos,

fonalas vagy fátyolszerű. Magas szintű felhő még a gomolyos *Cirrocumulus* (*Cc*) (báránfelhő) és a nagy kiterjedésű, réteges szerkezetű *Cirrostratus* (*Cs*) is. Középszintű (2–6 km) felhő a gomolyos szerkezetű *Altostratus* (*As*) és a réteges szerkezetű *Altostratus* (*As*). 2 km alatt található az alacsony szintű felhők, a gomolyos *Stratocumulus* (*Sc*) és a réteges *Stratus* (*St*). A fennmaradó három felhőfajta alapja általában 2 km alatt található, de függőleges kiterjedésük jelentősebb, mint az eddig említett felhőké. 6–8 km magasságig emelkedhet a réteges szerkezetű, horizontálisan akár több száz kilométer kiterjedésű esőrétegfelhő, a *Nimbostratus* (*Ns*). Néhány, illetve néhányszor tíz kilométer átmérőjű felhő a *Cumulus* (*Cu*) és a *Cumulonimbus* (*Cb*). A *Cumulus* (alacsony szintű gomoly) felhők általában 3–4 km magasra nőnek, és csapadékot ritkán adnak. A *Cumulonimbus* (zivatarfelhő) teteje akár a tropopauzát is elérheti. A csapadékhullást – ami gyakran jégeső is lehet – vilámlás és mennydörgés kíséri.

A felhőzet megfigyelése a következő szempontok szerint történik:

- Először döntsük el, melyik főcsoportba tartozik a felhő (pl. szerkezete, színe alapján)!
- Határozzuk meg, hogy a főcsoporton belül melyik felhőfajról van szó!
- Határozzuk meg, hogy hullhat-e a felhőből csapadék (csapadékot adhat: *As*, *Ns*, *Sc*, *St*, *Cu*, *Cb*)!
- Adjuk meg, hogy az égbolt mekkora részét borítja felhő! A felhőzet mennyiségét októban adjuk meg. A teljes borultság 8 okta. Képzeletben osszuk az égboltot nyolc részre, és állapítsuk meg, hogy mekkora részt borít felhőzet!
- Határozzuk meg a felhők haladási irányát (valamely álló tereptárgyhoz viszonyítva)! Ebből a magasban fújó szél irányára és sebességre következtethetünk. Vizsgáljuk meg, hogy ez eltér-e a felszíni szél irányától!

A felhőzet jellegéből és a felhőborítottság mértékéből, a felhők vonulási irányából következtethetünk a várható időjárási helyzetre (l. 6.2.2. fejezet).

6.3.1.2. A látástávolság meghatározása

A látástávolságot úgy becsülhetjük, ha egy térkép alapján meghatározzuk néhány, a távolban beazonosított, szabad szemmel látható tereptárgy távolságát, s az észlelés időpontjában megfigyeljük, melyik az a legtávolabbi tárgy, amelyik még látszik közülük. Éjszaka megfigyeléshez a beazonosított fények adhatnak támpontot.

6.3.2. A sugárzás mérése

A sugárzás mérése során a sugárzási egyenleg komponenseit és a napfénytartamot határozzuk meg. A sugárzás erősségét W/m^2 -ben (az 1 négyzetméterre jutó energia Watt egységben), a napfénytartamot pedig a napsütéses órák számában adjuk meg. A sugárzási komponensek közül itt csak a rövidhullámú tagokra térünk ki. Ezek a következők:

- *Globál sugárzás*: a vízszintes síkra a felső féltérből érkező összes rövidhullámú sugárzás (a globál sugárzás magában foglalja a Nap korongjának térszögéből érkező közvetlen sugárzást, illetve a szórt sugárzást is).
- *Reflex (visszavert) sugárzás*: a vízszintes síkra az alsó féltérből érkező rövidhullámú sugárzás.

A reflex- és a globál sugárzás (vagyis a vízszintes síkra beérkező, illetve onnan visszavert rövidhullámú sugárzás) hányadosa a felszín sugárzás-visszaverő képességét jellemző mérőszám, az **albedó**. Ennek értéke nagyjából állandó az egyes felszín típusok esetén. Legnagyobb az albedója a világos felszíneknek, pl. felhőnek, hónak, a legkisebb a víznek. Az albedót százalékban adjuk meg.

6.3.2.1. A sugárzási komponensek mérése és az albedó meghatározása

A sugárzás rövidhullámú komponenseit *piranométerrel* mérjük. A műszer termoelektromos érzékelőjét egy üvegcupola borítja, ami egyrészt megóvjva a szennyeződésektől, másrészt csak a rövidhullámú tagokat engedi át (*innen ered az [üvegházhatás](#) elnevezés*). A műszert úgy kell elhelyezni, hogy az érzékelője vízszintesen álljon (ebben segít a piranométeren található vízszintező buborék), valamint ne árnyékolja semmi. Az elektromos műszer által érzékelt feszültségjelet adatgyűjtő nélkül egy feszültségmérővel határozzuk meg. Ebből a műszer kalibrációs függvényének segítségével számítható a tényleges sugárzás erőssége. Ha a piranométerrel külön-külön megmérjük a felső, illetve alsó féltérből jövő rövidhullámú tagokat, egyszerűen számítható az albedó.

6.3.3. A légnyomás mérése

A levegő nyomása az egységnyi felület felett található légoszlop súlya. Minél magasabbra haladunk a légkörben egy adott pont felett, annál kisebb lesz a légnyomás, hiszen egyre kevesebb levegőrészecske súlya nehezedik egységnyi felületre. A légköri mozgásrendszerek sajátos légnyomási mezővel rendelkeznek. A légnyomás mérése elsősorban ezekről szolgáltat információt. A légnyomásváltozás mértéke pedig a mozgásrendszerek áthelyeződését segít nyomon követni.

A légnyomás mérése különböző barométerekkel történik (folyadékos, aneroid, elektromos barométerek). Mindegyik valamilyen, a nyomásváltozás hatására bekövetkező változást regisztrál. A légnyomás mértékegysége a Pascal, de a meteorológiai gyakorlatban ennek 100-szorosát, a hPa-t használják. A felszíni meteorológiai állomáson mért légnyomásérték az ún. műszerszíni légnyomás. A légnyomás azonban függ a tengerszint feletti magasságtól, ezért annak érdekében, hogy a különböző tengerszint feletti magasságban lévő állomások adatait össze lehessen hasonlítani, a mért légnyomásértéket átszámítják a tenger szintjére. Ez alapján készülnek a mozgásrendszerek helyzetét bemutató felszíni nyomástérképek. A tengerszíni standard légköri nyomás 1013,25 hPa. Az ennél nagyobb, illetve kisebb értékek esetén beszélünk magas, illetve alacsony nyomásról.

6.3.3.1. A légnyomás meghatározása

Aneroid barométeren olvassuk le az ún. műszerszíni légnyomásértéket.

6.3.4. A léghőmérséklet mérése

A hőmérséklet a levegőmolekulák mozgási energiájával arányos mennyiség. Minél gyorsabban mozognak a légköri részecskék, annál gyakrabban ütköznek egymással, annál magasabb a hőmérséklet.

A levegő hőmérsékletének mérésekor a hőmérő környezetében mozgó levegőmolekulák mozgási energiáját határozzuk meg. Ezek a molekulák kapcsolatba lépnek a hőmérőként használt különböző anyagokkal, s megváltoztatják azok fizikai állapotát. A mérés során a levegő hőmérsékletére vagyunk kíváncsiak, ezért a hőmérőt úgy kell elhelyezni, hogy azt ne befolyásolja a sugárzás, a párolgás vagy a szél. A gyakorlatban különböző árnyékolási módszereket alkalmaznak.

A hőmérsékletet Celsius-fokban határozzuk meg. A meteorológiai állomásokon egységesen a felszín felett 2 m-es magasságban helyezik el a hőmérőket. Emellett meghatározzák a felszín felett 5 cm-es magasságban az ún. fűszíni (vagy radiációs minimum) hőmérsékletet is.

6.3.4.1. A hőmérséklet meghatározása

A hőmérséklet meghatározására alkalmazhatunk folyadékhőmérőket vagy valamilyen kijelzős, pl. elektromos hőmérőt. Mindkét esetben ügyelni kell az árnyékolásra. A folyadékos hőmérőknél fontos, hogy a leolvasás során merőlegesen tekintsünk a folyadékoszlopra.

6.3.5. A légnedvesség mérése

A levegő nedvességtartalmát különböző paraméterekkel fejezhetjük ki. Ezek az ún. légnedvességi mérőszámok. Leggyakrabban a relatív nedvességet használjuk, ami a tényleges és a telítési gőznyomás arányát fejezi ki (a gőznyomás egységnyi térfogatban a vízgőz részleges nyomása, a telítési gőznyomás pedig a vízgőz nyomása telített állapotban). A telítettség azt az állapotot fejezi ki, amikor megindul a kicsapódás. A telítési érték a hőmérséklettől függ.

6.3.5.1. A légnedvesség meghatározása

A nedvesség meghatározására valamilyen kijelzős nedvességmérőt alkalmazhatunk. A nedvességmérés során is árnyékolni kell az érzékelőt.

6.3.6. A szél mérése

A Föld légkörét alkotó levegőrészecskék összetett hatások eredményeként állandó mozgásban vannak. Ezt a mozgást, vagyis a levegőnek a földfelszínhez viszonyított áramlását nevezzük szélnek. A szél a különböző területek eltérő légnyomásának kiegyenlítésére beinduló áramlás. A magasabb légnyomású terület felől a levegőrészecskék az alacsonyabb nyomású terület felé mozdulnak el. Minél nagyobb a légnyomás különbsége két pont között, annál élénkebben zajlik e folyamat, azaz annál erősebb a szél.

6.3.6.1. A szél meghatározása

A levegő mozgásának irányát és nagyságát mérni tudjuk. A szél sebességét m/s, illetve km/óra egységekben adjuk meg (1 m/s = 3,6 km/óra), a szél irányát pedig fokban. A fokbeosztás 0-tól 360 fokig terjed. A 0° (360°) az északi, a 90° a keleti, a 180° a déli és a 270° a nyugati irány. A szél irányának azt tekintjük, amerről a szél fúj. A szél sebességét forgókanales szélmérővel (a szélútból származtatva), a szél irányát szélzászlóval mérhetjük. A szélirányt a növényzet mozgása alapján is becsülhetjük.

6.4. Gyakorlatok

6.4.1. Az időjárás megfigyelése

Vizsgálja meg az aktuális időjárási helyzetet! Figyelje meg a felhőzetet, készítse egy ábrát az égből és határozza meg a felhőfajtákat! Határozza meg a látástávolságot!

6.4.2. Az időjárási elemek mérése

A rendelkezésre álló meteorológiai műszerekkel határozza meg a légkör állapotát egy tisztán! Mérje meg a globál- és a reflex sugárzást, a légnyomást, a levegő hőmérsékletét 2 m magasan és 5 cm-en, a légnedvességét, a szél irányát és sebességét, a csapadék összegét! *Ügyeljen a körültekintő mérésekre! Jegyezze fel a mérések körülményeit!* Adott időközönként (pl. 10 perc) ismétlje meg a méréseket! Készítsen mérési naplót, majd grafikonon ábrázolja az egyes meteorológiai elemek időbeli menetét!

6.4.3. A meteorológiai elemek analízise

A 6.1. táblázat alapján határozza meg Magyarország területére a hőmérséklet vagy a légnyomás területi eloszlását és elemezze az így kapott térképet! A meteorológiai elemek területi eloszlását izovonalakkal (az azonos értékű pontokat összekötő görbékkel) ábrázoljuk. Az izovonalakat a 6.5.3. függelék térképén húzza ki!

Város	Hőmérséklet (°C)	Tengerszinti légnyomás (hPa)
Szécsény	12,7	1015,4
Miskolc	14,2	1015,7
Záhony	12,4	1015,1
Sopron	15,7	1015,8
Szombathely	13,7	1015,8
Mosonmagyaróvár	15,5	1015,9
Győr	15,5	1015,7
Pápa	16,2	1015,3
Veszprém	16,5	1015,5
Budapest	16,0	1015,3
Gárdony	16,5	1015,5
Szolnok	14,2	1015,2
Poroszló	13,9	1015,5
Debrecen	13,7	1015,2
Nyíregyháza	12,1	1015,4
Szentgotthárd	14,4	1015,8
Zalaegerszeg	14,9	1015,9
Nagykanizsa	14,1	1015,8
Kaposvár	16,4	1015,6
Siófok	18,8	1015,6
Pécs	16,9	1015,7
Paks	13,8	1015,7
Baja	13,8	1015,8
Szeged	13,2	1015,6
Békéscsaba	11,9	1015,5

6.1. táblázat: A hőmérséklet és a tengerszintre átszámított légnyomás értékei egy adott időpontban magyarországi mérőállomásokon

Az izovonalak rajzolásának szabályai:

Először vizsgáljuk meg a térképen feltüntetett adatok eloszlását, keressük meg a maximum- és a minimumértékeket! Húzzunk ki vékonyan, ceruzával egy köztes értéket, mely két (esetleg több) nagyobb részre osztja a térképet! Rajzoljuk meg a többi izovonalat is, esetleg újabb felezések segítségével! Az izovonalak egyik oldalán az izovonal által jelképezett értéknél kisebb, másik oldalán annál nagyobb számok találhatóak. Könnyedén, simított, lekerekített vonalakkal rajzoljuk az izovonalakat! Az izovonalak nem metszhetik egymást. Az izovonalak folytonosak, nem szakadhatnak meg (kivéve a térkép szélein). Miután elkészült az elsődleges változat, korrigáljuk a hibákat, pontosítsuk a vonalak menétét és húzzuk ki a véglegesnek ítélt változatot! Feliratozzuk a vonalakat! Írjuk a számértékeket az izovonal mindkét végére, ha zárt a görbe, akkor megfelelő helyen a vonallal párhuzamosan!

6.4.4. Éghajlattani megfigyelések

Vizsgálja meg az éghajlati térképek (6.4.1. ábra) alapján Agostyán környékének klimatikus viszonyait! Elemezze a környék éghajlatát az ország más területeihez viszonyítva!

A 6.4.2. ábra alapján a csapadékdíagramok segítségével elemezze a kistáj és környezetének csapadékviszonyait! Vizsgálja meg az évszakos változékonyságot, a domborzat hatását!

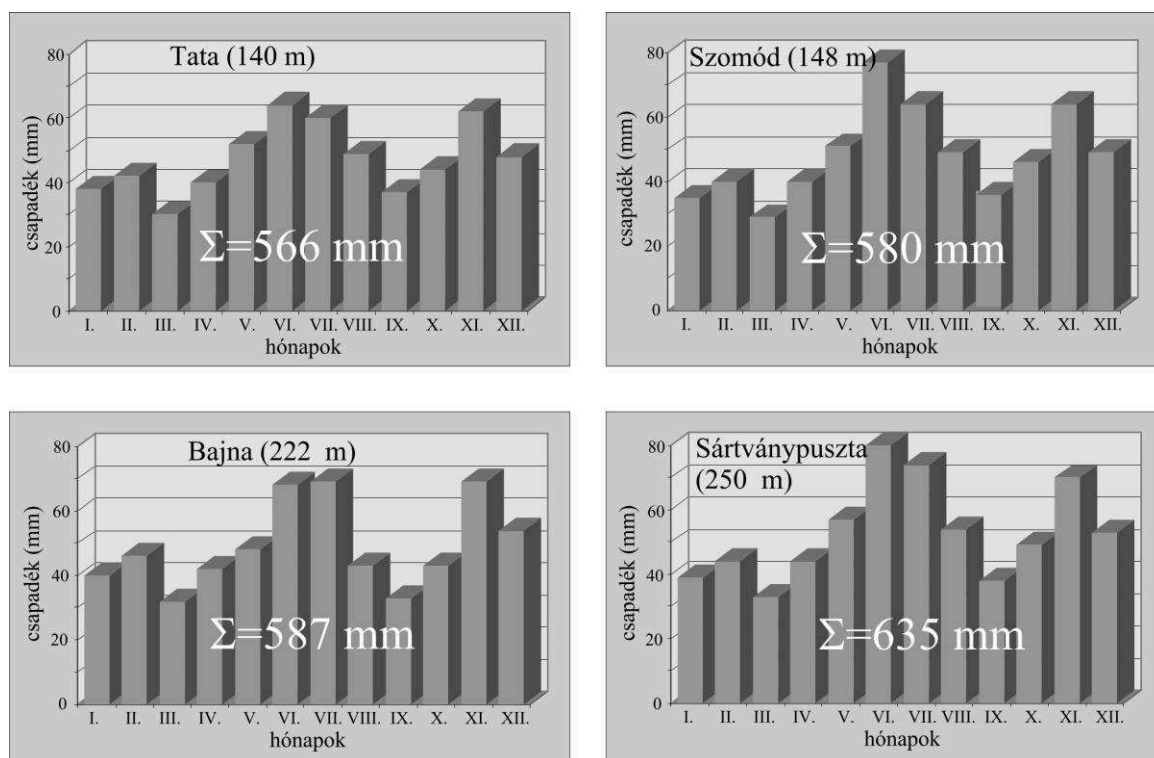
Készítsen rövid leírást az elemzésekről!

6.4.5. Helyi sajátosságok

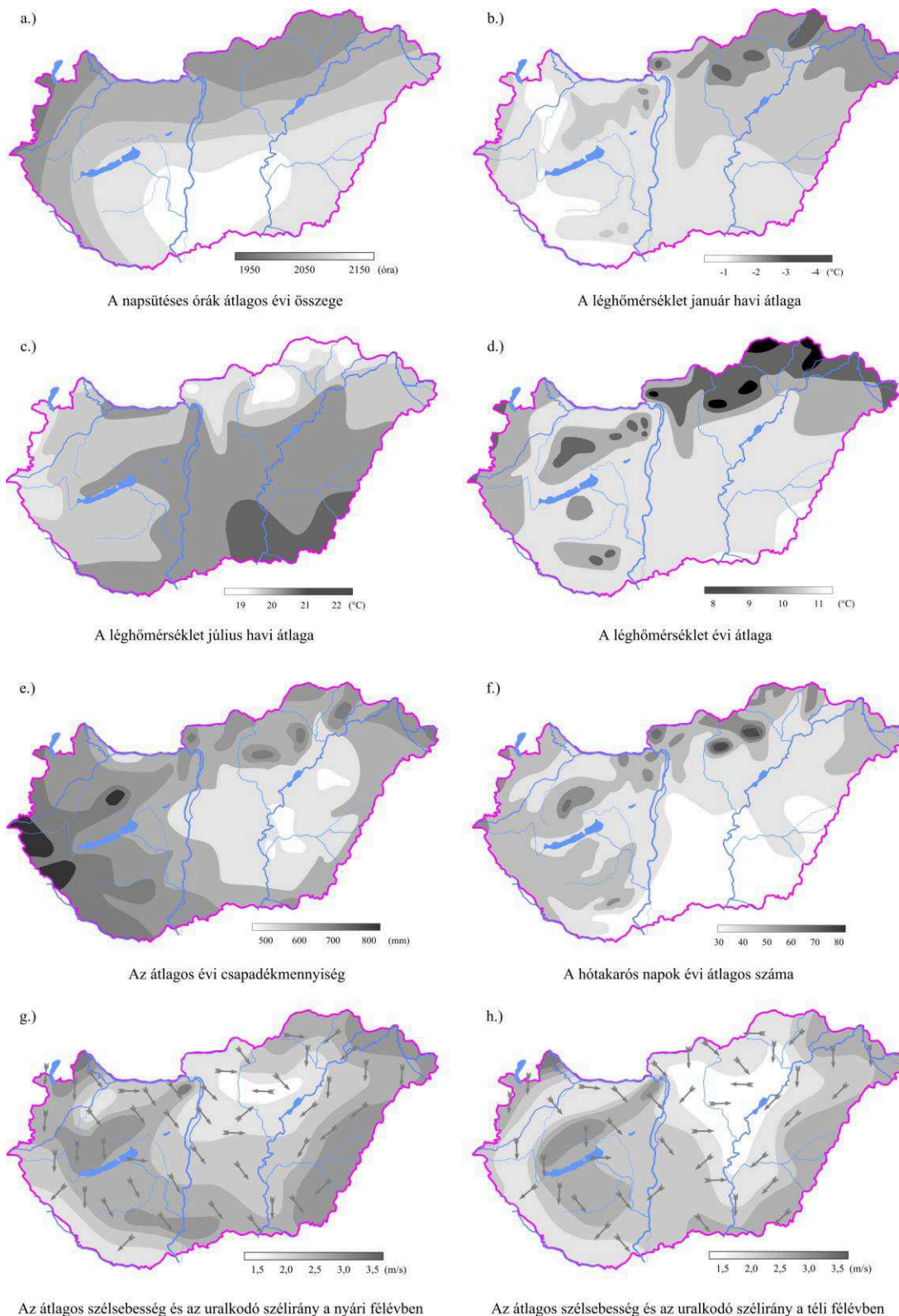
A globál sugárzás és a reflexsugárzás mérésével határozza meg az albedót különböző felszínborítottság esetén (csupasz talaj, alacsony fű, cserje, víz stb...)!

Végezze el a 6.4.2. alpontban leírt meteorológiai méréseket erdőben is! Adja meg az egyes állapothatározók időbeli menetét!

Vizsgálja meg az erdő sajátos klímaviszonyait! *Milyenek a fényviszonyok az erdő belsejében? Hogyan tükröződik ez a hatás a növényzet jellegében? Milyen következményei vannak az égtáji irányultságnak (fák déli, északi oldala stb.)? Milyen a hőérzet az erdőben? Milyen jellegzetességeket tapasztalhatunk erdőben csapadékhulláskor? stb.* Készítsen rövid összefoglalót a tapasztaltakról!



6.4.2. ábra: Az átlagos csapadékmennyiség havi menete négy csapadékmérő állomás éghajlati adatai alapján Agostyán környékén



6.4.1. ábra: Magyarország éghajlati térképei: a.) a napsütéses órák évi átlagos összege, b.) a léghőmérséklet januári c.) júliusi és d.) évi átlaga, e.) az évi átlagos csapadékmennyiség, f.) a hótakarós napok évi átlagos száma, valamint az átlagos szélsébség és az uralkodó szélirány g.) a nyári félévben és h.) a téli félévben

6.5. Függelékek

6.5.1. Bibliográfia

Alapozó irodalom

Bartholy Judit, Geresdi István, Matyasovszky István, Mészáros Róbert, Pongrácz Rita: A meteorológia alapjai. Eötvös Kadó. megjelenés alatt.

Bartholy Judit, Pongrácz Rita: Az éghajlati rendszer, globális klímaváltozások. In: Nánási Irén (szerk.): Humánökológia. Medicina Könyvkiadó Rt. Budapest, 2005.

Czelnai Rudolf: Bevezetés a meteorológiába I. Tankönyvkiadó, Budapest, 1988.

Czelnai Rudolf, Götz Gusztáv, Iványi Zsuzsanna: Bevezetés a meteorológiába II. (A mozgó légkör és óceán). Tankönyvkiadó, Budapest, 1988.

Czelnai Rudolf: Bevezetés a meteorológiába III. (A meteorológia eszközei és módszerei). Tankönyvkiadó, Budapest, 1988.

Péczy György: Éghajlattan. Tankönyvkiadó, Budapest, 1979.

Egyéb ajánlott irodalom

Bacsó Nándor, Kakas József, Takács Lajos: Magyarország éghajlata. Az Országos Meteorológiai Intézet Hivatalos Kiadványa XVII. kötet, Budapest, 1953.

Bartholy Judit, Weidinger Tamás, Mészáros Róbert, Barcza Zoltán: Pannon Enciklopédia. Magyarország földje. Az éghajlat, a vizek, a talaj és az élővilág földrajza fejezet. Kertek 2000, Budapest. pp. 224–237., 1997.

Dobosi Zoltán, Felméry László: Klimatológia. Tankönyvkiadó, Budapest, 1976.

Koppány György: Felhők. Búvár zsebkönyvek, Móra Ferenc Könyvkiadó, 1978.

Magyarország éghajlati atlasza. Országos Meteorológiai Intézet, Szolgálat kiadványa, Budapest, 2002.

Péczy György: A Föld éghajlata. Tankönyvkiadó, Budapest, 1984.

Szász Gábor, Tőkei László (szerk.) Meteorológia mezőgazdáknak, kertészeknek, erdészeknek. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 1997.

6.5.2. Fogalomtár

Abszorpció: sugárzás elnyelés, melynek során a sugárzást elnyelő anyag belső energiája növekszik

Albedó: a visszavert és a beérkező rövidhullámú sugárzás hányadosa

Anticiklon: magasnyomású, szinoptikus skálájú cirkulációs rendszer

Általános cirkuláció: a légköri mozgásrendszerek globális (egész Földre kiterjedő) együttese

Besugárzás: valamilyen időtartam alatt meghatározott felületegységre belépő összes sugárzási energia

Ciklon: alacsonynyomású, szinoptikus skálájú cirkulációs rendszer

Dér: kristályos jéglerakódás fagypon alatti hőmérsékletű tárgyakon, vízgőzből keletkezik szublimáció révén

Harmat: kondenzálódott víz olyan talajközeli tárgyakon, amelyek hőmérséklete a felszínközeli levegő harmatpontja alá csökken fagypon felett

Harmatpont: az a hőmérséklet, amelyre a levegőrészecskét – állandó nyomás és állandó vízgőztartalom mellett – le kell hűteni, hogy telítetté váljon

Kisugárzás: a felszín által kibocsátott, felfelé haladó sugárzási energia mennyiség (hosszúhullámú sugárzás)

Sugárzásegyenleg: a lefelé és a felfelé haladó sugárzások különbsége

Szelektív abszorpció: olyan hullámhosszfüggésre utal, amelynél a sugárzási spektrum egyes részein jelentős, más részein jelentéktelen az elnyelés

Üvegházhatás: a rövidhullámú sugárzás jelentős része elnyelődés nélkül hatol át a légkörön, ugyanakkor a hosszuhullámú kisugárzást lényegesen nagyobb mértékben nyeli el a légkör, ami a légkör hőmégtartó tulajdonságát okozza

Zúzmara: akkor keletkezik, amikor túlhűlt vízcseppek olyan tárgyakba ütköznek, amelyeknek hőmérséklete fagypont körüli.

6.5.3. Meteorológiai munkatérkép



7. KÖRNYEZETFIZIKA (PAPP BOTOND)

7.1. Bevezetés

A legtöbb környezeti jelenség megértéséhez sokszor fizikai ismeretekre is szükség van. Ilyenek például a Föld kialakulásában, felszínének változásában szerepet játszó folyamatok, klímaváltozások, a Föld energiaháztartása, a különféle sugárzások környezeti hatásai, a szennyezések környezetben való terjedése, a zajszennyezések, az emberiség energiaellátása mint a fenntartható fejlődés előfeltétele. Ezen jelenségek vizsgálata, tanulmányozása és megértése fő célja a környezetfizikai terepgyakorlatnak, amely részét képezi a komplex környezettan terepgyakorlatnak.

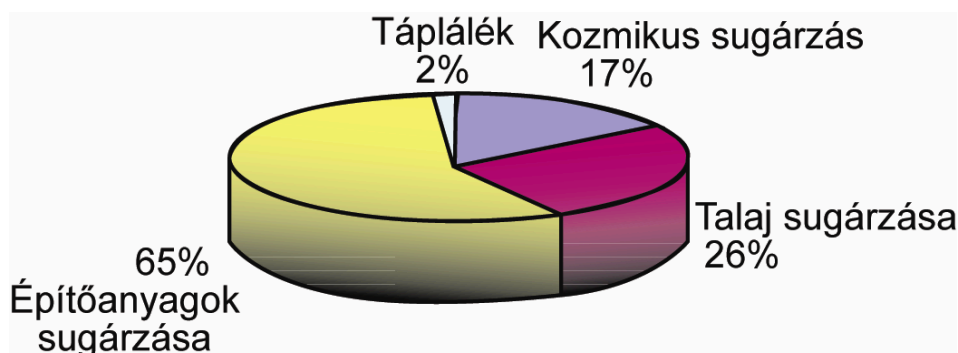
A fejezet olyan témákat mutat be, mint a természetes háttérsugárzás vizsgálata, a talaj radonpotenciáljának tanulmányozása, a vizek radontartalmának mérése, környezeti zajok és alternatív energiatermelési módok. Minden egyes témához mérési gyakorlatok is tartoznak, melyek az Agostyáni Természetes Életmód Alapítvány Természetvédelmi és Humán-ökológiai Oktatóközpont területén elvégezhetők. A mérési gyakorlatok olyan felépítésűek, melyeket egy környezettanár szakos hallgató terepen könnyen el tud végezni. A gyakorlatok megértése azonban megköveteli, hogy a hallgató előzőleg részt vegyen a környezetfizika előadáson, és elsajátítsa a környezetfizikai alapismereteket. Nagy könnyebbséget ad az is, ha a hallgató már elvégezte a környezetfizikai laboratóriumi gyakorlatokat, melyek ugyancsak szerves részét képezik a környezettudományos képzésnek.

7.2. A természetes ionizáló háttérsugárzás vizsgálata

7.2.1. A vizsgálat elméleti háttere

Az emberiséget kialakulása óta állandóan éri természetes eredetű radioaktív sugárzás. A fizikai folyamat természetes atommag-átalakulásokon alapszik. Atommag-átalakulások segítségével keletkeztek a Földön a kémiai elemek, fúzió termeli az energiát a Napban, valamint a radioaktivitás hője melegíti Földünk belsejét. A Naprendszerben és galaxisunkban, a tejútrendszerben folyamatosan keletkeznek radioaktív atommagok, és földi környezetünk is gazdag radioaktív izotópokban. Természetes környezetünk alapvető tulajdonsága a radioaktivitás, amely azonban emberi érzékszervekkel nem érzékelhető.

Ez a természetes sugárzás több forrásból ered: a) az űrből eredő kozmikus sugárzás b) a kőzetekben lévő radioaktív izotópok c) a légkörben folyamatosan keletkező izotópok d) élelmiszerek szennyezéseiből és az emberi testszövetekből (7.2.1 ábra).



7.2.1. ábra: Természetes eredetű sugárzások aránya

A kozmikus sugárzás az űrből érkező nagy energiájú részecskék árama. Egyik forrása galaktikus vagy extra-galaktikus, ami azt jelenti, hogy a tejútrendszerből vagy más távoli galaxisokból érkehetnek gyors részecskék. Ezek energiája 100 MeV-től néhány TeV nagyságrendig terjed. Összetétele: 87%-ban protonok, 11%-ban alfa-részecskék, a többi 2% elektronok vagy nehézionok. A kozmikus sugárzás másik forrása a Nap, ahonnan 1 keV-től 100 MeV-ig terjedő energiájú protonok és kis számban alfa-részecskék indulnak ki. Ez a napszél, ami az üstökösök csóváját is a Nappal ellentétes irányba tolja el. A Napból érkező kozmikus sugárzás a napfolttevékenységek periódusa szerint változó intenzitású, 11 éves periódussal, aminek a napkitörések miatt is nagy a fluktuációja. A kozmikus sugárzástól részben a magnetoszféra, másrészt az atmoszféra véd meg minket, amiben – mint tudjuk – a napsugárzás nagy része is elnyelődik.

A nagy energiájú kozmikus részecskék másodlagos részecskéket hoznak létre a légkör felső rétegeiben. Ezek leginkább neutronok, kisebb energiájú protonok, gamma-fotonok, müonok lehetnek. A neutronok a légkör nitrogénjével reakcióba lépnek, egy proton kilökésével radiokarbon (^{14}C) keletkezik vagy egyszerűen egy neutron egy tríciummagot (^3H) lök ki a nitrogén magjából. Így keletkeznek a szerves molekulák alkotórészeinek radioaktív izotópjai a természetben, és ezeket nevezzük *folyamatosan keletkező izotópoknak*. Ezek keletkezési és feleződési üteme egy egyensúlyi koncentrációt tart fenn a légkörben és így ez öröklődik az élő szervezetre is.

A nagy energiájú gamma-fotonok elektromágneses záporokat keltenek, melyben elektronok, pozitronok és gamma-fotonok alakulnak át egymásba. Ezek egyre többen lesznek, viszont cserébe egyre kisebb lesz az energiájuk. A kozmikus sugárzás dózisegyenértéke a tengerszinten, Budapest szélességében, évente 0,3 mSv, az Egyenlítőn viszont csak 0,2 mSv/év. Ha a Mount Everest tetején élnénk egész évben, akkor az éves dózis 20 mSv volna, ebből látszik a légkör árnyékolásának fontos szerepe. Egy Budapest–New York-repülőút alkalmával 9 óra utazási idő alatt a többletdózis kb. 50 μSv . Egy Hold-utazás során pedig az abszorbeált többletdózis 3,6 mSv lenne. A repülözés és űrhajózás is a kozmikus sugárzás dózisének magassággal történő növekedése miatt sugárveszélyes tevékenység. A repülőgép személyzete évente 5–8 mSv dózist kap átlagosan, míg egy Mars-utazás alkalmával, a becslések szerint, egy űrhajós 1 Sv többletdózist kapna. Magyarországon a kozmikus sugárzásból eredő természetes dózisegyenérték 0,3 mSv/év körüli.

A talaj és a kőzetek is tartalmaznak radioaktív elemeket. Ezek hosszú felezési idejű radioaktív izotópok, melyek felezési ideje a Föld életkoránál is hosszabb. A talaj és a kőzetek radioaktivitásának fő forrása a ^{238}U izotópja ($T_{1/2} = 4,5$ milliárd év), a ^{232}Th izotópja ($T_{1/2} = 14$ milliárd év), a ^{87}Rb ($T_{1/2} = 49$ milliárd év), a ^{40}K ($T_{1/2} = 1,3$ milliárd év) és ezek bomlás-

termékei. Az urán és tórium bomlástermékei alkotják az urán- és a tóriumcsaládot. Ezek radioaktív izotópok, melyek soros bomlással keletkeznek az urántól egészen az utolsó elemig, az ólomig. Az urán ritkább izotópja, melynek részaránya 0,7% az uránatomok között, szintén megtalálható a földkéregben, ez a ^{235}U , és felezési ideje szintén milliárd éves nagyságrendű.

A ^{40}K az összes káliumizotópok között 0,01% részarányal van jelen. Ha figyelembe vesszük, hogy az emberi sejtmembrántranszport egyik fontos eleme a kálium, akkor azt állapíthatjuk meg, hogy a szervezetben sok radioaktív kálium található, melynek 1,4 MeV energiájú [gamma-sugárzás](#)a az egész testet besugározza. *A földi eredetű természetes sugárzások* dózisegyenértéke 0,2–0,4 mSv/év-et jelentenek. Ezek regionálisan változhatnak, attól függően, hogy milyen a kőzetek összetétele. A növények a talajból veszik fel tápanyagukat, az állatok a növényeket eszik meg, így a talaj radioaktivitása és a légkörben lévő radioaktív anyagok bekerülnek az *élelmiszerekbe* is. Ha naponta 2,5 liter vizet iszunk és 20 000 liter levegőt belélegzünk, akkor 2,5 g ^{40}K -et és 1 μg uránt és tóriumot veszünk föl szervezetünkbe. 100 gramm banánban 13 Bq aktivitású kálium van, ami banánonként 0,1 μSv többletdózist eredményez. A spenót is dús káliumban, 10 dkg spenót 24 Bq aktivitást jelent. Mindennapi életünkben teljesen hozzászoktunk ezekhez a radioaktivitási szintekhez, és egyes tapasztalatok szerint a nagyon kis dózisok egyenesen jó hatással vannak a szervezetre. Magyarországon a *táplálkozással felvett* természetes eredetű dózisegyenérték 0,4 mSv/év körüli.

Az *emberi test* is tartalmaz radioaktív izotópokat. Egy 70 kg-os emberben 140 g kálium van, ebből 0,012% a radioaktív kálium, ami összesen 16 μg ^{40}K , és ez 0,17 mSv dózist jelent. A testünkbe beépülő trícium és radiokarbon izotópokból származó abszorbeált dózisegyenérték csak 0,01 mSv. „Ez igen kis dózist jelent, mivel minden 10^{18} hidrogén helyén egy ^3H atom ül és minden 5×10^{11} szénatom helyén egy ^{14}C ül.” A ^{87}Rb dózisa 0,01 mSv/év. A további beépült atomok az urán és a tórium radioaktív sorának termékei. A ^{210}Po 0,12 mSv, a ^{226}Ra 0,04 mSv, valamint maguk az urán és tórium izotópok szintén 0,04 mSv dózissal járulnak az *emberi test összetételéből* származó radioaktív sugárterheléshez, ami így összesen kb. 0,4 mSv/év. Ez a sugárzás belső sugárterhelést jelent.

Az ^{238}U [bomlási sor](#) egyik eleme a radon (^{222}Rn), mely az 1620 éves felezési idejű ^{226}Ra bomlásával keletkezik. A radon nemesgáz és 3,8 nap felezési idővel bomlik el, alfa-sugárzás kibocsátásával. A ^{222}Rn bomlástermékei maguk is radioaktív elemek, ráadásul nehézfémek. Ezek a ^{218}Po , melynek felezési ideje 3 perc, a ^{214}Pb , melynek felezési ideje 26,8 perc, a ^{214}Bi , melynek felezési ideje 19,7 perc, valamint a ^{214}Po , amely másodpercnél rövidebb felezési idejű. A radon, kiszabadulva a kőzetekből, gáznemű anyagként a kőzetek pórusaiba diffundálva, több nap alatt könnyen a felszínre tud érni. Törésvonalak mentén a diffúziója könnyebb, ott a különféle nyomáskülönbségek okozta áramlások miatt megnőhet a migrációs útja. A talaj pórusaiban az átlagos radon-aktivitáskoncentráció 10 kBq/m³. A talajból kijutva, mivel nehezebb a levegő molekuláinál, és nemesgáz lévén, kémiaiilag inaktív, a házakban, zárt lakóterekben fel tud halmozódni. Ha a lakásokat nem szellőztetjük, magas radonkoncentrációt állíthatunk elő. Szabad levegőn 5–10 Bq/m³ aktivitás tapasztalható, lakásokban kb. 40–50 Bq/m³. Vannak különösen nagy radontartalmú helyek is, ilyen a Mátrában található Mátraderecske, ahol a radont már gyógyászati célokra is próbálják alkalmazni. Minden uránban gazdag kőzetre épült lakásban potenciálisan magas légtéri radontartalom várható. A radon a légzéssel bekerül a tüdőbe, ha ott elbomlik, akkor a keletkezett leányelemek ott ragadnak, mivel ezek már nem gáz-halmazállapotúak, hanem fém képződik belőlük. Ezek az atomok kiülnek a tüdő hörgőire, és a további leányelemekkel, az

alfa-, béta-, gamma-bomlásukkor a tüdő sejtjeit roncsolják. A természetes sugárzások közül a radon és leányelemeinek dózisa a legszámottevőbb, átlagosan $1,4 \text{ mSv/év}$. Ez az érték lakásról lakásra változhat, sőt a lakások szobáiban is nagy eltéréseket mutathat. 1 mSv/év dózisegyenértéket az irodalom szerint $40\text{--}60 \text{ Bq/m}^3$ radontartalmú lakáslevegő okoz (ha egész évben ott tartózkodunk).

Összesen, a természetes eredetű sugárzások dózisegyenértéke átlagosan $2,4 \text{ mSv évente}$. Ezzel a dózissal évezredek óta él együtt az ember, a radioaktív sugárzások hozzátartoznak életünkhöz, környezetünk természetes állapotához.

7.2.2. Aktivitás, felezési idő, dóziszfogalmak

A radioaktív anyag által kibocsátott sugárzás mennyisége egyenesen arányos az adott anyagmennyiségben lezajló magátalakulások vagy bomlások számával. A bomlások gyakoriságának mértéke az aktivitás, amely fontos jellemzője a sugárzó anyagoknak. Az aktivitás egy adott idő alatt lezajló bomlások száma elosztva az időtartammal, másszóval időegység alatt bekövetkezett bomlások száma. Egysége a *becquerel* (Bq). 1 Bq annak a radioaktív anyagmennyiségnek az aktivitása, melyben időegységenként átlagosan egy bomlás megy végbe. Régi, hivatalosan ma már nem használható egysége a *curie* (Ci). 1 Curie 1 g rádium aktivitásának felel meg ($1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$).

A felezési idő az az idő, ami alatt egy adott mintában a radioaktív atommagok száma felére csökken. Ez az idő minden radioaktív izotóp minden bomlására külön-külön jellemző. A természetben előforduló radioaktív izotópok felezési ideje a másodperc törtrésztől milliárd évekig terjed.

A radioaktív sugárzások ionizálják a közeg részecskéit, amelyben haladnak. Ezzel a biológiai rendszerek szerkezetét, működését is megváltoztatják. Az élő szervezetben létrejövő biológiai változásokat a szervezet egységnyi tömegében elnyelt energia nagysága szabja meg.

A sugárzás útján terjedő energiának az adott közegben elnyelt mennyisége a *dózis*. Ez a mennyiség jellemző a sugárzás és az anyag kölcsönhatására. Az elnyelt dózis a besugárzott anyag egységnyi tömegében elnyelt energia. Mértékegysége a *gray*, jele Gy, $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$. (Régi egysége a *rad*, $1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$.)

A pillanatnyi sugárterhelés mértékét a dózisteljesítmény adja meg, amely az ionizáló sugárzás időegységre jutó dózisa. Mértékegysége: Gy/s, ami levegőben: nGy/h. (Régi egysége a R/h = röntgen/óra. $1 \mu\text{R/h} = 8,7 \text{ nGy/h}$). A talaj felett 1 m -re mért átlagos természetes sugárzás dózisteljesítménye hazánkban, 1990-ben $80\text{--}100 \text{ nGy/h}$ volt a szabadban és $90\text{--}140 \text{ nGy/h}$ volt a lakásokban.

Az elnyelt dózis az energialeadás nagyságával méri a sugárzás hatását. A sugárzás és az anyag kölcsönhatása azonban rendkívül sokféle lehet. A különféle sugárzások hatását egységes skálán a dózisegyenérték jellemzi. Ez az elnyelt dózis és egy, a sugárzás jellegétől függő minőségi tényező szorzata. A minőségi tényező értéke a röntgen-, gamma- és béta-sugárzásra 1 , az alfa-sugárzásra 20 , termikus neutronokra $2\text{--}3$, gyors neutronokra 10 .

Az élő anyag esetében az ugyanolyan elnyelt dózisu sugárterhelés más és más biológiai hatást fejthet ki, az elnyelő szövet jellemzőitől függően. A biológiai hatás mennyiségi jellemzésére az effektív dózisegyenérték szolgál. Ez egy további súlyozó tényezővel figyelembe veszi az egyes szövetek különböző sugártűrő képességét is. Mindkét mennyiség mértékegysége a *sievert*, jele Sv, $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg}$. (Régi egység a *rem*, $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$.)

7.2.3. Vizsgálati módszer

Az ionizáló sugárzást megfelelő eszközökkel nagyon pontosan lehet detektálni. Vannak egyszerűbb gáztöltésű detektorok, vannak összetettebb feladatokra való szcintillációs detektorok és a professzionális vizsgálatokhoz használatos félvezető detektorok. Legegyszerűbb a GM-csőes detektor, mellyel a természetes sugárzási szint néhány százalék pontossággal mérhető. A természetes sugárzási szintet folyamatosan mérik és ezek az adatok interneten is bárki számára hozzáférhetők.

A Geiger–Müller-számláló (GM-cső) a gáztöltésű detektorok csoportjába tartozik. Általában, β - és γ -sugárzás detektálására szolgál, de speciális esetekben, megfelelő kialakításban α -sugárzás mérésére is használható. Energiamérésre a működéséből adódóan nem alkalmas, de a hatásfok ismeretében, megfelelő kalibrálás után aktivitásmérés végezhető vele, és dózismérésre is használható. Az α - és β -sugárzás méréséhez ún. végablakos GM-csövet használnak. Ennek az ablaka nagy mechanikai terhelést kibíró, kis abszorbeáló képességgel rendelkező anyagból készül, pl. berilliumból, csillámból vagy műanyagból.

A terepgyakorlaton használt *Miniray SM 2000 X* típusú berendezés egy sugárvédelmi dózisteljesítmény-mérő, mely *dózisegyenérték-teljesítményt* mér. A mért értéket $\mu\text{Sv/h}$ egységben jelzi ki. Alapvetően *gamma*-, illetve *röntgensugárzás* mérésére alkalmas, de a készülékben lévő vékony üvegfalú Geiger–Müller- (GM) számlálócső lehetővé teszi, hogy *béta-sugárzást* is érzékeljünk.

Ez a dózisteljesítmény-mérő egy zsebben hordozható műszer, amelynek a kezeléséhez csak egyetlen gomb folyamatos nyomva tartására van szükség. A műszer beállása a gomb megnyomását követő 8-10 másodperc után történik, amely idő alatt a gomb lenyomva tartandó, majd ezután olvashatjuk le a műszer kijelzőjéről a mérési eredményt. Igen fontos, hogy sorozatmérések esetén minden leolvasás előtt ki kell várni ezt az időtartamot, különben a mérési eredmények nem tekinthetők függetlennek egymástól.

7.2.4. A mérési feladatok

Magyarország területén az elfogadott becslés szerint a háttérsugárzásból származó éves effektív dózisegyenérték kb. 1 mSv. Ennek kimutatható káros hatása nincs, az emberi szervezet az evolúció során alkalmazkodott az ilyen mértékű sugárterheléshez.

A fent már említett *Miniray SM 2000 X* típusú dózisteljesítmény-mérő segítségével ki tudjuk mérni a *természetes háttérsugárzás dózist*, amely a terepi gyakorlatok egyik feladata. Sugárforrásoktól távol a műszer 0,1 $\mu\text{Sv/h}$ körüli dózisteljesítmény-értékeket jelez ki, ez a mindenütt jelen levő *természetes háttérsugárzás* dózisegyenértékének felel meg. Mivel a háttérsugárzás meglehetősen kicsi, ezért a kijelzőn egymástól igencsak különböző értékek jelennek meg. Ennek magyarázata az, hogy a detektorra beérkező részecskék között eltelt idő és a mérési időállandó összemérhető. Hogy mégis helyes mérési eredményt kapjunk, átlagolnunk kell a mérési eredményeket.

Mérési feladatok

1. Nyomjuk meg a dózisteljesítmény-mérő gombot, tartsuk lenyomva 60 mp időtartamig, ami után *olvassuk le és írjuk fel* a kijelzőn található számot! Ezt ismételjük meg 10 alkalommal, és a mérési eredményeket jegyezzük le! Ezek lesznek az egyes 60 mp-es időtartamoknak megfelelő dózisteljesítmény-értékek.

2. Számoljuk ki a mérési eredmények *átlagát és szórását*! Ez lesz az adott helyen, az adott időpontban a háttérsugárzás által produkált dózisteljesítmény. (Az átlagot összehasonlítva az

egy-egy mérési eredménnyel, igen nagy eltérést tapasztalhatunk. Ez indokolja, hogy valós mérési eredménynek csak az átlagot fogadjuk el.)

3. Ezt az értéket megszorozva az egy évben levő órák és napok számával, jó közelítéssel megkapjuk a természetes háttérsugárzásból eredő éves dózisegyenértéket, ami < 1 mSv.

7.3. A radiopotenciál vizsgálata

7.3.1. A vizsgálat elméleti háttere

A földkéreg természetes radioaktivitásának egyik fontos eleme a radon, amely nemesgáz. Mindenütt jelen van a geoszférában (kőzetekben, talajban, felszín alatti vizekben), emanálódik az építőanyagokból, különböző mennyiségben jelen van a természetes gázokban, a külső atmoszférában, valamint a beltérekben is. Folyamatosan keletkezik a rádiumból, amely kötött formában van jelen a kőzetek és talaj ásványaiban. Egyes felszín alatti vizekben és természetes gázokban a radon a kőzetek repedésein keresztül diffúzió és más transzportfolyamatok segítségével vándorol, valamint feloldódik a felszín alatti vizekben. A légkörbe diffúzió során kerül, ez képezi a földkéreg radonfluxusát.

Az urán mindhárom bomlási sorában megjelenik a radon. A radon (^{222}Rn), melynek felezési ideje $3,82$ nap az urán bomlási sorának tagja (^{238}U ; $T_{1/2} = 4,47 \cdot 10^9$ év; 99,37%) és a ^{226}Ra alfa bomlásából keletkezik ($T_{1/2} = 1600$ év). A toron (^{220}Rn), melynek felezési ideje $55,6$ sec a tórium bomlási sorának tagja (^{232}Th ; $T_{1/2} = 1,41 \cdot 10^{10}$ év; 100%) és a ^{224}Ra alfa bomlásából keletkezik ($T_{1/2} = 3,66$ nap). A természetes radioaktivitás dózisének nagy része a ^{222}Rn -ből ered (~60%), ennél fogva különösen nagy jelentőséget kell tulajdonítani ennek az elemnek.

A radon, kiszabadulva a kőzetbe zárt rádiumból, gáznemű anyagként a kőzetek pórusaiban diffundálva, rövidebb-hosszabb idő alatt könnyen a földfelszínre is tud érné. Törésvonalak mentén a diffúziója könnyebb, ott előszeretettel jelentkezik. Ha a radon egy kőzetben mélyen jön létre, akkor kevés esélye van a felszínre vándorolni és kijutni a levegőbe, valamint hozzájárulni a levegő radioaktivitásához. Mégis, a töredezett, nagy áteresztőképességű kőzetek esetén a radongáz jelentős mértékben elvándorolhat keletkezése helyéről, behatolhat a talaj menti gázokba vagy vizekbe, és kijuthat a levegőbe is, ahol tovább vándorolhat. Az út, amit a radon meg tud tenni, elsősorban a kőzetek porozitásától, a geológiai jellemzőktől és a meteorológiai tényezőktől függ. Így szerepe van például a talajvíznek, nedvességtartalomnak, hőmérsékletnek, nyomáskülönbségeknek is. A talaj minősége is erősen befolyásolja a radon vándorlását. Például homokos talajban majdnem zavartalan, nedves, agyagos talajban erősen gátolt a mozgása. A ^{222}Rn diffúziós úthossza szilárd kőzetekben néhány cm-től néhány száz méterig változhat. Minden talaj, építőanyag és általában a talajvíz is tartalmaz radont. A talaj pórusaiban az átlagos radon-aktivitáskoncentráció 10 kBq/m^3 .

A talaj radonpotenciáljának vizsgálata

A radonból és bomlástermékeinek alfa sugárzásából származó dózis jelentős kockázatot jelent a lakosság sugárterhelését tekintve. A Nemzetközi Sugárvédelmi Bizottság (ICRP) különböző cselekvési szinteket ajánl, melyeket számos országban alkalmaznak is. Bármely nemzeti radonprogramnak három fontos szempontot kell figyelembe vennie:

1. azon területek azonosítása, melyek radonpotenciálja nagy;

2. szisztematikus mérések elvégzése ezeken a területeken, minél több lakóházra nézve;
3. ajánlat a vizsgálatok végén a radonszint-csökkentési beavatkozások elvégzésére a létező házakra nézve, és a továbbiakban egy olyan módszer kidolgozása, mely kiegészítő módszerekkel figyelembe veszi a radoncsökkentést az új lakóházak tervezésében és építésében.

A radon bejutása a talajból az épületekbe és a belterekbe főképpen a talaj radonkoncentrációjától, valamint a **permeabilitás**ától (gázáteresztő képességétől) függ.

A talajok és kőzetek permeabilitása az egyik fő paraméter az épületek helyének radonkockázati szempontból való osztályozásában. A talaj radonpotenciáljának meghatározásához szokás mérni ugyanabban az időben a radonkoncentrációt a talajban és a talaj permeabilitását kb. 80 cm mélységben. E két paraméter helyszíni mérése a talaj radonpotenciáljának meghatározásához vezet.

Egy adott geológiai képződmény vagy földrajzi zóna radonkoncentrációja a talajban jelentős mértékben változhat helyről helyre (és a mélység függvényében), ami a helyi geológiai képződmény változatos struktúrájából adódik. A radonkoncentráció egy adott helyen elsődlegesen a kőzetekben és a talajban az uránium- és rádiumtartalomtól függ, továbbá a hely jellegzetes szerkezetétől, porozitásától, a nedvességtartalomtól, sűrűségétől, permeabilitástól. A gránitok, vulkanikus kőzetek rádiumtartalma nagy, a szedimentáris és metamorf kőzetek közepes radioaktivitásúak, a bazaltos kőzetek és mészkövek rádiumtartalma pedig kicsi. A kőzetek rétegzettség, repedések segítik a radon helyi felhalmozódását, befolyásolják a radon vándorlását a talajban és a felszín felé. Másodlagos tényezők, melyek még fontos szerepet játszhatnak a radon transzportjában, a hőmérsékletkülönbségek okozta konvektív áramlások, a légnyomásváltozás okozta advektív áramlások, valamint a szél hatása.

A talajban mért radonkoncentráció alapján a talajok három csoportba sorolhatók:

Magas kockázatú zóna, ahol a talaj radonkoncentrációja $> 50 \text{ kBq/m}^3$; ide sorolhatók azok a területek, ahol az altalaj gazdag uránban, és a nagy permeabilitású talajok;

Közepes kockázatú zóna, ahol a talaj radonkoncentrációja $10\text{--}50 \text{ kBq/m}^3$; ide sorolhatók azok a területek, ahol az uránkoncentrációk nem haladják meg a „normális értékeket” és az átlagos permeabilitású talajok;

Kis kockázatú zóna, ahol a talaj radonkoncentrációja $< 10 \text{ kBq/m}^3$; ide sorolhatók azok a területek, amelyeknél az uránkoncentrációk alacsonyabbak az átlagértéknél.

A radonkockázatok osztályozásában, a gázokra vonatkozó permeabilitásértékek becslése szempontjából lehetséges egyes talajok gázokra vonatkozó permeabilitáskategóriáinak létrehozása, a következő határértékek alapján:

Nagy permeabilitású: $k > 4,0 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2$;

Közepes permeabilitású: $4,0 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2 > k > 4,0 \cdot 10^{-13} \text{ m}^2$;

Kis permeabilitású: $k < 4,0 \cdot 10^{-13} \text{ m}^2$.

Ez a geológiai kritériumok szerint történő felosztás alapul szolgálhat egy földrajzi zóna radontérképének elkészítéséhez, és irányvonalat adhat az épülendő lakóházak alapjának, konstrukciójának tervezésében.

7.3.2. Vizsgálati módszerek

Radonkoncentráció mérése talajban, a RAD7 detektor és működése

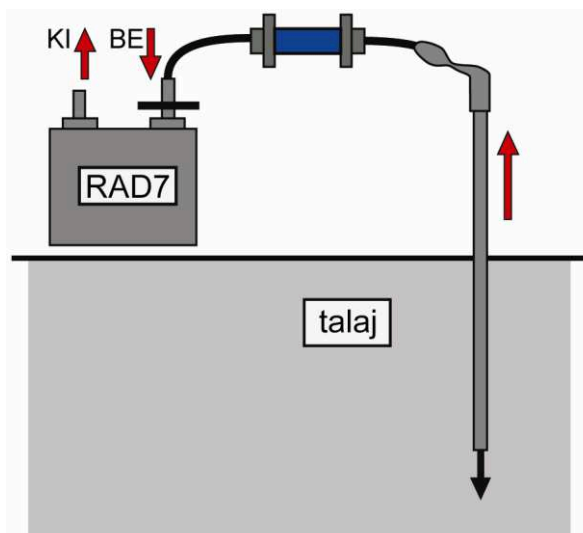
Radonkoncentráció mérése talajban a RAD7 nevű radondetektorral, valamint egy talajgázszonda segítségével végezhető el (7.2.2. ábra). A RAD7 nevű berendezés a radon és a

toron radioaktív nemesgázok aktivitáskoncentrációinak mérésére használatos hordozható készülék. A RAD7 egy szilárdtest Si-kristály félvezető detektort használ. A félvezető detektor a készülék belsejében egy 0,7 literes, félgömb alakú cella központjában van elhelyezve. A félgömböt belülről elektromos vezető réteg borítja, amely nagyfeszültségre (2000–2500 V) van csatlakoztatva, ami elektromos teret hoz létre a cella belsejében.

A levegővel keveredett ^{222}Rn gázt egy pumpa két szűrőn keresztül szívja be a detektorba, ami visszatartja a levegővel keveredett szennyeződések, illetve kiszűri a bejutáskor keletkezett radon leányelemeket. A detektorcellában a radonatomok bizonyos valószínűséggel elbomlanak, és ^{218}Po keletkezik belőlük. A már töltéssel rendelkező Po atomokat az elektromos tér az Si detektorra irányítja. A detektor aktív felületén a rövid felezési idejű ($T_{1/2} = 3,05$ perc) ^{218}Po atommagok gyorsan elbomlanak. A keletkezett alfarészecskéket a detektor érzékeli, és számukkal arányos nagyságú elektromos jelet hoz létre. Ezeket a jeleket a RAD7 elektronikus berendezése felerősíti, kiszűri az elektromos zajokat és rendezi a nekik megfelelő energiák szerint. Az alfarészecskék számlálásával a detektor meghatározza a radon aktivitáskoncentrációját, kBq/m^3 -ben vagy pCi/l -ben. Ez a mód rövid idejű mérésekre szolgál, és nagy érzékenységgel rendelkezik.

A detektor üzemi kezelése egyszerű. Négy billentyűt kell használni, amelyek a következők: MENÜ; ENTER; \leftarrow (nyíl balra); \rightarrow (nyíl jobbra). A MENÜ billentyű segítségével visszamehetünk a készülék programjának főmenüjébe. A nyíl billentyűk (\leftarrow (nyíl balra); \rightarrow (nyíl jobbra)) segítségével az aktuális menüpont utasításai közti váltást végezhetjük el. Az ENTER billentyű segítségével a kiválasztott menüpont megnyitását, ill. a kiválasztott utasítást hajthatjuk végre.

A talajgáz mintavételezése egy talajgázszondán keresztül történik. A mintavételező szonda egy egyszerű acélcső, melynek hossza min. 1 m és a talajba van süllyesztve, adott mélységig. Egyetlen hely talajgáz-radonkoncentrációjának mérése kb. 30 perc (7.2.2. ábra).



7.3.1. ábra. Talajlevegő mintavételezése, valamint a radon koncentrációjának mérése RAD7 detektorral

A talaj permeabilitásának mérése

A permeabilitás egy fő paraméter a gázok talajban történő transzportjánál, ami nagymértékben befolyásolja a radonfluxust. A talaj radonpotenciájának és egy zóna radonkockázatának vizsgálatában, in situ permeabilitásméréseket szükséges végezni.

A permeabilitás mérésének elméleti alapja a Darcy-törvényen alapszik. Tekintsük a talajt homogénnek és izotrópnak, valamint a talajgázt összenyomhatatlannak (a nyomáskülönbségek sokkal kisebbek, mint a légnyomás). A talajból kiszívott gáz hozama a következő összefüggéssel határozható meg:

$$q = F \cdot \frac{k}{\mu} \cdot \Delta p, \quad (7.1.)$$

ahol q [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$] a gáz térfogati hozama, amely a szondán átmegy, F [m] a szonda alakfaktora, k [m^2] a talaj permeabilitása, μ [$\text{Pa} \cdot \text{s}$] a levegő dinamikus viszkozitása ($= 1,75 \cdot 10^{-5}$ Pa·s, 10 °C-on), valamint Δp [Pa] a földbe szúrt szonda alsó vége és feje közötti nyomáskülönbség.

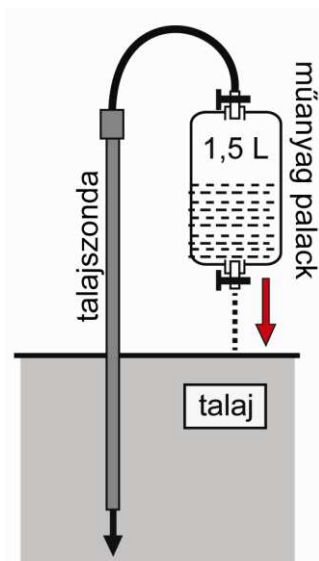
Ezen típusú permeabilitásmérések kritikus része a szonda alakfaktorának meghatározása. Egyes kutatók szerint ez a faktor a következő összefüggésből határozható meg:

$$F = \frac{2 \cdot \pi \cdot l}{\ln\left(\frac{2 \cdot l}{d} \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot D - 1}{4 \cdot D + 1}}\right)}, \quad (7.2.)$$

ahol l [m] a szonda aktív végének hossza, d [m] a szonda aktív végének átmérője, D [m] a talajfelszín és a szonda aktív vége közötti mélység. Az adott készülékkel való mérés, valamint a használt paraméterek értéke: $d = 12$ mm, $l = 45$ mm, és a mérésekhez használt standard mélység $D = 0,8$ m. Innen, a szonda alakfaktorának tipikus értéke: $F = 0,149$ m.

A vízpalackos rendszer használatával a talajok gázokra vonatkozó permeabilitásának mért tartománya 10^{-12} – 10^{-14} m^2 között lehetséges. A maximális mérési határ $5 \cdot 10^{-8}$ m^2 (amely 12 s mérési időnek felel meg), valamint a minimális mérési határ $7 \cdot 10^{-14}$ m^2 (amely 40 perc mérési időnek felel meg).

A talaj permeabilitásának meghatározása egy speciális módszer segítségével végezhető el, ami egy műanyag palackból kifolyó víz kifolyási hozamának mérésén alapszik. Az 1,5 l térfogatú vízmennyiséggel feltöltött palack közvetlenül a talajgáz szondához van csatlakoztatva. A vízoszlop kifolyási hozama a mérések esetében 0,3–1,5 l/perc. A palack felső pontján levő (1-es) csap közvetlen kapcsolódik a talajba leszúrt szonda felszíni végéhez, egy műanyag csövön keresztül (melynek átmérője megegyezik a szonda átmérőjével). A szonda ugyanarra a mélységre van leszúrva a talajba, mint a radonkoncentráció-mérések esetén. A műanyag palack alsó végén levő (2-es) csap csak a kifolyási időmérés indításakor nyitható meg, és a palackban levő vízmennyiség ezen a csapon keresztül folyik ki. (7.2.3. ábra). E rendszerrel így a palackból a víz kifolyási idejét (t) mérjük. A kifolyási hozam (q), amely a talaj permeabilitásával arányos (k), a víz térfogatának (V) és kifolyási idejének (t) arányából határozható meg ($q = V / t$). Arra az esetre, amikor a rendszer nincs csatlakoztatva a talajszondához, a maximális hozam mérhető, ami levegőben, laboratóriumi körülmények között ($lev = 7,95$ liter/perc).



7.3.2. ábra: Talajpermeabilitás-mérő berendezés vázlata

7.3.3. A mérési feladatok

Radonkoncentráció mérése talajban

Csatlakoztassunk a RAD7 bemenetére (kis fehér szűrő) egy kis szárítóegységet! Figyeljünk oda, hogy a szárítóegység kékes végét csatlakoztassuk a RAD7 bemenetére! Kapcsoljuk be a detektort, és indítsunk el egy 5-10 perces időtartamú TEST PURGE tisztítási utasítást, aminek a lényege a detektor nedvességtartalmának csökkentése.

Ezzel párhuzamosan, egy kalapács segítségével verjük le a talajba a talajgázszondát (acélcső) 80 cm mélységre! Ezután ezt 5 cm-rel emeljük ki, hogy a végében egy aktív területet hozzunk létre a talajgáz áramlásához.

A RAD7 detektor szárítócsövének másik végét csatlakoztassuk egy nedvességszűrőre, amely meggátolja a talajnedvesség, ill. a talajvíz detektorba való bejutását. A nedvességszűrő másik végét csatlakoztassuk a talajba mélyített cső felszíni végére! Az összekötéseket műanyag csövekkel oldjuk meg, és figyeljünk oda, hogy ezek jól záródjanak! A RAD7 kimenetét hagyjuk szabadon!

Miután a rendszert összeállítottuk, mérési protokollként a RAD7-et állítsuk GRAB módra (SETUP PROTOCOL \Rightarrow GRAB), ebben a mérésvezető segítségét kérjük!

A RAD7 nyomtató formátumát állítsuk rövid nyomtatásra, majd mentjük el a beállításokat! Helyezzük a nyomtatót a RAD7-re! Kapcsoljuk be a nyomtatót, kapcsoljuk ki a RAD7-et, majd kapcsoljuk be újra, ami után a nyomtató kinyomtatja a készülék elmentett beállításait.

A négy billentyű segítségével válasszuk ki a <Test Start> utasítást, és hajtsuk végre! A pumpa 5 percig fog működni, biztosítva a talajgázfluxus beindítását és bejutását a detektorcellába, a mintavételező szondán keresztül. Ezután a pumpa automatikusan leáll, miután a detektor 5 percig mérni fog, és egy rövid jelentést nyomtat ki. Ugyanez fog történni még 3 x 5 perces periódusok alatt. Végül a RAD7 egy összefoglalót fog nyomtatni a mért 4 ciklus eredményeiről, valamint a radonkoncentráció átlagáról és a hibáról. A kapott érték az adott helyen lévő talajra jellemző radonkoncentráció lesz.

Több helyen elvégezve a fenti mérést, az eredményeket vezessük a 7.1. táblázatba. A megjegyzés oszlopba jegyezzük be, milyen radonkockázatú kategóriába soroljuk az adott helyet, a fent említett osztályozás szerint.

Mérés száma	D [cm]	C ²²² Rn [kBq/m ³]	dC ²²² Rn [kBq/m ³]	Megjegyzés
1				
2				
...				
...				
n				

7.1. táblázat: Eredménylap 1.

Talajpermeabilitás mérése

Ugyanazt a mintavételező szondát (csövet) használjuk a talaj permeabilitásának méréséhez is, amivel a talaj radonkoncentrációját mértük, ugyanazon mélységben (80 cm), és ugyanazon kiemelés mellett (5 cm).

A palack mindkét csapját zárjuk le, csavarjuk le a kimenő csapot (1), és töltsük meg 1,5 liter vízzel, a jelzésig! Ezután csavarjuk vissza a csapot! Egy műanyag csövet csatlakoztassunk a palack másik végén lévő bemenő csapra (2), a cső másik végét pedig a talajba leszűrt mintavételező cső felszíni végéhez.

Egy stopperóra segítségével mérjük a víz kifolyási idejét a palackból! Mérés előtt nullázzuk a stopperórát! A palackot a szájával (1-es csap) lefelé fordítsuk! A mérésindítás pillanatában nyissuk meg előbb a bemenő csapot (1), utána a kimenő csapot (2), és ezzel egy időben indítsuk el a stopperórát! Figyelnünk kell arra, hogy a kimenő csap (2) kinyitása és a stopper indítása egy időben történjen! Amikor a víz szintje a palackból az alsó jelzésig ért, állítsuk le a stoppert!

Olvassuk le a diagramról (7.2.4. ábra) a mérési időnek (t) megfelelő kifolyási hozam/nyomás arányt (q/p)! Vigyázzunk, logaritmikus skálában vagyunk!

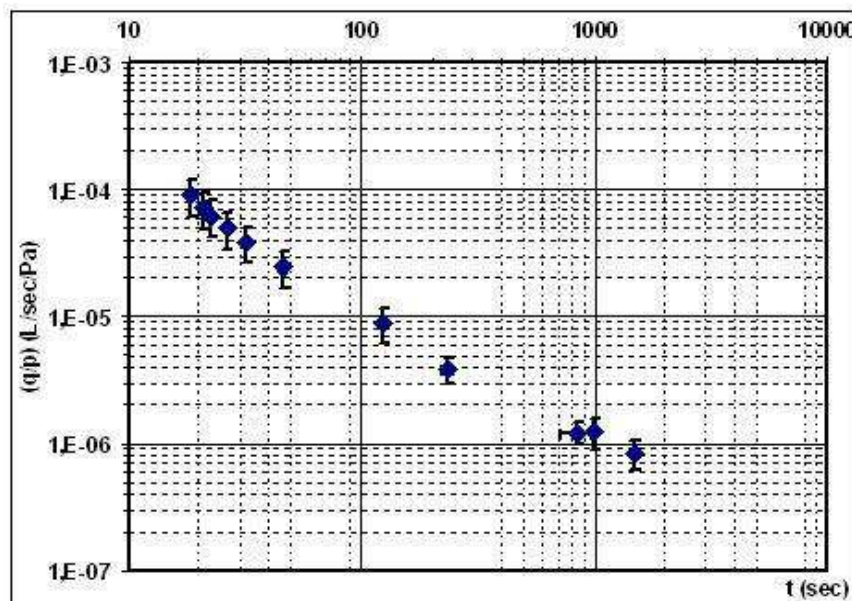
Számoljuk ki a szonda alakfaktorát (F) a fenti képlet és értékek segítségével! A használt paraméterek értékei: $d = 12$ mm, $l = 50$ mm, $D = 0,8$ m.

A fenti képlet segítségével számoljuk ki az adott pontban mért permeabilitásértéket (k)!

Több helyen elvégezve a fenti mérést, az eredményeket vezessük a 7.2. táblázatba. A megjegyzés oszlopba jegyezzük be az adott talajtípust, valamint a permeabilitás kategóriáját, a fenti osztályozásnak megfelelően.

Mérés száma	D [cm]	t [sec]	F [m]	Q [m ³ /s]	k [m ²]	Megjegyzés
1						
2						
...						
...						
n						

7.2. táblázat: Eredménylap 2.



7.3.3. ábra: A hozam/nyomás (q/p) függése a kifolyási időtől (t)

7.4. Források és kútvizek radontartalmának vizsgálata

7.4.1. A vizsgálat elméleti háttere

A földkéregben, a kőzetekben, illetve az építőelemekben kötött állapotban vannak jelen radioaktív atomok, melyek bomlás útján átalakulnak. Ilyen az *urán* is, melynek bomlási sorában azonban van egy olyan elem, amely ki tud lépni a szilárd anyagból. Ez a *radon*, amely nemesgáz, és ezért nem (vagy kevéssé) képes kémiaiilag kötődni más elemekkel, vegyületekkel.

A már széles körben folyó radonkutatások közül a geofizikai kutatásokban nagy fontosságú a lakosság sugárterhelésére vonatkozó dózis ismerete mellett, amely a vizek használatából származik (nyelés, belégzés, gyógykezelés útján), a különböző felszín alatti vizekben (kutak, ásványvízforrások, geotermális források stb.) a radonkoncentrációk ismerete.

A radon vízben történő oldódása révén egy kisebb rész a véráramba kerül és eljut a különböző szervekhez. A lakószobák vagy zárt légterek levegőjében felgyülemlt radont a levegővel együtt belélegezzük, majd azt, nemesgáz lévén, kilélegezzük. Azonban a radon bomlástermékei fémionok, amelyek kölcsönhatás révén rátapadnak a lebegő porszemekre. Ezek az úgynevezett aeroszolok pedig rátapadhatnak a tüdőszövet belső falára. A leányelemek közül több α -bomló. Az α -részecskék közvetlen közelről bombázzhatják a tüdő sejtjeit felépítő DNS-molekulákat és ez károsodáshoz, bizonyos esetekben tüdőrákhoz vezethet. A radon tüdőrákot előidéző hatását az uránbányászoknál figyelték meg először. A dohányzás közben rengeteg aeroszol keletkezik, így belátható, hogy mind az aktív, mind a passzív dohányosok a természetes radon miatt járulékos veszélynek vannak kitéve.

Vizek radontartalma és dózisszintjei

A felszíni vizek természetes radioaktivitása általában jóval kisebb a termál- és ásványvizek radioaktivitásánál. A felszín alatti vizek hosszú időt töltenek különböző kőzeteket és üledékeket tartalmazó vízzáró rétegek között, amelyekkel kölcsönhatásba lépnek, így a

felszínre jutva jelentős mennyiségű oldott radioizotópokat hozhatnak magukkal. A vizek „vegyi alkatát”, jellegét és radioaktivitását elsősorban a víztároló kőzetek típusa és a hidrológiai ciklussal való kapcsolata határozza meg. A kiterjedt elektronburkú, könnyen polari-zálható radonatomok viszonylag jól oldódnak vízben, ezért a természetes vizek radont old-va aktívakká válhatnak.

Magas ^{222}Rn és ^{226}Ra -tartalmú ivóvizek, gyógyvizek fogyasztása következtében jelen-tékeny belső sugárterhelés éri elsősorban a gyomrot és az emésztőrendszert. Nemzetközi sugárvédelmi és egészségügyi szervezetek (ICRP, WHO) irányelvei alapján az egyes or-szágok hatósági korlátot vezettek be az ivóvizekben megengedhető radon- és rádium-koncentrációra. Angliában például az ivóvizek radontartalma nem lehet magasabb, mint 100 Bq/l, az Egyesült Államokban ez a korlát 11 Bq/l. Durva becslés szerint *napi 1 liter 100 Bq-es radonaktivitású víz fogyasztása évente, az egész testre vonatkozóan mintegy 0,5 mSv dózissal felel meg.*

Hazánkban, a kutatások alapján ismert, hogy egyes hazai forrásvizek ^{222}Rn koncentrációja eléri a 200 Bq/l értéket, amelyet a 7.3. táblázat példáz. Mivel Magyarországon még nincs radonra vonatkozó szabványelőírás, a döntést a polgároknak kell meghozniuk. Ennek felté-tele a lakosság sugárvédelmi kultúrájának fejlesztése, számukra a saját környezetükre vo-natkozó adatok hozzáférhetővé tétele.

Vizek	^{222}Rn konc. (Bq/l)
Vízvezetéki víz átlagban	2–3
Margitsziget, artézi kút	7
Buda, Király-fürdő	13
Buda, Császár-fürdő	30
Buda, Juventus-forrás	126
egyes falusi kutak	200
Buda, Rudas-fürdő	200
Buda, Attila-forrás	210

7.3. táblázat: Hazai forrásvizek ^{222}Rn -koncentrációja

7.4.2. Vizsgálati módszerek

Több módszert dolgoztak ki a radon koncentrációjának vízben való mérésére. Ezek közül a következő három a legismertebb: gammaspektroszkópia (GS), Lucas-kamra (LC) és folyadékszcintillátor (LS).

A legújabb módszer a vízminták radontartalmának meghatározására, a vízminta kigá-zoltatása egy palackból pumpa segítségével, majd a nyert levegő átáramoltatása egy kam-rán, melyben egy félvezető detektor található. Ilyen például a RAD7 detektor,

A RAD7 detektor a megfelelő kellékekkel alkalmas a radon vízből való kimutatására nagy pontossággal, 4 Bq/m³ koncentrációtól 400 kBq/m³ koncentrációig. A detektor és kellékei hordozhatók, akkumulátorral is működik, és a mérés gyors. Így kevesebb, mint egy óra alatt megkaphatjuk egy vízminta radontartalmát.

7.4.3. A mérési feladatok

Vízminták radontartalmának mérése a RAD7 detektor segítségével

1. Mielőtt elkezdjük a mérést, győződjünk meg róla, hogy a RAD7 radonmentes és a detektorcella páramentes. Ahhoz hogy ezt elérjük, tisztítani kell (Purge). A kezdeti tisztításhoz használjunk egy kis laboratóriumi szárítóegységet. A szárítóegység CaCO_3 szemcsés-anyagot tartalmaz, melynek szerepe hogy kiszűrje a nedvességet, mivel a nedvességtartalom növekedésével a detektor érzékenysége csökken. A szárítóanyag kobalt indikátorral jelzi a nedvesség jelenlétét, tehát kezdetben világoskék színű, és ahogy kezd telítődni nedvességgel, a színe kékről rózsaszínbe megy át.

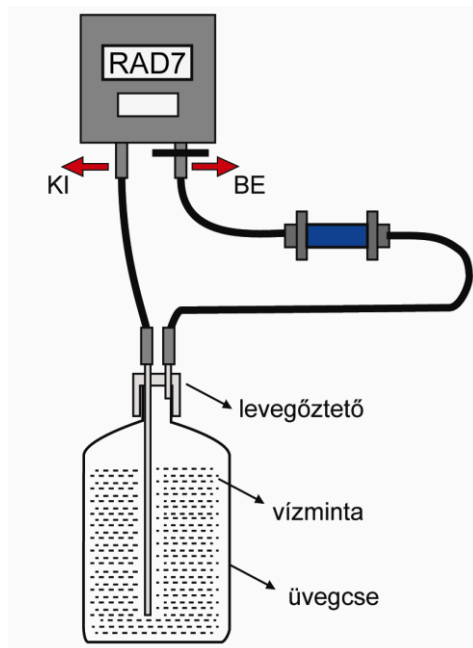
Csatlakoztassuk a kis szárítóegységet a RAD7 bemenetéhez a bemenő szűrőn keresztül, majd tisztítsuk a detektort friss, száraz levegővel kb. 10 percig!

2. A mérésnek megfelelő vízmintavételhez figyelem és gyakorlat szükséges, mivel oda kell figyelni arra is, hogy a vízminta a tesztelt víznek jellemzője legyen, valamint hogy a mintának nem szabad levegővel érintkeznie.

A RAD7 kellei közül válasszunk ki egy 250 ml-es üvegecskét. Ha a vízmintát a csapból vesszük, akkor vezessünk az üvegecskébe egy csövet, másik végét a csaphoz rögzítsük, és engedjük addig folyni a vizet a csövön keresztül, ameddig teljesen el nem lepi az üvegecskét. Ha a vízmintát csordogáló forrásvízből vagy patakból vesszük, akkor merítsük az üvegecskét a víz alá, és várjunk addig, amíg teljesen megtelik vízzel. Ezután merítsük le az üvegecske dugóját is a víz alá, várjunk, amíg ez is megtelik vízzel, majd tegyük rá a dugót, és győződjünk meg róla, hogy az üvegecskében nincsenek buborékok. Vegyük ki az üvegecskét a vízből, címkézzük fel, ráírva a dátumot, időt (óra, perc) és a vízminta forrásának helyét!

3. Ezután a RAD7 detektor kellei közül válasszuk ki azt az egységet, amelyet a vízmintával telt üvegecskébe kell helyeznünk. Ezt a továbbiakban levegőztetőnek fogjuk nevezni, amely az üvegecske dugójába rögzített 2 csőből áll. Ezen az egyik cső jóval rövidebb, mint a másik, aminek a lényege, hogy az üvegecskébe helyezés után csak az egyik csőnek kell lemerülnie a vízmintába. A levegőztető rövidebb csővecskéjének a szelepét (rövidebbik cső kimenete) csatlakoztassuk a RAD7 kis szárítóegységéhez! Ha az egyik vége ennek a szárítóegységnek rózsaszín, csatlakoztassuk a levegőztető kimenetét ehhez a végéhez. A szárítócső másik végét csatlakoztassuk a RAD7 bemenetén található bemeneti szűrőhöz. A RAD7 kimenetét csatlakoztassuk a levegőztetőn található másik szelephez (a hosszabbik cső kimenete). Az összekötéseket műanyag csövekkel oldjuk meg, és zárt kört alakítunk ki. (7.2.5. ábra).

4. Mérési protokollként a RAD7-et állítsuk be a Wat250-re. A RAD7 nyomtató formátumát állítsuk rövid nyomtatásra, majd mentsük el a beállításokat, ebben a mérésvezető segítségét kérjük! Helyezzük a nyomtatót a RAD7-re, kapcsoljuk be a nyomtatót, kapcsoljuk ki a RAD7-et, majd kapcsoljuk be újra! Ekkor kinyomtatja a műszer elmentett beállításait. Ezután helyezzük be a levegőztetőt a vízzel telt üvegecskébe és csavarjuk rá jó szorosan az üvegecskére!



7.4.1. ábra: A mérőberendezés felépítése

5. A négy billentyű segítségével válasszuk ki a <Test Start> utasítást és hajtsuk végre az ENTER lenyomásával! A pumpa 5 percig fog működni, buborékolatva a vízmintát és eljuttatva a kigázosított radont a RAD7 detektorba. A rendszer további 5 percet áll, miután 5 percig mérni fog és egy rövid jelentést nyomtat ki. Ugyanez fog történni még 3 x 5 perces periódusok alatt. Végül a RAD7 egy összefoglalót fog nyomtatni a mért 4 ciklus eredményeiről, valamint a radonkoncentráció átlagáról és a hibáról. A kapott érték az adott vízmintára jellemző radonkoncentráció lesz.

6. A kapott radonkoncentráció átlagértékét korrigálni kell a radon bomlásának függvényében a mintavételezés és a mérés közti időre. Ehhez a kapott átlagértéket és hibáját felszorozzuk a bomlásnak megfelelő korrekciós tényezővel. Mivel a ^{222}Rn felezési ideje 3,82 nap, a bomlási korrekciós faktor: $DCF = \exp(\lambda \cdot t)$ ahol, λ a ^{222}Rn bomlási együtthatója ($=0,00756 / \text{óra}$) és t a mintavételezés és a mérés között eltelt idő órákban mérve. A korrekció utáni átlagérték és hiba lesz az adott vízmintának megfelelő radonaktivitáskoncentráció értéke vagy másképpen radontartalma. Ezt a számolást minden egyes vízmintára külön-külön végezzük el!

7. Ha tudjuk azt, hogy napi 1 liter 100 Bq-es radonaktivitású víz fogyasztása évente, az egész testre vonatkozóan, mintegy 0,5 mSv dózist felel meg, számoljuk ki, hogy a mért vízmintákból mennyi többletdózist kapnánk fogyasztás esetén!

7.5. Környezeti zajok vizsgálata

7.5.1. A vizsgálat elméleti háttere

A körülöttünk lévő világ egyre zajosabb lesz. Az ipari fejlődés mind több energiát, nagyobb teljesítményű gépeket igényel, a közlekedés rohamos növekedése miatt a járművek száma és sebessége emelkedik. A századunkra jellemző urbanizáció a lakosság zajterhelését ugrásszerűen megnövelte. A zajpanaszok egész Európában azt mutatják, hogy a városi

lakosság jelentős része a zajt, a levegő szennyezettsége után, a második környezeti ártalomnak tartja. Az emberek egy része a zajt a civilizáció szükséges velejárójának tekinti, ami ellen nem lehet, tehát nem is érdemes küzdeni. Mások szerint életünket a zaj elviselhetlenné teszi, ezért az elérhető zajszintcsökkentés nem elegendő, magukat a zajforrásokat kell környezetünkben kiküszöbölni. Széles körű vizsgálatok alapján azonban megállapíthatók azok a zajszintek, amelyek mellett az átlagos zajérzékenyséű, egészséges emberek nyugodt életvitele biztosítható, valamint ismerjük azokat a műszaki és jogi eszközöket, amelyekkel a körülöttünk működő zajforrások hatása kellő szakértelemmel és megfelelő magatartással ezekre a szintekre mérsékelhető.

Világos tehát, hogy a zajjal mint jelenséggel foglalkozni kell, hiszen környezeti állapotunk egyik fontos körülményét jelenti. Ehhez azonban először a hang természetével kell megismerkednünk. Ezért ennek a terepgyakorlati résznek az a célja, hogy felidézzük a hangtannal kapcsolatos legalapvetőbb fizikai ismereteket, és néhány környezeti zaj erősségének mérésével egy tágabb képet kapjunk a különféle zajok hatásáról. Az elvégzendő mérési gyakorlatokat úgy állítottuk össze, hogy megismerkedjünk egy kézi zajmérő kezelésével, majd néhány előre megtervezett méréssel választ kapjunk azokra a kérdésekre, melyek betekintést adnak a hangtan területébe.

7.5.2. Akusztikai alapfogalmak

A hang olyan mechanikai rezgés, mely rugalmas közegben terjedve, az emberben hangérzetet kelt. A hallható hangot hallószerveinken keresztül érzékeljük. A dobhártyánkat érő nyomásváltozás a hallóidegek közvetítésével az agyban kelt hangérzetet. A hallott hang hordozhat információt (beszéd, jelzések), jelenthet élményt. Ez az élmény lehet kellemes vagy kellemetlen. A kellemetlen vagy zavaró hangot nevezzük *zajnak*.

Az, hogy a zajokat hangosnak vagy halknak érezzük, attól függ, mekkora a fülünkbe érkező hang nyomása. Rugalmas közegben a hangforrás által keltett rezgési energia nyomásváltozást okozva hullám formájában terjed, levegőben ez a nyomásingadozás a hallható hangot jelenti. Így a hang erőssége a közeg *nyomásingadozásától*, tehát a *hangnyomástól* függ. A hangnyomást *mikrobarban* (μbar) vagy *pascalban* (Pa) mérik.

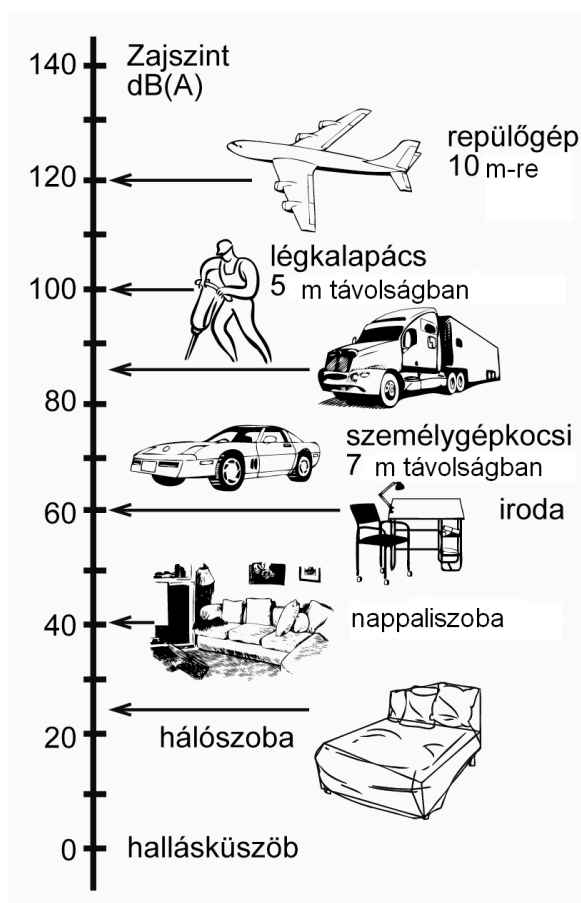
Az emberi füllel érzékelhető legkisebb hangnyomás a hallásküszöb. A hallható hangok felső határa az a hangnyomás, amely már fájdalmat okoz, és ez a **fájdalomküszöb**. A két küszöbérték közötti *hangerősség* (*intenzitás*) tartománya 12 nagyságrend, ami azt jelenti, hogy a fájdalmat okozó hang 10 billiószor erősebb, mint amit még éppen meghallunk.

Azért is hasznos a hangerősség vizsgálata során a nagyságrendeket figyelni, mert a biológusok szerint az inger és az érzet, azaz a hang fizikai erőssége és a keltett érzet nagysága közötti kapcsolat exponenciális. Ez azt jelenti, hogy ha egy adott hangnál a tízszer erősebbet 1 egységnyivel hangosabbnak érzem, akkor a százszor erősebbet 2 egységnyivel, az ezerszer erősebb hangot pedig 3 egységnyivel érezzük hangosabbnak. Ezt a jelenséget úgy lehet értelmezni, hogy bevezetünk egy új mértékegységet a **hangintenzitás** helyett, amely követi az érzékelésünk skáláját (7.3.1. ábra). Ez az új mértékegység a decibel (dB), melynek definíciója:

$$\beta[\text{dB}] = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{I}{I_0} \right), \quad (7.3.),$$

ahol I_0 a hallásküszöbnek megfelelő hangintenzitás, amely $10\text{-}12 \text{ W/m}^2$ (1 kHz frekvencián) és I az adott hangnak megfelelő intenzitás W/m^2 -ben. A hallásküszöbnek megfelelő

hangnyomás pedig $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$, amely 0 dB intenzitásszintet jelent. A hangok észlelése folyamán az inger és az érzet között így exponenciális (nem lineáris) kapcsolat van, azaz nagy hangnyomás-növekedés aránylag kis hangérzet-növekedést okoz.



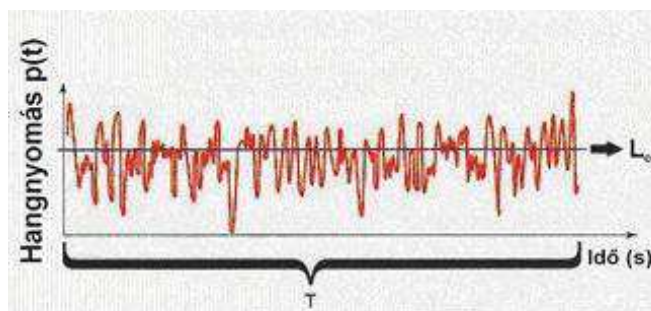
7.5.1. ábra: Hangszintskála

A *hangmagasságot* a hangforrás rezgésének gyakorisága határozza meg. Azonos hangerősség mellett a hangot annál magasabbnak érezzük, minél nagyobb a frekvenciája. A hallható hangok tartománya normál hallású embereknél 20 Hz-től 20 000 Hz-ig terjed. A 20 Hz alatti frekvenciájú hangokat infrahangnak, a 20 000 Hz fölöttieket ultrahangnak nevezzük.

A zajforrások állandó vagy változó erősségű zajt bocsátanak ki. A zajvédelemben, az időben változó zaj jellemzésére az egyenértékű zajsztintet használják, amely megközelíti az ember szubjektív zajmegítélését. Az ún. egyenértékű zajsztint a zaj erősségének egy meghatározott időre vonatkoztatott átlagértéke (7.3.2. ábra), melynek jele L_{eq} (dB), és amelyet a következő kifejezéssel kapunk meg:

$$L_{eq,T} [dB] = 10 \cdot \log_{10} \left[\frac{1}{T} \cdot \int_0^T \left(\frac{p(t)}{p_0} \right)^2 \cdot dt \right], \quad (7.4.),$$

ahol T a mérési időintervallum, $p(t)$ a t időben változó hangnyomás, és p_0 a hallásküszöbnek megfelelő hangnyomás ($20 \mu\text{Pa}$).



7.5.2. ábra: Egyenértékű zajszint

Az emberi fül nem minden frekvencián érzékeny egyformán. Éppen ezért az emberi hallás frekvenciafüggésének modellezésére az „A” súlyozó szűrőt használják. Az „A” súlyozó szűrővel mért zajszintet A-hangnyomásszintnek vagy röviden A-szintnek nevezzük, és dBA-val jelöljük

7.5.3. Vizsgálati módszerek

A vizsgálandó zaj erősségének mérését vagy értékének megítélését nagymértékben befolyásolja a mérőberendezés beállítása, a mérés helyének megválasztása, a mérési idő és a környezet akusztikai körülményei. Azt, hogy mit, hol, mikor, mennyi ideig és mivel mérünk, a vizsgálat céljának megfelelően kell megválasztani, ez azonban nem önkényes választás tárgya.

A nemzetközi és a hazai zajmérési előírások (szabványok) pontosan rögzítik azokat a szabályokat, amelyek alapján a zajterhelés mértéke egyértelműen meghatározható, és amelyek alapján a zaj értékelhető. Természetesen más szabályok vonatkoznak a zajkibocsátás (emisszió) vizsgálatára, a zajterhelés (imisszió) mérésére, és ismét más eljárásokkal kell a zajcsökkentési eszközök hatékonyságát vizsgálni.

A mérés időpontját (mikor mérünk) szintén a vizsgálat célja szerint kell megválasztani. Legfontosabb szabály, hogy akkor végezzük a mérést, amikor a zajforrás a megszokott körülmények között működik, hiába állítjuk például, hogy „éjszaka ennél sokkal nagyobb a zaj”, tudjuk jól, hogy a gépek ugyanolyan hangosan működnek éjszaka is, mint nappal, csak a háttérzaj kisebb, és ezért tűnik a hangjuk erősebbnek.

Az A-2239 típusú zajmérő eszköz








A mérőeszköz, mellyel a különféle zajszinteket mérjük, egy Brüel & Kjær gyártmányú A-2239 típusú kézi zajszintmérő berendezés. Ennek lényeges része egy mikrofon, amely érzékeli a hangnyomás változását, egy előerősítő, különféle frekvenciaszűrők és egy kijelző, amely megjeleníti az átlagos zajszintet, ennek maximális és minimális értékét, illetve a készülék aktuális beállításait. A berendezéssel 30 és 140 dB közötti hangok erősségét tudjuk mérni, néhány dB-pontossággal. A műszer bekapcsolás után egy rövid „tesztet” hajt végre, majd mérni kezd az előre beállított időtartamig. A mérés során jelzi az aktuális hangerősséget, átlagolva rövid intervallumokra, és az ezen intervallumok során mért maximális hangerősséget. A mérés végén kiírja a teljes mérés során megállapított átlagos hangerősséget.

A zajmérő fontosabb beállítási paraméterei:

– A mérés időtartama, amely pár másodperctől pár percig terjedhet.

- Frekvencia szerinti súlyozás, ami a zajmérő érzékenységének szabályozását jelenti különböző hangfrekvenciákon. A zajmérővel „A” vagy „C” frekvenciasúlyozás végezhető, alapértelmezettként az A súlyozást választhatjuk.
- Idő szerinti súlyozás, amely szabályozza a zajmérő reakciójának sebességét a hangnyomásszint hirtelen változásaira. Három idősúlyozás érhető el: az „F” (gyors), amely 125 msec-os időállandót alkalmaz; az „S” (slow) 1 sec-os idősúlyozást alkalmaz, amely kismítja a lüktető jeleket; az „I” (impulzus) 35 msec-os időállandót alkalmaz lassú lecsengéssel, ami lehetővé teszi rövid idejű zajok mérését. A legtöbb esetben az F (gyors) beállítást alkalmazzuk.
- A hangerőség mérésének határai, azaz, hogy milyen minimális, illetve maximális intenzitásszintek között mérjen a készülék. Három tartományban állítható: 30–100 dB, 50–120 dB illetve 70–140 dB. A határokon kívüli tartományban a készülék ekkor nem jelez semmit, valamint a hangosabb hangoknál „túlsordul”, a halkabb hangoknál pedig nem érzékel semmit.

A készülék kezelőfelületén található nyomógombok használatát a 7.4. táblázat írja le, melyben az egyes gombok jelölését tüntetjük fel:

	KIKAPCSOLÁS, BEKAPCSOLÁS
	Mérés-indítás és -leállítás, beállítás kiválasztása („YES” gomb)
	Kijelzővilágítás ki- és bekapcsolása (automatikus kikapcsolás 30 mp után)
	A kijelzett mérési eredmények közötti váltás (átlagos, maximális zajszint stb.)
	A mérés eredményeinek tárolása, régebbi mérések előhívása és törlése
	„Fel-le” mozgás a kijelzett opciók között
	Méréshatár beállítása

7.4. táblázat: A zajszintmérő műszer használata

7.5.4. A mérési feladat

1. Szélesenedben, erdő mellett mérjük ki a zajmérő berendezéssel a környezeti háttérzaj értékét! Ezt úgy tehetjük meg, hogy a mérőműszert 1 perces mérési időre állítjuk, majd megmérjük a korábban már említett egyenértékű zajszintet, melyet mérőműszerünk L_{eq} -val jelöl. Jegyezzük le ezt a zajszintet! Hasonlítsuk össze a fenti ábrán jelölt különféle emberi tevékenységeknek megfelelő zajszintekkel, és adjuk meg, hogy melyikkel egyenértékű az általunk mért háttérzaj erőssége!
2. Végezzük el ugyanezt a feladatot két vagy három zajforrás esetében is! Becsüljük meg, hányszor nagyobbak az egyes zajforrások zajszintjei a háttérzajhoz viszonyítva!
3. Számoljuk át a mért zajszinteket (β) hangintenzitásokká (I), a (7.3)-as képletből származtatott képlet alapján:

$$I = I_0 \cdot 10^{\frac{\beta}{10}}. \quad (7.5.)$$

4. Értékeljük az egyes zajszint értékek közötti különbségeket, valamint az egyes hangintenzitások közötti különbségeket!

7.6. A napelemmel és szélkerékkel történő energiatermelés vizsgálata az agostyáni energia-tanösvény példáján

7.6.1. A vizsgálat elméleti háttere

A földi élet folyamatainak (fotoszintézis, időjárás) energiáját túlnyomó részben (közvetve vagy közvetlenül) a Nap szolgáltatja. A civilizációk által felhasznált energiahordozók is a Napsugárzás energiáját tárolják vagy alakítják át legtöbbször valamilyen formában. A természetben megtalálható energiaforrások egyik formája az ún. fosszilis energiaforrások, melyek elemei a fa, kocsz, szén, kőolaj, földgáz. Az elmúlt korokban ezek kimeríthetetlen forrásoknak tűntek. A fosszilis energiaforrások energiahordozói a szén és a szénhidrogének, melyek kialakulása évmilliókkal ezelőtti korokban már megtörtént, a korábbi élettevékenységek során a napenergia felhasználásával épült be a növényekbe, és a fosszilis molekulákban koncentrálnak.

Az energiaforrások egy másik típusa az ún. alternatív energiaforrások, melyek a napenergia direkt és indirekt felhasználása, a geotermikus energia, a nukleáris energia és az árapály-energia. A napenergia direkt felhasználása a napsugárzás energiáját napelemekkel alakítja át másodlagos energiahordozóvá. Az indirekt napenergia felhasználása a következőket jelenti:

- a vízierőművekben felhasznált energia, amelynél a folyók a csapadék miatt nagy vízhozammal egy magasabb helyről lefelé folynak, így helyzeti energiájukból mozgási energiára tesznek szert;
- a szélenergia, amely a légkör egyenlőtlen felmelegedése révén kialakuló nyomáskülönbségekből ered;
- a hullámenergia, amely a meteorológiai folyamatokban a tengerek hullámzásának mozgási energiáját használja fel;
- a biomasszában tárolt energia, amely geológiai idők alatt a napsugárzás segítségével alakul ki, és ez is a fosszilis molekulákban koncentrált energia.

A direkt és indirekt napenergia mint energiaforrás, egyik nagy hátránya hogy nem koncentrált. Sok szélenergia-turbinát kell telepíteni, nagy felületű napelemeket kell megfelelően elhelyezni és tisztán tartani ahhoz, hogy az átlagos erőművi teljesítményt elérjék. A vízierőművek képesek nagy teljesítmény leadására, de ha beleszámítjuk a felduzzasztott víz által elfoglalt területet, akkor ezzel együtt ezek sem koncentrálnak kis helyre. Ráadásul a felduzzasztott víz okozta természetes környezetváltozás is számottevő.

Ha eltekintünk a különféle energiatermelések teljesítményének kérdéséről, és az energiaszükségletet tárgyaljuk, akkor feltesszük azt a kérdést, hogy a jövőben vajon milyen módon fogjuk kielégíteni az emberiség óriási energiaszükségletét, mivel a Föld energiataralékai már kifogyóban vannak. Egyes források szerint a kőolaj hozzávetőleg 40 évig lesz elegendő, a szén körülbelül 200-300 évig, így ezek hosszú távon már nem lesznek képesek kielégíteni az emberiség energiaigényét. Ráadásul a fosszilis energiatermelés környezeti hatásai jelentősen szennyezik környezetünket, és ezzel együtt negatívan befolyásolják a földi légkör jelenlegi globális felmelegedését, melynek számtalan következménye lehet (pl. a Golf-áramlat leállása, sivatagosodás kiterjedése, klímazónák eltolódása, fajok kihalása, savas esők további károkozása stb.).

Energiára viszont szükségünk van, mert a mai modern élet fenntarthatatlan, elképzelhetetlen nélküle. Biztonságos megoldást jelenleg az ún. megújuló energiaforrások jelentenek, és köztük is elsősorban a víz-, a nap- és a szélenergia.

7.6.2. Vizsgálati módszerek

Az Oktatóközpont területén fölállított gyakorlati hely 10 állomásból és az állomásokon működő szélidenergia-berendezésekből áll. Itt alkalom adódik számos olyan készülékekkel testközelben megismerkedni, amelyek működés és üzemelés közben is kipróbálhatók. A terepgyakorlatra szánt idő viszont nem ad lehetőséget mind a 10 energiatermelő berendezés részletes tanulmányozására, éppen ezért a leírásban csak a napelem, illetve a szélkerék tanulmányozásával foglalkozunk, valamint az ezek által termelt elektromos energia tárolásával.

A napenergia direkt felhasználása (napelemek)

A napelem segítségével a napsugárzás energiáját alakítjuk át elektromos energiává. A nap-elem egyenáramot termel, mint egy szárazelem ($\sim 0,5$ V). A napelem szilícium egykristályból készített félvezető lemezekből áll, melyek érzékenyek a napsugárzásra és melyekben a napsugárzás hatása elektromos áramot indukál. Egyre nagyobb felületű lapot alkalmazva egy adott intenzitású napsugárzás egyre nagyobb áramot indukál.

Az energia átalakulása során a Naptól érkező látható fénysugárzás kölcsönhatásba lép a szilíciumkristály elektronjaival. A sugárzási energia arányos a fény frekvenciájával. Így a kék fény energiaadagja nem ugyanakkora, mint a vörös fényé. A napelemben a lényeges effektus a fotoeffektus. Ilyenkor egy foton nekiütközik egy elektronnak, teljes energiáját átadja neki, és a foton megsemmisül. Ezen energia birtokában az elektron a korábban vezetésre nem képes kristályban mozgásképesé válik, feszültség indukálódik a lapon, és megindul az áram.

A jelenlegi földfelszíni napelemek a néhányszor tíz, akár száz m^2 felületet érik el. Ezek jól alkalmazhatók házak fűtésére vagy akkumulátorok feltöltésére, amivel aztán mindenféle elektromos gép működni tud egy meghatározott ideig. A házak fűtése mellett egy másik példa a kerti világítólámpák esete. Néhány négyzetméteres napelemmel, nappal feltöltenek egy kis akkumulátort, amely éjszaka bekapcsol egy kerti lámpát. A kisléptékű földi nap-elem csak bizonyos időszakokban termel energiát, kizárólag nappal, amikor nem takarja el a felszínt egy felhő sem. Ezért a napelem nem használható az energiafogyasztás időbeliségének megfelelően, emiatt az energiátároláshoz akkumulátorokat vagy kondenzátorokat szoktak használni.

A Nomád Tábor területén található napelemek lemezenkénti alapfeszültsége 0,45 V, melyeket sorba kapcsolva 12 V egyenáramot nyerünk. Ezzel a napelemmel már egy 12 V-os akkumulátort tudunk feltölteni, melyet védenünk kell a túltöltéstől úgy, hogy szabályozzuk a töltési feszültséget. Teljesítménye 40 W, valamint a napi hozama 20 Wh/nap.

A szélenergia felhasználása (szélkerekek)

A szélgenerátor a levegő mozgási energiáját alakítja át elektromos energiává. Ez két lépésben történik, először a levegő mozgási energiáját a széllapátok forgási energiájává alakítják át, majd ezt elektromos árammá. A szél keletkezésének oka a levegő nyomásának egyenlőtlen térbeli eloszlása. A nyomáskülönbség általában a hőmérséklet-különbség következménye, vagyis hogy a hideg és meleg levegő helyet cserél egymással.

Egy terület minél jobban felmelegszik, annál jobban megnő a nyomása, és a légtömegeket elnyomja a kisebb nyomású helyek felé. Az egyenlőtlen légköri felmelegedéskor ismét a napsugárzás energiája adódik át a légkörnek. Ezért nevezzük a szélenergiát is indirekt napenergiának.

Az Oktatóközpont területén található szélkerék egy Conrad gyártmányú kisebb áramfejlesztő szélmotor, melynek 6 széllapátja van. Ez a szélkerék egy rúdra van felszerelve, amely 360° -os szögben szabadon forog. A kialakuló különböző sebességű és nyomású légáram elfordulásra készíti a szélkerék lapátjait, a folyamatos légmozgás forgó mozgást eredményez. A széllapátok egy rotornak nevezett tengelyre vannak erősítve, mely a szélmotor tengelye. Ez a tengely egy permanens mágnesekből álló generátor tengelyéhez van rögzítve, amely forgás esetén feszültséget indukál a körülötte elhelyezkedő tekercsben.

Ez a szélgenerátor 10 m/s-os szélesebségnél 360 fordulatot végez percenként, mellyel 25 W teljesítményt tudunk elérni. Az indító szél 0,25–0,3 m/s sebességű, amely 3,5 V váltakozó elektromos feszültséget indukál, amit egy beépített egyenirányítóval egyenfeszültséggé alakíthatunk, amely már elegendő egy kis „ceruzaakku” töltéséhez. Nagyobb szélesebségnél sokkal nagyobb feszültség indukálódik. 2,5 m/s-os szélesebség már elegendő elektromos feszültséget indukál egy 12 V-os akkumulátor töltéséhez. Ezt a feszültséget viszont szabályoznunk kell ahhoz, hogy megóvjuk az akkumulátort a túltöltéstől. A szélgép átlagos éves termelése 1500 Ah.

7.6.3. A mérési feladatok

A napelemek, szélkerekek csak akkor termelnek elektromos áramot, ha éri őket napfény, illetve széláramlat. Így nem mindig képesek energiát termelni, akkor sem, amikor arra szükség van, ezért fontos, hogy a megtermelt energiát tárolni tudjuk oly módon, hogy olyankor is fel lehessen használni, amikor nincs szél vagy nincs napsütés.

Ebben a feladatban megvizsgálhatjuk a napelemek, illetve a szélkerekek elektromos energiatermelésének hatásfokát. Erre használni fogunk napcellákat, szélkereket, amper- és voltmérőt és huzalokat. Szükséges, hogy legyenek előzetes ismereteink az elektromos áramról, áramerősségről, feszültségről, kimenő teljesítményről, áramkörökről, elemekről és akkumulátorokról.

Napelem hatásfokának meghatározása

1. Kössünk össze 2 darab napcellát és helyezzük napfényre ezeket úgy, hogy a napsugárzás merőlegesen essék a cellákra! Mérjük meg a napelemmel elérhető legnagyobb töltőáramot (rövidzárási áramerősséget, I_e) és a napelem által termelt elektromos feszültséget (forrásfeszültség, U_e)! (Mérésre használjuk a volt-ámpér mérőt, vigyázva arra, hogy egyenáram (DC) állásban legyenek, és hogy a „+” illetve a „-” végek helyesen legyenek csatlakoztatva)!

2. Számítsuk ki a napelem által leadott elektromos teljesítményt (P_e) wattban (W), a $P_e = U_e \cdot I_e$ képlet segítségével!

3. Mérjük meg, mekkora a napelem felülete (S), m^2 -ben!

4. Számítsuk ki a napelem által leadott elektromos teljesítménysűrűségét (W_e) W/m^2 -ben, a $W_e = P_e / S$ képlet segítségével!

5. Tudva, hogy a besugárzási teljesítménysűrűség értéke $W_b = 1,366 \text{ kW/m}^2$ (ez a [napállandó](#)), számítsuk ki a napelem elektromosenergia-átalakításnak hatásfokát az $\eta = W_e / W_b$ képlet segítségével!

Szélkerék hatásfokának meghatározása

1. Helyezzük a szél irányába a forgó szélkereket, majd a szélesebbségmérő segítségével határozzuk meg a jelen lévő szél sebességét (v_{sz})!

2. MÉRJÜK meg a szélkerék lapátjainak hosszát, majd számoljuk ki a szél által súrolt (A) felületet! Számítsuk ki az örvénymentes, stacionárius szél mozgási teljesítményét (P_{sz}), a következő képlet segítségével: $P_{sz} = \frac{1}{2} \cdot \rho_l \cdot v_{sz}^3 \cdot A$ ahol, $\rho_l = 1,293 \text{ kg/m}^3$ a levegő sűrűsége!

3. Kapcsoljunk rá a szélkerék két elektromos kivezetésére egy amper- és egy voltmérőt! Mivel a szélkerékben váltóáram indukálódik, a mérőműszereket AC váltóáramos kapcsolásba állítsuk! MÉRJÜK meg a szélkerékkel elérhető legnagyobb töltőáramot (rövidzárási áramerősséget, I_e) és a szélkerék által termelt elektromos feszültséget (forrásfeszültség, U_e)!

4. Számítsuk ki egy adott (v_{sz}) szélesebbégen a szélkerék által termelt elektromos teljesítményt (P_e) wattban (W), a $P_e = U_e \cdot I_e$ képlet segítségével!

5. Számítsuk ki a szélkerék elektromos energia átalakításának hatásfokát a $\eta = P_e / P_{sz}$ képlet segítségével!

7.7. Függelékek

7.7.1. Bibliográfia

- Budó Ágoston: Kísérleti Fizika 1, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest (1997).
 Giber János: Megújuló energiák szerepe az energiaellátásban, Budapest (2005).
 Kiss Ádám, Horváth Ákos, Babák György: Környezeti fizika, Szarvas Kiadó(2001).
 Kiss Dezső, Horváth Ákos, Kiss Ádám: Kísérleti Atomfizika, ELTE Eötvös Kiadó, Budapest (1998).
 Marx György: Atommag közelben, Mozaik Oktatási Stúdió, Szeged (1996).
 Miniray SM 2000X sugárvédelmi dózisteljesítmény-mérő, (műszaki leírás).
 RAD7 – Elektronikus radondetektor, (használati utasítás).
 Szelíd Energia TANÖSVÉNY, Természetes Életmód Alapítvány – munkafüzet (2004)
 Zajosak vagyunk, (A Környezetvédelmi Minisztérium Kiadványa).
 2239 A – Integráló Zajsztintmérő, (műszaki leírás).

7.7.2. Fogalomtár

aktivitás: egy radioaktív anyagban időegységenként bekövetkező bomlások száma. Egysége a Becquerel ($1\text{Bq} = 1 \text{ bomlás/s}$). Régi egysége a Curie (Ci), ami 1gr rádium aktivitásának felel meg: $1\text{Ci} = 3.7 \cdot 10^{10}\text{Bq}$.

alfa-sugárzás: alfa-részecskékből (2 protonból és 2 neutronból álló héliumatommagokból) álló, kb. 1–10 MeV energiájú sugárzás, amely általában nehéz atommagokból lép ki. Az alfa-részecskék az anyagban igen rövid úton leadják energiájukat, levegőben néhány cm-en, szilárd anyagban kb. néhányszor 10 μm hatótávolságon, valamint a bőr elhalt felső hámrétegén elnyelődnek. Alfa-bomlás következtében az atommag rendszáma (Z) kettővel, tömegszáma (A) négygyel csökken.

béta-sugárzás: nagy energiájú elektronokból (β^-) vagy pozitronokból (β^+) álló sugárzás. A béta-sugárzás hatótávolsága az anyagban nagyobb, mint az alfa-bomlásé, szilárd anyagban, fémekben néhány mm, kívülről jövő béta-sugárzás a bőrt károsítja. Béta-bomláskor az atommag kibocsát egy elektront vagy egy pozitront és egy antineutrinót, így rendszáma (Z) eggyel nő (β^- bomlás) vagy eggyel csökken (β^+ bomlás), tömegszáma (A) változatlan marad.

bomlási sorok, radioaktív családok: A radioaktív bomlás során egy kémiai elemből (anyaelemből) egy új elem (leányelem) jön létre. Előfordulhat, hogy ez utóbbi is radioaktív, így újabb bomlás történik. Ez a folyamat addig tart, amíg egy stabil elemhez nem érünk. Ezt nevezik bomlási sornak. A radioaktív bomlás során a tömegszám vagy négyel csökken (az alfa-bomlás esetében), vagy nem változik (a béta-bomlás és gamma-bomlás esetében). Ezért a radioaktív nehéz magok bomlásakor a tömegszámok 4-gyel való osztásakor a maradék nem változhat, ami 0, 1, 2 vagy 3. Így a nehéz radioaktív elemeket négy családhoz lehet rendelni. Ezeket a leghosszabb felezési idejű tagról nevezik el: ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th , ^{237}Np családok. Az utóbbinak 2,2 millió év a felezési ideje és a Föld kialakulása óta eltelt négy és fél milliárd év alatt lebomlott.

dózisegyenérték: a sugárzás biológiai hatását leíró dózismennyiség, amely figyelembe veszi, hogy különböző fajtájú ionizáló sugárzások biológiai hatékonysága azonos elnyelt dózis esetén különböző. A dózisegyenérték a várható biológiai hatást jellemzi. $H = D \cdot Q_F$, ahol D az elnyelt dózis, Q_F a sugárzás minőségi tényezője. Egysége a Sievert, (Sv). A minőségi tényező a sugárzás fajtájától függ. 1 Sv dózis-egyenértékű sugárzás károsító hatása megegyezik 1 Gy röntgen- vagy gammasugárzás elnyelt dózisének hatásával. A dózis-egyenérték (mint régi sugárvédelmi fogalom) helyett gyakran az **egyenérték-dózis** elnevezést használják, amely a sugárzás biológiai hatását bemutató dózismennyiség. Az R típusú sugárzástól, T szövetben vagy szervet ért egyenérték dózis: $H_{T,R} = D_{T,R} \cdot w_R$, ahol $D_{T,R}$ a T szövetben vagy szervben elnyelt dózis értéke és w_R az R sugárzás károsító hatásának *súlytényezője*, az egyes sugárzásokra jellemző dimenzió nélküli szám. Az egyenérték-dózis egysége a sievert (Sv), 1 Sv = 1 J/kg. Az egyenérték dózis régi egysége a **rem** (röntgen equivalent man), amely bármely fajta sugárzásnak az a mennyisége, amely az emberben 1 rad elnyelt dózisért röntgen- vagy gamma-sugárzással azonos biológiai hatást gyakorol (1 rem = 0.01 Sv).

dózteljesítmény: időegység alatt elnyelt dózis. Mértékegysége: 1 Gy/s, gyakorlatban használt egysége: 1 $\mu\text{Gy/h}$.

egyenértékű zajszint: A *hangnyomás* pillanatnyi értékének egy referencianyomástól (p_0) való eltérésnégyzetét a mérés időtartamára (T) átlagolva, a zajszint mérésére alkalmas mennyiséget kapunk. Ennek egy egyszerű függvénye az egyenértékű zajszint:

$$L_{eq} = 10 \cdot \log_{10} \frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{p(t)}{p_0} \right)^2 dt. \text{ Az egyenértékű zajszint mértékegysége a } dB, \text{ a referencianyomás értéke pedig } p_0 = 20 \text{ mPa.}$$

elnyelt dózis: az anyagban tömegegységenként elnyelt energia. Egysége a Gray (1Gy = 1 J/kg). Régi egysége a **rad** (röntgen adsorbed dose), (1 rad = 0,01 Gy).

fájdalomküszöb: Azt a legmagasabb *hangintenzitást*, amelynél még éppen nem érzünk fájdalmat, fájdalomküszöbnek nevezzük. Ez az intenzitás különböző frekvenciájú (magas-

ságú) hangok esetében más és más lehet. A fájdalomküszöböt dB-ben adják meg, értéke 1 kHz frekvenciánál 120 dB körül van.

felezési idő: Radioaktív anyag aktivitásának csökkenését jellemző paraméter, amely idő alatt a kezdeti atommagok száma a felére csökken. A felezési idő kapcsolatban van a λ bomlási állandóval: $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$.

gamma-sugárzás: nagy energiájú elektromágneses sugárzás, amely legtöbbször gerjesztett atommagokból származik. Az atommag energiáját foton kibocsátásával csökkenti, melynek energiája keV és MeV tartományban van. Gamma-legerjesztődés következtében az atommag rendszáma (Z) és tömegszáma (A) nem változik.

hallásküszöb: Azt a legalacsonyabb *hangintenzitást* mondjuk hallásküszöbnek, amelyet fülünkkel még éppen észlelni tudunk. Ez az intenzitás a különböző frekvenciájú (magasságú) hangok esetében más és más. Értéke 1 kHz frekvenciánál 10^{-12} W/m^2 .

hangintenzitás: Az egységnyi idő alatt egységnyi felületen átáramlott hangenergia időbeli átlaga. Mértékegysége W/m^2 . Nagysága a következő formulából számítható: $I = \frac{1}{2} \frac{p_m^2}{c \rho_0}$,

ahol p_m a közegbeli *hangnyomás* amplitúdója, ρ_0 a közeg nyugalmi sűrűsége, c pedig a közegbeli hangsebesség. A hangintenzitás szint a *hangintenzitásból* (I) származtatott mennyiség, amely egy referenciaintenzitástól, a hallásküszöbtől ($I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$) való

eltérést fejez ki: $\beta = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{I}{I_0} \right)$. Mértékegysége a decibel (dB), dimenzió nélküli egység. Logaritmikus jellegét az motiválja, hogy fülünkkel biológiai okok miatt a tízszer nagyobb intenzitású hangot csak fele annyival érezzük hangosabbnak, mint a százszor nagyobb intenzitásút, tehát az inger és az érzet nagysága közötti összefüggés exponenciális.

hatásfok: a rendelkezésre álló energia felhasználásának mértéke. A hatásfok számítása: $\eta = E_h / E_b$, ahol: η a hatásfok, E_h a hasznos energia, E_b a befektetett (összes) energia. A befektetett energia és a hasznos energia különbsége a veszteség: (amely valamilyen formában a környezetbe távozik): $V = E_b - E_h$. Az energiamegmaradás törvényéből következik, hogy a hatásfok 1-nél vagy 100%-nál nagyobb nem lehet. Gyakorlatilag a hatásfok mindig kisebb 100%-nál. A javítása a veszteség csökkentésével vagy egy részének hasznosításával történik.

izotóp: azonos protonszámú de különböző neutronszámú atommag. Más szóval azonos rendszámú (Z), tehát ugyanazt a kémiai elemet jelentő, de különböző tömegszámú (A) atommagok (${}_Z^A X$).

izotóparány: egy kémiai elem adott izotópjának aránya az elemet alkotó összes izotóphoz képest. Pl. az urán természetes izotópjai: ^{234}U (0,0055%), ^{235}U (0,720%) és ^{238}U (99,2745%).

leányelem (bomlástermék). A bomlási sor egy meghatározott tagja után következő minden egyes atommagot a tag leányelemének hívjuk.

napállandó: a Nap kisugárzott energiamentiségének az a része, mely eléri a földi légkört. Másképpen: a Föld közepes naptávolságában a Nap irányára merőleges, 1 m^2 -es felületen

egy másodperc alatt áthaladó energia mennyisége a felső légkör tetején, melynek értéke 1370 W/m^2 körül enyhén ingadozik.

permeabilitás: a porózus anyag (szilárd kőzet, talaj vagy építőanyag) folyadékra vagy gázokra való átteresztő képessége. A permeabilitás mérésének elméleti alapja a Darcy-törvényen alapszik. Hagyományos mértékegysége a *darcy* (D), valamint SI-ben a m^2 . ($1 \text{ D} \approx 10^{-12} \text{ m}^2$).

8. VÍZKÉMIAI VIZSGÁLATOK (KARDOS LEVENTE)

8.1. Bevezetés

A környezetvédelem egyik kiemelkedően fontos területe a vizek mennyiségi és minőségi védelme. Hiszen mind az ipar, mind a mezőgazdaság, mind pedig a háztartások által felhasznált vizek nagy része szennyezett állapotban kerül vissza a vízkörforgalomba. Magyarországon a vezetékes ivóvízellátás gyakorlatilag teljesnek mondható, míg a csatornázottság és még inkább a szennyvíztisztítás mértéke alacsony. Sok esetben a szennyvíz közvetlenül szennyezi a talajt és a felszíni, illetve a felszín alatti vizeket a tisztítás elmaradása, illetve a rosszul kialakított emésztők, csatornák miatt. Mivel vízszükségletünket a természetes vizekből fedezzük, meg kell akadályoznunk, hogy a szennyvizek elszennyezzék vagy megfertőzzék vízforrásainkat. Ehhez a fontos feladathoz nélkülözhetetlenek a hatékonyan működő szennyvíztisztító telepek.

Vizeink minőségének megóvásához szükséges, hogy ismerjük azok főbb fizikai és kémiai tulajdonságait. A jegyzet e fejezete a vizek minőségi jellemzéséhez kíván használható ismereteket nyújtani könnyen kivitelezhető kísérletek, helyszíni vizsgálatok formájában. Az elméleti összefoglaló után a gyakorlati feladatok bemutatására kerül sor. A gyakorlati részben a terepi vizsgálatok elvi alapjait, a tesztsíkok, illetve a tesztkészletek alkalmazása során lejátszódó kémiai reakciókat találjuk meg.

A helyszíni vízminőség-vizsgálatok célja, hogy a résztvevők a különböző víztípusokból történő mintavételi, vízmintatartósítási és előkészítési ismereteket a terepen is elsajátítsák, valamint, hogy gyors, könnyen kivitelezhető, ugyanakkor elfogadott, szabványos vízvizsgálati módszereket ismerjenek meg.

A víz kitűnő oldószer, oldja a légköri oxigén, nitrogén, szén-dioxid egy részét, továbbá a kén- és nitrogén-oxidok jelentős hányadát. Az ipartelepek, a fosszilis tüzelőanyagok égésével történő energiatermelés helyszínei (erőművek) közelében a csapadék nagyságrendekkel savasabb, mint más térségekben. Csapadék formájában a föld felszínén lefolyó esővíz képes oldani az ott jelen lévő anyagokat. A savas csapadék a kőzetek, a talajszemcsék oldódási folyamatait jelentősen elősegíti. Így a felszíni vizekbe jutó vizes oldat már több oldott anyagot szállít az esővízhez képest. A kémiailag tiszta víz a természetben nem fordul elő. A víz kitűnő oldószer, így ásványi anyagokkal, gázokkal érintkezve oldja azokat. A természetes vizek tehát vizes oldatok vagy szuszpenziók, ami azt jelenti, hogy oldott állapotban és szilárd fázisban egyaránt tartalmazhatnak különféle szervetlen és szerves anyagokat.

Kémiailag legösszetettebb felszíni víz a folyótorkolatok környezetében található, ami az édes és sós víz keveredése (brekish water) eredményeként jön létre. A felszíni vizek

oldhatatlan szilárd anyaga, illetve lebegőanyaga (hordalék) a környezet változásával oldhatókká válhatnak, míg az oldott anyagok csapadék formájában kiválhatnak a vízből.

Szennyezett vizekről akkor beszélünk, ha a felszíni vagy felszín alatti vízben a környezetéből (a medert alkotó kőzetek, talaj, vegetáció) származó beoldódott anyagoktól eltérő minőségű, illetve mennyiségű anyag került a vízbe. Ilyen anyagok megjelenése veszélyekkel, kockázattal jár. A kockázat mértéke megfelelő kísérleti adat birtokában ma már elég jól becsülhető.

A vízszennyezés lehet pontszerű vagy diffúz. Egy ipari üzem szennyvizének bevezetése folyóvízbe pontszerű szennyezés, mivel jól meghatározott az a hely, ahol a szennyezés a folyóba érkezik. A pontszerű szennyezésből származó környezeti problémák könnyen elháríthatók, ha az ipari üzem a megfelelő mértékig a folyóba bebocsátani kívánt szennyvizet előzetesen megtisztítja. Diffúz szennyezés esetén a probléma ilyen módon nem oldható meg. A szennyezés okát ebben az esetben is meg kell keresni, és az adott tevékenységből (intenzív műtrágyázás, közlekedés kipufogógázainak összetétele) származó kibocsátások mérsékelése vagy megszüntetése a feladat.

8.2. Vízminősítés, vízminőségi szabványok, monitoring rendszerek

A vizek minőségének meghatározása sok időt és munkát igénylő feladat. A kísérleti adatok összehasonlíthatósága szükségessé teszi a szabványos vizsgálatok elvégzését. A minőségi kritériumokat nemzeti vagy nemzetközileg elfogadott határértékek (standardok) alapján határozzák meg.

A környezet állapotának, ezen belül a vizek állapotának megismerése alapvető fontosságú. Magyarországon a vízkészletek minőségének ellenőrzése rendszeres jellegű adatgyűjtések, a vízminőségi monitoring vizsgálatok révén valósul meg. A felszíni vizek esetén 109 vízfolyás 240 szelvényéről, illetve 4 állóvíz (Balaton, Fertő-tó, Velencei-tó, Kiskörei-víztározó) vízének minőségét vizsgálják rendszeresen a törzs- és a regionális-hálózati rendszer keretében. Minden évben mintegy 6000 db vízmintának határozzák meg a 30-40 db fizikai, kémiai és mikrobiológiai paramétereit.

A vizeket több szempont, több elv szerint minősíthetjük. Az alábbiakban csak a felszíni vizek minősítésének bemutatására kerül sor.

A felszíni vizek vízminősítése során az ökológiai szemléletű kémiai vízminősítési rendszert alkalmazzák, amely 5 vízminőségi jellemzőből („paramétercsalád”) és 5 vízminőségi osztályból áll. Az ökológiai szemléletben készült MSZ 12749/1993 „Felszíni vizek minősége, minőségi jellemzők és minősítés” címet viselő szabvány foglalja össze a monitoring rendszer mintavételi szelvényeiben (150 kijelölt törzshálózati mintavételi hely) a vizsgálandó paraméterek körét, a vizsgálati gyakoriságot és mérési módszereket, valamint a minősítés elveit. A szabványban elsősorban azokat a vízminőségi jellemzőket foglalták 5 csoportba, amelyek a vízben élő szervezetek élettevékenysége szempontjából meghatározó jelentőségűek.

Ezek alapján a vizsgálandó vízminőségi jellemzők csoportjai a következők:

1. Az oxigénháztartás jellemzői (A): a szerves anyagok mennyiségével, bonthatóságával, a víz oldott oxigéntartalmával, illetve szaprobiológiai állapotával kapcsolatos jellemzőket tartalmazza. A leggyakrabban mért paraméterek az oldott oxigén, a **biokémiai oxigénigény** (BOI), a **kémiai oxigénigény** (KOI) vagy például a **teljes szerves szén** (TOC) mennyisége.

2. A tápanyagháztartás jellemzői (B): között a vízben jelenlévő nitrogén- és foszforformák, illetve klorofilltartalom jellemzőit találhatjuk meg. Ezen adatokból információkat kaphatunk a vizet ért korábbi szennyezések mértékéről és idejéről, a víztestben lejátszódó biológiai folyamatok mértékéről, illetve az eutrofizációs folyamatok mértékéről is. A legfontosabb mért paraméterek: ammónium-N, nitrit-N, nitrát-N, összes foszfor, ortofoszfát-P.

3. A mikrobiológiai jellemzők (C): a vizek mikrobiológiai jellemzésére, fertőzőképességére jellemző mutatókat tartalmazza, illetve következtethetünk a szennyvizekkel történt szennyezettségre is. A vizsgált paraméterek a coliformszám, összes telepszám, fekális streptococcus, salmonella mennyisége.

4. A mikroszennyezők és toxicitás jellemzői (D): csoportot négy alcsoportra osztották, az alcsoportokban a legfontosabb szerves és szervetlen vízszennyezőket találhatjuk:

D1: szervetlen anyagok (pl. higany [Hg], kadmium [Cd], nikkel [Ni], ólom [Pb]),

D2: szerves anyagok (pl. poliaromás szénhidrogének [PAH], poliklórozott-bifenilek [PCB], fenolok, detergensok, kőolajszármazékok, peszticidok),

D3: toxikus anyagok jellemzése: Daphnia-tesztel, csíranövénytesztel, haltesztel,

D4: radioaktív anyagok (pl. összes β -aktivitás, bizonyos radioaktív izotópok mérése).

5. Az egyéb jellemzők (E): csoportjába többek között a kémhatás (pH), a fajlagos vezetőképesség, a hőmérséklet, a zavarosság, a sótartalom vízminőségi mutatói kerültek.

Az általában kéthetenkénti mintavétel alapján a 8.1. táblázatban foglalt vízminőségi jellemzőket vizsgálják a leggyakrabban.

Vízminőségi jellemzők	Mértékegység	Határértékek				
		I.	II.	III.	IV.	V.
		osztály				
A. OXIGÉNHÁZTARTÁS JELLEMZŐI						
Oldott oxigén	mg/l	7	6	4	3	<3
Oxigéntelítettség	%	80-100	70-80 100-120	50-70 120-150	20-50 150-200	<20 >200
Biokémiai oxigénigény (BOI ₅)	mg/l	4	6	10	15	>15
Kémiai oxigénigény (KOI _{ps})	mg/l	5	8	15	20	>20
Kémiai oxigénigény (KOI _k)	mg/l	12	22	40	60	>60
Szaprobítási (Pantle-Buck) index	-	1,8	2,3	2,8	3,3	>3,3
B. TÁPANYAGHÁZTARTÁS JELLEMZŐI						
Ammónium (NH ₄ -N)	mg/l	0,2	0,5	1,0	2,0	>2,0
Nitrit (NO ₂ -N)	mg/l	0,01	0,03	0,1	0,3	>0,3
Nitrát (NO ₃ -N)	mg/l	1	5	10	25	>25
Összes-foszfor	µg/l	100	200	400	1000	>1000
Összes-foszfor*	µg/l	40	100	200	500	>500
Ortofoszfát (PO ₄ -P)	µg/l	50	100	200	500	>500

Ortofoszfát (PO ₄ -P)*	µg/l	20	50	100	250	>250
Klorofill-a	µg/l	10	25	75	250	>250
C. MIKROBIOLÓGIAI JELLEMZŐK						
Coliformszám	i/ml	1	10	100	1000	>1000
D. MIKROSZENNYEZŐK ÉS TOXICITÁS						
D1. Szervetlen mikroszennyezők						
Alumínium	µg/l	20	50	200	500	>500
Arzén	µg/l	10	20	50	100	>100
Cink	µg/l	50	75	100	300	>300
Higany	µg/l	0,1	0,2	0,5	1	>1
Kadmium	µg/l	0,5	1	2	5	>5
Króm	µg/l	10	20	50	100	>100
Króm (VI)	µg/l	5	10	20	50	>50
Nikkel	µg/l	15	30	50	200	>200
Ólom	µg/l	5	20	50	100	>100
Réz	µg/l	5	10	50	100	>100
D2. Szerves mikroszennyezők						
Fenolok (fenolindex)	µg/l	2	5	10	20	>20
Anionaktív detergensok	µg/l	100	200	300	500	>500
Kórolaj és termékei	µg/l	20	50	100	250	>250
D4. Radioaktív anyagok						
Összes β-aktivitás	Bq/l	0,17	0,35	0,55	1,1	>1,1
E. EGYÉB JELLEMZŐK						
pH	-	6,5-8,0	8,0-8,5	6,0-6,5 8,5-9,0	5,5-6,0 9,0-9,5	<5,5 >9,5
Fajlagos vezetőképesség	µS/cm	500	700	1000	2000	>2000
Vas	mg/l	0,1	0,2	0,5	1	>1
Mangán	mg/l	0,05	0,1	0,1	0,5	>0,5
Hőmérséklet	°C	-	-	-	-	-
Átlátszóság vagy zavarosság	m v. NTU	-	-	-	-	-
Halinitás (szalinitás)	mg/l	-	-	-	-	-

* Tározásra vagy állóvizekbe kerülő folyóvizek esetén

8.1. táblázat: A vízminőségi jellemzők és határértékek

(kivonat az MSZ 12749/1993 sz. szabványból)

A 8.1. táblázatban a vízminőségi jellemzők között található olyan komponensek, amelyekre nincsenek határértékek, ezen paraméterek mérése fontos, de az általános minősítés körébe nem tartoznak. A vizsgálati eredmények alapján – a szabvány határértékeinek figyelembevételével – besorolják az adott felszíni vizet az 5 vízminőségi osztály valamelyikébe. A vízminőségi adatok birtokában, az egyes komponensekre adódott érték alapján besoroláskor a vízminőségi osztályok közül a legrosszabbat kell egy-egy jellemző csoporton (A, B, C, D, E csoportok, lásd 8.1. táblázatban szereplő adatokat és színeket is) belül mértékadónak tekinteni. Ennek alapján készülnek az évenkénti vízminőségi térképek.

I. osztály, kiváló víz:	
mesterséges szennyező anyagoktól mentes, tiszta, természetes állapotú víz, amelyben az oldottanyag-tartalom kevés, közel teljes az oxigéntelítettség, a tápanyagterhelés csekély és szennyvízbaktériumot gyakorlatilag nem tartalmaz. Térképen kék színnel jelölik.	
II. osztály, jó víz:	
szennyező anyagokkal és biológiailag hasznosítható tápanyagokkal kismértékben terhelt víz. A vízben oldott és lebegő, szerves és szervetlen anyagok mennyisége, valamint az oxigénháztartás jellemzőinek változása az életfeltételeket nem rontja. A vízi szervezetek fajgazdagsága nagy, egyedszámuk kicsi. Szennyvízbaktérium igen kevés található benne. Térképen zöld színnel jelölik	
III. osztály, tűrhető víz:	
mérsékelten szennyezett víz, amelyben a szerves és a szervetlen anyagok, valamint a biológiailag hasznosítható tápanyagterhelés eutrofizációt eredményezhet. Szennyvízbaktériumok következetesen kimutathatók. Az oxigénháztartás jellemzőinek ingadozása, a szennyezetttség átmenetileg kedvezőtlen életfeltételeket teremthetnek. Az életközösségek a fajok számának csökkenése és egyes fajok tömeges elszaporodása vízszennyezést is előidézhet. Esetenként szennyezésre utaló szag és szín is előfordul. Térképen sárga színnel jelölik.	
IV. osztály, szennyezett víz:	
külső eredetű szerves és szervetlen anyagokkal, illetve szennyvizekkel terhelt, biológiailag hozzáférhető tápanyagokban gazdag víz. Az oxigénháztartás jellemzői tág határok között változnak, előfordul az anaerob állapot is. A baktériumszám magas, a víz zavaros, színe változó. A biológiailag káros anyagok koncentrációja esetenként a krónikus toxicitásnak megfelelő értéket is elérheti, ami kedvezőtlenül hat a magasabb rendű vízi növényekre és a többsejtű állatokra. Térképen piros színnel jelölik.	
V. osztály, erősen szennyezett víz:	
különbféle eredetű szerves és szervetlen anyagokkal, szennyvizekkel erősen terhelt, esetenként toxikus víz. Szennyvízbaktérium-tartalma közelít a nyers szennyvizekhez. Az oxigénhiány, a biológiailag káros anyagok az életfeltételeket korlátozzák. A víz zavaros, bűzös, színe jellemző és változó. A bomlástermékek és a káros anyagok koncentrációja igen nagy, a vízi élet számára elviselhetetlen. Térképen fekete színnel jelölik.	

8.2. táblázat: A vízminőségi osztályok és jellemzőik

(kivonat az MSZ 12749/1993 sz. szabványból)

A térképek összevetésével követhetők a változások az egyes vízfolyásokat illetően. A vízminőségi osztályok jellemzőit a 8.2. táblázat tartalmazza. Az egy-egy felszíni vízre kapott, az öt vízminőségi jellemző csoporteredményeket 1:1 000 000 méretarányú térképeken ábrázolják. A térképeken a grafikus ábrázolás során a vízfolyás irányának megfelelően mindig bal oldalon, a legelső helyen az A, majd a B, C, D és legvégül (a folyásiránynak megfelelően már jobb oldalon) az E vízminőségi jellemzőnek megfelelő szint tüntetik fel.

8.3. Vizsgálati módszerek

8.3.1. A helyszíni vizsgálatok alapjai

A felszíni vizek kémiai vizsgálatai szükségessé teszik, hogy mintát vegyünk a vizsgálandó víztestből, hiszen az egész víztest nem vizsgálható. A vízmintavétel, mint a vizsgálatok jelentős része, rögzített feltételek teljesítése esetén vezet megbízható eredményekhez, ezért a vízmintavételi mód és a vizsgálatok is ma már szabványban rögzített körülmények között történnek. A mintának lehetőleg a teljes vizsgálandó víztestre nézve reprezentatívnak kell lennie azzal a kiegészítéssel, hogy a mintavétel és az analízis közötti időtartam alatt a minta összetétele ne változzon meg. Ezt a feltételt megfelelő mintavételi eszközökkel, a víz-minta megfelelő kezelésével, tartósításával érhetjük el.

A vízvizsgálatok, illetve már a mintavétel előtt rögzíteni kell a mintavétel célját, hiszen ez meghatározza a mintavétel és a vízvizsgálat eredményességét. A mintavételi cél függvényében alakítható ki a mintavétel pontos helye, a mintavétel gyakorisága, a mintavétel időtartama, illetőleg azok az eljárások, amelyeket a végzendő analitikai vizsgálatok érdekében a mintán végre kell hajtani. A vizsgálatokat annak megfelelően kell megválasztani, hogy milyen pontossággal kívánjuk azokat elvégezni, illetve milyen pontosságú eredményekre van szükség. Ebben a fázisban kell arra is tekintettel lenni, hogy az eredményeket milyen formában kell majd megadni, például átlagadatra van szükség, vagy a minimum- és a maximumértékek ismerete a cél, esetleg az adatok szórásának számítására is sor fog kerülni.

8.3.2. A mintavétel célja

A mintavétel célja lehet: a vízminőség ellenőrzése, a vízminőség jellemzése (hosszú távú trendek meghatározása érdekében), a vízszennyezést okozó források feltárása. Természetesen ezek a célok nem különülnek el egymástól és sok esetben átválthatók egymásba.

A vízmintavétel gyakorlatában mintavételi programokat terveznek. A mintavételi program, olyan mintavételi pontok tervezése, ahol a vizsgálat célja a vízminőség-ellenőrzés és a vízszennyeződés forrásainak azonosítása, amely kiegészülhet a fenéküledék és az iszap vizsgálatával is. A mintavételi program kialakítása előtt kell rögzíteni a meghatározandó paramétereket és a meghatározásukra vonatkozó analitikai módszereket is. Ezek ismerete szükséges a mintavételhez és az azt követő minta-előkészítési, tartósítási módszerek is. A komplex mintavételi programok kialakításakor sok esetben tájékoztató vizsgálatokat szoktak végezni, mielőtt a végleges vízmintavételi program kidolgozásra kerül. Helyi információk (korábbi szennyezésekre vonatkozó információk, jelenlegi terhelések azonosítása) begyűjtése, rendszerezése sokat segít a feladat megoldásában.

A kitűzött cél elérése érdekében a mintavétel gyakorisága azt kívánná, hogy sok alkalommal kerüljön sor mintavételre és azok vizsgálatára. Ez a tevékenység azonban igen idő-

munka- és költségigényes. A költségek különösen megnőnek akkor, ha folyamatos vizsgálatokra (monitoring vizsgálat) van szükség.

A mintavétel nem okozhat változást a vizsgálandó vízminőségi jellemző értékében. Nagy gondot kell fordítani arra, hogy a mintavétel és a laboratóriumi vizsgálatok közötti időtartam alatt a vízminta összetétele ne változzon meg. Az átlagminták jól jellemzik a vizek átlagos összetételét, de nem adnak felvilágosítást arról, hogy a mintavétel időtartama alatt milyen vízminőségi változások következtek be. Amennyiben a változások ismerete a cél, ebben az esetben nem átlagminták vizsgálatát kell végezni.

8.3.3. A mintavétel helye

Mintavételkor a balesetvédelmi rendszabályokat maradéktalanul be kell tartani. Ez vonatkozik a mintavételi hely kiválasztására, a mintavétel folyamatára és a minta kezelésével kapcsolatos eljárások egész sorozatára egyaránt. A nem biztonságos mintavételi helyeket el kell kerülni.

A vízminőségi vizsgálatok általában szükségessé teszik a vízmennyiség mérését, az áramlási viszonyok ismeretét is a mintavételi helyeken. A mintavételi helyek kijelölése a partron rögzített pontokhoz való viszonyított helymegjelölés alapján lehetséges, de célszerű a térképi pontok alapján megjelölt helyek beazonosítását követően meghatározni a mintavételi pontokat a terepen. A tájékozódást ebben az esetben is segítik a GPS-eszközök.

Helyes eredmény kaphatunk, ha a mintát olyan helyen vesszük, ahol az áramlás turbulens. Ez nem vonatkozik olyan mintavételre, amikor oldott gázok és illékony anyagok meghatározása a cél, mert a létrehozott turbulencia megváltoztathatja azok koncentrációját. Az áramlás jellegének megváltozására minden esetben figyelemmel kell lenni. A lamináris áramlás turbulenssé válhat, ami nem kívánt esetben hosszanti visszakeveredést idézhet elő. Szuszpendált anyag jelenléte esetében célszerű mintavételkor a turbulens áramlást fenntartani, ami a részecskék méreteloszlásában változást idézhet elő, ha a mintavételhez hosszabb időre van szükség.

Az időjárási tényezőknek fontos szerepe van a vizek minőségére, ezért mintavételkor fel kell jegyezni, és az eredmények értelmezéskor figyelembe kell venni azokat.

A mintavételi helyeket úgy kell kiválasztani, hogy a minták reprezentatívak legyenek, ahol lehetőleg ismert a vízhozam is. Tavak esetén a víztestben termikus rétegződések lehetnek (kivéve a tavaszi és őszi keveredett víz), amelyeknek módosító hatásuk lehet. Mintavételkor a vízmélységet is figyelembe kell venni, értékét fel kell jegyezni. Vízáadó rétegből történő mintavétel esetén a kutat, illetve fűrt nyílást megfelelően ki kell tisztítani, mert a pangó, állott víz nem a víztest sajátosságait mutatja. A vízmintavétel során elengedhetetlenül szükséges a vízmintavételi adatlap kitöltése (8.5. fejezet).

8.3.4. A mintavétel gyakorisága

A mintavétel gyakoriságának megválasztásakor szintén gondosan kell eljárni. Túl sok minta megnöveli a költségeket és a munkát, változó vízminőség esetén a kevés számú mintából származó kísérleti adatok elégtelennek bizonyulhatnak a tényleges változás nyomon követésére.

A mintavétel célja és ezzel együtt a mintavételi programok típusa három csoportba sorolható:

– minőség-ellenőrzés (több komponens koncentrációjának ellenőrzése megadott határértékek között)

- minőségjellemzés (a komponensek koncentrációállandóságát vagy változékonyságát jellemző adatok: átlag, szórás meghatározása),
- szennyezőforrás meghatározása (a jellemző komponens meghatározása, kellően gyakori mintavétellel).

Bármelyik cél érdekében kívánunk kísérleteket végezni, a munka megkezdése előtt ezt tisztázni kell.

8.3.5. *A mintavétel időtartama, a minta előkészítése*

A mintavétel történhet pontszerűen (pontminta), illetve a megfigyelés időtartama alatti átlagminta készítésével. Középiskolai és egyetemi terepgyakorlatok során pontszerűen vett vízminták vizsgálatára kerülhet csak sor. Ez azt jelenti, hogy a rendelkezésre álló mintavevő eszközt a kijelölt helyen (vizsgálati hely) egyszeri meritéssel megtöltjük. Az így kapott vízminta kezelése, tárolása, azonnali felhasználása az előre elhatározott alkalmazott módszer függvénye. Minden mintavétel előtt pontosítani kell a minta-előkészítési műveleteket annak érdekében, hogy a további vizsgálatok során helyes eredményt kaphassunk. Egyes vizsgálatokat a mintavételt követően azonnal el kell végezni (kémhatás, oldottoxigén-koncentráció meghatározása), más esetben a mintát tartósítani kell (savanyítani kell a mintát a kémiai oxigénigény meghatározásához).

Mintavevő eszközök (programozható, több minta befogadására alkalmas berendezések) segítségével időátlagos, áramlással arányos átlagminta készíthető. Ezek alkalmazására ma már igen sok mintavételi program keretében kerül sor.

Ciklikus vízminőség-változás naponkénti, hetenkénti és évenkénti változással fordulhat elő. Ilyen esetben a mintavétel időpontjának megválasztásánál gondosan kell eljárni.

Bizonyos esetekben csak az oldott komponensek meghatározása a vizsgálat feladata, ezért a mintavételt követően az oldhatatlan, szilárd fázist el kell választani a vizes fázistól, a mintát meg kell szűrni. A gyakorlatban legelterjedtebb szűrőpórusméret a 0,45 μm .

Folyamatosan üzemelő kútból legalább 5 perces folytatás után szabad vízmintát venni. Vízminőségi észlelőkútból (figyelőkút) történő mintavétel előtt tisztító szivattyúzást kell végezni úgy, hogy háromszoros víztérfogatot kell kitermelni.

Amennyiben a minta vizsgálatára nem kerül sor a helyszínen, akkor előírás szerint 24 órás tárolás 4 °C-on lehetséges, míg a hosszabb tároláshoz fagyasztásra (-20 °C) van szükség. A minta felolvadásakor azonban, ha a visszaoldódás egyes komponensek esetében nem tökéletes, akkor a vizsgálatok helytelen eredményre vezethetnek. A minőségellenőrzési eljárások ma már szükségessé teszik a párhuzamos minták vizsgálatát, vakminták vagy hozzáadott komponenset tartalmazó minták vizsgálatát is.

A mintavétel körülményinek dokumentálása, mintavételi adatlap kitöltése elengedhetetlen!

8.3.6. *A mintavétel eszközei*

A mintavételkor csak tiszta edényt (műanyag flakon, műanyag vödör, üvegpohár vagy palack) szabad használni. A mintavevő vagy a mintatartó edényben nem változhat meg a víz összetétele, nem léphet fel veszteség sem az edény falán történő adszorpció, sem párolgás következtében. A minta idegen anyaggal nem szennyeződhet el. A legtöbb esetben célszerű a vizsgálandó vízzel átöblíteni a mintavevő edényt, kivéve akkor, ha erre a vizsgálat előírása szerint nem kerülhet sor. A mintatartó edénynek könnyen tisztíthatónak, sima felületűnek kell lenni. Oldott gázok vagy a levegővel való érintkezéstől megváltozó komponensek vizsgálatára vett minták tárolására speciális edények szükségesek. Felszíni víz-

mintákat legegyszerűbben vödörrel vagy széles szájú palackkal vehetünk úgy, hogy a víztestbe engedést követően a megtelt edényt kiemeljük. Sekély vízfolyások esetén az üledék felkeveredése, mélyebb vízfolyásoknál, tavaknál a víz esetleges rétegződése hibát okozhat mintavételkor. Szennyvízből történő mintavételkor a biztonsági és egészségügyi rendszabályokat is be kell tartani.

8.4. A terepi mérések és a mérési feladat leírása

A terepi vízvizsgálatokhoz számos eszköz áll rendelkezésünkre (pH-mérők, konduktométerek, tesztkészletek, hordozható spektrofotométerek). Terepi vizsgálatok során széles körben elterjedtek a gyors és egyszerűen használható tesztpapírok, illetve folyadék- vagy szilárd reagenst alkalmazó tesztkészletek. A reagensek hozzáadására kialakuló színt a tesztkészletek kiértékelő színskálája segítségével könnyen koncentrációvá tudjuk váltani. A koncentráció mérésének egyik legpontosabb módja a fényelnyelés (abszorbancia) mérése spektrofotométerrel, amelynek használata mára már terepi körülmények között is megoldott.

A vizsgálatok során tapasztaltakat, jellemző körülményeket, illetve a mért eredményeket jegyezzük fel a vízmintavételi adatlapon, illetve a vízvizsgálati adatlapon. A vízmintavételi adatlapot a mintavételkor, míg a vízvizsgálati adatlapot a vízminta minősítési vizsgálati során kell kitölteni. Az adatlapok a *Függelék*ekben találhatóak.

8.4.1. A vizek fizikai, fizikai-kémiai tulajdonságainak vizsgálatai

A víz színének vizsgálata

A vizsgálandó víz színét a mintavétel után a mintán áteső fényben határozzuk meg. Ha a vízminta zavaros, lebegő anyaggal terhelt, akkor szűrővel távolítsuk el a lebegő anyagot, majd az áteső fényben határozzuk meg a minta színét.

A víz színét a vízben oldott kémiai komponensek okozzák. Tiszta víz gyakorlatilag színtelen, nagy tömegben kék színű. Az oldott vasvegyületek sárgás, sárgás-barna elszíneződést, míg a huminanyagok barna, sötétbarna színt okoznak. Bizonyos tavak fehéres árnyalatú színét a kolloidális kalcium-karbonát eredményezi. Bizonyos esetekben zöldes színt jelez a tömegesen elszaporodott plankton (bioindikátor).

A víz szagának vizsgálata

A mintavételt követően szagoljuk meg a vízmintát, ezután enyhén megmelegítve ismételjük meg.

A vizek szagát az oldott komponensek okozzák. A minta jellemzésére az alábbi kifejezéseket használják: szagtalan, földszagú, kellemetlen szagú, szúrós szagú (ammóniás), záptojás szagú (kén-hidrogén).

A víz hőmérsékletének mérése

A minta hőmérsékletének mérését higanyos hőmérővel 0,1 °C-os pontossággal végezzük a mintavétel helyszínén. A levegő hőmérsékletének meghatározása is javasolt. A laboratóriumba szállított vízmintával végzendő további vizsgálatok előtt minden alkalommal a minta hőmérsékletét újra meg kell határozni. A vízminta minősítésére csupán az a hőmérsékletadat használható, amit a mintavétel során mértek. A laboratóriumban mért hőmérsékletadatok csak segédparaméterként használhatók, például a fajlagos vezetőképesség meghatározásakor.

A víz átlátszóságának vizsgálata

Az átlátszóság vizsgálatát a Secchi-koronggal végezhetjük. Ez a könnyen, saját magunk által is kivitelezhető eszköz egy 20 vagy 30 cm átmérőjű, fehér-fekete cikkekre osztott műanyag vagy fémlap, amelyet osztással ellátott rúdon vagy zsinegen felfüggesztve lebozsátunk a víztestbe egészen addig, amíg el nem tűnik a szemünk előtt a fehér-fekete színezés. Az ekkor leolvasott mélység a Secchi-átlátszóság. A vizsgálatot lehetőleg magas napállásnál végezzük.

A természetes vizekben tapasztalt alacsony fényáteresztő képességet (átlátszóságot) a vízben élő planktonszervezetek, a folyók által szállított vagy felkavarodott talaj-, üledékrészecskék, illetve szennyeződések okozzák. A Secchi-korong ugyanakkor csak durván tájékoztat a fényáteresztés mértékéről, de ugyanabban a tóban elég jó összefüggés van a víz fényelnyelése és a Secchi-átlátszóság között. Ne felejtjük el, hogy a vízbe jutó fénynek fontos szerepe van, illetve hatással van a biológiai felépítő folyamatokra (produktivitás), az élőlények elterjedésére, életritmusára, illetve a víztest rétegződésére (eltérő sűrűség miatt) és a vízben fellépő áramlásokra is.

A víz zavarosságának vizsgálata

A zavarosság a vízben lévő részecskék fényelnyeléséből és fényszórásából áll. A zavarosságot okozó szuszpendált szerves és szervetlen anyagok mellett élő szervezetek (mikroorganizmusok, plankton) is okozhatják a víz zavarosságát. A zavarosságot meghatározhatjuk fényelnyelésméréssel, ekkor fotometriks zavarosság (FTU) egységekben mérjük, illetve fényszórásra visszavezetett módszerrel, akkor nefelometriás zavarosság (NTU) egységben adják meg. Terepi körülmények között egy tiszta kémcsőbe vagy mérőhengerbe töltött vízmintán átnézve megállapítjuk a minta zavarosságát. A minta jellemzésére a kristálytiszta, az opálosan áttetsző, az opálos, a kissé zavaros, a nagyon zavaros kifejezéseket használhatjuk.

A vizek fajlagos vezetőképességének meghatározása

A vizek fajlagos vezetőképességének meghatározásával tájékoztatást kaphatunk a vizek elektrolit- (disszociálni képes, elsősorban szervetlen komponensek) mennyiségéről. A vezetőképesség az oldat elektromos ellenállásának a reciproka. A vezetőképességet két, egyenként 1 cm² felületű, egymástól 1 cm távolságú elektród közötti oldatra vonatkoztatják. A vezetőképesség az oldat hőmérsékletétől, az oldat összetételétől (kationok és anionok minőségétől) és koncentrációjuktól függ. A fajlagos vezetőképesség mértékegysége a $\mu\text{S}/\text{cm}$.

A víz fajlagos vezetőképességét konduktométerrel határozzák meg. A fajlagos vezetőképesség mérésével egyidejűleg mindig mérni kell a vízminta hőmérsékletét is, mert csak az azonos hőmérsékletű vízminták vezetőképességei hasonlíthatók össze. A mért vezetőképességi értéket át kell számolni 20 °C-ra, illetve a készülékállandóval is korrigálni kell. A korrekciók figyelembevételével, 20 °C-ra kell megadni a vízminta fajlagos vezetőképességét. Bizonyos készülékek a vízminta hőmérsékletét automatikusan mérik, korrigálják a mért eredményt, ezeknél további korrekcióra természetesen nincs szükség. A modern készülékek a fajlagos vezetőképesség mérése során, belső korrekciók segítségével, a minta közelítő sótartalmát (‰) is mérik.

A vizek kémhatásának meghatározása

A vizek pontos kémhatását a mintavételt követően kombinált üvegelektroddal és mérőműszerből álló pH-mérő berendezéssel mérhetjük. A készülék használati útmutatójában leírtak figyelembevételével határozzuk meg a vízminta kémhatását. A pH-mérő műszereket

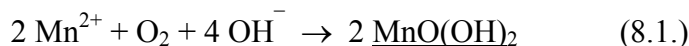
mérés előtt ismert kémhatású pufferoldatokkal kalibrálni kell. A kalibrált elektródot egyszerűen, közvetlenül a vízfolyásba vagy a kivett mintába merítjük. Ha a digitális kijelzőn megjelenő számérték 1 perc elteltével nem mutat változást, akkor a kémhatást elfogadjuk és feljegyezzük. Az elektródot a mérést követően desztillált vízzel le kell öblíteni és a következő mérésig desztillált vízben kell tartani. Bizonyos készülékek a vízhőmérsékletet, a fajlagos vezetőképességet és a kémhatást egyszerre képesek mérni. Tájékoztató vizsgálatokat pH-tesztpapírokkal végezhetünk.

A vizek kémhatásának ismerete elengedhetetlen fontosságú információ az ökológiai egyensúly fenntartása, a további vízkezelés, illetve a felhasználás érdekében. A kémhatást számszerűen a pH-val fejezzük ki. A **pH** az oxóniumion koncentrációjának (valójában aktivitás) tízes alapú negatív logaritmus. A felszíni vizek kémhatása általában semleges vagy enyhén lúgos a benne lejátszódó sokféle kémiai folyamat eredményeképpen. Ezek a reakciók elsősorban lúgos vagy savas hidrolízis, disszociáció, komplexképződés. A víz ionszorzból következően a tiszta víz kémhatása semleges, 7-es. A gyenge savak erős bázissal képezett sóinak (pl. NaHCO_3) hidrolízisekor a reakcióelegy **pH**-ja nő, míg erős savak gyenge bázissal képezett sói (pl.: NH_4Cl) hidrolízise esetén az elegy pH-ja csökken. Természetes vizekben ilyen típusú vegyületek eltérő mennyiségben mindig megtalálhatók, így meghatározva a víztest kémhatását. A reakciók következtében kialakult kémhatás kísérletileg, pH-papírral vagy elektrokémiai úton határozható meg.

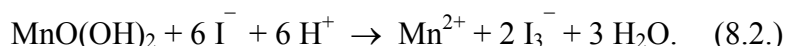
8.4.2. A vizek kémiai tulajdonságainak vizsgálatai

Oldott oxigén meghatározása

Az oldott oxigén koncentrációja meghatározható klasszikus térfogatos elemzéssel (Winkler-módszer), illetve elektrokémiai úton is. A térfogatos elemzés lényege, hogy a mangán(II)ion (Mn^{2+}) lúgos közegben reakcióba lép az oldott oxigénnel, miközben pelyhes Mn(IV) -oxihidroxid csapadék válik ki:



A nitrátionok zavaró hatásának kiküszöbölésére azidot adnak a reakcióelegyhez. Savas közegben a jodidionból a mangán(IV)ion jódot szabadít fel és a kivált csapadék is feloldódik. Az alábbi egyenlet foglalja össze a lejátszódó folyamatot:



A kiváló jód (I^- jelenlétében I_3^-) nátrium-tioszulfát mérőoldattal titrálható az oldat elszíntelenedéséig, illetve keményítő indikátor alkalmazásakor a jóddal képzett kék szín elszíntelenedéséig. A titrálási eredményből az oldott oxigén koncentrációja kiszámítható. A mintavételhez a Winkler-palackot használják, ennek hiányában brómozólombikot is használhatunk.

Az oldott oxigén koncentrációja meghatározható elektrokémiai úton is membránelektrod alkalmazásával. Az elektród bemerítését követően a kijelzőn megjelenő koncentráció O_2 mg/dm^3 -ben vagy a telítettség %-ban olvasható le. A hőmérséklet, a légnyomás és az oldott sótartalom ismeretében a modern készülékek ezeket automatikusan korrekcióba képesek venni. Kiegészítő tartozékok birtokában a berendezés alkalmassá tehető biokémiai oxigénigény meghatározására is.

A felszíni vizek a levegő–víz határfelület mentén folyamatosan érintkeznek levegővel. A levegő, így a benne lévő oxigén, nitrogén és szén-dioxid is oldódik vízben. A felszíni vízben oldott oxigén biztosítja az aerob mikroorganizmusok és a magasabb rendű élőlények élette-

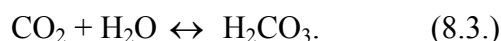
vékenységéhez szükséges feltételeket. Oxigén hiányában ezek az élőlények elpusztulnak. Minden olyan anyag, ami reakcióba képes lépni a vízben oldott oxigénnel, kedvezőtlen körülmények kialakulásához vezethet.

A kommunális szennyvíz oldott és oldhatatlan szervesanyag-tartalma – ha a szennyvíz felszíni vízbe vezetik – a heterotróf szervezetek elszaporodását eredményezi. Ezek a szervezetek aerob élőlények és élettevékenységük során a tápanyag lebontása közben oxigént fogyasztanak. Nagy koncentrációban való jelenlétük jelentős oxigénfogyasztással jár, így előállhat olyan eset is, hogy a felszíni vízből elfogy az oldott oxigén (az utánpótlás abszorpcióval nem fedezi az oxigén fogyását, így az egyensúly felborul). A vizek állapotának meghatározásakor igen fontos az oldott oxigén koncentrációjának, az oxigéntelítettség mértékének ismerete is.

Általában 4-5 mg/dm³ oldott oxigén-határkoncentrációt jelent, míg egyes halfajták 8–15 mg/dm³ oldott oxigént igényelnek. Az oldott oxigén-koncentráció változik többek között a vízmélységgel, az áramlási sebességgel, a hőmérséklettel, ezért egy vízminta elemzése általában nem jellemzi az egész víztestre vonatkozó állapotot.

Oldott szén-dioxid meghatározása

A vízben a szén-dioxid igen jól oldódik. A levegőben lévő szén-dioxid fizikai oldódását követően az oldott CO₂ reagál a vízzel az alábbi reakcióegyenlet szerint:



Az oldott szénsav koncentrációja függ a légköri nyomástól és a környezet hőmérsékletétől. Azt a szén-dioxid-koncentrációt, ami egyensúlyban van a légköri szén-dioxid parciális nyomásával, járulékos szénsavnak nevezik. Az ezen felül oldott szén-dioxid az agresszív szénsav, ami korróziót idéz elő.

A szénsav ionjaira disszociál a közeg pH-jától függően:



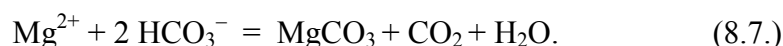
Az így kialakult rendszer puffer rendszert alkot. A fenti egyenletek a globális szén-ciklusban is meghatározó szerepet játszanak.

Vízmintánk oldott szén-dioxid-tartalmát akár terepi körülmények között is egyszerű sav-bázis titrálással meghatározhatjuk, nátrium-hidroxid (NaOH) mérőoldattal univerzál indikátor mellett.

Összes keménység meghatározása

A természetes vizekben eltérő mennyiségben található oldott sók. A sók a vízben ionjaikra esnek szét (disszociálnak). A vizekben leggyakrabban előforduló kationok: Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, Fe²⁺. Az anionok közül a Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, CO₃²⁻, SiO₃²⁻.

A vizek keménységét a kalcium- (Ca²⁺) és magnéziumionok (Mg²⁺) alkotják. A Ca²⁺ és a Mg²⁺ ionokhoz leggyakrabban hidrogén-karbonát (HCO₃⁻), klorid- (Cl⁻), szulfát- (SO₄²⁻) ionok társíthatók. A hidrogén-karbonátok forralás hatására úgy bomlanak, hogy az oldatból szén-dioxid távozik és a Ca²⁺ és a Mg²⁺ ionok csapadékképződéssel kiválnak az oldatból:



A kalcium- és magnéziumionoknak azon mennyiségét, amelyek forralással eltávolíthatók a vízből, változó (karbonát-) keménységnek nevezik. A vízben oldott kalcium- és magnéziumionoknak az egyéb anionokhoz (klorid-, szulfátion stb.) rendelhető részét állandó (nemkarbonát-) keménységnek nevezik. A változó és az állandó keménység együttesen adja az összes keménységet.

A hazai gyakorlatban a vizek keménységét német keménységi fokban (nK°) fejezik ki (8.3. táblázat). Egy nK° 10 mg kalcium-oxiddal egyenértékű kalcium- és magnéziumsónak felel meg 1 dm^3 vízben. Megadhatjuk mg CaO/dm^3 egységben ($1 \text{ mg CaO}/\text{dm}^3$ keménységű víz 1 dm^3 -ében 1 mg CaO -dal egyenértékű kalcium- és magnéziumsó van), illetve mmol CaO/dm^3 egységben is ($1 \text{ mmol CaO}/\text{dm}^3$ keménységű víz 1 dm^3 -ében 1 mmol CaO -dal egyenértékű kalcium- és magnéziumsó van).

Megnevezés	nK°
Nagyon lágy	0–4
Lágy	4–8
Közepesen kemény	8–12
Elég kemény	12–18
Kemény	18–30
Igen kemény	> 30

8.3. táblázat: A vizek minősítése keménység szerint

Az adott földtani közeg meghatározza a természetes vizek keménységét. Karsztos területen feltörő források vize gyakran kemény víznek minősül. Ilyen vízben nehéz mosni, mivel a szappant alkotó zsírsavak kalciumsói rosszul oldódnak a vízben, a mosógépek működtetése vízlágyító szerek alkalmazását teszi szükségessé.

Az összes keménység meghatározásának elve, hogy a Ca^{2+} és Mg^{2+} ionok ammónia – ammónium-klorid pufferes közegben komplex vegyületet képeznek etilén-diamin-tetraecetsav mérőoldattal (EDTA). Ekkor eriokrómfekete-T indikátor jelenlétében komplexometriás titrálással mennyiségük meghatározható. Széles körben alkalmazható tesztkészletek és tesztpapírok is megbízható eredményt adnak.

Lúgosság

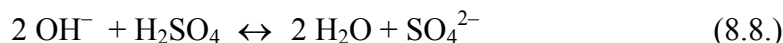
Lúgosságnak a vízben jelen lévő, savval reakcióba lépő anyagok (OH^- , HCO_3^- és CO_3^{2-}) összességét nevezzük. Ez a sajátosága a vizeknek különösen fontos, mert a víz pufferkapacitását biztosítja, azaz a víz kémhatása nem változik meg jelentősen savak, illetve lúgok hozzáadásakor mindaddig, míg a pufferkapacitás azt lehetővé teszi. A legfontosabb ezek közül az ionok közül a hidrogén-karbonát- és a karbonátion. Abban az esetben, ha a talajt alkotó kőzet a mészkő vagy a dolomit, akkor a vizeknek mindig van pufferkapacitása. Magyarországon a meghatározó kőzet a mészkő, így felszíni vizeink nagy részének van pufferkapacitása. Az ivóvíz nyerésére alkalmas felszín alatti vizek 200–1000 mg/dm^3 koncentráció között tartalmazznak HCO_3^- iont.

Ha a gránit a meghatározó kőzet, akkor a savas esők igen komoly károkat okozhatnak a felszíni vizekben élő szervezetekben, mivel lúgosság hiányában a vizek kémhatása 4-es pH alá is lecsökkenhet.

A lúgosságnak két típusát különböztetik meg: fenoltaleines (p-) lúgosság és a (összes-vagy) metilvörös-lúgosság (m-lúgosság). A fenoltalein-lúgosság fenoltalein indikátor

alkalmazásával (8,3-as pH-ig) megállapított lúgosság. A metilvörös-lúgosság metilvörös indikátor alkalmazásával (4,5 pH-ig) megállapított lúgosság.

Ha a víznek van p-lúgossága, akkor nagy valószínűséggel ipari eredetű szennyezés vagy intenzív algaműködés következtében megnőtt a hidroxidionok (OH^-) koncentrációja a vízben. Az alábbi reakcióegyenlet szerint kénsavval való titráláskor:

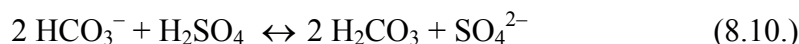


víz keletkezik és az alkalmazott fenolftalein indikátor pH = 8,3 értéknél színt vált. Ha karbonátionok (CO_3^{2-}) is vannak a vízben, akkor a



szerinti reakció esetén a mért p-lúgosság a hidroxid és a hidrogén-karbonát ionok általi lúgosság értékét adja együttesen, és az indikátor pH = 8,3 értéknél vált színt. Innen ered a p-lúgosság megnevezés.

A vizeknek akkor van m-lúgossága, ha hidrogén-karbonát- és karbonátionok (HCO_3^- és CO_3^{2-}) találhatóak a vízben. Az alábbi reakcióegyenlet szerint kénsavval való titráláskor az alábbi reakció szerint:



szénsav keletkezik, és a metilvörös indikátor pH = 4,5 értéknél vált színt. Innen ered az m-lúgosság megnevezés. A jobb átcsapási szín észlelése érdekében keverékindikátort (brómkreozöld és metilvörös) is alkalmaznak. A lúgosság értékét egyértékű ionra számolva mmol/dm^3 egységben adják meg.

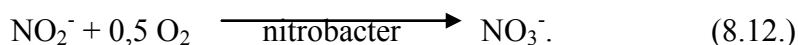
Nitrogéntartalmú vegyületek vizekben

A nitrogénvegyületek formái. A vizekben a nitrogén öt különböző formában fordul elő: elemi, szerves, ammónia-, nitrit- és nitrátnitrogén formában. A levegő egyik komponense, az elemi nitrogén (N_2) kismértékben oldódik vízben. Elemi nitrogén a nitrogénvegyületek denitrifikációja (a nitrácion redukciós folyamata) útján is kerülhet a vízbe. A szabad ammónia- és ammóniumion-koncentráció ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$) a kémhatás és a hőmérséklet függvénye. A természetes vizekben az ammóniumion jelenléte a szerves nitrogénvegyületek bomlásának eredménye, így a szerves szennyezések egyik fontos mutatója. A hazai szennyvíztisztítás helyzetéből adódóan jelentős ammóniumszennyezés éri természetes vizeinket.

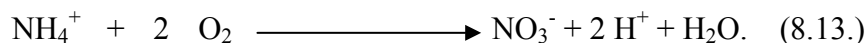
A vízben a mikrobiális folyamatoknak köszönhetően az elhalt növényi és állati sejtek bomlása során a szerves vegyületekben kötött nitrogénből először ammóniumion képződik (ammonifikáció), amely a mikroorganizmusok nitrifikációs folyamatai révén először egy lassú folyamatban nitritionná (NO_2^-), majd gyorsan lejátszódó reakció során nitrácionná (NO_3^-) oxidálódik. A nitritiont a levegő oxigénje is nitrácionná tudja oxidálni.

A már évtizedek óta alkalmazott intenzív műtrágyázás és a csatornázatlanság következtében a felszíni és különösen a felszín alatti vizek közül a talajvíz nitrácion-koncentrációja jelentősen megemelkedett. A magasabb nitrácion-koncentrációjú víz esetén csecsemőknél a methemoglobinémia betegség („kék kór” fulladásos halállal jár) kockázata megnő 6 hónapos kor alatt.

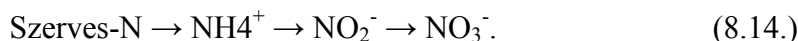
A nitrácion nem kötődik a talajszemcsékhez, a talajvízzel, a csapadékkal való bemosódás következtében bekerülhet a felszíni vízbe is. Magas nitrácion-koncentráció esetén a felszíni vizek tápanyagháztartásában kedvezőtlen változásokkal is számolnunk kell. A nitrifikáció lépései:



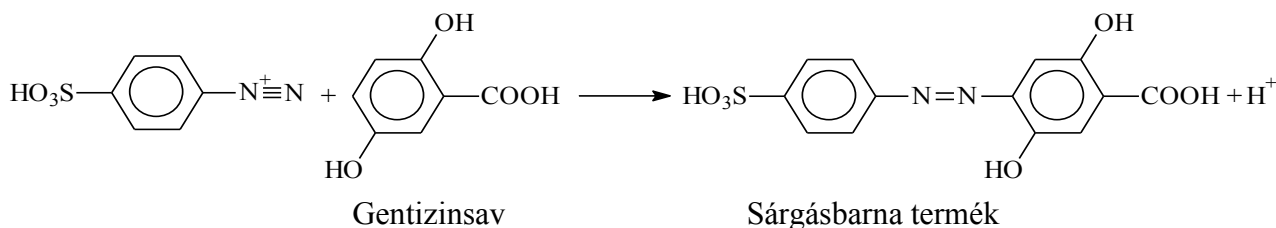
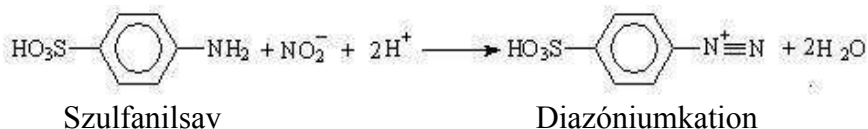
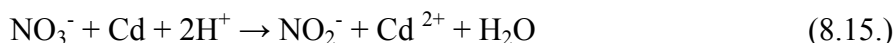
A nitrifikáció egyesített egyenlete:



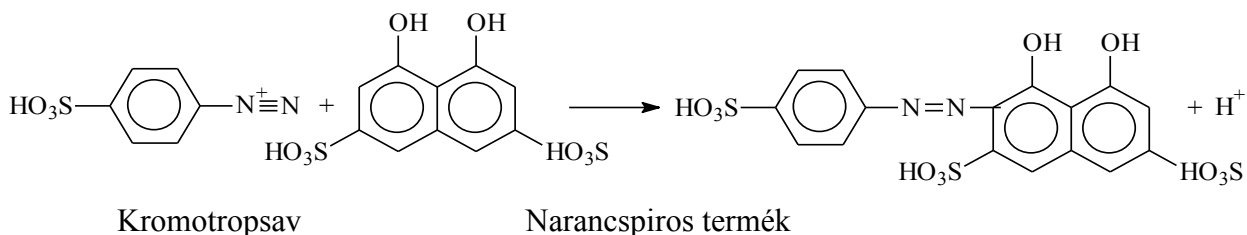
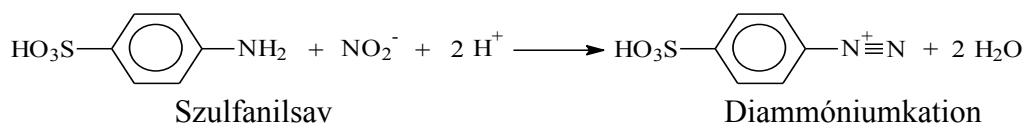
A nitrogénformák közötti kapcsolat összefoglalva:



A nitrátion meghatározása. A nitrátion meghatározását is sokféle eszközzel végezhetjük (tesztpapírok, tesztkészletek, spektrofotometriás mérés). Mindegyik módszer alapja, hogy fém kadmium jelenlétében a nitrátion nitritionná redukálódik, amely savas közegben szulfanilsavból annak diazóniumsóját szabadítja fel. A diazóniumkation gentizinsavval sárgásbarna színű vegyületté alakítható:

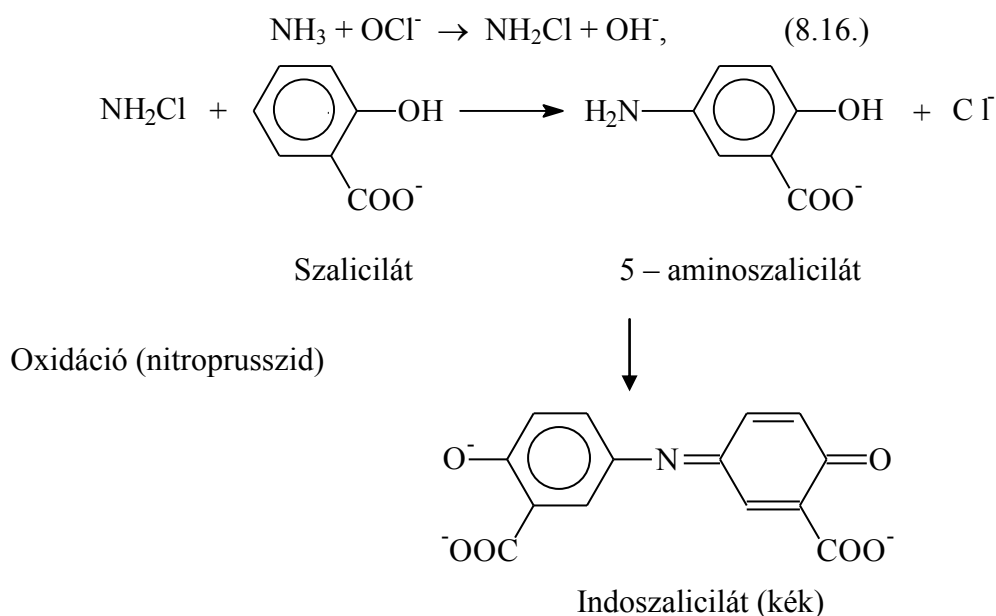


A nitritionok meghatározása. A minta nitrition-tartalmának meghatározásának elvét a következő reakcióegyenletek fejezik ki:



A széles körben alkalmazható tesztkészletekkel és tesztpapírokkal könnyen elvégezhetjük a mérést. Kalibráció után alkalmazhatunk hordozható spektrofotométert is.

Az ammóniumionok meghatározása. A meghatározás alapja, hogy az ammóniából hipoklórossavval klór-amin képződik, amely szalicilsavval reagálva 5-aminoszaliciláttá alakul, amelyet a nitroprusszid katalizátor jelenlétében oxidálva kék színű indoszalicilát képződik. A nitroprusszid sárga színe és a képződött vegyület kék színe az oldatot zöld színűre festi. A lejátszódó reakcióegyenletek a következők:



Terepi körülmények között jól alkalmazhatók a kolorimetriás tesztkészletek és a tesztpapírok, valamint az ammóniumion-koncentrációt meghatározhatjuk hordozható spektrofotométerekkel is.

A foszfátionok meghatározása

A meghatározás alapja, hogy a foszfátionok savas közegben molibdenáttal (MoO_4^{2-}) sárga színű foszfor-molibdenát-komplexet képeznek, amelyet redukálva jellegzetes kék színű vegyület, a $(\text{MoO})_2(\text{MoO}_4)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ képletű molibdénkék keletkezik.

A foszfátion a molibdenáttal a $\text{H}_3\text{P}(\text{Mo}_3\text{O}_{10})_4$ összetételű heteropolisavat képezi, amely megfelelő körülmények között könnyebben redukálható foszfor-molibdénkékké, mint a szabad molibdenátion. Redukálószerként leggyakrabban aszkorbinsav-oldatot, illetve aszkorbinsavas ón-klorid-oldatot használnak.

A természetes vizekben a foszfortartalmú vegyületek általában kis koncentrációban fordulnak elő. A tavakban és a folyóvizekben megemelkedett foszforvegyületek koncentrációja annak köszönhető, hogy a szintetikus mosószerekhez adagolt polifoszfátok (a vízkeménység eltávolítására) a szennyvízzel kikerülnek a környezetbe. Természetes bemosódás révén a trágyából és a műtrágyából is jelentős mennyiségű foszfor kerülhet vizeinkbe.

Az egyes vegyületek oldhatósága szabja meg azt, hogy a foszfor az élő szervezetek számára hozzáférhető. A foszfor leggyakrabban ortofoszfát (PO_4^{3-}) formájában a Ca^{2+} , Al^{3+} , Fe^{2+} és a Fe^{3+} ionokkal rosszul oldódó foszfátok formájában kiválik az oldatból.

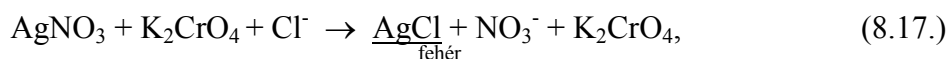
A foszfor esszenciális elem, limitáló tényező a talaj tápanyagellátásában és a vízi ökoszisztéma működésében, szerepe van az **eutrofizáció** kialakulásában. Szennyvizek harmadlagos (tercier) tisztítási fokozatában kémiai reakcióval (Fe^{3+} , Al^{3+} adagolása) távolítható el a foszfátion a tisztított vízből. Ma már számos olyan, többfokozatú biológiai tisztítási

rendszert működtető szennyvíztelep ismeretes, ahol a biológiai foszforeltávolítással is eredményeket érnek el anoxikus viszonyok között.

A természetes vizekben tehát oldott és oldhatatlan, szerves és szervetlen vegyületek formájában található foszfor. Mindegyik forma meghatározására van módszer, de ezek elkülönítése jelentős munkával járó minta-előkészítést igényel. Leggyakrabban az oldott orto-foszfátion (PO_4^{3-} , másnéven reaktív foszfor) és az összes foszfortartalom meghatározása a feladat. Az utóbbi érdekében a vízmintában lévő összes foszfort oldható PO_4^{3-} formává alakítják kénsavas-peroxidiszulfátos feltárással. Terepi viszonyok között ez a művelet nem hajtható végre. Terepi munka során jól használhatók a kolorimetriás elven működő tesztkészletek, illetve a tesztpapírok. Mennyiségi meghatározásra lehetőség van hordozható spektrofotométerekkel is.

A kloridionok meghatározása

A kloridion (Cl^-) meghatározásának elve egy csapadékos titrálás. A kloridionok ezüst-nitráttal (AgNO_3) oldhatatlan ezüst-klorid (AgCl), fehér, túros csapadékot képeznek. A mérőoldat feleslegének kimutatására kromátionok (CrO_4^{2-}) szolgálnak, melyek narancssárga színű csapadékot képeznek az ezüstionokkal a következő egyenletek szerint:

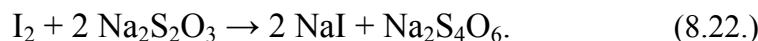
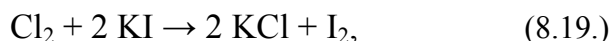


Az AgCl rosszabbul oldódik, mint az Ag_2CrO_4 , így először az első reakció játszódik le.

A természetes vizekben a legnagyobb koncentrációban az anionok közül a kloridion fordul elő. Koncentrációja a tengerekben közel 16 g/dm^3 , folyóvizekben 14 mg/dm^3 lehet, természetesen a mindenkori helyi viszonyoktól függően. Természetes körülmények között a talajban és a kőzetekben megtalálható sókból (NaCl , KCl , CaCl_2) oldódik ki. Antropogén forrása az utak sózása, ipari üzemek, sóbányák.

Az aktív klórtartalom meghatározása

A vizek aktív klórtartalma a klórgázból, a hipokloritokból és a kloritokból tevődik össze. Mind a három komponens savas közegben kálium-jodiddal elemi jódot szabadít fel, amely nátrium-tioszulfát mérőoldattal titrálható az alábbi egyenletek szerint:



Terepi körülmények között a mérést a könnyen kivitelezhető tesztkészletekkel végezhetjük. A természetes vizekben jelen lévő aktív klór antropogén hatásokkal (fertőtlenítés, fertőtlenítőszeres közvetlen bejuttatása) magyarázható.

A szulfátionok meghatározása

A meghatározás alapja, hogy a báriumionok (Ba^{2+}) rosszul oldódó BaSO_4 csapadék képződése közben reagálnak a vizekben jelen lévő szulfátionokkal (SO_4^{2-}) gyengén savas (citromsavas) közegben a következő reakcióegyenlet szerint:



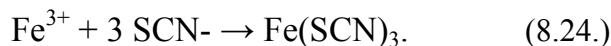
A képződő mikroszemcsés csapadék zavarossá teszi a mintát. A meghatározáskor a minta zavarosságát mérjük, illetve tesztcsíkok segítségével vizuálisan észleljük a színváltozást. Zavarosságmérés során valójában az oldat fényelnyelését (abszorbanciáját) vizsgáljuk.

Természetes vizekben a kloridion mellett a szulfátion is jelentős mennyiségben előfordul. A mikroorganizmusok élettevékenysége, hasonlóan a nitrogén vegyületek átalakításához, a kén vegyületeinek képződésében is jelentős szerepet játszik.

A levegő oxigénje a kénvegyületeket kén-dioxidá (SO_2) oxidálja. A légkörben a kén-dioxid kén-trioxidá (SO_3) oxidálódik (a NO , és az O_3 jelenlétében). Végeredményképpen a légköri csapadékban H_2SO_4 és H_2SO_3 fordul elő. Vizekben, különösen fémhányák környezetében az iszapban sok FeS , illetve FeS_2 (pirit) fordul elő. Ivóvízben nagy szulfátion-koncentráció esetén a magnéziumion koncentrációja limitált (a MgSO_4 hashajtó). A szerves kénvegyületek bomlásakor kénhidrogén (H_2S) képződik.

A vasionok meghatározása

A vas vizekben vas(II)- és leginkább vas(III)ion formájában fordul elő. A vas(II)ion (Fe^{2+}) színe halványzöld, a levegő oxigénje könnyen vas(III)ionná (Fe^{3+}) oxidálja, amely halványsárga-okkersárga színű. A vizek összes vastartalmának meghatározása esetén minden vasvegyületet vas(III)ion formába kell hozni, ugyanis a vas(III)ionokat könnyen kimutathatjuk a rodanidionokkal (SCN^-) történő reakcióval az alábbiak szerint:



A reakcióban vas-rodanid komplex képződik, amelynek jellegzetes vörös színét könnyen felismerhetjük. A vörös szín intenzitása arányos a koncentrációval, így mérhetjük spektrofotométeresen (abszorbanciamérés), illetve tesztkészletekkel, tesztpapírokkal is.

A vasionok a vizekben mikromennyiségben fontosak (például a vas(II)ion a hemoglobin alkotórésze), de 2 mg/dm^3 koncentráció felett íz- és szagrontó hatása van, barnára színezi a vizet. A talajban és a kőzetekben általánosan előfordul a vas, így bekerülhet a felszín alatti vizekbe és így az ivóvízben is megtalálható. A talajvíz 1 mg/dm^3 koncentrációban tartalmaz vasat, míg felszín alatti vizek vaskoncentrációja $0,001$ és 10 mg/dm^3 között változhat. Nagyobb koncentráció esetén ipari szennyezésre utal.

A kémiai oxigénigény (KOI) meghatározása

Vizeink sokféle szerves és szervesetlen anyagot tartalmazhatnak. Az egyenkénti mennyiségi meghatározásuk költséges, körülményes és sok időt venne igénybe, ezért a sokféle szerves és szervesetlen vegyület jellemzésére vezették be a **kémiai oxigénigény** mérését. A mérés alapja, hogy a vizekben található szerves és szervesetlen anyagok oxidálhatók. Az oxidációhoz erősen savas közegben kálium-permanganátot (KMnO_4) vagy kálium-dikromátot ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) alkalmaznak. A kémiai oxigénigény alatt a szerves és szervesetlen anyagok oxidálásához szükséges oxidálószerrel egyenértékű oxigént értik, ezt az alábbi egyenlet szemlélteti:



Az oxidálószer függvényében permanganátos (KOIps) és kromátos (KOIcr) kémiai oxigénigényt különböztetnek meg. A KOI klasszikus, visszaméréses titrálása mellett előtérbe kerültek az előre elkészített tesztkészletes mérések is. Meghatározása laboratóriumi körülményeket igényel.

8.5. Függelékek

8.5.1. Bibliográfia

Dobóné Tarai É. – Tarján András: Környezetvédelmi praktikum tanároknak. Mezőgazda Kiadó, 1999, Budapest

Hazánk környezeti állapota 2005. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium. Budapest

Horváthné Otta Klára (szerk.): Alkalmazott kémiai laboratóriumi gyakorlatok kémiatanár szakos hallgatók részére (egyetemi jegyzet). ELTE TTK, 1994, Budapest

Moser Miklós – Pálmai György: A környezetvédelem alapjai. Nemzeti Tankönyvkiadó Rt., 1999, Budapest

MSz 12749:1993 Magyar Szabvány: Felszíni vizek minősége, minőségi jellemzők és minősítés

Neumüller, Otto-Albrecht: Römp Vegyészeti Lexikon, Műszaki Könyvkiadó, 1983, Budapest

Szabó M. (sorozatszerk.): Válogatás a középiskolai „Környezeti nevelés” területeiből. Tanulmányok Magyarország és az Európai Unió természetvédelméről. 2002, ELTE-TTK, SZIE-KGI, KöM-TvH, Budapest

Szalkay Csilla – Penksza Károly: Természetvédelmi, környezetvédelmi és tájökölógiai terepi gyakorlatok. Műszaki Kiadó, 2010, Budapest

Varga Enikő – Garay Ferenc: Környezetkémiai analitika – környezettechnológia praktikum. ELTE Eötvös Kiadó, 1999, Budapest

8.5.2. Fogalomtár

BOI (biokémiai oxigénigény): a vízben lévő szerves anyagok mikroorganizmusok által történő (biokémiai) oxidációhoz szükséges oldott oxigén mennyisége adott idő (5, 7, 21 nap) alatt, mértékegysége: O₂ mg/dm³.

Ugyanazon vízminta kémiai oxigénigénye és biokémiai oxigénigénye közül a kémiai oxigénigény a nagyobb, mert a kémiai oxigénigény magában foglalja a szerves és szervetlen anyagok oxidációjához szükséges oxigén mennyiségét is.

Eutrofizáció: Az eutrofizáció jelensége az állóvizek szennyezésének egyik súlyos következménye. Az állóvizekbe bekerülő foszfátion, illetve nitrogénvegyületek, mint növényi tápanyagok, a víz trofitását (algatermő képességét) növelik. Az állóvizek tápanyag-feldúsulása következményeként bekövetkező trofitási fok emelkedését nevezzük eutrofizációnak. A folyamat természetes viszonyok között leggyakrabban a tavak feltöltődése során játszódik le évezredek alatt, de az intenzíven műtrágyázott területeken nagyságrendekkel felgyorsulhat a folyamat (néhány évtized alatt). A természetes eutrofizációtól megkülönböztetésül az emberi tevékenység hatására bekövetkező eutrofizációt gyorsított (antropogén) eutrofizációnak, illetve kultúreutrofizációnak is nevezik. Különösen a foszfáttartalmú műtrágyák gyorsítják fel az eutrofizáció természetes folyamatát.

Az eutrofizáció folyamatában először a vízbe jutott növényi tápanyagok hatására a vízi növények fotoszintézise és légzése közötti dinamikus egyensúly megbomlik, fokozódik a fotoszintézis, amely eleinte a víz oldott oxigén koncentrációjának növekedését eredményezi. A tó szervesanyag-felépítő képessége (trofitása) folyamatosan nő, és a túlbujánzó vízi növények egyedei az elhalásuk következtében egyre nagyobb tömegben halmozódnak fel a tó alján, amelyek bomlásuk során egyre jobban felemésztik a víz oldott oxigén-tartalmát. Először a tófenéken jelentkezik az oxigénhiány, majd az egész tóra kiterjed. Az oxigénhiány fokozatos növekedését az oxigénfogyasztó vízi élőlények elpusztulása jellemzi. Az eutrofizáció folyamata csökkenti a természetes vizek terhelhetőségét, mivel öntisztuló képességét is csökkenti.

KOI (kémiai oxigénigény): azon oxidálószer-mennyiséggel ekvivalens oxigén mennyisége, amely elfogy savas közegben, 150 °C-on, 2 órás roncsoló oxidációkor a szerves és szervesetlen anyagok oxidálására, mértékegysége: O₂ mg/dm³.

pH: az oxóniumion koncentrációjának (valójában aktivitásának) tízes alapú negatív logaritmus, képlettel: $\text{pH} = -\lg[\text{H}_3\text{O}^+]$. Az aktivitás és a koncentráció híg vizes oldatokban azonosnak tekinthető.

TOC (total organic carbon, teljes szerves szén): a szerves anyagokban lévő szén mennyiségével ekvivalens CO₂ mennyiségét jelenti.

9. A TEREPI TALAJVIZSGÁLATOK MÓDSZERTANA (PAPP SÁNDOR)

9.1. Bevezetés, alapelvek

A talaj a földfelszín legfelső, változatos vastagságú, *aktív rétege*, amelyet térben és időben változó arányban a *földi szférák* (lito-, atmo-, hidro- és bioszféra) anyagai alkotnak, azok – végső soron a napenergia és a belső erők működtette – *kölcsönhatásainak* (anyag- és energiaforgalmának) *eredménye*, *színtere*, ill. *közvetítője*. *Legfontosabb jellemvonása a termékenység*, vagyis az a tulajdonság, hogy a benne gyökerező növényeket vízzel és tápanyagokkal képes ellátni.

Az e nélkülözhetetlen és csak feltételesen megújuló természeti képződményre (erőforrásra) vonatkozó ismeretek elsajátítása és bővítése nemcsak a talajokkal hivatásszerűen foglalkozó szakemberek (kutatók, erdészek, mezőgazdasági mérnökök stb.) feladata, hanem minden, a természettel tudományos vagy gyakorlati kapcsolatba került szakemberé, természetvédőé, magángazdái is. Különösen nagy feladat hárul e téren a természettudományi tárgyakat oktató *tanárookra*, akik – maguk is elmélyült ismereteket szerezve a szóban forgó tudományterületen – a témában jártas, sőt azt alkotóan művelni képes szakemberek generációinak felneveléséhez járulhatnak hozzá.

A természeti (táj-) tényezők többségével (a földtani képződmények egy része, domborzati formák, légköri jelenségek, felszíni vizek, növényzet) ellentétben a talajtakarónak csupán a *felszínét* látjuk, így csaknem minden fontos tulajdonsága (vastagsága, szintezettsége, fizikai, kémiai és biológiai állapota) rejtve marad előttünk. Ebből következik, hogy e változatos vastagságú és összetételű réteggkomplexum megismerése csakis nagyszámú *feltárás (szelvény)* vizsgálatával, sűrű szondázásával lehetséges. Ha meggondoljuk, hogy a háromdimenziós kiterjedésű, hatalmas összterfogatú, folytonos takaróréteg tulajdonságait mindössze néhány pont-, ritkábban vonalszerű szelvény helyszíni, ill. kis mennyiségű anyagminta laboratóriumi vizsgálata alapján kell jellemeznünk (térképeznünk), beláthatjuk, hogy valamely terület talajszelvény-hálózata sohasem lehet elég sűrű.¹

Figyelembe véve a szelvényezés nem jelentéktelen költségeit is, minden lehetőséget meg kell tehát ragadnunk ahhoz, hogy minél több – esetleg más célból feltárt – talajprofilhoz jussunk. Ilyenek pl. a *külszíni fejtések*, *bányafeltárások*, *vízmosások*, *útbevágások*, *közműárkok* stb. falai, amelyek vonalas megjelenésük következtében esetenként több információt nyújtanak a talajtakaró térbeli változásairól, mint a szabályos, ám rövid talajszakaszt feltáró szelvénygödrök. Bennük a talajtulajdonságok eltérései (a szintek méretei, anyagi különbségei, erodáltság stb.) akár több tucat méter hosszúságban is nyomon

¹ Magától értetődik, hogy a vizsgált területről esetleg korábban készült talajtérképeket és dokumentációkat, valamint az egyes típusok pontos elhatárolásában jelentős segítséget nyújtó űr- és légi felvételeket a munka megkezdése előtt alaposan át kell tanulmányoznunk.

követhetők – mindössze annyi munka ellenértékéért, amennyit a szelvényfalnak a törmelektől való letakarítása, megfaragása (felfrissítése) igényel. A talajszelvények vizsgálata azonban többségben *fúrások* és *szelvénygödörök* segítségével történik.

A hagyományos (kézi) fúrókkal lemélyített *fúrászelvények*ből általában szegényesebb információkat nyerhetünk a talajok tulajdonságaira vonatkozóan, mint a *szelvénygödörök* vizsgálatából. A felszínre hozott anyagminta ugyanis – az eszköz típusától, kialakításától függően – többé-kevésbé *kevert*, azaz a talajrészecskék, ill. szerkezeti elemek egymáshoz viszonyított helyzete, az anyag pórusterfogata, tömödöttsége eltér az érintetlen talajban jellemző állapottól.¹ Mégis, a talajtérképezés során a vizsgálandó szelvénygödörök helyének kijelölésében és a talajfoltok területi elhatárolásában nehezen túlbecsülhető jelentőségük van. Az első esetben *tájékozódó fúrások* segítségével határozzuk meg a részletesebb vizsgálatra szánt talajszelvények ideális helyeit, a másodikban – *e fúrásponatok sűrítésével* – az alapszelvényekből nyert vizsgálati eredmények területi érvényességi körét tudjuk pontosabban meghatározni. Mindkét eljárás alkalmazásával időt, fáradságot és jelentős költséget takaríthatunk meg.

9.2. A talajszelvények kijelölésének, lemélyítésének és vizsgálatra való előkészítésének szabályai

1. A szelvények kijelölésének talán legfontosabb szempontja a *reprezentativitás* messzemenő figyelembevétel, vagyis az a követelmény, hogy a térképezendő terület minden talajtípusát (altípusát) legalább egy ásott szelvény képviselje. Ehhez a már említett *tájékozódó fúrások* kitűnő támpontot nyújtanak.
2. Mivel a különböző talajtípusok elterjedését a domborzat messzemenően befolyásolja, célszerű a talajgödörök helyét egy-egy jellemző domborzati szelvény mentén kijelölni (*talajlánc – katéna*). Erre – „szerencsés” adottságaiknál fogva – elsősorban az eróziós, ill. deráziós völgyekkel tagolt vagy a szabályosan váltakozó kőzetpásztákból felépült területeken van lehetőség (völgyekre, ill. vonulatokra merőleges keresztzelvények); a kevésbé mozgalmas domborzatú alföldi térszíneken nagyobb az esélye, hogy bizonyos talajváltozatokat „fölszínesen” tárunk fel.
3. Kerülni kell a talajhibákra utaló, s a felszín jellegének előzetes megfigyelésével „kiszűrhető” foltokat (elszíneződések, repedezettség, kövesség, cserepesség, erős hordalékfelhalmozódás, rendellenes növényborítottság stb.), de – érthető okokból – ilyenek hiányában sem mélyíthető talajszelvény utak, vasutak, csatornák, gátak, épületek, műtrágya- vagy növényvédőszer-tárolók stb. közvetlen közelében.
4. A szabályos talajszelvény felülnézetben hosszúkás téglalap alakú, az egyik végén teljes mélységben kiásott és függőleges vizsgálati falként (*főfal*) kialakított, a másik végén *lépcsőzött gödör*. Szélessége általában 70–90 cm, mélységét – következképp hosszúságát – a feltárandó talaj vastagsága határozza meg. Fontos követelmény, hogy a gödör talpszintje legalább egy ásonyomnyit a nyers talajképző kőzetbe mélyüljön.
5. Ahhoz, hogy a főfal megvilágítási viszonyai a legkedvezőbbek legyenek, a szelvényt a felvételezés várható időpontjához (a napszakhoz) igazítva *tájolni* kell. (Északias kitettséggű

¹ Az egyes genetikai szintek vízgazdálkodási tulajdonságainak vizsgálata céljából végzett, ún. zavartalan mintavételről külön fejezetben lesz szó.

lejtőn vagy ilyen expozíciójú, adott feltárással vizsgálata esetén ettől természetesen el kell tekintenünk.)

6. A szelvénygödör vizsgálandó főfala (s az ennek „meghosszabbításaként” feltétlenül figyelemre méltó két oldalfal) a kiásást követően meglehetősen jellegtelen képet mutat: a genetikai szintek az ásóval simára faragott felületeken csupán elmosódottan, elkenődve, „életlenül” tűnnek elő. Ahhoz, hogy a talajnak a kiásást megelőző, érintetlen állapotát szemügyre vehessük, a falfelülete(ke)t erős pengéjű késsel meg kell bontanunk, néhány centiméter mélységben hiánytalanul ki kell tördelnünk (*preparálás*). A keletkezett rücskös felületen a genetikai szintek és legfontosabb jellemzőik (szín, szerkezet, határok stb.) immár tisztán, élesen látszanak.

9.3. A talajszelvény vizsgálata

A talajszelvény felvételezése több lépésből álló, összetett munkafolyamat. Alapelv, hogy a vizsgálatból egyetlen fázis se maradjon ki, hiszen a gödör betemetésével a hiányzó információk végképp elvesznek. Ennek elkerülése érdekében – a szokásos jegyzőkönyvi leírás helyett – olyan, előre elkészített *talajfelvételi adatlap* (táblázat) használata célszerű, amelynek rovatai „vezetik” a munkát, kitöltése után pedig a terepi vizsgálat sorozat hiánytalannak mondható.

Az alábbiakban – a „*Talajfelvételi adatlap*” (9.2. táblázat) pontjai szerint haladva – a felvételezés egyes fázisait, ill. a meghatározandó talajtulajdonságok lehetséges fajtáit mutatjuk be. A további *táblázatok* ezek meghatározásához, azonosításához, következképp az adatlap helyes kitöltéséhez nyújtanak útmutatást.

1. *Környezet*. A talajfelvételezés első lépéseként a kiásott szelvénygödör viszonylagos *topográfiai helyzetét* (pl. az útkanyartól 350 m-re É-ra, a 127,8 m-es háromszögelési ponttól 100 m-re K-re stb.)² és szűkebb környezete *felszínének jellegzetességeit* (pl. kavicsleplelledett, cserepes, sülevényes, repedezett stb.) rögzítjük.

2. *Domborzati forma*. Meghatározásához geomorfológiai ismeretek szükségesek (pl. tetőszint, völgyközi hát, pihenő, nyereg, pusztuló [épülő, csuszamlásveszélyes stb.] lejtő, hordalékkúp, patakalluvium stb.).

3. *Lejtőszög (-kategória)*. A lejtők a domborzat leggyakoribb és legszembeütőbb elemei, amelyek – kitettségüktől, hosszuktól, felépítő közeteiktől, hajlásszögüktől függően – eltérő mértékű hatást gyakorolnak az adott terület talajviszonyaira. Ezek közül a talajpusztulás folyamatában elsődleges szerepe a *lejtőmeredekségnek* van³.

² Napjainkban már a pontos földrajzi koordinátákat megadó kézi műszer (GPS) is rendelkezésünkre áll.

³ A földtudományok más ágaival ellentétben, a talajtan a lejtők meredekségét nem fokokban, hanem százaléktételekben adja meg. A *lejtőszázalék* a 100 m *horizontális távolságra jutó függőleges emelkedést/lejtést* jelenti, méterben.

A hosszú évtizedek óta világszerte folyó terepi kísérletek bebizonyították, hogy a talajerózió intenzitása nem lineárisan követi a lejtőszögek növekedését; a lepusztulás mértéke bizonyos lejtőszög-tartományokban nagyjából azonos, majd egyes hajlásszögértékeket meghaladva – a következő kategóriá(k)ban – felgyorsul. Mivel a lejtőszögek a természetben igen gyakran helyről helyre változnak, ez a felismerés „kapóra jött” a talajtérképezést művelőknek: nem szükséges immár a lejtőszögek folytonos változásait regisztrálni, elegendő az azonos lejtőkategória-tartományba tartozó területfoltokat tértképileg elkülöníteni.

A napjainkban nemzetközileg elfogadott lejtőkategorizálás (0–5, 5–12, 12–17, 17–25 és >25%) a fentebb mondottak értelmében két, egymástól elválaszthatatlan elemet tartalmaz:

– azokat a lejtőszög-értékeket, amelyek alatt, illetve felett jelentősen eltérő az erózió mértéke (*erózióintenzitás-határok*);

– magukat a *lejtőszög-tartományokat*, amelyek alsó és felső határértékei értelemszerűen az erózióintenzitás-határok.

4. *Növényzet*. A talajszelvény környezetében előforduló jellegzetes flóraelemek, a termőhely (talaj) szikességéről, savanyúságáról stb. árulkodó, ún. indikátorfajok, illetve a gyomnövények felsorolása; kultúrnövények esetében a fejlettségi állapot, a hiánybetegségekre utaló tünetek stb. megjelölése.

5. *A szelvény mélysége/a humuszos réteg vastagsága*. A kiásott szelvény legfontosabb méretadatai cm-ben.

6. *A szelvény morfológiai vizsgálata*. A talajszelvény teljes terepi vizsgálatának összefoglaló elnevezése. A munkafolyamat az alábbi tényezők és tulajdonságok meghatározására és jellemzésére terjed ki.

6/a) *Genetikai szint/Mélység*. A talajok legalább két, de általában több eltérő színű és egyéb tulajdonságaikban is jól elkülönülő *genetikai szintre (horizontra) vagy rétegre* tagolódnak. Első feladatunk a kipreparált falon karcolással megjelölni határaikat és megadni – „-tól, -ig” értelemben – méreteiket (9.1. táblázat).

Például:

Genetikai szint	Mélység, cm	
a)		
A _{sz}	0–25	...
A	25–42	...
...

9.1. táblázat: Példa a talajok genetikai szintjeinek meghatározására

A talajszelvény felvételezését ettől kezdve a Függelék 9.2. táblázatában, a fejlécben szereplő szempontok (b–m) szerint, *szintenként (rétegenként)* végezzük.

A *genetikai szintek*, ill. a *talajrétegek* fogalma között határozott különbséget kell tennünk. Az előbbieket a talaj képződése és fejlődése során, a kiindulási anyag (anyakőzet, talajképző kőzet) átalakulása, ill. az átalakulási termékek rövid távú, függőleges vándorlása, áthelyeződése eredményeként, *helyben kialakult* (in situ) horizontok, míg az utóbbiak rendszerint a víz és a szél által távolabbról *odaszállított és lerakott hordalékszemszemből* állnak.

A genetikai szinteket az ábécé nagybetűivel (átmeneti szint esetén kettővel, pl. AB, BC) jelöljük, amelyekhez gyakran (alsó indexben) számozást, ill. – a finomabb különbségek jelzésére – rövidítést illesztünk (pl. A₁, A₂, B₁, B₂, ill. A_{sz} – *szántott A-szint*, C_{Ca} – a talajképző kőzet *karbonát-felhalmozódásos* alszintje stb.). A talajrétegeket csupán sorszámokkal látjuk el.

Az *A-* és *B-szintek* értelmezése a talajok két – merőben különböző genetikájú – nagy csoportjában eltérő:

– a szelvényükben markáns agyagtartalom-különbségekkel (texturdifferenciálódással) jellemzett *erdőtalanajok és szolonyec szikesek* A-szintjét *eluviális* (kilúgzási/agyaghiányos), B-szintjüket *illuviális* ([agyag]felhalmozódási) szintként értelmezzük;

– a *csernozjomoknak és réti talajoknak, továbbá néhány gyengén fejlett talajtípusnak* csak humusz- (és legfeljebb CaCO₃-, ill. egyéb só-) tartalmukban különböző szintjeit *legfelső humuszos A-* és (ugyancsak humuszos) *átmeneti (B-) horizontként*¹ különítjük el.

A „nyers” színével legtöbbször azonnal szembevetendő, az átalakulási folyamatokkal már nem érintett, humuszmentes talajképző kőzet elnevezése: *C-szint*.

Egyes esetekben a talajképződés anyagát adó C-szint alatt attól eltérő eredetű kőzetreteget (nemritkán eltemetett talajszintet) is feltárhatunk, amelynek ugyan az adott talaj kialakulásához nincs köze, de annak bizonyos tulajdonságait (pl. vízgazdálkodását) jelentősen befolyásolhatja. Elnevezése: *D-szint (ágyazati kőzet)*. A mondottakat a Függelék 9.3. táblázatában foglaltuk össze.

6/b) Szín. A talajok legszembevetőbb, legrégebben megfigyelt tulajdonsága. Meghatározása két szempontból is kiemelkedő jelentőségű:

– közvetlenül befolyásol bizonyos – főként fizikai-hőgazdálkodási – folyamatokat (pl. a sötét, ill. világos talajok felmelegedési különbségei meghatározzák a vetés időpontjának megválasztását, a talaj aszályérzékenységet stb.);

– igen szoros összefüggésben van a talajképződési (genetikai) folyamatokkal, amit egyrészt az mutat, hogy a szín alapján egész sor talajtulajdonságra következtethetünk (humusztartalom, levegőzöttség, erős kilúgzottság, egykori talajvízhatás, glejesség, szikesedés stb.), másrészt az is, hogy jó néhány talajtípus éppen a színéről kapta a nevét (pl. *csernozjom* – feketeföld; *podzol* – a felszín alatt hamuszínű; *terra rossa* – vörösföld; *barnafield*; *rozsdabarna erdőtalaj*; *gesztenyebarna talaj*; *fahéjszínű talaj* stb.).

Meghatározásának legegyszerűbb módja a valamely ismert színhez való hasonlítás (tejeskávébarna, egérszürke, rozsdavörös stb.), ám ezt az alábbi, erősen szubjektív megítélésre vezető okokból kerülnünk kell:

– a hasonlításhoz felhasználható színek száma kevés, s a meghatározás így sem pontos; ráadásul

– az emberek színlátása nem egyforma;

– a szín jelentősen függ a talaj pillanatnyi nedvességtartalmától;

– felismerését a különböző talajalkotórészek (gyökérszövet, durva vázrészek, konkréciók stb.) saját színe megnehezíti.

A színek egzakt meghatározása világszerte a MUNSELL, A. H. által 1905-ben megalkotott színosztályozási rendszer *standard színskálája (MUNSELL-skála)* segítségével történik. A skála a talajok színére három értéket ad meg:

– *Hue-* [hju:] *érték*: az *uralkodó színárnyalat* a hullámhossz alapján (a színek kezdőbetűivel): R(ed), Y(ellow), G(reen), B(lue), P(urple) és YR, GY, PB, RP;

– *Value-* [’velju] *érték*: a szín *mélysége* (a világos és sötét árnyalatok skálája – számokkal);

– *Chroma-* [kroma] *érték*: a szín *teltsége* (a tiszta szín és a szürke aránya – számokkal).

A vizsgált szintből kivett talajdarabkát gyengén megnedvesítjük, szétnyomkodjuk és felületét a skála „színkínálatával” egybevetve és a legmegfelelőbbel azonosítva, meghatározzuk a szín kódszámát: *Hue- + Value-/(per) Chroma-érték*. Pl. a csernozjom talajok jól ismert, sötétbarna A-szintjének jellemző színekódja: 10YR 3/2, azaz a sárgászöld színkompozícióban a leginkább sárga és a legkevésbé vörös (10-zel jelzett YR) Hue-

¹ Ez esetben a B-t zárójelbe tesszük, jelezvén, hogy nem agyagfelhalmozódási szintről van szó.

színárnyalathoz alacsony Value- (3) és ugyancsak alacsony Chroma-érték (2) tartozik (mindkét utóbbi sötét árnyalatot jelent).

6/c) Fizikai féleség. A talaj változatos méretű elemi ásványi alkotórészei közül a legnagyobb tömegben előforduló szemcsenagyság-kategóriá(ka)t kifejező fogalom. A három fő frakciót (*homok, vályog [= por, kőzetliszt], agyag*) és ezek különböző arányú keverékeit (*vályogos homok, homokos vályog, agyagos vályog, vályogos agyag*) a terepen *tapintással* („finger-teszt”), ill. a *vízzel szembeni viselkedésük* alapján (gyúrópróbával) határozzuk meg. Az első esetben ujjainkkal érzékeljük a homokszemcsék érdességét, a vályog puha tapintását, könnyű morzsolhatóságát, az agyag képlékenységet vagy – száraz állapotban – keménységét, míg a másodikban a vízzel tésztazerűvé gyúrt talajminta golyóvá, hengerré, ill. karikává/pereccé formázhatóságának vizsgálatával kapunk közelítő képet a domináns szemcseméret(ek)ről (*Függelék 9.4. táblázat*).

A fentiekben kívül a fizikai talajféleségek közé tartozik a *löss*, az *iszap* és a *kavicsos homok*² (*sóder*), továbbá a *tőzeg* és a **kotu**, amelyek mint talajképző kőzetek vagy mint a hidromorf talajtípusok szervesanyag-komponensei jól jellemzik a szóban forgó talaj képződési körülményeit és egyes tulajdonságait.

6/d) S z e r k e z e t. A fentiekben tárgyalt elemi részecskék csak ritkán fordulnak elő különálló közetszemcsék formájában (mint pl. a futóhomokban); a talajok döntő többségében változatos alakú és nagyságú, egymáshoz igen hasonló szerkezeti elemekké, ún. *aggregátumokká* tapadnak össze. Ehhez a ragasztóanyagot a mállás/talajképződés során keletkezett szerves és szervetlen kolloidok³ (humuszanyagok, állati anyagcseretermékek, agyagásványok, vas- és alumíniumvegyületek, CaCO₃, kovasavak stb.) szolgáltatják. Mindezekben kívül a szerkezetképzésben fontos szerepük van a gyökereknek, valamint a talajrészecskék között fellépő **adhézió**s és **kohézió**s erőknek is.

A szerkezeti elemeket három fő típuscsoportba soroljuk aszerint, hogy domináns kiterjedésük a tér mely irányába/irányába mutat. E csoportokon belül – határoló felületeik, ill. ezek találkozásának (élek, csúcsok) jellege alapján – további típusokat különítünk el, amelyek előfordulása nemcsak egyes talajféleségekre, hanem azokon belül bizonyos genetikai szintekre is igen jellemző. Az aggregátumok legfontosabb típusait és ismérveiket a *Függelék 9.5. táblázatában* mutatjuk be.

6/e) T ö m ö d ö t t s é g. A talajrészecskéket összetartó erők nagyságát tükrözi és a genetikai szinteknek az aprítással, deformálással (talajműveléssel) szemben tanúsított eltérő ellenállásában, valamint vízbefogadó képességük különbségeiben fejeződik ki.

A tömődöttség változásait már a szelvény főfalának kipreparálásakor észrevehetjük (l. a szelvények vizsgálatra való előkészítéséről mondottakat).

Eközben ugyanis regisztráljuk

- a bontóeszköznek (kés, ásó, geológuskalapács, csákány) az adott talajszintbe nyomásához/ütéséhez szükséges erő kifejtés nagyságát;
- a keletkezett vágás- (törés-) nyomok/felületek jellegét és méreteit;
- a lehasadt/kitört anyag mennyiségét.

Ezután a *Függelék 9.6. táblázatában* feltüntetett tapasztalati skála figyelembevételével meghatározzuk a talaj tömődöttségi állapotát.

² A talajtani szakirodalomban: *murva* – helytelenül, mivel az a geológiai és a geomorfológiai szaknyelvben éles, sarkos kőzettörmeléknek jelent.

³ *χολλα* (kolla – gör.) = enyv; *kolloid* = enyvszerű.

A tömődöttség különbségeit szelvény feltárása nélkül is vizsgálhatjuk. A *penetrométer* nevű egyszerű, elmés szerkezet tulajdonképpen egy hegyes acélrúd ejtősúllyal, amelynek ismételt felemelése és az ütközőig való leejtése a rudat a talajba ütögeti. Az ejtések számából, ill. a rúd behatolásának mértékéből a talajszintek tömődöttségi állapotára – egyúttal vastagságára – következtethetünk.

6/f) *Kavics, törmelék*. A felszínen heverő és/vagy a szóban forgó talajszint anyagába beágyazott törmelékdarabok, kavicsok mennyiségi viszonyai (szemnagyság, előfordulási gyakoriság) esetenként messzemenően befolyásolják a művelhetőséget, emellett további nélkülözhetetlen információt nyújtanak a talajképződés természetes és antropogén feltételeiről. Pl. a nagyobb közettömbök-darabok a [hegyláb felszín-formálódás](#), a kavicsrétegek a [terasz képződés](#), ill. folyómeder-fejlődés sajátosságairól árulkodnak, míg a szelvényben talált, mesterséges eredetű (pl. téglá-) törmelékdarabok egykori emberi környezetre és tevékenységre, nagyon gyakran pedig annak a talajfejlődést befolyásoló hatásaira utalnak.

6/g) *Másodlagos képződmények*. A talaj szerves és ásványi alkotórészeinek átalakulása (humuszosodás, mállás) és elmozdulása útján keletkezett anyagok közös vonása, hogy – a kovasavbehintések kivételével – a szerkezeti elemek felületét vonják be igen vékony hártály formájában. Megjelenésük, jellegük, színük, anyagi minőségük igen fontos genetikai bélyeg és szembetűnően jelez bizonyos talajképződési folyamatokat, ezért ismeretük a talaj genetikai típusának, altípusának és változatának meghatározásában nélkülözhetetlen. Fajtáikról, tulajdonságaikról, felismerésük lehetőségeiről a *Függelék 9.7. táblázata* alapján tájékozódhatunk.

6/h) *Kiválások, konkréciók*. Azokat a képződményeket soroljuk ide, amelyek a talajoldatban vándorló anyagok betöményedése és kicsapódása során keletkeztek. Terepi azonosításukra egyszerű, az anyagi minőséget – elsősorban a kémiai tulajdonságokat és a szint – figyelembe vevő *meghatározókulcs* szolgál (*Függelék 9.8. táblázata*); a megjelenési hely, ill. forma, az íz és egyéb tulajdonságaikra alapozott *további osztályozásukat* pedig a *Függelék 9.9. táblázata* tartalmazza.

6/i) *Gyökérszet*. A talaj kedvezőtlen fizikai és kémiai tulajdonságainak legjobb indikátora. Szelvénybeli elhelyezkedése, mennyisége kitűnően jelzi a lehatolását, terjeszkedését gátló tényezők jelenlétét: a gyökerek nemcsak a fizikai akadályok (közettörmelékes-kavicsos, erősen tömődött agyagos szintek stb.), hanem a káros vegyületeket (Na-sók, [glej](#) stb.) tartalmazó – gyakran láthatatlan – rétegek közelében is jellegzetesen vízszintes irányba fordulnak.

A gyökérhálózat mennyiségi viszonyaira vonatkozóan nincsenek abszolút értékek; fejlettségét egyszerű tapasztalati skála alapján, szintenként adjuk meg, a „sok”, „közepes”, „kevés”, ill. „nincs” kategóriák felhasználásával.

6/j) *Állatjáratok*. A talajban élő állatok tevékenységének nyomai a talaj biológiai aktivitásának hű tükrözői. Közülük elsősorban a *gilisztjáratok*, ill. a kisemlősök humuszos anyaggal kitöltött járatainak (*krotovinák*) keresztmetszetei érdemelnek figyelmet, amelyek a csernozjom szelvények elmaradhatatlan jellemzőiként más talajtípusok fontos talajdinamikai változásairól – egykori erdő- vagy hidromorf talajok sztyepesedéséről (csernozjom-má fejlődéséről) – is árulkodnak. A felvételezés során megbecsüljük a *gilisztjáratok relatív gyakoriságát*, ill. megadjuk a *krotovinák számát és méreteit*.

6/k) *CaCO₃ (pezsgés)*. A karbonáttartalom szintenkénti meghatározása a legfontosabb terepi kémiai vizsgálatok közé tartozik.

A vizsgálat elvi alapja az, hogy sósav hatására a karbonátokból a



reakcióegyenlet értelmében szén-dioxid keletkezik. Ennek mennyisége arányos a karbonáttartalommal, tehát a – 10%-os – sósavval történt lecseppentés nyomán fellépő *pezsgés* intenzitásából az egyes talajszintek mésztartalmára következtethetünk.

A talajszelvény mészállapotának (karbonátprofil) vizsgálata nemcsak egyszerűen a talaj mésszel való természetes ellátottságára, ennek mennyiségi, eloszlási viszonyaira vagy mésztelenségére (kilúgzottságára) mutat rá, hanem igen gyakran *másodlagos mésztartalom* megjelenésére is, ami viszont a talajfejlődés irányának – rendszerint a hosszabb ideje folyó mezőgazdasági művelés okozta – megváltozására utal. Ennek legjellemzőbb példája – az eredeti állapotukban egyébként mindig mésztelen – barna erdőtalajok felülről történő *átmeszesződése* és/vagy alulról való *visszameszesződése*. Az előbbi esetben felülről lefelé, a másokban a C-szinttől felfelé *fogyatkozó mennyiségű mésztartalmat* regisztrálunk, ami nem más, mint a meszes lejtőhordalék-rétegből beszivárgó, ill. a korábban az altalajba lúgzódott, majd újraoldott és kapilláris úton a szelvénybe visszaemelkedett mész *másodlagos* kicsapódása.

A talajok mészállapotának vizsgálatához szükséges tudnivalókat a *Függelék 9.10. táblázatában* foglaltuk össze.

6/l) K é m h a t á s (pH). A pH-érték mint a H^+ -koncentráció negatív kitevőjű logaritmus a talaj kémhatásviszonyait jellemzi. Mérésére általában a legegyszerűbb és a legkevésbé pontos, de megbízható kolorimetrikus módszert alkalmazzuk. Ennek lényege, hogy a kivett talajdarabkából desztillált vízzel szuszpenziót készítünk, amelynek kémhatását a belemártott indikátorpapír színváltozása jelzi. A pH-értéket az indikátorpapírhoz mellékelt színskálán olvassuk le.

6/m) T a l a j v í z . Rendszerint az első vízzáró réteg felett összegyülekező, a közetszemcsék közötti hézagokat, pórusokat teljesen kitöltő, természetes vízforma. Vizsgálata mindeneke-lőtt a viszonylag mély fekvésű térszínek hidromorf (vagy többé-kevésbé ilyen hatás alatt álló) talajainak genetikai-dinamikai értékelése szempontjából fontos, de a mezőgazdasági gyakorlatban betöltött szerepének ismerete sem elhanyagolható (öntözés).

Magas talajvízállású területeken olykor „váratlanul” szivárog víz a feltárt szelvénybe (megnehezítve, gyakran lehetetlenné téve a felvételezést és a mintavételt), máskor kifejezetten kíváncsiak vagyunk helyzetére és sajátságaira. Ha a talajgödörben nem jelenik meg a talajvíz, de közelsége feltételezhető, a talpszintbe mélyített fúrással hamarosan elérhet-jük. Térbeli elhelyezkedését önálló fúrásokban történő mérések sorozatával állapítjuk meg. A mérést hosszabb bot, mérőszalag vagy nehezezzel ellátott zsinór (spárga) segítségével végezzük.

– *A talajvízszint mélysége.* A „megállapodott” talajvíztükör mélysége, azaz a víz első megjelenésétől bizonyos idő eltelte után, *újabb méréssel* felvett adat.

A két érték különbsége elég jelentős is lehet abban az esetben, ha a talajvíz az illető területen nyomás alatt van, azaz a víz felemelkedését – annak áttöréséig – vízzáró réteg (agyag-lencse, mészkőpad, mészzakkumulációs szint stb.) akadályozza meg. Agyagos, nedves tala-jokon, fúrással történő szelvényfeltárás esetén egyébként is gyakori, hogy a fúrófej palást-jának tömörítő-kenő hatása csak lassan engedi a vizet a fúrólukba szivárogni, ezért a tény-leges talajvízszint-mélység meghatározásával ugyancsak várnunk kell.

– *A talajvízszint ingadozása.* A víztükör felszín alatti mélysége egy éven belül (évszako-san), sőt hosszabb időperiódust tekintve is jelentős ingadozást mutathat, ezért a talajvíz-

viszonyok reális megítélése csakis hosszú időtartamú (többéves) észleléssorozat (ún. monitoring-vizsgálat) eredményeinek összehasonlító értékelésével lehetséges.

– *Érzékszervi vizsgálatok.* A talajvíz *színe, szaga, íze* egyes oldott anyagok (pl. vasvegyületek, kénhidrogén, különböző sók stb.) jelenlétéről, *tisztasága/zavarossága* a mélyebb szintek kolloidállapotáról, *tapadása/síkossága* pedig lúgosságáról, szódatartalmáról tájékoztat bennünket.

Megfelelő felszereléssel (a napjainkban egyre elterjedtebb terepi műszerek és reagenskészletek alkalmazásával) a talajvizek helyszíni **kvantitatív vizsgálat**ára is lehetőségünk van.

9.4. A talajok rendszertani besorolása a vizsgálati eredmények értékelése alapján

A szelvény-felvételezés befejezésekor, a *Függelék 9.2. táblázatában* összegezett terepi vizsgálati adatok értékelésével meg kell határoznunk a szóban forgó talaj rendszertani helyét.¹ A terepgyakorlati területen is előforduló genetikai talajtípusok rendszertani beosztását és a legfontosabb ismertetőjegyeiket a *Függelék 9.11. táblázat* tartalmazza, a besorolás alapelveit az alábbi áttekintés mutatja be.

A hazai genetikai-talajföldrajzi talajrendszer a talajokat négy kategóriaszintbe sorolja. A mintegy teleshópyszerűen „egymásba tolható” rendszertani kategóriák – amelyekkel az illető talaj tulajdonságainak egyre több részletét adjuk meg – főbb ismérvei az alábbiak:

1. *Főtípus.* Megnevezése a talajok legáltalánosabb sajátosságait foglalja magában, egyzersmind azok jellemző földrajzi elterjedésére is utal (váztalajok, öntés- és lejtőhordalék-talajok, közethatású talajok, barna erdőtalajok, réti talajok stb.).

2. *Típus.* A talajrendszertan alapkategóriája. Definíciószerűen: egy típusba tartoznak azok a talajok, amelyek azonos/hasonló talajképződési tényezők, ill. folyamatok együttes hatására alakultak ki és nagyjából azonos fejlettségi állapotot értek el. Pl. a barna erdőtalajok fő típusán belül az egységesen agyagosodott szelvényű talajok típusneve Ramann-féle barna erdőtalaj (*barnaföld*), az agyagásványok függőleges elmozdulása miatt eltérő agyagtartalmú A- és B-szinttel jellemzettek *agyagbemosódásos barna erdőtalaj* stb.

3. *Altípus.* A típusok továbbtagolását jelenti bizonyos talajképző folyamatok megjelenése, mások hatásának erőssége és még jó néhány megkülönböztető bélyeg alapján, s gyakran az egyik talajtípusból a másikba történő fejlődés közben, átmeneti stádiumát képviseli (genetika!). A fenti példánál maradva: az olyan barnaföld (típus), amelyben az agyagásványok függőleges elmozdulása már megkezdődött, de ennek mértéke az agyagbemosódásos barna erdőtalajra (típus) jellemző határértéket még nem érte el, az agyagbemosódásos barnaföld (altípus) elnevezést kapja („*már nem* típusos barnaföld, de *még nem* típusos agyagbemosódásos barna erdőtalaj”).

4. *Változat.* A talajnak a terepen észlelt *aktuális tulajdonságait* foglalja magában. Pl. a térképezés során több szelvényben is feltárhatjuk ugyanazt a talajtípust/altípust, ám korántsem biztos, hogy ezek minden tekintetben hasonlítanak egymásra: az egyik erősen, a másik

¹ Megjegyezzük, hogy terepi vizsgálati eredményeinket a laboratóriumi elemzések további adatokkal egészít(het)ik ki, ill. pontosít(hat)ják, ám mivel csak korlátozott számú talajszelvény kerül egyúttal laboratóriumi vizsgálatra is, a rendszertani besorolást minden esetben a terepen kell elvégeznünk.

közepesen erodált lehet, a harmadik humuszos rétege vékonyabb, mint a negyediké stb. Ezeket az eltéréseket a megfelelő jelzőkkel (pl. erősen/közepesen/gyengén erodált, sekély/mély humuszos rétegű, **sztyepesedő**, **rétiesedő**, visszameszeződött, **forogatott**, lejtő-hordalékkal fedett stb.) kifejezve, lényegében a változat elnevezését adjuk meg.

*

A terepi vizsgálati eredmények egy részét (pl. fizikai talajféleség, CaCO₃-tartalom, pH, a talajvíz kémiai összetétele) a legfontosabb szelvények mintáinak egzakt laboratóriumi analízisével ellenőrizzük, számos más, a terepen kvantitatíve értékelhetetlen talajtulajdonságról (humusztartalom, higroszkóposság, adszorpciós viszonyok, kapilláris vízemelés stb.) pedig csakis laborvizsgálatok alapján tájékozódhatunk.

A laboratóriumi vizsgálatokhoz a talajból *anyagmintát* kell vennünk; az elemzés céljától függően háromféle módon:

1. a (szikes) talajok *sótartalom-változásainak vizsgálatához* ún. *folyamatos profilból* (a szelvényfal egy keskenyebb, függőleges sávjának minden cm²-éből);
2. az egyes talajsziekek *vízgazdálkodási tulajdonságainak laboratóriumi vizsgálatához* – a *zavartalan mintavételt* garantáló – *speciális fémcsövek* felhasználásával;
3. a talaj *genetikájának meghatározásához* a sziekek legjellemzőbb részeiből (a laboratóriumi vizsgálatra szánt minden talaj esetében!).

9.5. Függelékek

9.5.1. Bibliográfia

- Buzás I. (szerk.), Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv, 1. A talaj fizikai, vízgazdálkodási és ásványtani vizsgálata, INDA 4231 Kiadó, 1993, Budapest.
- Kerényi A., Talajerózió. Térképezés, laboratóriumi és szabadföldi kísérletek, Akadémiai Kiadó, 1991, Budapest.
- Papp S., Talajaink kialakulása; Magyarország talajtípusai; Talajvédelem, In: Pannon Enciklopédia – Magyarország földje, Kertek 2000 Könyvkiadó, Budapest (1997), 258–260; 261–263; 466–468.
- Papp S., A talaj mint megújuló és mint megújítható erőforrás. A földhasználat, In: Bora Gy.–Korompai A. (szerk.): A természeti erőforrások gazdaságtana és földrajza (2., javított kiadás), Aula Kiadó, 2003, Budapest, 222–259.
- Stefanovits P., Filep Gy., Füleky Gy., Talajtan, Mezőgazda Kiadó, 1999, Budapest.
- Szabolcs I. (szerk.), A genetikai üzemi talajtérképezés módszerkönyve, Országos Mezőgazdasági Minőségvizsgáló Intézet, 1966, Budapest.

9.5.2. Fogalomtár

Adhézió: felületek összetapadása a molekuláik között működő erőhatás (adhéziós erő) következtében

Forogatott: rendszerint szőlőtelepítés miatt kaotikus szinttagozódást mutató talajváltozat

Glej: a redukált vasvegyületek okozta kékes, zöldes, szürkés elszíneződés (márványozottság) a víz hatására képződött talajokban

Hegylábfelszín-formálódás: a lepusztulás-lealacsonyodás során keletkezett és a vizek által kihordott törmelékanyag széles, enyhe hajlásszögű üledéklejtőként (hegylábfelszín) való felhalmozódása a hegységek előterében

Kohézió: folyadékok, gázok szilárd anyagrészecskéinek (atomjainak vagy molekuláinak) egymásra gyakorolt vonzása

Kotu: a láptalajok tőzegének lebomlása során keletkezett, sötét színű, magas szervesanyag-tartalmú humuszforma

Kvantitatív vizsgálat: (*quantitativ*, lat. – mennyiségi) valamely anyag alkotórészeinek pontos (kémiai, laboratóriumi) mérése(ke)n alapuló elemzése; ellentéte a **kvalitatív vizsgálat** (*qualitativ*, lat. – minőségi): az alkotórészek egyszerű jelenlétének, minőségének felismerése, megnevezése

Rétiesedő: többletvíz okozta vasas elszíneződés és vaskiválás az egyébként nem feltétlenül vízhatásra kialakult talajok alsóbb szintjeiben

Szeszkvioxid-tartalom: „másfélszeres oxidok”: az ásványok teljes szétesése során keletkezett vas- és alumíniumvegyületek (Fe_2O_3 , Al_2O_3) közös elnevezése (R_2O_3)

Sztyepesedő: a csernozjomképződés irányába mutató talajfejlődés az erdőirtás, ill. a víztelenítés (pl. lecsapolás) okozta szárazodás következtében

Szuszenzió: folyékony közegben eloszlott szilárd szemcsék sokasága

Teraszképződés: a folyóknak az éghajlat csapadékosabbá válása és/vagy a terület fokozatos emelkedése miatti bevágódása egykori árterükbe; a „kimaradt” (a bevágódással nem érintett) régi ártéri részletek magasabb – többszöri bevágódás esetén lépcsőzetesen egymás fölött elhelyezkedő – térszínekként (teraszok) kísérik a folyó futását

9.5.3. Táblázatok

1. Környezet:
2. Domborzati forma:
3. Lejtőszög (-kategória): %
4. Növényzet:
5. A szelvény mélysége: cm, ill. a humuszos réteg vastagsága: cm
6. A szelvény morfológiai vizsgálata

Genetikai szint	Mélység, cm	Szín (MUNSELL)	Fizikai féleség	Szerkezet	Tömődöttség	Kavics, törmelék	Másodlagos képződmények	Kiválások, konkréciók	Gyökérszet	Állat-járatok	CaCO ₃ (pezsgés)	Kémhatás (pH)	Talajvíz
a)	b)	c)	d)	e)	f)	g)	h)	i)	j)	k)	l)	m)	

A vizsgálati eredmények értékelése/A talaj rendszertani besorolása

1. Főtípus:
2. Típus:
3. Altípus:
4. Változat:

9.2. táblázat. Talajfelvételi adatlap

Erdőtalajokban* és szolonyec szikesekben			Csernozjom és réti talajokban					
Jelölés	Elnevezés	Jellemzés	Jellemzés	Elnevezés	Jelölés			
A₀₀**	alom- (avar-) takaró	elbomlatlan növényi maradványok (mor)	← ← TALAJFELSZÍN → →					
A₀**		részben elbomlott növényi maradványok (moder)						
A₁	a kilúgzási szint humuszos alszintje	viszonylag sötét szín, nagyobb humusztartalom (mull)				sötét szín, morzsás, szemcsés szerkezet	legfelső humuszos szint	A
A₂	a tulajdonképpeni kilúgzási (al)szint	fakó szín, alacsony agyag- (szeszkvioxid-) tartalom, (kovasav-behintés), gyenge szerkezetesség				Sötét szín, morzsás***, szemcsés, poliéderez szerkezet, a mélységgel csökkenő humusztartalom (csernozjom talajokban mészlepedék)	humuszos átmeneti szint	(B)
B₁	felhalmozódási szint(ek)	sötétbarna szín, magas agyag- (szeszkvioxid-) tartalom, erős szerkezetesség és tömődöttség				gilisztajáratok, állatjárat-kitöltések (krotovinák***)	átmenet a talajképző kőzetbe****	(B)C
B₂		világosabb barna szín, kisebb agyagtartalom és tömődöttség						
C	talajképző kőzet	a felső részében esetenként CaCO ₃ -felhalmozódási (C _{Ca}) alszinttel				talajképző kőzet	talajképző kőzet	C
D	ágyazati kőzet	a C-szint anyagától eltérő kőzet vagy eltemetett talajréteg	ágyazati kőzet	ágyazati kőzet	D			

* Agyagbemosódásos, podzolos és pangóvízes barna erdőtalajok.

** Minden erdőtalajon.

*** Jellemzően csernozjom és szárazodó (sztyepesedő) réti talajokban.

**** Típusos réti talajokban hiányzik.

A genetikai szintek ábrázolt vastagságarányai nem mindenütt felelnek meg a valóságos arányoknak.

Hullámos vonallal az átmeneti jellegű (nem éles) szinthatárokat jelöltük.

9.3. táblázat. A talajok leggyakoribb genetikai szintjei és jellemzésük

Tapintás <i>a talajmintát ujjaink között morzsolgatva...</i>	Gyúrópróba <i>diónyi talajmennyiséget tenyerünkön vízzel összegyúrva...</i>	Fizikai féleség
szárazon és nedvesen egyaránt éles, karcoló felületeket érzünk	az anyag széttöredezik, szétesik	homok
az apró homokszemcséken kívül finom, sima tapintású, púderszerű alkotórészeket is érzünk	a talajmasszából golyó formálható, de henger (sodralék) már nem (készítéskor széttöredezik)	vályogos homok/ homokos vályog*
csak finom, porszerű részeket érzünk, amelyek felülete nem érdes és nem csúszós	a golyó hengerré sodorható, de gyűrűvé már nem hajlítható, mert eközben külső szegélyén megrepedezik és széttöredezik	vályog (por)
a por- és agyagtartalom arányától függően gyengébben vagy erősebben tapad	gyűrű is formálható belőle, amely a külső szegélyén többé-kevésbé megrepedezik	agyagos vályog/ vályogos agyag*
szárazon nehezen nyomható szét, nedvesen síkos, erősen tapad	golyó, henger, gyűrű, sőt pereg formálható belőle, repedés nélkül	agyag

* E keverékfrakciók elkülönítése nagyobb gyakorlatot igényel.

9.4. táblázat. A talaj fizikai féleségének meghatározása tapintással és gyúrópróbával

<i>Típuscsoport</i>	<i>Típus</i>	<i>Jellemzés</i>	<i>Előfordulás</i>
Hasábszerű (a tér egy irányában erősen, két irányban gyengén fejlett)	<i>hasábos/prizmás</i>	a megnyúlt, négyszög/háromszög keresztmetszetű idomot – <i>a fejrészen is!</i> – éles élekben találkozó, nagy területű síklapok határolják	agyagbemosódásos és pangóvízes barna erdőtalajok, ill. (szolonyeces) réti talajok tömődött, agyagos (B-) szintjei
	<i>oszlopos</i>	a fenti típushoz egyebekben hasonló idom <i>felső része</i> („ <i>oszlopfő</i> ”) <i>legömbölyödött</i>	szolonyec talajok tömődött, agyagos (B-) szintje
Lemezszerű (a tér két irányában erősen, egy irányban gyengén fejlett)	<i>leveles</i>	megkülönböztetésük a lapok vastagsága alapján	agyagbemosódásos barna erdőtalajok A ₂ -szintje
	<i>lemezes</i>		szolonyec talajok A-szintje
Köbös (a tér mindhárom irányában egyformán fejlett)	<i>poliéderes</i>	„építőkockaszerű” idom: <i>néhány nagy</i> területű, határozott élekben és csúcsokban található sík határolja	barna erdőtalajok B-szintje, réti talajok
	<i>diós</i>	erősen sokszögletű idom: <i>több kisebb</i> , éles élekben és hegyes csúcsokban található sík határolja	barna erdőtalajok B-szintje
	<i>szemcsés</i>	legömbölyödött és sík felületek vegyesen határolják; az élek egy része szintén legömbölyödött	Ramann-féle barna erdőtalajok (barnaföldek) B-szintje, réti csernozjom
	<i>morzsás</i>	gömbölyű felületek és legömbölyödött élek határolják	csernozjom talajok, jó kultúrállapotban levő barna erdőtalajok és réti talajok

9.5. táblázat. A talajok szerkezeti elemeinek fontosabb típusai

<i>A tömődöttség fokozatai</i>	<i>Jellemzés</i>	<i>Előfordulás</i>
Omlós (folyós)	minden eszközzel könnyen bontható – vágásélek nem maradnak	kötőanyag nélküli talajsintek (futó- és dűnehomokok, kotu stb.)
Laza	minden eszköz könnyen behatol – a vágásélek nagyrészt épek	homoktalajok, frissen megmunkált talajsintek
Enyhén tömődött	késsel bontható – a vágásélek épek	általában a talajok A _{sz} -szintje, alsóbb talajsintek
Tömődött	a kés is nehezen hatol bele – kisméretű talajdarabkák feszíthetők ki	öntözéssel összezsapolt szintek és eketalp-rétegek
Erősen tömődött	csákánnyal még nagyobb darabok kipattinthatók	erdőtalajok és szolonyeczek B-szintje
Igen erősen tömődött	csákánnyal is csak kisebb darabok pattinthatók ki – hegyének nyoma jól megmarad	szolonyeczek oszlopos B-szintje; mészkonkréciós, ill. agyaggal cementált homokos-kavicsos szintek
Tömör	a nagy erővel beütött csákányhegy alig hagy nyomot	vaskőfok, mészkőpad, tömör hegy-ségalkotó kőzetek

9.6. táblázat. A tömődöttség fokozatai és jellemző előfordulásai

<i>Név</i>	<i>Jellemzés</i>	<i>Viselkedés</i>	<i>Előfordulás</i>
Agyaghártyák	sárgás-vörösesbarna, agyagásvány-, Al-oxidhidrát (esetleg mangán/humusz-) tartalmú, viaszfényű bevonatok	a felületről ledörzsölve nyomukban világosabb, sárgásabb szín tűnik elő	agyagbemosódásos barna erdőtalajok podzolos barna erdőtalajok pszeudoglejes barna erdőtalajok szolonyec szikesek réti talajok
Humuszhártyák	matt vagy fényes fekete bevonatok	a ledörzsölés helye némi- leg kiszürkül	csernozjom talajok
Agyag-humuszhártyák			megművelt és csernozjom barna erdőtalajok AB-szintjei
Vasoxid-hártyák és mangánbevonatok	vörösbarna, ill. feketésbarna bevonatok	nehezen ledörzsölhetők	(kovárányos) rozsdabarna erdőtalajok réti és podzolos barna erdőtalajok
Kovasav-behíntés	apró, fehér, gyakran átlátszó gömböcskékből álló, porszerű bevonat		podzolos barna erdőtalaj A ₂ -szintje szologyosodott szolonyec talaj A-szintje

9.7. táblázat. A talaj másodlagos képződményei

Művelet	Viselkedés	Szín	Csoport
Oldás desztillált vízben	jól oldódik		vízoldható sók (sókiválások) (1)
	gyengén oldódik		CaSO₄, MgCO₃ (1)
	nem oldódik		TOVÁBBI VIZSGÁLAT (⇒ HCl)
Lecseppentés 10%-os sósavval	pezseg		karbonátok (CaCO₃, MgCO₃) (2)
	nem pezseg		TOVÁBBI VIZSGÁLAT (⇒ SZÍN)
Színek megfigyelése			fehér, cukorszerű bevonat
		fehér, levegőn világoskékre színeződik	vasfoszfát (vivianit) (3)
		barna, rozsdabarna	Fe³⁺ oxidjai és hidroxidjai (3)
		kékes, zöldes, szürkés	Fe²⁺ oxidjai és hidroxidjai (3)
		sötétlila-fekete	Mn oxidjai és hidroxidjai (3)

* Másodlagos képződmény (1. g) pont)

9.8. táblázat. A kiválások, konkréciók főbb csoportjai meghatározásának menete

<i>Csoport</i>	<i>Név</i>	<i>Jellemzés</i>	<i>Viselkedés/Képződési feltételek</i>	<i>Előfordulás</i>
(1) Vízoldható sók (só kivirágzás, sókéreg, önálló kristályok)	gipsz (CaSO ₄ × 2H ₂ O)	fehér por vagy „fecskefárok”-i-kerkristályok	vízben nehezen oldódik, sósavval lecséppentve nem pezseg	szoloncsák(os) talajok
	konyhasó (NaCl)	sajátosan sós ízű fehér por vagy kocka alakú kristályok	vízben jól oldódik	
	glaubersó – mirabilit (Na ₂ SO ₄ × 10H ₂ O)	sós-keserű ízű, fehér por		
	keserűsó – epsomit (MgSO ₄ × 7H ₂ O)	keserű ízű, fehér por		
	szóda (Na ₂ CO ₃ × 10H ₂ O)	fehér por	sósavtól pezseg, oldata síkos tapintású, fenoftaleinnel élénkörös-meggypiros reakciót ad (erősen lúgos kémhatás!)	
(2) Karbonátok (szénsavmész-tartalmú kiválások és konkréciók)	mészlepedék (pszeudomicélium = gombafonalszerű)	a szerkezeti elemek felületére vékony, szürkésfehér hártva alakjában kicsapódott szénsavas mész	sósavval lecséppentve pezseg	mészlepedékes csernozjom (B)-szintje
	mész-ér	0,5–1,0 mm vastag, egykori gyökérjáratokat kitöltő képződmény		erdőtälajok és csernozjomok BC- és C-szintje
	mészgöbeccs	változatos alakú és nagyságú, kemény, tömör kiválások		a) gömbölyded (csernozjom) b) ágas-bogas (réti és láptälaj)
	mészköpad	szénsavas mésszel horizontálisan összecementált mészkonkréciók		réti talajok
	mészbélés	beágyazott közettörmelék másodlagosan kicsapódott mésszel bélelt „fészke”		vörösgyagyas rendzina (relik-tum!)
	csatornakitöltés	függőleges szivárgócsatornában kicsapódott CaCO ₃ -felhalmozódás		többé-kevésbé kilúgzott talajok BC-szintje
(3) Vas-, ill. vas-mangán vegyületek	vasrozsdásság	határozatlan alakú és nagyságú, vöröses- (rozsdá-) barna színű* foltok, szalagok	tartós oxidációs viszonyok	láp-, réti és szikes talajok
	vasszeplők	1–2 mm ø-jű, vörösbarna színű*, puha, kenődő göbök	gyenge vízhatás	barna erdőtälajok, réti csernozjom
	vasborsók	1–1,5 cm ø-jű, gömbhéjas szerkezetű kiválások*	oxidációs-redukciós folyamatok váltakozása	túl nedves erdőtälajok réti talajok szolonyecsek B-szintje
	– talajvíz-glej – vízállás-glej – pangóvíz-glej	nem tömör képződmény: kékes zöldes, szürkés elszíneződés	anaerob körülmények okozta redukciós folyamatok	– hidromorf talajok altälaja – elöntött talajok felszíni rétegei – pszeudoglejes barna erdőtälaj B-szintje

*Ha Mn-t is tartalmaznak, színük fekete, lilásfekete.

9.9. táblázat. A talajokban előforduló kiválások és konkréciók

(a csoportok sorszáma megegyezik a 9.8. táblázatban látható számozással)

<i>A pezsgés jellege</i>	<i>Észlelés</i>	<i>Karbonát-tartalom</i>	<i>Jegyzőkönyvi jele</i>	<i>CaCO₃, %</i>
<i>nincs</i>	semmilyen módon nem észlelhető	nincs	∅	0
<i>alig hallható</i>	a mintát a fülhöz tartva, kevés buborék elpattanásának gyenge <i>hangja</i>	nagyon kevés, egyenlőtlenül eloszlott	ny (omokban)	0–2
<i>gyenge</i>	a lecseppentett felszínen buborékok elpattanása <i>látható</i>	kevés	+	2–4
<i>közepes</i>	a lecseppentett folt teljes felületén egyenletesen pezseg	közepes	++	4–7
<i>erős</i>	lecseppentés után a folyadék lassan felhabzik	sok	+++	7–10
<i>igen erős</i>	a folyadék azonnal és intenzíven felhabzik („forr”)	igen sok	++++	>10

9.10. táblázat. A karbonáttartalom terepi meghatározása a pezsgés alapján

FŐTÍPUS típus/altípus	Humuszosodás	Kilúgzás	Agyagosodás-agyagvándorlás (texturdifferenciálódás: B/A)	Redukció
BARNA ERDŐTALAJOK				
• agyagbemosódásos barna erdőtalaj	vízben oldódó, agresszív humusz- (fulvo-) savak	az A- és B-szintek teljesen mésztelenek	B₁/A (agyag%) ≥ 1,5	nem jellemző
• pangóvízes barna erdőtalaj	mint fent	mint fent	mint fent (a B ₁ erősen tömődött)	rossz vízvezető képességű B₁-szint → levegőtlenység → kékes, szürkés glejffoltok → savanyú
• Ramann-féle barna erdőtalaj (barnaföld)	nagyobb molekulájú, „szelídebb” humusz- (barna humin-) savak	mint fent	B/A (agyag%) ≈ 1 (max. 1,2)	nem jellemző
• csernozjom barna erdőtalaj	AB-szint(ek), szürke huminsavak, organominerális komplexum	alulról történő másodlagos visszameszesződés gyakori	mint fent (barnaföld eredet!)	∅
KÖZETHATÁSÚ TALAJOK				
• (fekete) rendzina	fekete, magas szerves- és csekély ásványianyag-tartalmú, sekély A-szint; humuszkötés Ca²⁺ által (Ca-humát)	az A-szintben csak az apró mészkődarabkák pezsegnek	∅	∅
VÁZTALAJOK				
• köves, sziklás váztalaj	csekély humusztartalmú, sekély, köves réteg	∅	nem jellemző	∅
• földes kopár	∅ vagy jelentéktelen (nyers, laza üledékes kőzet a felszínen)	∅ → meszes	∅	∅
• (antropogén) humuszkarbonát	lefelé hatoló, csökkenő mennyiségű humusz; humuszkötés Ca²⁺ által (Ca-humát)	legfeljebb gyenge; az egész szelvény meszes	∅	∅
ÖNTÉS- ÉS LEJTŐHORDALÉK-TALAJOK				
• réti öntéstalaj	(szürkés)fekete humuszanyaga réti dinamikát jelez	a közeli talajvízszint miatt nem jellemző	az öntésrétegek fizikai féleségétől függő „texturdifferenciáció”	altalajában vasmozgás nyomai (rozsdás-glejesség)
• barna erdőtalaj lejtőhordalék	változatos (az „örökölt” és/vagy helyben kialakult rétegek jellegétől, arányától és helyzetétől függő)	előfordulhat	a lejtőhordalék-rétegek fizikai féleségétől függő „texturdifferenciáció”	altalajában gyakran vasmozgás nyomai (rozsdás-glejesség)

9.11. táblázat. A mintaterületen előforduló talajtípusok fontosabb ismertetőjegyei (a legjellemzőbb bélyegek vastag betűvel kiemelve)

10. ÖKOLÓGIAI MÓDSZEREK A BIODIVERZITÁS MEGISMERÉSÉHEZ (SZABÓ MÁRIA, TÖRÖK JÁNOS)

10.1. Bevezetés

A hetvenes években új módszereket (pl. fakoronákra épített labortutajok) vezettek be a trópusi esőerdők fajgazdagságának vizsgálatára, mely meglepő eredményeket hozott. Becslések szerint a környezetünkben élő fajoknak talán csak a 10%-át ismerjük. A tudósok ráébredése eme „elképesztő” tudatlanságukra szinte egybeesett a globális változások katasztrofális hatásának felismerésével, a trópusi erdőterületek felgyorsult kipusztításával, a lokális környezetszennyezések regionális hatásának észlelésével, amihez az egyszerű, de pontosan előre jelezhető tény járult hozzá, hogy 2011-ben az emberi populáció lélekszáma elérte a 7 milliárdot. Ezek a tények szinte sokkolták a tudományos életet és lassan kibontakozott (1992, [Riói Konferencia](#), 1996, I. Természetvédelmi Konferencia stb.) egy „mozgalom”, amely nemcsak az ember, hanem a földi [ökoszisztéma](#) szempontjából is káros hatások mértékét próbálja legalább csökkenteni. A sikerhez az információk gyűjtésén kívül az emberek szemléletének átforgalmazása vezethet el. E komplex gyakorlat egyik célja, hogy a környezetünk jobb megismerésén keresztül segítse ezt a „Földet szerető” szemléletet átadni a különböző korosztályoknak, mégpedig nemcsak egyetlen tudományterület eredményein keresztül, hanem összetettebb módon, több tudományterület ismereteinek, módszertanának együttes alkalmazásával.

Az ökológiai terepgyakorlat célja: a természetben a [populációk](#) és a belőlük szerveződött élőlényközösségek ([biocönózisok](#)) tanulmányozása, az egyed feletti ([szupraindividuális](#)) biológiai szerveződési szint jelenségei, folyamatai jelzéseinek észlelése és felismerése, s ezen keresztül a környezet minőségének és változásainak regisztrálása, értékelése és értelmezése. Bár az élőlények nagyon jó jelzői (indikátorai) a környezeti tényezőknek, azok változásainak, vagyis a környezet minőségének, meg kell azonban tanulnunk a jelzések észrevételét, az értékelések módjait, terepi, laboratóriumi vizsgálati módszereit és értékelési módjait. Ha az [élőhely](#) (habitat, biotóp) megváltozik, módosul az ott élő életközösség is. Amikor pl. a mediterrán területeken az örökzöld erdőket kivágták, a talaj eső általi elhordása miatt helyükön tövises sűrű bozót, az ún. [makkia](#) telepedett meg. Ez azonban (takarásával megakadályozva a további talajelhordást, valamint gyökereinek köveket mállasztó hatásával és a talajnak szervesanyag-utánpótlást adva) hosszú idő alatt annyira megváltoztatja a talajviszonyokat, hogy helyén az egykori örökzöld erdő újból kialakulhat. Ezáltal ismét harmonikus állapot jöhet létre a környezeti feltételek és az életközösség között.

A környezettudományok interdiszciplináris jellegéből adódóan a terepgyakorlaton, komplex módon össze kell kapcsolni a [cönológiai](#) (társulástani), [ökológiai](#) és környezet-elemzési gyakorlatokat és értékeléseket. Jelen kiadványban azokat az egyszerűbb módsze-

reket szeretnénk bemutatni, melyek segítségével ismereteket szerezhetünk a környezetünkről az ott élő növény- és állatpopulációkról és közösségekről. Bár e fejezetben, didaktikai okok miatt, a komplex terepgyakorlatnak csak egy részét, az ökológiai módszereket ismertetjük, elsődleges célunk mégis az lenne, hogy a különböző tudományterületek környezet- és természetvizsgáló módszerei együttesen jelenjenek majd meg a gyakorlati képzésben. Ehhez a gyakorlatvezető oktatók és gyakorlatot végzők empatikus együttműködése szinte nélkülözhetetlen.

Az ökológusok különféle módszereket és taktikákat alkalmaznak, hogy megismerjék az egyes populációk viszonyait más populációkhoz vagy a fizikai kémiai környezetükhöz. A különböző megismerési módszerek két fő irányba csoportosíthatók. A vizsgálatok egyik része, melyet nevezhetünk *következményvizsgálatnak*, általában komparatív módszerek segítségével, megfigyelést vagy kísérletet alkalmazva vizsgál egy vagy több populációt, egy vagy több élőhelyen, azonos vagy eltérő időszakban, és az így szerzett adatokból próbál következtetni a jelenséget kiváltó okokra, miértekre. A másik megközelítési irány az ún. *előfeltevés-vizsgálat*, amely során egyszerű vagy bonyolultabb modellek alkalmazásával, szimulációs vizsgálatokkal jóslásokat (predikciókat) teszünk a miértekre és később ezeket a predikciókat teszteljük a természetes (vagy kísérleti) populációkban és vizsgáljuk a jóslások érvényesülésének körülményeit.

A cél mindkét esetben ugyanaz: megismerni a világot, amelyben élünk. Régóta tudjuk, hogy ez sürgető feladatunk, de csak az utóbbi egy-két évtizedben érezzük az ismeretek hiányának közvetlen hatását szennyeződő és pusztuló környezetünkön, kimerülő energiaforrásainkon, elsivárult tájainkon, a még a tudomány által nem ismert, de máris kipusztult populációkon keresztül.

Az ökológiai vizsgálatok egyik, talán a legfontosabb specifikuma, hogy a vizsgálatok tér- és időléptéke több nagyságrenddel nagyobb, mint más biológiai tudományterületen. A megfigyelések és kísérletek átlagos időtartama 2-3 év, de az időbeni heterogenitás kiküszöböléséhez legalább 10-15 éves vizsgálati sorok szükségeltetnek. Hasonlóan vetül a probléma térben is. Az egyedek **territóriumától** a **bioszféra** egészéig bármely lépték nagyobb, mint amit az anatómusok, sejtbiológusok vagy molekuláris biológiával foglalkozó kutatók alkalmaznak. Nyilván ez a skálázás nem alkalmazható az ökológiai terepgyakorlatok során, ezért a feladatok szelektálására és a vizsgálati időtartam drasztikus csökkentésére kényszerültünk. ***Következésképpen a vizsgálatok többsége csak demonstratív jellegű lesz, amely a módszerekkel ugyan megismertet, de releváns adatokat nem minden esetben szolgáltat.***

10.2. A vizsgálatok elméleti háttere

10.2.1. A populációk egyedszámának becslése

Alapvető fontosságú, hogy az ökológiai vizsgálatok során képet kapjunk a közösségeket alkotó populációk tömegességi viszonyairól, ill. azok tér- és időbeni változásairól. Bár maga a populáció definíciója sem egyszerű feladat, fogadjuk el, hogy az azonos faji minősítésű egyedek csoportja, melyek ugyanolyan faji minősítésű egyedek más csoportjaitól (általában térben is) elkülönülnek és az adott csoportra jellemző genetikai, **demográfiai** (pl. születési arány, halálozási arány) stb. sajátosságokkal rendelkeznek.

A populációknak jellegzetes térbeni eloszlása van, legtöbbször ez nem egyenletes, ami nehezíti a populáció nagyságának becslését. Nemcsak térben, de időben is változik a populáció. A változás dinamikáját szemléletesen hasonlíthatjuk egy tóhoz, ahol a befolyó víz a születéseket, az elfolyó víz a halálozásokat, a párologás az elvándorlásokat és a lehulló csapadék a bevándorlásokat jelentené. Érzékelhető, hogy a tóban található víz mennyiségét (a vízszintet) csak akkor tudjuk becsülni, ha legalább e négy hatás nagyságát tér- és időbeliségét is ismerjük. Az ilyen rendszert nyílt rendszernek nevezzük. Egyszerűbb az eset, ha feltételezzük, és a legtöbb vizsgálat így is tesz, hogy a vizsgálat alatt a populáció demográfiai értelemben nem változik, vagyis zártnak tekinthető. Tovább szűkítve a lehetőségeket, azt is szükséges feltételeznünk, hogy a populáció térben is zárt. Ez utóbbi feltételtől a populációnagyság becslésénél nem lehet eltekinteni, de a demográfiai zárttság néha feloldható, mert vannak olyan módszerek, mint pl. állatok esetén a fogás-jelölés-visszafogás hosszú távú alkalmazásának módszere, amelyek nyílt (valós) populációkban is használhatók egyedszámbecslésre.

A populációk egyedszámának becslésére számos módszer ismeretes. Pontos egyedszámot szinte lehetetlen megmondani (mozgás, időbeliség, elvándorlás, bevándorlás stb. miatt) ezért csak becsülni tudjuk, néha elég pontosan, a populáció nagyságát. Az egyszerűség kedvéért különböztessünk meg abszolút és relatív becslési módszereket. Az **abszolút** és az azzal rokon módszerek (pl. fogás-jelölés-visszafogás) egy adott terület- vagy térfogat-egységben lévő egyedek számát becsüli. Az egységnyi területre vagy térfogatra vonatkozó egyedszámot *egyedsűrűségnek* vagy **denzitásnak** nevezzük.

Sokszor az élőhely valamilyen egységére (pl. levéltetvek száma levelenként vagy az ektoparaziták száma gazdánként) eső egyedek számát tudjuk csak becsülni, ami különböző összehasonlításokra jól használható. A területegységre vonatkoztatott populációnagyságot, pl. a levéltetvek esetében a levelenkénti tetűszámból és a levelek területegységre eső számából tudjuk csak megadni, ami jelentős hibával terhelt, mivel becsülnünk kell a levelek elhelyezkedését az adott növényegyedeken, ill. az adott növényfaj egyedeinek területegységre vonatkoztatott sűrűségét. Ezek ismeretében tudjuk csak megmondani a fenti levéltetvek területre vonatkoztatott egyedsűrűségét.

Relatív becsléseknek nevezzük azokat az eljárásokat, melyek csak a populációk idő- vagy térbeni összehasonlítására alkalmasak, néha különböző korrekciós faktorok alkalmazásával abszolút értékeként is kezelik a relatív módszerrel kapott eredményeket. A *relatív* módszerekhez soroljuk azokat az eljárásokat is, amikor nem az állategyedeket számoljuk meg, hanem a területen hagyott jelzéseiket (pl. rágásnyom, ürülékkupac, levedlett kitinváz, pihenőkotorék stb.).

Növényeknél és helyhez kötött állatoknál a populáció egyedszámbecslése leggyakrabban kijelölt mintanegyzetekben, a talajlakó és vízi szervezeteknél ismert térfogatú mintákban az egyedek megszámlálásával történik. Növényi populációkban külön problémát jelent a vegetatíván terjedő/szaporodó ún. moduláris szervezetek egyedszámának becslése. Ilyen esetben ugyanis az egyed fogalma értelmetlen, hiszen a hagymás-gumós-rizómás vagy tarackoló-indázó növényeknél több m²-nyi talajfelületet benövő populáció egyetlen egyedként fogható fel. Ilyen esetben a vizsgálat során a mintanegyzetekben nem egyedszámot, hanem hajtásszámot mérünk. Egyedszámok helyett az egyedek tömegét, illetve borítását is becsülhetjük.

A populációbecslések többsége mintavételezésen alapszik, mely statisztikai hibával rendelkezik. A mintavételezéssel kapcsolatos tudnivalók széles skáláját ismerteti Southwood (1984) híres könyvében. A mintavételezésnél a népességnek csak egy kicsiny, általában vé-

letlenszerűen választott részét veszik számba, azt feltételezve, hogy az hűen reprezentálja az egész populációt. Mindig figyelni kell tehát arra, hogy a mintázott populáció minden egyes eleme egyenlő eséllyel kerüljön kiválasztásra, a mintavételi egység alkalmas legyen terület/térfogat egységgé történő átalakításra, a mintavételi egység az állat méretéhez képest ne legyen túl kicsi és a mobilis állatoknál fontos figyelembe venni azok mozgáskörzetét is, és ahhoz alakítani a mintavételt.

10.2.2. A közösségek vizsgálata

Az élőlényközösségekben (biocönózisokban) mindig sok faj populációja él térben és időben együtt. A leginkább szembeűnő növények, állatok és a közismert kalapos gombák mellett kevésbé ismert gombák és mikroszkópikus méretű alacsonyabb rendű élőlények nagyszámú egyede alkotja a közösségeket. A terepi vizsgálódások során gyakorlati szempontból általában külön kezelik a növényeket, állatokat, baktériumokat, de újabban már a gombákat is. A közösséget ennek megfelelően felosztják növény-, állat-, baktérium- és gombatársulásokra, mindig szem előtt tartva azonban azt, hogy ezek a társulások egymással sokféle kapcsolatban (pl. táplálkozási, együttélési) vannak a közösségben.

A biocönózisok többféle tér- és időszerkezettel rendelkeznek. A térszerkezetek közül leginkább szembeűnő az erdőlakó élőlények függőleges vagy vízszintes elrendeződése, más szóval a színtezettség és a mintázat (pattern). A közösségek nemcsak térben, hanem időben is állandóan változnak, ami azok térbeli szerkezetének változásában nyilvánul meg. A közösséget alkotó populációk időben eltérő aktivitása alakítja ki a társulás időszerkezetét, ami több időléptékben jelentkezik ugyanott. Így megkülönböztetünk *napi ritmust* (pl. a nappal vagy éjszaka aktív állatok) és *évszakos változásokat*. Ez utóbbinál a társulás *aszpektusairól*, vagyis az év különböző szakaszaiban mutatott eltérő megjelenési formájáról beszélünk, amit a fajok évszakosan különböző fejlődési üteme (*fenológiája*) idéz elő. Állatközösségeknél ritkábban használják az aszpektus fogalmát, de a szezonális ritmus itt is létezik (pl. tölgyes erdeinkben a téli aszpektust a nagy téliaraszoló lepkék tömeges repülése, a tavaszt a cserebogaraké, a nyárit pedig a sáskáké jelzi). A napi és évszakos változások ciklikusan ismétlődő jellegűek, melyek során a közösség megőrzi eredeti struktúráját. Ugyanakkor ennél hosszabb idő alatt végbemennek irányított, irreverzibilis változások is a társulásokban, melyek során fajcsere zajlik (egyes populációk elpusztulnak, újak települnek meg) és a szerkezet is lassan átalakul. Ezt a folyamatot *szukcesszió*nak nevezzük.

A *kapcsolatszerkezet* a populációk közötti kölcsönhatások nyomán alakul ki. Ugyanaz a populáció egyszerre több és többféle kölcsönhatásban vesz részt (pl. egy oroszlánfalka ragadozója több nagytestű növényevőnek, versenytársa más ragadozóknak, gazdája egyes parazitáknak). Ugyanakkor egy kölcsönhatástípusban számos populáció vesz részt (pl. a szavannák növényevői az antilop-, zebra-, gnü- vagy zsiráfpopulációk). A populációk között leggyakoribbak a táplálkozási kapcsolatok, és az ezek nyomán kialakuló struktúra, amit **táplálkozási hálózat**nak nevezünk.

Attól függően, hogy hány populáció építi fel az élőlényközösséget, az lehet fajgazdag vagy fajszegény. A *sokféleség* (**diverzitás**) ezen túl attól is függ, hogy hány egyed tartozik egy-egy populációhoz. Az ökológiában diverzitás alatt legtöbbször az így értelmezett *fajegyed diverzitást* értjük. Ez a sokféleség elméletileg nyilván akkor maximális, ha a közösség összes egyede más-más fajhoz tartozik, és akkor minimális, ha valamennyi egyed azonos fajú. A valós társulások e két véglet között helyezkednek el. A diverzitás mérésére használatosak az ún. diverzitási mutatók, melyek közül a Shannon–Wiener-indexet tárgyaljuk és használjuk. Az így kapott mutató valójában a diverzitás két komponensétől függ: a

fajgazdagságtól (hány fajból áll a közösség) és az egyenletességtől (az egyedek hogyan oszlanak meg a fajok között).

Néhány általános törvényszerűség állapítható meg a társulások diverzitásviszonyairól. A kedvezőtlen adottságú, szélsőséges élőhelyeken (pl. sivatagok, tundra) alacsonyabb a diverzitás, mint a kedvező környezeti tényezők mellett (pl. nedves trópusok). Megfigyelhető egy emelkedő diverzitási gradiens a sarkoktól az egyenlítő felé, illetve a diverzitás csökkenése hegyvidéken a tengerszint feletti magasság növekedésével, illetve a tengerekben a mélyebben fekvő részek felé haladva. Minél tagoltabb szerkezetű (heterogénebb) egy élőhely (biotóp, habitat), annál diverzebb közösséget tud eltartani. Mivel az ember által létrehozott közösségek (leginkább monokultúrák) mindig egyszerűbbek a természeteseknél, ezért diverzitásuk is alacsonyabb (pl. egy gyümölcsös rovarközössége szegényebb egy szomszédos lombos erdőénél).

Minden élőlény határozott környezeti igényekkel rendelkezik és csakis abban a közösségben tud megtelepedni, ahol azokat tartósan megtalálja. Így – már csak az indikációs elv értelmében is – a közösségeket minősítik alkotóelemeik. A terepvizsgálatok során mindig az a célunk, hogy az alkotórészek (a populációk) tulajdonságaiból következtessünk az egész (a társulás) sajátosságaira. Minél jobban ismerjük a társulásokat alkotó fajokat, annál többet „elárulnak” magukról és az élőhelyükről, a környezeti tényezők változásairól. Éppen ezért egy megfelelő szintű fajismeret elengedhetetlenül szükséges a terepgyakorlat végrehajtásához! Ilyenkor célszerű azonban a populációkat nemcsak faji hovatartozásuk, hanem valamilyen más, környezeti reakciójukat kifejező, „funkcionális” szempontból is minősíteni. Ilyen a flóraelem, ill. faunaelem és az életforma szerinti besorolás, melyek az élőlények éghajlathoz való alkalmazkodottságát tükrözik. Az ún. ökológiai spektrumok segítségével az egyes populációk termőhelyi igényei alapján következtethetünk a közösség valamilyen ökológiai állapotára, illetve az élőhely ökostátuszára (a környezet állapotára). A természetességi értékek megoszlása alapján pedig fontos információkhoz juthatunk a közösség természetes vagy degradált/diszturbált állapotát illetően.

10.3. Az ökológiai vizsgálatok módszerei

10.3.1. A növényzet vizsgálata

A növénytársulás (asszociáció) fiziognómiailag állandó megjelenésű, törvényszerűen ismétlődő, többé-kevésbé állandó faji összetételű és meghatározott környezeti igényű egysége a növénytakarónak. Elnevezése általában az uralkodó vagy jellemző faj(ok) nevéből ered, pl. tölgy-köris-szil ligeterdő, hársas-körises sziklaerdő, nádas. A társulások területileg különálló foltjai a társulás állományai.

A vizsgálat során kijelölt területeken növénycönológiai (társulástani) felvételeket készítünk a gyakorlatot vezető tanárokkal. A kapott fajlisták és a terepi felvételezések alapján készített táblázatok és ábrák alapján értékelni lehet a területek különbözőségét ökológiai és természetvédelmi szempontból egyaránt.

A növényzet vizsgálatához növényhatározó, mérőszalag, zsineg, kisebb méretű karók vagy nagyobb szögek, milliméterpapír és íróeszközök szükségesek.

10.3.2. A növényzet vizsgálatának módszerei

Az élőlényközösségek megismerése többnyire a terepen készített növénytársulás-tani (fitocönológiai) felvétellel kezdődik. A felvételezés célja az, hogy a terepen minél több információt gyűjtsünk a növényzetről, annak állapotáról s ezen keresztül a termőhely minőségéről. A növénytakaró alkalmazkodik a termőhelyhez, s a jól ismert általános indikátorelv értelmében az élőhely legjobb jelzője (**indikátor**) az ott található vegetáció. Mivel adott élőhely teljes növénytakarójának felmérése lehetetlen, ezért növényzeti állományonként mintaterületeket választunk ki, és azt vizsgáljuk. Az állományonkénti mintaterület kiválasztása szubjektív, de némi gyakorlattal (és segítséggel) megtanulhatunk jól választani.

Számos technika létezik a társulástanban a kvantitatív adatok gyűjtésére. A legáltalánosabban elterjedt a standard méretű négyzetekkel történő mintavételezés, az ún. kvadrátos módszer, de használják a kör és az elnyújtott (sáv) mintaterületet is. Nagyságuk a növényzeti típustól függően akkora legyen, hogy a típusban előforduló fajok jelentős részét (legalább 80%-át) magába foglalja. Az egyes fajok borításértékeinek becslése szubjektív, kellő gyakorlatot igénylő tevékenység. Ezért a borításbecslést csak az ún. „haladó gyakorlatok” során, már nagyobb gyakorlattal rendelkező vezető segítségével végezzük el. A kvadrátos mintavétel esetén a kapott eredmény a szubjektivitás mellett függhet még a kihelezés módjától, a használt kvadrátok méretétől, alakjától és számától. Fenti okok miatt a terepi felvételezés során elsősorban arra törekszünk, hogy csak a mintanegyzetekben előforduló növényfajok jelenlétét (prezenciáját) regisztráljuk, figyelmen kívül hagyva azok mennyiségi viszonyait.

A cönológiai felvételezés menete

Karóval kijelöljük és zsineggel elkerítjük a felvételezendő területet. Ennek mérete a mi vizsgálatunkban az alábbiak szerint választandó meg:

Erdőben:	10 x 10 m-es (vagy 20 x 20 m-es) négyzet
Cserjés-bozótban:	5 x 5 m-es (vagy 10 x 10 m-es) négyzet
Gyepben:	1 x 1 m-es (vagy 2 x 2 m-es) négyzet
Patak mentén:	5x 10 vagy 5x 20 m-es sáv

Terepjegyzéknyvbe rögzítjük a *10.1. táblázatban* feltüntetett adatokat.

Ennek során a kvadrátban megbecsüljük a különböző növényzeti szintek összborítási értékeit %-ban, az adott szint növényzetének átlagmagasságát, erdő esetén az állomány átlagos életkorát, a mellmagassági törzsmérőjét (és megszámlálhatjuk a fák egyedeit is).

Felvesszük a mintavételi négyzetben található összes növényfajt, azaz elkészítjük a fajlistát. Amelyik fajt nem tudjuk meghatározni, kérjük segítséget a határozáshoz vagy gyűjtsünk be róla egy-egy levelet, virágot (ha van termést is) és később határozzuk meg

Ha megfelelő gyakorlattal rendelkezünk, akkor a mintavételi kvadrátban megbecsüljük fajonként a százalékos borítási értékeket, vagyis az egyes fajok által elfoglalt területet, ennek jele: **B**, vagy az összevont **Abundancia** (egyedszám) – **Dominancia** (borítás) értékeket, amit **A-D** értéknek neveznek. A borítás százalékos becslése elsősorban a gyepes esetén és erdők lágyszárú szintjében ajánlott. A felvételezést minél több próbaterületen végezzük el, (csoportonként 2-3 vagy esetleg még több négyzetben).

A borítási értéket (**B**) legegyszerűbben egy 5-ös fokozatú skálán becsülhetjük az alábbi módon:

<u>A faj borítása a mintanégyzetben</u>	<u>B-érték</u>
1% alatt	+
1–20%	1
21–40%	2
41–60%	3
61–80%	4
81–100%	5

Amennyiben az egyedszámot és a borítást együttesen vesszük figyelembe, akkor kapjuk meg az összevont **A-D** értékeket. Például, ha egy növényfaj nagy egyedszámban van jelen a kvadrátban, de a növény kis termetű, akkor a borításértéket felfelé becsüljük, s így lesz az 1-ből 1-2, a 2-ből 2-3 stb. Fordított esetben, ha a kvadrátban a faj egyedszáma kevés, de nagy termetű a növény, s így borítása nagy az A-D értéket lefelé becsülve adjuk meg, pl. az 1-ből +1, a 2-ből 1-2, az 5-ből 4-5-ös A-D érték lesz.

Ha a terepen **A-D** értéket becsültünk, csoporttömeg-számítás során a következő skála szerint számítunk át borítási százalékra:

<u>A-D</u>	+	<u>Borítási %</u>
+1		1,0
1		2,5
1-2		5,0
2		15,0
2-3		25,0
3		37,5
3-4		50,0
4		62,5
4-5		75,5
	5	87,5

Példaként álljon itt (10.1. táblázat) egy gyertyános-tölgyes erdő (Sajó-völgy, Lázberc) társulástani (cönológiai) terepi felvétele.

Felvételezés dátuma: 1998. július 8.

Lelőhely: Sajó-völgy, Lázberc

Termőhely: 430 m tszf

Expozíció: ÉNy

Lejtőszög: 8°

Alapkőzet: mészkő

Talaj: agyagbemosódásos barna erdőtalaj, 50 cm-es humuszos szinttel

Társulás neve: Gyertyános-tölgyes (*Quercus petraeae-Carpinetum*)

Az állomány kora: 60-70 év (átlag)

A mintavételi terület alakja és nagysága: 20 x 20 m-es négyzet

<i>Növényzeti szint</i>	<i>Fajnév</i>	<i>Borítás (A-D)</i>
Lombkoronaszint		
	<i>Carpinus betulus</i> (gyertyán)	2
Borítás: 75%	<i>Cerasus avium</i> (madárcseresznye)	+1
Magassága m (átlag): 15-20	<i>Quercus cerris</i> (csertölgy)	+1
Törzsátmérő cm (átlag): 48	<i>Quercus petraea</i> (kocsánytalan tölgy)	2-3
	<i>Tilia platyphyllos</i> (nagylevelű hárs)	1
Cserjeszint		

	<i>Acer campestre</i> (mezei juhar)	+
Borítás: 20%	<i>Acer tataricum</i> (tatárjuhar)	+
Magasság m (átlag): 2,5	<i>Carpinus betulus</i> (gyertyán)	1
	<i>Cornus mas</i> (húsos som)	+
	<i>Crataegus monogyna</i> (egybibés galagonya)	+
	<i>Ligustrum vulgare</i> (fagyal)	+ -1
	<i>Pyrus pyraeaster</i> (vadkörte)	+
	<i>Quercus cerris</i> (csertölgly)	1-2
	<i>Quercus petraea</i> (kocsánytalan tölgy)	1
	<i>Sambucus nigra</i> (fekete bodza)	+
Lágyszárú szint		
	<i>Bilderdyckia dumetorum</i> (sövénykeserűfű)	+
Borítás: 30%	<i>Carex pilosa</i> (bükkös sás)	+
	<i>Circaeae lutetiana</i> (varázslófű)	+ -1
	<i>Cucubalus baccifer</i> (szegfűbogyó)	+
	<i>Dactylis polygama</i> (erdei ebír)	+ -1
	<i>Festuca gigantea</i> (óriás csenkesz)	+
	<i>Fragaria vesca</i> (erdei szamóca)	+
	<i>Galeopsis pubescens</i> (pelyhes kenderkefű)	+
	<i>Galium aparine</i> (ragadós galaj)	1
	<i>Geranium robertianum</i> (nehézszagú gólyaorr)	+
	<i>Geum urbanum</i> (erdei gyömbérgyökér)	+
	<i>Glechoma hederacea</i> (kerek repkény)	+ -1
	<i>Lysimachia nummularia</i> (pénzlevelű lizinka)	+
	<i>Mycelis muralis</i> (kakicsvirág)	+
	<i>Poa nemoralis</i> (ligeti perje)	+
	<i>Rubus caesius</i> (hamvas szeder)	1
	<i>Salvia glutinosa</i> (enyves zsálya)	+
	<i>Stachys sylvatica</i> (erdei tisztesfű)	+
	<i>Stellaria media</i> (tyúkhúr)	+
	<i>Viola mirabilis</i> (csodás ibolya)	+

Megjegyzés: az állomány erősen vadjárta és erdészetiileg kezelt

10.1. táblázat: Gyertyános-tölgyes erdő felvétele

Társulástabella készítése

A cönológiai felvételezés után adatainkat egy szintetikus táblázatba, az ún. tabellába rendezzük. A rendezés során egymás mellé írjuk az azonos vagy nagyon hasonló állományban készített felvételeinket, pl. ha a nedves réten pl. 7 darab kvadrátot vettünk fel, akkor a tabellában ezeket egymás mellé rendezzük a 10.2. táblázata szerint, s kiszámítjuk a konstanciákat (K).

Fajok	Borításérték (vagy A-D érték)							K
	1	2	3	4	5	6	7	
Felvételi kvadrát								
<i>Achillea millefolium</i> (közönséges cickafark)	+	–	–	1	+	–	1	III
<i>Agropyron repens</i> (közönséges tarackbúza)	1	+	2	1	–	2	–	IV
<i>Alopecurus pratensis</i> (réti ecsetpázsit)	4	3	1	1	4	2	+	V
<i>Arrhenatherum elatius</i> (franciaperje)	1	+	–	1	2	1	+	IV

<i>Artemisia vulgaris</i> (fekete üröm)	+	-	+	-	1	+	-	III
<i>Carduus crispus</i> (fodros bogáncs)	-	+	1	-	-	+	-	III
<i>Carex hirta</i> (borzas sás)	+	-	-	1	-	-	-	II
<i>Centaurea jacea</i> (réti imola)	+	+	-	-	1	-	+	III
<i>Chrysanthemum vulgare</i> (gilisztaüző varádics)	-	1	+	+	+	-	1	IV
<i>Cirsium arvense</i> (mezei aszat)	2	+	1	-	+	-	+	IV
<i>Dactylis glomerata</i> (csomós ebír)	2	+	2	+	1	3	2	V
<i>Daucus carota</i> (vadmurom)	+	-	-	1	+	-	+	III
<i>Equisetum arvense</i> (mezei zsurló)	+	1	+	-	-	-	+	III
<i>Euphorbia palustris</i> (mocsári kutyatej)	-	-	+	-	-	-	-	I
<i>Galium verum</i> (tejoltó galaj)	+	1	-	+	+	+	-	IV
<i>Glechoma hederacea</i> (kerek repkény)	+	-	+	+	1	2	1	V
<i>Lysimachia nummularia</i> (pénzlevelű lizinka)	+	-	1	3	+	-	1	IV
<i>Mentha arvensis</i> (mezei menta)	-	1	-	1	+	1	-	III
<i>Phalaroides arundinacea</i> (pántlikafű)	+	-	-	1	1	+	-	III
<i>Potentilla reptans</i> (indás pimpó)	+	-	1	+	-	-	+	III
<i>Ranunculus acer</i> (réti boglárka)	2	+	1	-	-	1	2	IV
<i>Ranunculus repens</i> (kúszó boglárka)	-	1	+	-	+	1	+	IV
<i>Rhinanthus minor</i> (csörgő kakascímer)	+	+	-	-	1	+	-	III
<i>Rumex acetosa</i> (mezei sóska)	1	-	+	1	-	-	2	III
<i>Rumex obtusifolius</i> (réti lórom)	1	-	+	+	2	1	-	IV
<i>Solidago gigantea</i> (magas aranyvessző)	+	1	+	2	-	-	+	IV
<i>Thalictrum flavum</i> (sárga borkóró)	+	-	1	-	-	-	-	I
<i>Urtica dioica</i> (nagy csalán)	+	4	1	+	1	2	-	V
<i>Vicia cracca</i> (kaszanyüg bükköny)	-	-	-	+	-	+	-	II

10.2. táblázat: Üde kaszálórét (*Alopecuretum pratensis*) növénytársulástani (cönológiai) tabellája

10.3.3. A kapott eredmények értékelése

Minden élőlény határozott környezeti igényekkel rendelkezik és csakis abban a közösségben tud megtelepedni, ahol azokat tartósan megtalálja. Így a közösségeket minősítik alkotóelemeik. A „minősítési” vizsgálatnál mindig az a célunk, hogy az alkotórészek (a populációk) tulajdonságaiból (az élőlényféleségek gyakorisági eloszlása alapján) következtessünk a közösség sajátosságaira. Minél jobban ismerjük a közösségeket alkotó fajokat, annál többet „elárulnak” magukról és az élőhelyeikről, illetve a környezeti tényezők változásairól.

Minden fajhoz rendeljük hozzá az A-D értékeket (amennyiben a mintanégyzetekben azt megbecsültük) és a növényhatározóból rendeljük hozzá minden fajhoz az ún. *ökológiai értékszámokat* (T, W, R), a *fajok természetességét jelző* Simon-féle TVK-értékeket, illetve ha módunkban áll a Borhidi-féle szociális magatartástípusokat (SzMT) és a természetességi értékeket (Val.), a *flóraelemtípusát*, az *életformát* és a cönotípusát (cönológiai csoportját) a 10.3. táblázat szerint (a terepi felvételezés szintén a Sajó-völgyben, de egy másik gyertyános-tölgyes erdőállományban készült, az Alacska település melletti oldalvölgyben). **Ezt a feladatot csak „haladó szinten” javasoljuk elvégezni.**

Felvételezés dátuma: 1998. július 8.

Lelőhely: Sajó-völgy, alacsikai oldalvölgy

Termőhely: 360 m tszf

Expozíció: É

Lejtőszög: 10°

Alapkőzet: mészkő

Talaj: agyagbemosódásos barna erdőtalaj, 50-60 cm-es humuszos szinttel

Társulás neve: Gyertyános-tölgyes (*Quercus petraeae-Carpinetum*)

Az állomány kora: 60-70 év (átlag)

A mintavételi terület alakja és nagysága: 20 x 20 m-es négyzet

Fajnév	Borítás (A-D)	W	R	TVK	SzMT	Val	Flóra-elem	Életforma	Cönotípus
<i>Acer campestre</i> (mezei juhar)	+	4	4	K	G	4	eu	MM	lombos-e
<i>Ajuga reptans</i> (indás infű)	+	6	3	TZ	DT	2	eu	H	ü-lombos e
<i>Carex pilosa</i> (bükös sás)	+	4	3	E	C	5	köz-eu	H	bükk-gye-el-e
<i>Carpinus betulus</i> (gyertyán)	2	5	3	E	C	5	köz-eu	MM-M	gye-el-e
<i>Cephalanthera rubra</i> (piros mádársisak)	+	3	5	V	G	4	eu	G	lombos-e
<i>Cerasus avium</i> (madárcseresznye)	+	5	3	K	S	6	eu	MM-M	gyet
<i>Circaea lutetiana</i> (varázslófű)	+	5	4	K	G	4	euá	G	bükk-gye-el-e
<i>Crataegus laevigata</i> (cseregalagonya)	+	5	3	K	G	4	köz-eu	M	tölgyesek, bok-e
<i>Crataegus monogyna</i> (egyibés galagonya)	+	4	3	K	G	4	euá	M	tölgyesek

<i>Euonymus europaeus</i> (csíkos kecskerágó)	+	5	3	K	G	4	DK-eu	M	bok-e, tölgyesek
<i>Euonymus verrucosus</i> (bibircses kecskerágó)	+	4	4	K	G	4	DK-eu	M	bok-e, tölgyesek
<i>Galeopsis speciosa</i> (szőrös kenderkefű)	+	5	4	TZ	G	4	euá	Th	bükk-gye-el-e
<i>Geum urbanum</i> (erdei gyömbérgyökér)	+	4	4	K	DT	2	euá	H	m-lombos-e
<i>Glechoma hederacea</i> (kerek repkény)	+ - 1	7	0	K	DT	2	euá	H	ü-lombos e
<i>Lathyrus vernus</i> (tavaszi lednek)	+	5	4	K	S	6	euá	H	bükk-gye-el-e
<i>Lilium martagon</i> (turbánliliom)	+	5	4	K	G	4	euszib	G	bükk-gye-el-e
<i>Neottia nidus-avis</i> (madárfészek)	+	6	3	K	G	4	euszib	G	gyet, ü- tölgyesek
<i>Melica nutans</i> (egyvirágú gyöngyperje)	+	5	3	K	G	4	euszib	H-G	lombos-e
<i>Polygonatum multiflorum</i> (fürtös salamonpecsét)	+	5	3	K	G	4	D-euá	G	bükk-gye-el-e
<i>Pulmonaria obscura</i> (zöldlevelű tüdőfű)	+	6	3	K	G	4	köz-eu	H	bükk-gye-el-e
<i>Quercus cerris</i> (csertölgy)	1 - 2	3	3	E	C	5	DK-eu	MM-M	sz-m-tölgyesek
<i>Quercus petraea</i> (kocsánytalan tölgy)	3	4	0	E	C	5	köz-eu	MM-M	m-tölgyesek
<i>Rosa canina</i> (gyepűrózsa)	+	3	3	TZ	DT	2	eu	M	tövisekesek, cserjések
<i>Sambucus nigra</i> (fekete bodza)	+ - 1	5	3	GY	DT	2	eu	MM-M	(erdei) gyomtárs.
<i>Stachys sylvatica</i> (erdei tisztosfű)	+	6	3	K	G	4	euá	H	bükk-gye-el-e
<i>Stellaria holostea</i> (olocsán csillaghúr)	+	5	3	K	C	5	euá	H	bükk-gye-el-e
<i>Symphytum tuberosum</i> (gumós nadálytő)	+	5	3	K	G	4	köz-eu	G	bükk-gye-el-e
<i>Torilis japonica</i> (bojtorjános tuskemag)	+	3	0	TZ	DT	2	euá	Th- TH	lombos-e
<i>Viola sylvestris</i> (erdei ibolya)	1 - 2	5	3	K	G	4	eu	H	bükk-gye-el-e

Megjegyzés: az erdőállomány jó növekedésű, alig degradált, természet közeli állapotú.

10.3. táblázat: Gyertyános-tölgyes erdő (Alacska) felvétele

A legegyszerűbb feladatot a 10.4. és a 10.5. táblázatoknak megfelelően végezhetjük el, ahol csak a fajok (borítási értékek nélkül!), nedvességigényt kifejező értékszáma (W), a fajok természetességére utaló értékei (TVK), a flóraelemek és életformák vannak feltüntetve.

Felvételezés dátuma: 1998. június 11.

Lelőhely: Ónod, a Sajó-völgy

Termőhely: 80 m tszf

Expozíció: 0, Lejtőszög: 0°

Alapkőzet, talaj: réti öntés

A mintavételi terület alakja és nagysága: 2 x 2 m-es négyzet

Társulás neve: szekunder száraz gyepterület, társulástanilag nem besorolható

Gyepszintborítás: 90%

Gyepszint magasság: 15 cm

Fajnév	W vízigény	TVK	Flóra- elem	Életforma
<i>Achillea millefolium</i> (közönséges cickafark)	5	TZ	kozm	H
<i>Achillea pannonica</i> (magyar cickafark)	2	K	K-köz-eu	H
<i>Agropyron repens</i> (közönséges tarackbúza)	3	GY	cirk	G
<i>Alopecurus pratensis</i> (réti ecsetpázsit)	8	E	euá	H
<i>Arrhenatherum elatius</i> (franciaperje)	5	TZ	eu-köz-á	H
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (pásztortáska)	5	GY	kozm	Th-TH
<i>Cirsium arvense</i> (mezei zsuzsika)	4	GY	euá-(med)	G
<i>Dactylis glomerata</i> (csomós ebír)	6	TZ	kozm	H
<i>Daucus carota</i> (vadmurom)	4	TZ	kozm	Th-TH
<i>Erodium cicutarium</i> (bürok gémmor)	4	GY	kozm	Th
<i>Erigeron canadensis</i> (betyárkóró)	4	GY	kozm	Th-TH
<i>Eryngium campestre</i> (mezei iringó)	2	TZ	kont	H
<i>Euphorbia cyparissias</i> (farkas kutya-tej)	3	GY	euá-(med)	H(G)
<i>Festuca pseudovina</i> (sovány csenkesz)	2	TZ	euá	H
<i>Festuca valesiaca</i> (vékony csenkesz)	2	K	euá	H
<i>Galium verum</i> (tejló galaj)	3	K	euá-(med)	H
<i>Geranium molle</i> (puha gólyaorr)	3	GY	adv	Th
<i>Lactuca serriola</i> (keszeg saláta)	2	GY	euá-(med)	Th-TH
<i>Lolium perenne</i> (angol perje)	5	GY	kozm	H
<i>Lotus corniculatus</i> (szarvaskerep)	4	TZ	D-euá	H
<i>Maricaria inodora</i> (ebszékfü)	6	GY	euá	TH-H
<i>Medicago minima</i> (apró lucerna)	6	GY	euá-(med)	Th
<i>Melandrium album</i> (fehér mécsvirág)	4	G	euá-(med)	Th-TH
<i>Melilotus officinalis</i> (orvosi somkóró)	4	TZ	euá-(med)	Th-TH
<i>Ononis spinosa</i> (tövises iglice)	3	GY	eu-(med)	H-Ch
<i>Picris hieracioides</i> (keserűgyökér)	2	GY	euá-(med)	TH-H
<i>Plantago lanceolata</i> (lándzsás útifű)	4	TZ(K)	euá	H
<i>Plantago major</i> (nagy útifű)	7	GY	euá-(med)	H
<i>Poa pratensis</i> (réti perje)	6	K	kozm	H
<i>Potentilla neglecta</i> (molyhos pimpó)	3	K	euá-(med)	H
<i>Pulicaria dysenterica</i> (réti bolhafű)	7	GY	köz-eu-med	Th
<i>Sanguisorba minor</i> (csabaíre)	3	K	eu-(med)	H
<i>Setaria viridis</i> (zöldes muhar)	3	GY	euá	Th
<i>Stellaria graminea</i> (pázsitos csillaghúr)	4	TZ	euá-(euszib)	H
<i>Thymus glabrescens</i> (közönséges kakukkfű)	2	K	köz-eu	Ch
<i>Trifolium pratense</i> (réti here)	6	TZ	euá-(med)	H
<i>Trifolium repens</i> (fehér here)	5	TZ	kozm	H
<i>Xanthium strumarium</i> (szerbtövis)	6	GY	kozm	Th

Megjegyzés: a gyepek másodlagosan, felhagyott szántó helyén alakult ki, nagyon zavart, ezért fitocönológiai besorolása bizonytalan.

10.4. táblázat: Másodlagosan kialakult száraz gyepek cönológiai felvétele

Ahhoz, hogy a 10.3. táblázat szerint értékeljünk egy vizsgált növénytársulást, szükséges a mintanegyzetben szereplő minden egyes faj borítási értékének (A-D érték) megbecsülése is. A fajokhoz hozzárendelve az SzMT-típusokat, a természetességi értékeket (Val.) és a cönológiai csoportokat készíthető el a 10.3. táblázathoz hasonló és értékelhető a vizsgált növénytársulás.

Felvételezés dátuma: 1998. június 10.

Lelőhely: Dubicsány, a Sajó ártere

Termőhely: 120 m tszf

Expozíció: 0

Lejtőszög: 0°

Alapkőzet, talaj: láposodó réti öntés

A mintavételi területalakja és nagysága: 2 x 2 m-es négyzet

Társulás neve: üde kaszálórét (*Alopecuretum pratensis*)

Gyepszint borítás: 100%

Gyepszint magasság: 25 cm

Fajnév	Borítás (A-D)	W vízigény	TVK	Flóra-elem	Életforma
<i>Achillea millefolium</i> (közönséges cickafark)	+	5	TZ	kozm	H
<i>Agropyron repens</i> (közönséges tarackbúza)	1 - 2	3	GY	cirk	G
<i>Alopecurus pratensis</i> (réti ecsetpázsit)	3 - 4	8	E	euá	H
<i>Arrhenatherum elatius</i> (franciaperje)	+	5	TZ	eu-köz-á	H
<i>Artemisia vulgaris</i> (fekete üröm)	+	4	GY	cirk-(med)	H (Ch)
<i>Carduus crispus</i> (födros bogáncs)	+	4	K	eu-(med)	TH
<i>Carex hirta</i> (borzas sás)	+	7	GY	eu-(med)	G
<i>Centaurea jacea</i> réti imola)	+	6	TZ	euá-(D-eu)	H
<i>Chrysanthemum vulgare</i> (gílisztauzó varádics)	+	7	K	euá-(med)	H
<i>Cirsium arvense</i> (mezei aszat)	2	4	GY	euá-(med)	G
<i>Dactylis glomerata</i> (csomós ebír)	1 - 2	6	TZ	kozm	H
<i>Daucus carota</i> (vadmurok)	+	4	TZ	kozm	Th-TH
<i>Equisetum arvense</i> (mezei zsurló)	+	8	GY	cirk	G
<i>Euphorbia palustris</i> (mocsári kutyatej)	+	10	K	eu	H-HH
<i>Galium verum</i> (tejoltó galaj)	+	3	K	euá-(med)	H
<i>Glechoma hederacea</i> (kerek repkény)	+	7	K	euá	H(-Ch)
<i>Lysimachia nummularia</i> (pénzlevelű lizinka)	+	8	K	eu-(med)	Ch
<i>Medicago lupulina</i> (komlós lucerna)	+	6	GY	euá-(med)	Th-TH
<i>Mentha arvensis</i> (mezei menta)	+ - 1	5	K	cirk	H(G)
<i>Phalaroides arundinacea</i> (pántlikafű)	+	10	K	kozm	HH-H
<i>Potentilla reptans</i> (indás pimpó)	+	6	TZ	kozm	H
<i>Ranunculus repens</i> (kúszó boglárka)	+	8	TZ	euá-(med)	H
<i>Rhinanthus minor</i> (csörgő kakascímer)	+	5	K	eu	Th
<i>Rumex acetosa</i> (mezei sóska)	+	5	TZ	cirk-(med)	H
<i>Rumex obtusifolius</i> (réti lórom)	1	6	TZ	eu	H
<i>Solidago gigantea</i> (magas aranyvessző)	+	8	K	adv	H
<i>Stenactis annua</i> (seprence)	+	8	TZ	adv	Th
<i>Taraxacum officinale</i> (pongyola pitypang)	+	5	GY	euá-(med)	H
<i>Thalictrum flavum</i> (sárga borkóró)	+	8	K	euá	H
<i>Urtica dioica</i> (nagy csalán)	+	5	TZ(K)	kozm	H

<i>Vicia cracca</i> (kaszanyűg bükköny)	+	4	TZ	cirk	H
---	---	---	----	------	---

Megjegyzés: a rétet rendszeresen kaszálják, a felvételezés kaszálás előtt történt. A nedves rétek a fűzésekkel mozaikosan helyezkednek el a folyó árterén.

10.5. táblázat: Üde-nedves kaszálórét cönológiai felvétele

Számoljunk csoportrészesedést cönológiai fajcsoport, flóraelem, életforma, hőmérséklet (T), nedvesség (W) és talajreakció (talaj-pH) (R) szerint és készítsük el a csoportrészesedést bemutató ábrákat. Ez a feladat csak akkor végezhető el, ha a terepi felvételezés során borításbecslés (A-D-értékbecslés) történt.

A táblázat alapján elkészíthetők az ábrák és a diagramok.

A növényzet jellemzése a társulástabella (10.2. táblázat) alapján

A konstancia (állandóság) jele a **K**. Értékelése a szerint történik, hogy a kérdéses faj a felvételek hány százalékában fordult elő.

Előfordulási %

K

81–100

V. állandó (konstans) fajok, az ún. vezérnövények

61–80

IV. szubkonstans fajok

41–60

III. közepesen gyakori fajok

21–40

II. ritka fajok

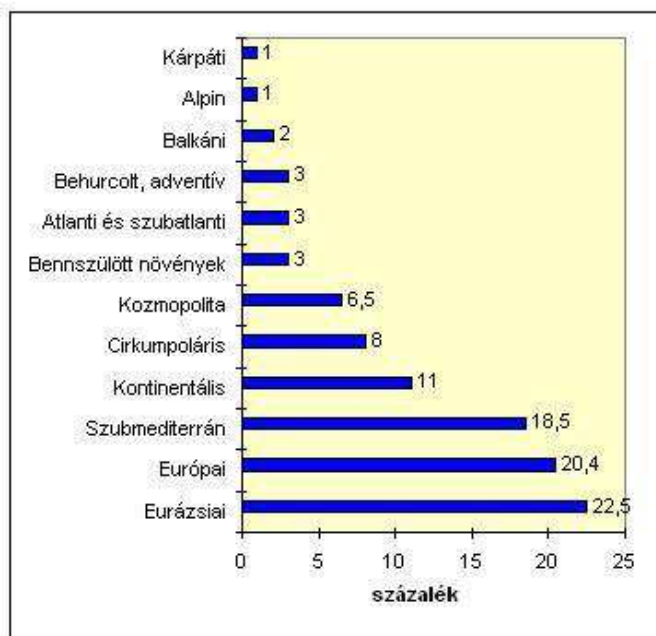
1–20

I. véletlen, ún. akcidens fajok

A 10.2. táblázatból jól kiolvasható, hogy a példaként hozott üde kaszálórét állandó (konstans) növényfajai a *régi ecsetpázsit*, a *csomós ebír*, a *kerek repkény*, és a *nagy csalán*. Ritka, illetve véletlen elemek a *kaszanyűg bükköny*, a *borzas sás*, illetve a *mocsári kutyatej* és a *sárga borkóró*.

Flóra- és faunaelem-spektrumok

Minden faj reá jellemző földrajzi elterjedési területtel, ún. áréával rendelkezik, ami tükrözi éghajlati alkalmazkodottságát. A sokféle elterjedési mintázat között típusokat jelölünk ki (áreatípusok), a hasonló elterjedésű fajokat azonos típusba soroljuk. Így pl. az összes kontinensen előforduló fajok *kozmpoliták*, az északi mérsékelt övben elterjedtek a *cirkumboreális*, Eurázsia sztyep- és erdőpuszta övében élők a *kontinentális elemek*. Egy adott területen mindig többféle áreatípus él együtt, a magyar flóra ún. áreaspektrumát, más szóval a flóraelem összetételét a 10.3.1. ábra mutatja.



10.3.1. ábra: A magyar flóra százalékos összetétele

Egy táulásban az egyes flóra-, ill. faunaelemek gyakorisága jól tükrözi a közösség klimatikus adottságait, segítségével a cönózisok összehasonlíthatók. Tágabb környékétől (pl. a domborzat miatt) jelentősen eltérő mikro-, ill. mezoklíma hatása megmutatkozik a közösség áreaszpektrumában (így pl. középhegységeink napsütötte déli lejtőit borító bokorerdőkben a szubmediterrán flóra- és faunaelemek részesedése jóval nagyobb, mint az azonos magasságban, északi kitettségekben álló erdőkben). A pontos észleléshez a populációk társuláson belüli mennyiségi viszonyait (pl. denzitás, borítás) is figyelembe vesszük.

Életforma-diagramok

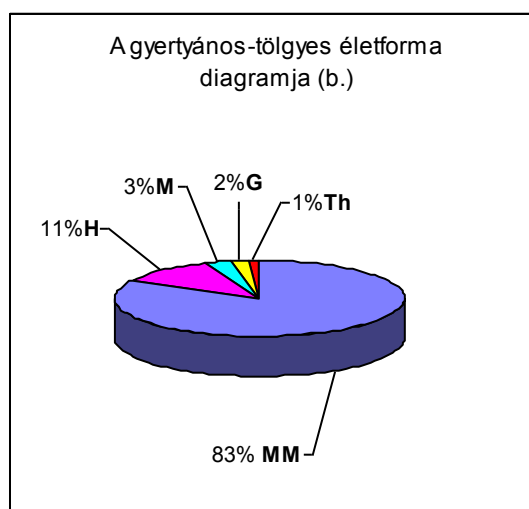
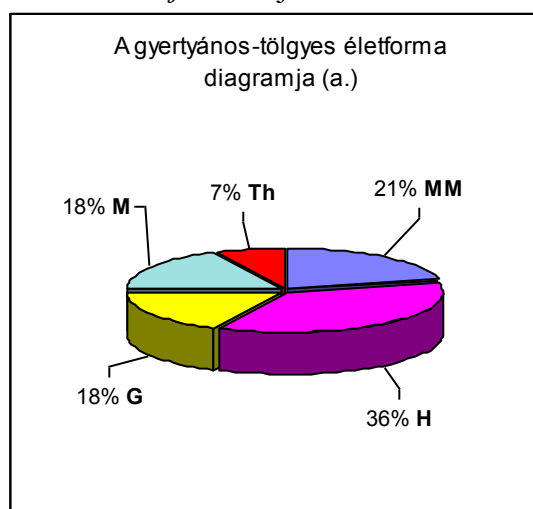
A növények felépítése, habitusa a környezethez való alkalmazkodás kifejezője. **Raunkiaer** a számos környezeti tényező közül a két alapvető tényező, a vízhez és a hőmérséklethez való alkalmazkodottságát emelte ki a növények esetén és ennek alapján alkotta meg máig is elfogadott és leggyakrabban használt életforma koncepcióját. Rendszere a megújuló, illetve az áttelelő szervek helyzetén alapszik. A **Raunkiaer-féle életformarendszer** rendező elve így a kedvezőtlen (hideg v. száraz) időszakot átvészelő megújuló képletek (többnyire rügyek) helyzete. Ennek alapján a főbb növénycsoportokat a 10.6. táblázatban foglaltuk össze.

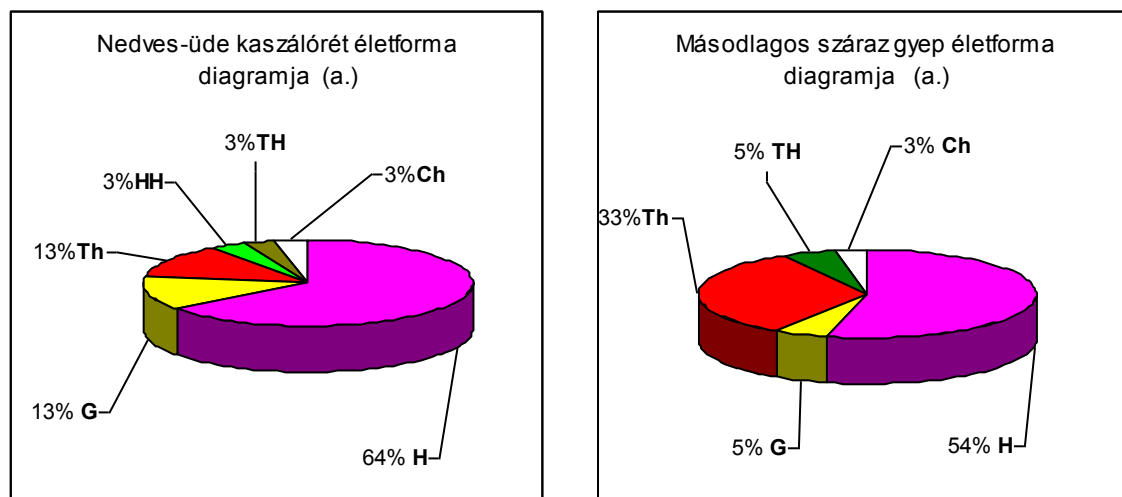
Életformatípus	Jele	Jellemzése	Példák
Fás szárú növények (<i>Phanerophyta</i>) • Fák • Cserjék • Félcserjék	Ph MM M N	Áttelelő szerveik magasan a talaj felett vannak.	bükk, kocsányos tölgy tatarjuhar, fagyal szeder, málna
Talaj felett telelők (<i>Chamaephyta</i>)	Ch	Áttelelő szerveik a talaj felett 10–30 cm-rel találhatóak; a szár lehet fásodott (törpecserjék) vagy hiányzik. Az áttelelő hajtás kúszó vagy párnás.	kakukkfűvek, fehér üröm, korpafűvek, erdei kutyatej

Félig rejtve telelők (<i>Hemikryptophyta</i>)	H	Az áttelelő szervek a talaj felszínén, vagy közvetlenül alatta vannak, törőzsában, tősarjakban vagy földbeli hajtásokon. A legtöbb lágyszárú növény ilyen.	régi ecsetpázsit, magyar szekfű, szurokfű, számoça, ibolyák
Rejtve telelők (<i>Kryptophyta</i>) • Talajban telelők • Vízben telelők	G HH	Az áttelelő szervek a talajban (hagymás, gumós, gyöktörzses), vagy a vízben, iszapban vannak.	kosborok, keltike hóvirág, gyöngyvirág, mezei aszat gyékény, tündérrózsa
Kétévesek (<i>Hemitherophyta</i>)	TH	Fejlődésük első évében csak vegetatív részeik alakulnak ki, áttelelnék, majd a második évben virágoznak, magot érlelnek.	kígyószisz, héjakút mácsonya, sárgarépa, nagy bojtorján
Egyévesek (<i>Therophyta</i>)	Th	Fejlődésükhöz maximum egy év (vegetációs időszak) szükséges. Mag formájában telelnek át.	pipacs, fehér libatop, kamilla, csormolya, kakascímer
Fán lakó növények (<i>Epiphyta</i>)	E	A fák koronájában (leveleken, ágon, törzsön) élők	fehér fagyöngy, fakín, mohák, zuzmók

10.6. táblázat: Életformatípusok

Egy faj életformája elterjedési területén belül rendszerint állandó. (Csupán az igen nagy areájú fajoknál lehet eltérés, pl. a trópusokon élő ricinus nálunk egyéves növény. A társulásokra jellemző az életforma-összetételük (*un. életformaspektrum*), melynek segítségével fajösszetételében jelentősen különböző közösségek is összehasonlíthatók a klimatikus alkalmazkodás szempontjából. A nedves trópusi és szubtrópusi esőerdőkre a fanerofitonok és az epifitonok, a sivatagokra és félsivatagokra a terofitonok, a mérsékeltövi lombos és tűlevelű erdőkre a hemikriptofitonok, a hideg égövi tundrákra pedig a kamefitonok túlsúlya jellemző. Azonos klímában megjelenő közösségek összehasonlításához már az egyes életformák tömegviszonyait (pl. borítás) is célszerű figyelembe venni. Ily módon kimutathatók pl. közösségek közötti mezo- és mikroklimatikus különbségek. Egy hazai gyertyános-tölgyes, valamint egy üde kaszálórét és egy száraz másodlagos gyepek életforma-diagramját a 10.3.2. ábrája mutatja be.





(a): a társulás fajszámra számított életforma-diagramja

(b): a fajok borítási értékei szerint (csoporttömeg) számított életforma-diagram

10.3.2. ábra: A vizsgált társulások életforma-diagramja

MM – Phanerophyta (fák), M – Phanerophyta (cserjék), Ch – Chamaephyta, H – Hemikryptophyta, G – Geophyta, TH – Hemitherophyta, Th – Therophyta

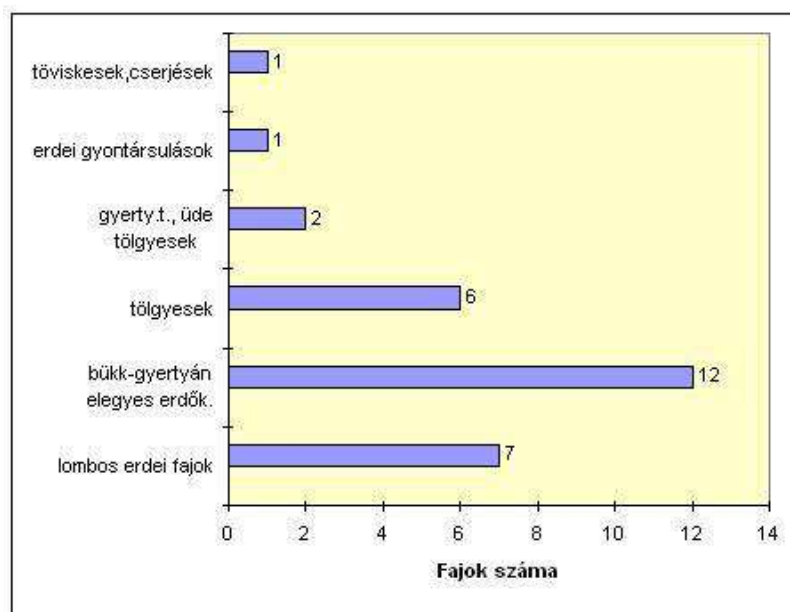
A zoológiában használatos életforma fogalom jóval tágabb értelmezésű, habár itt is a környezeti alkalmazkodás eredményeként kialakult valamilyen megjelenési forma leírása a cél. Így pl. testszerveződési alapon megkülönböztetnek telepes vagy egyedi, a helyváltoztatás módja szerint csúszó, úszó, ugró, repülő stb. életformákat vagy a táplálék minősége szerint növényevő, állatevő, mindenevő, dög-, ill. korhadékevő életformákat. Ezek részvételi arányai a zoocönózisokban szintén környezeti indikációs értékű és felhasználható a társulások közötti hasonlóságok, ill. különbségek kimutatására.

Társulásjelleg (cönotípus) diagramok

A fajok mellé rendelt cönotípus (társulásjelleg) azt fejezi ki, hogy a növényfaj milyen társulásokra, vegetációegységekre jellemző leginkább. A cönotípus-elemzéssel képet kaphatunk arról, hogy a vizsgált társulás a fajkészlete alapján milyen társuláscsoporthoz áll legközelebb. Emellett az állományban végbemenő változásokra is következtethetünk: pl. a gyom társulásjellegű fajok jelentősebb előfordulásából zavarásra (**diszturbanciára**) következtethetünk, vagy az erdei fajok jelenléte egy gyeppen annak irtáseredetét bizonyítja. Egy hazai gyertyános-tölgyes erdő cönotípus-diagramja a 10.3.3. ábrán látható.

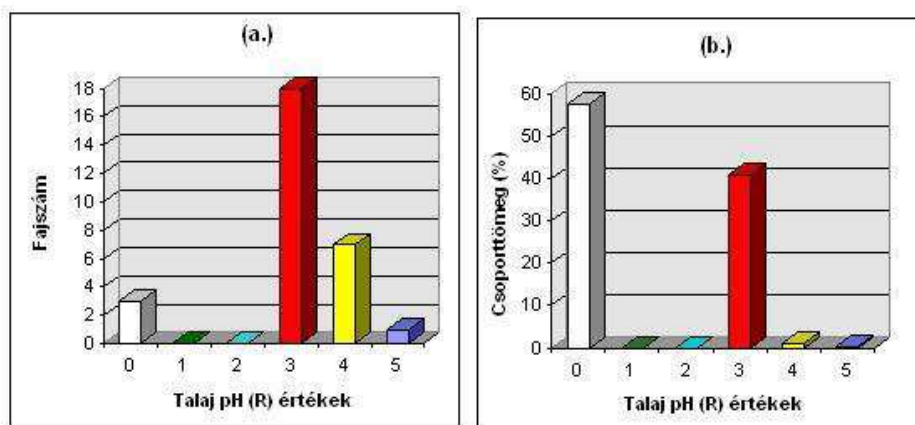
Ökológiai spektrumok

A növényfajok termőhelyi igényeinek jellemzésére dolgozták ki az ún. **ökológiai indikátorértékeket**. Ez a kategóriarendszer a fajokat a természetben tapasztalt leggyakoribb előfordulásuk alapján minősíti *hőmérsékleti (T)*, *talajnedvesség (W)*, *talajsavanyúság (R)* *nitrogénigény (N)* és újabban a *zavarástűrés (Z)* szempontjából. Így pl. a nedvességigényt kifejező W-érték skálája 1-től (szárazságtűrő, sivatagi növények) 11-ig (vízinövények) terjed, a fajok **degradációtűrését** (ill. veszélyeztetettségét) jellemző Z érték skálája 1-től (degradációt nem tűrő növényfaj) 5-ig terjed (degradációt jól tűrő faj), illetve léteznek olyan fajok, melyek degradációtűrése jelenleg még nem ismert. Minden fajt egy adott értékkel minősítenek.



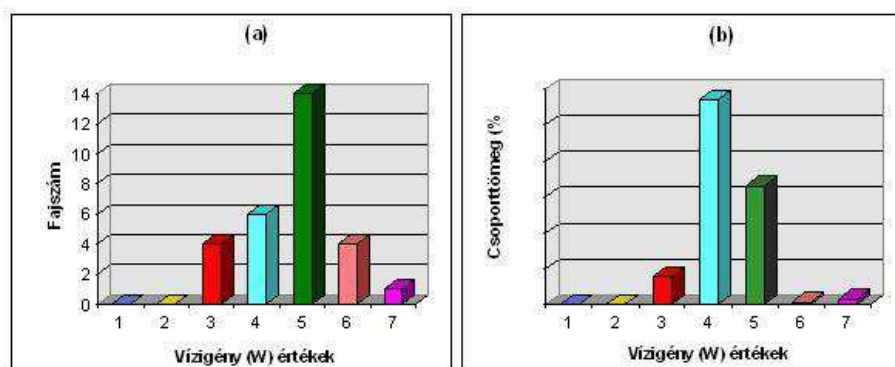
10.3.3. ábra: Egy hazai gyertyános-tölgyes erdő cönótípus-diagramja

A társulás fajösszetétele ismeretében az indikátorértékek jellemző gyakorisági eloszlása számítható ki, ami alkalmas a növénytársulások ökológiai minősítésére, ill. összehasonlítására. Így pl. a szárazságtűrő fajok gyakoriságából talajnedvesség-vizsgálat nélkül is sejthető, hogy az adott helyen a talaj felvehető nedvességtartalma kicsi. Ez a megfigyelésekre alapozott minősítési rendszer elsősorban közelítő összevetésekre ad lehetőséget. Az utóbbi időben a természetvédelmi kutatásokban gyakran alkalmazzák, amikor egy élőhely vagy közösség ökológiai spektrumának időbeni változásán keresztül a környezeti tényezők módosulását ki lehet mutatni. A példaként szerkesztett diagramokat (R, W) sorrendben a 10.3.4. és 10.3.5. ábra mutatja be.



10.3.4. a-b. ábra: Gyertyános-tölgyes R-érték-spektruma

- csak a fajok számát figyelembe véve
- a fajok borításértékeinek figyelembevételével



10.3.5. a-b. ábra: Gyertyános-tölgyes W-érték-spektruma

- a. csak a fajok számát figyelembe véve
 b. a fajok borításértékeinek figyelembevételével

Láttuk tehát, hogy csupán a közösségek építőelemeik (populációinak) minőségéből és mennyiségi viszonyaiból a társulások és az élőhely jellemző tulajdonságira derülhet fény. Az itt tárgyalt mutatók viszonylag egyszerű vizsgálati módszert kínálnak, hiszen a közösség valamilyen megjelenési képe (pl. fajösszetétel) regisztrálásával fontos következtetéseket vonhatunk le az annak kialakulásáért felelős környezeti tényezőkre (amiket majd az ennek folytatásaként végzett konkrét, sokszor kísérletes ökológiai vizsgálatok igazolhatnak). Növénytársulások ilyen irányú vizsgálatának elengedhetetlen segédeszköze a növényhatározó legújabb kiadása (Simon, 1992) mellett a Kis növényhatározó örökébe lépett Növényismeret (Simon–Seregélyes, 1999) mely a fajok meghatározásához szükséges kulcs mellett közli a magyar flórára a főbb mutatókat is.

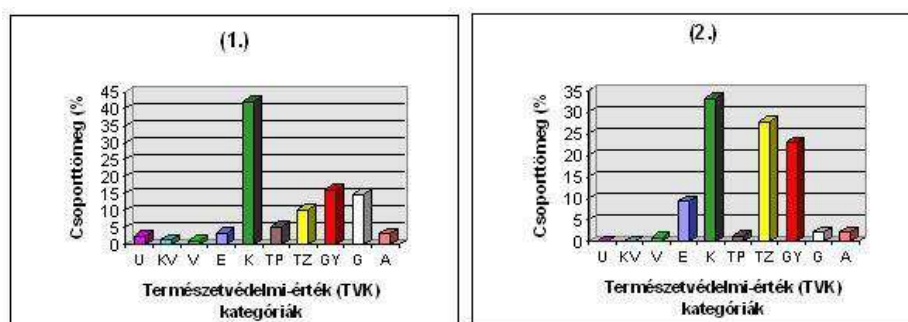
Természetességi (természetvédelmi) spektrumok

A természetes növénytársulások leromlása sok esetben az eredeti fajstruktúra átrendeződésében jelentkezik. A társulások eredetiségének, természetességi szintjének kimutatását szolgálja a hazai edényes fajokra kidolgozott Simon-féle természetvédelmiérték-kategória – TVK – rendszer (Simon, 1988), ahol a fajok biológiai értéke, társulástani viselkedése és előfordulási gyakorisága alapján hozta létre a növények csoportjait. Ebben a rendszerben a növényfajok a társulás **természetességét jelző fajok** – amelyek a nem bolygatott, természetes flórát képviselik – nagy csoportjába; illetve a **degradációt jelző fajok** – amelyek az antropogén hatást, degradációt jelzik – közé sorolhatók be.

A fenti természetvédelmi értékkategóriák alapján megadható egyes területek, növénytársulások edényes flóráját képező fajok megoszlása, amit **természetvédelmi értékspektrum**-nak nevezünk, ami jó indikátora a zavarás, illetve a degradáltság mértékének. Ha a természetvédelmi értékspektrumban a természetességet jelző fajok aránya eléri a 70%-ot, ott a környezeti viszonyok kedvezőek, nincs jelentős mértékű zavarás. Az élőhely bármilyen jellegű perturbációját a zavarástűrők, gyomok és az invazív jövevényfajok nagyobb részesedése jelzi. Amennyiben a degradációt jelző fajok részesedése meghaladja a 30%-ot, már leromlásról beszélünk. Magyarország (1.), illetve a Sajó-völgy (2.) edényes flóráját természetességi szempontból (a Simon-féle TVK szerint) a 10.7. táblázat és a 10.3.6. ábra mutatja be. A természetvédelmi értékspektrum mint a természetes, illetve a degradált állapot jó indikátora, a környezet- és természetvédelmi munka fontos gyakorlati eszköze. A növénytársulások természetességi, illetve degradáltsági állapotát jellemezhetjük a fenti kategóriákba tartozó fajok részesedésének meghatározásával (természetvédelmi értékspektrum).

	TVK	U	KV	V	E	K	TP	TZ	GY	G	A	Össz.
Teljes hazai flóra	fajsám	60	33	23	75	960	116	234	367	338	70	2276
	%	2,6	1,4	1	3,3	42,3	5,1	10,3	16,1	14,8	3,1	100
Sajó-ártér flórája	fajsám	0	0	2	21	75	3	63	52	5	5	224
	%	0	0	0,9	9,3	33,2	1,3	27,9	23,0	2,2	2,2	100

10.7. táblázat: A növényfajok természetvédelmi értékkategóriáinak (TVK) eloszlása



10.3.6. ábra: Magyarország (1.) és a Sajó-völgy (2.) edényes flórájának természetességi értékelése

Unikális fajok (U): endemikus (bennszülött), reliktum- és ereklyefajok, különleges ritkaságok. Ilyen pl. a medvefűl kankalin (*Primula auricula*), a tűzliliom (*Lilium bulbiferum*) és a dolomitlen (*Linum dolomiticum*).

Fokozottan védett fajok (KV): előzőekhez hasonló jellegűek, de a védett területeken elterjedtebbek, mint pl. a magyar kikerics (*Colchicum hungaricum*), a bánáti bazsarózsa (*Paeonia officinalis ssp. banatica*), a méhbangó (*Ophrys apifera*).

Védett fajok (V): melyek az U és KV csoport tagjaival együtt törvény által védettek. Ilyenek: tarka nőszirm (*Iris variegata*), nagy ezerjófű (*Dictamnus albus*), magyar zergevirág (*Doronicum hungaricum*).

Edifikátor (állományalkotó) fajok (E): természetes fajok, amelyek jelentős szerepet játszanak a növénytársulások felépítésében, mint pl. a nád (*Phragmites australis*), a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*), réti csenkesz (*Festuca pratensis*).

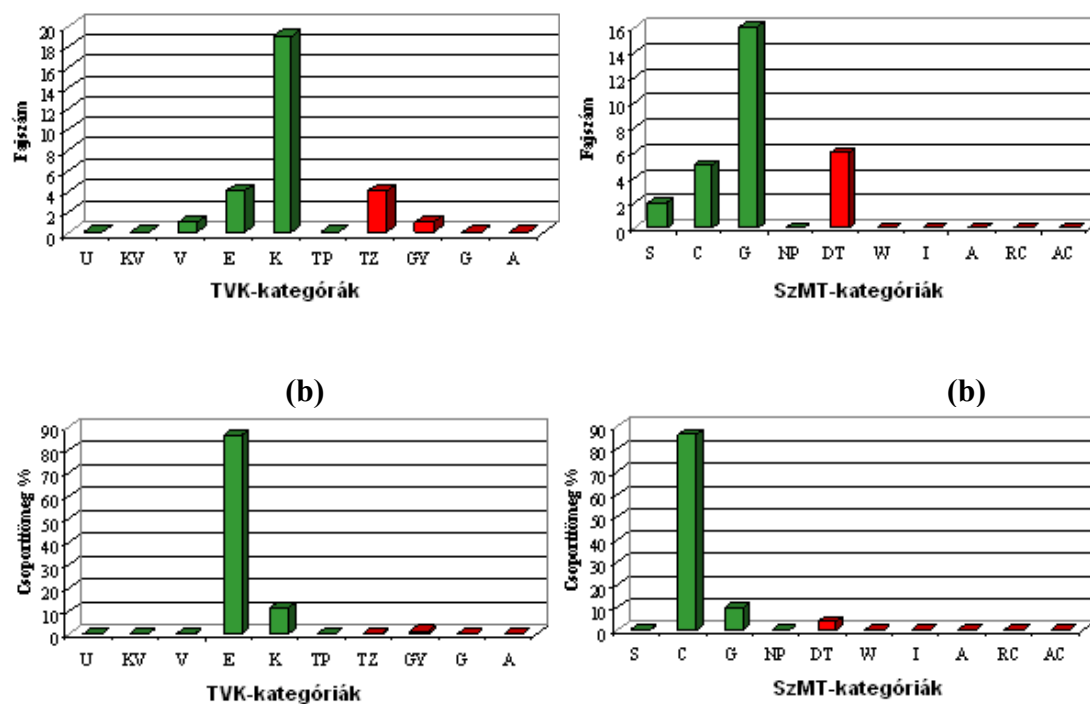
Kísérő fajok (K): az eredeti flóra tagjai, nem uralkodó, de természetes fajok. Ilyenek: egybibés galagonya (*Crataegus monogyna*), erdei gyöngyköles (*Buglossoides purpure-coeruleum*) orvosi salamonpecsét (*Polygonatum odoratum*).

Az U, KV, V, E, K, és TP kategóriák együtt: 1267 faj (55,7%) természetes, illetve természet közeli állapotot jelzők; a TZ, GY, G és A kategóriák: 1009 faj (44,3%) zavarást, degradációt jelzők.

Borhidi (1993) a hazai edényes növényfajokat azok társulásban betöltött szerepe szerint jellemezte, létrehozva a **szociális magatartástípus (SzMT)** kategorizálást. A típusokat úgy hozta létre, hogy abban egyesíti az őshonosság, a Grime-féle ökológiai stratégiák és a zavarás természetét kifejező szempontokat. Egy gyertyános-tölgyes erdő növényfajainak TVK- és SzMT-diagramjai a 10.3.7. ábrán láthatók.

(a)

(a)



10.3.7. ábra: Egy gyertyános-tölgyes erdő növényfajainak TVK- és SzMT-diagramjai

(a): csak a fajok számát figyelembe véve

(b): a fajok borításértékeinek (csoporttömeg) figyelembevételével

A zöld színnel jelzett oszlopok a természetességet jelző fajokat, a pirosak a zavarást/degradációt jelzőket jelentik.

10.4. Gyakorlati feladatok

10.4.1. Szárazabb, degradált füves terület összehasonlítása nedves kaszálóréttel botanikai (10.6 és 10.7. táblázat) és zoológiai szempontból

Botanikai vizsgálatok

A füves területek struktúrájukat tekintve egyszerűbb élőhelyek, mint a hazai viszonylatban klimax stádiumnak megfelelő erdőtársulások, ezért terepi vizsgálatra még kezdők számára is igen alkalmasak.

Eszközök: vékony lécből előre elkészített, 1x1 méteres keret, jegyzőkönyv, növényhatározó, nagyító (lupe) a növényhatározáshoz. Ha nem tudunk meghatározni egy-egy fajt, akkor is jegyezzük fel (pl. A, B, C, D stb. névvel, mert a vizsgált élőhely fajgazdagsága szempontjából fontos a jelen levő fajok száma). Kérjünk segítséget a határozáshoz, ha terepen nem sikerül, préseljünk le egy kis hajtásrészletet a növényből és később jegyezzük fel a jegyzőkönyvünkbe a nevét.

Feladat: A növényzet felvételezése céljából vizsgáljunk meg mindkét típusú gyeppen legalább 5–5 darab, egyenként 1x1 méteres kvadrátot véletlenszerűen. Jegyezzük fel a minden egyes mintavételi négyzetben talált fajokat és készítsünk terepgyakorlati jegyzőkönyvet az 1. táblázat szerint. Amennyiben már kellő gyakorlattal rendelkezünk, becsüljük meg a fajonkénti borítást, vagyis a B-értéket vagy az A-D értéket.

Az adatok kiértékelését a fentebb leírtak szerint végezzük el. Készítsünk táblázatot, ábrákat és diagramokat a *Mellékletben* látottak szerint és mutassunk rá a két élőhely közti különbségekre a flóraelem-, életforma-, társulásjelleg- (cönotípus), de kiemelten az ökológia- és a természetességi diagramok alapján.

Zoológiai vizsgálatok

A füves területeken a lágyszárú növényzeten élő *állatközösségek gerinctelen komponensei* közül az elsődleges fogyasztókhoz tartozó egyenesszárnyúak, poloskák, kabócák, **fitofág** bogarak (ormányosok, levélbogarak stb.), illetve a ragadozó életmódú pókszabásúak tartoznak a domináló csoportokhoz.

A *fűhálózással* a lágyszárú szintben élő rovarok egyedszámát tudjuk becsülni. A technikai kivitelezés egyszerű, de a módszer nem alkalmas bizonyos csoportok (gyorsmozgású rovarok, pl. kétszárnyúak, lepkék, hártványászárnyúak) egyedszámának becsülésére. A lassúbb mozgású, lágyszárúakon élő (táplálkozó) csoportok populációinak időbeni vagy élőhelyek közötti összehasonlító elemzésére azonban használható. Elsősorban úgynevezett egyelő gyűjtéseknél alkalmazzák a fűhálót, de néhány feltétel (azonos hálóméret, csapásszám, csapáshossz) betartása mellett alkalmas kvalitatív vagy szemikvantitatív összehasonlításokra is.

Eszközök: 30 cm átmérőjű, nyéllal ellátott, erős vászonból készült fűháló, beföttesüvegek, átlátszó fiolák, csipeszek, Petri-csészék.

Feladat: 10 alkalommal, alkalmanként 20 azonos módon (kb. 3 m hosszan) végrehajtott csapást csinálunk a fűhálóval a lágyszárú növényzet között mindkét élőhelyen. A 20 csapás után a hálóba került rovarokat beföttesüvegbe tesszük és taxonok szerint szétválogatjuk. Megszámoljuk a poloskákat, kabócákat és az egyenesszárnyúakat, különvéve a

szöcskéket, a tücsköket és a sáskákat. Azonosítás után az állatokat elengedjük a gyűjtés helyszínén.

Értékelés: A kapott eredményeket szövegesen (összegyedszám, taxononkénti egyedszám) és grafikusán is értékeljük az élőhelyek egyéb jellemzőinek ismeretében. A 4. feladatnál megismert hasonlósági indexeket is alkalmazhatjuk a két élőhely közötti különbség bemutatására. Az élőhelyek ismeretében értékeljük a különbséget és a szelektált felvételezésből adódó hibákra is térünk ki.

Vessük össze a növényteni és az állattani felmérések eredményeit!

10.4.2. Különböző élőhelyek összehasonlítása a növényfajok és a talajcsapdák által fogott állatok (ezerlábúak, százlábúak, ászkarák, pókok, bogarak) egyedszáma alapján

Botanikai vizsgálat

Hasonlítsunk össze egy erdőszegélyt (bükkös- vagy tölgyesszegély) és egy nagyobb nyílt füves részt (egy erdőirtást) vagy egy nedves és egy száraz rétet az ott élő növényfajok egyedszáma alapján. A lágyszárú növények egyedszámának, pontosabban talajfelszín feletti hajtásszámának becslése 0,25m²-es területeken történik.

Eszközök: műanyag damillal 10x10 cm-es négyzetekre behálózott 0,5 x 0,5 méteres fakeret, jegyzőkönyv, növényhatározó, nagyító a növényhatározáshoz.

Feladat: kiválasztunk két egymástól különböző (mikro) élőhelyet (erdőszegély és nyílt füves rész vagy egy nedves és egy száraz rétet vagy bükkös erdő és tölgyes erdő). Mindegyik élőhely esetén számoljuk meg a kvadrátonként előforduló növényfajok egyedeit (földfeletti hajtásait) legalább 5 ismétlésben. A kis 10x10 cm-es négyzetek segítenek a számolásban, mindig soronként haladjunk s a sorok végén jegyezzük felé az egyedszámokat, majd az utolsó sor után összegezzük.

Értékelés: a kapott eredményeket értékeljük az élőhelyek egyéb jellemzőinek ismeretében. Készítsünk olyan cönológiai táblázatot (lásd 10.4 és 10.5. táblázat), ahol a borítási értékek (B vagy A-D) helyett az *egyedszámokat* írjuk be. A sorokban a felvételi kvadrátok számai az első oszlopban pedig az előforduló növényfajok szerepelnek. Értékeljük a fajokat a 10.3.2.1. pont szerint, s mutassunk rá az élőhelyek közti különbségekre az ott élő fajok egyedszáma alapján.

Zoológiai vizsgálat

A talajon mozgó állatok csapdák segítségével történő rendszeres gyűjtésével a múlt század eleje óta foglalkoznak. Az 50-es évektől a ma is alkalmazott egyszerű talajcsapdatípusokkal céltudatos zoocönológiai vizsgálatokat végeznek. Főleg kvalitatív és komparatív vizsgálatokra alkalmas, abszolút egyedszámbecslést nem lehet végezni a csapdák által kapott adatokból. A talajcsapda (**Barber-csapda**ként is emlegetik) kissé a talaj felszíne alá süllyesztett műanyag (pl. tejföls-) pohár vagy 1/2 literes befőttesüveg, amelybe bizonyos vizsgálatoknál csalétket vagy konzerváló folyadékot is helyeznek. Konzerválófolyadék nélkül élvező csapdaként működhetnek a fogóedények. A csapda a talajfelszínen mozgó, elsősorban myriopoda (ikerszelvényesek, százlábúak), bogár, ászkarák, különböző pókszabású és csigafajokat gyűjti össze.

A talajállatok kisebb diszperziós képességük miatt kiválóan alkalmasak az élőhelyek jellemzésére, ill. az élőhelyet ért diszturbációk kimutatására.

Eszközök: 3 dl-es műanyag poharak (ezek lesznek a talajcsapdák), Petri-csészék, kézi ásó, csapdafedők (fém- vagy műanyag lemezek), térszűrő, fiolák, kis karók (faágak),

állathatározó, csipeszek. (Tudományos gyűjtéseknél a csapdába 2 cm-es rétegben etilenglikolt vagy 4%-os formalint töltenek, melyek konzerválják a bekerült állatokat. A csapdából kivett állatokat tartósítószerben (pl. izopropil-alkohol) tárolják.)

Feladat: Meghatározott elrendezésben, 5 m-es négyzethálóban 25 csapdát rakunk le. Az egyes csapdákat megszámozzuk, majd a talajba süllyesztjük oly módon, hogy a poharak szája a talajsínt alatt legyen kb. 0,5 cm-rel. A csapda és a talaj között ne legyen hézag. A csapda környékét elsimítjuk, a talajt lenyomkodjuk. Célszerű jelzőkarót szúrni a csapdák mellé a későbbi könnyebb megtalálás céljából. A csapdák fölé kb. 2,5 cm magasságban tetőt helyezünk, hogy megakadályozzuk a csapadék bejutását. A talajcsapdák ellenőrzését naponta végezzük. Az egyes csapdák anyagát külön-külön fiolákba gyűjtjük és tudásunkhoz mérten rend-, család- vagy fajsinten szétválogatjuk és meghatározzuk. A vizsgálatokat 1-2 héti végezzük, egy időben a két élőhelyen.

Értékelés: A kapott eredményeket értékeljük az élőhelyek egyéb jellemzőinek ismeretében. Az egyes élőhelyekre jellemző fogási eloszlásokat grafikusán is ábrázoljuk. Az X tengelyen ábrázoljuk azt, hogy egy adott faj hány csapdából került elő, az Y tengelyre kerüljenek a fajok egyedszámai. Ha szükséges, ebben az esetben használjunk logaritmikus skálát. A faji előfordulási gyakoriság és az egyedszám a következő kombinációkban jelenhet meg:

- i) gyakori és nagy egyedszámú fajok,
- ii) gyakori és közönséges fajok,
- iii) rendszeresen előforduló, de nem közönséges fajok,
- iv) nem rendszeres előfordulású fajok,
- v) ritka és nagyon ritka fajok.

Ezek a típusok értéktartományként jelennek meg az ábrán, pl. a ritka a bal alsó (origóhoz közeli) sávban, a gyakori és közönséges fajok a jobb felső szektorban. Az egyes csapdák ismétléseknek tekinthetők, melyek fogási adatai átlagolhatók vagy összegezhethők is egy-egy faj esetében.

10.4.3. Madarak egyedszámának becslése költési időszakban, sávmódszer segítségével

A madarak feltűnőségük, mozgásuk és énekük miatt igen alkalmas élőlények bizonyos élőhelyek tipizálására, ill. az élőhelyen bekövetkező változások indikálására. Különösen gyakran alkalmazzák a madárpopulációk sűrűségének, ill. a madárközösségek faj-egyed összetételének megismeréséhez a sávmódszert. Más populációk (rovarok, csigák, virágos növények) becslésekor is alkalmazható ez a módszer. A madarak esetében az egyes fajok énekének ismerete pontosabbá teszi a felvételezéseket, mivel a nem látott, de hallott egyedek is bekerülnek a mintába. A becsléshez az alábbi egyszerű számítást alkalmazhatjuk:

$$D = n/2wL, \quad (10.1.)$$

ahol D a becsült populációméret területegységre vonatkoztatva, n az észlelt madáregyedek száma, w a sáv szélessége, L a sáv hossza.

Eszközök: jegyzetfüzet, mérőszalag, távcső, madárhatározó.

Feladat: Egy gyertyános-tölgyesben és egy bükkösben jelöljük ki egy-egy 500 m hosszú és 60 méter széles sávot, melyeknek közepén halad majd a megfigyelési útvonal. Májusban 4 egymást követő alkalommal, egyenletes sebességgel (lassan) járjuk végig a kísérleti területet a kijelölt megfigyelési útvonal mentén. A megfigyelést naponta csak egyszer végezzük a kora reggeli órákban (5–7 óra között). Az egyes madárfajokra kapott négy megfigyelési adatot átlagoljuk és a területeket az átlagok felhasználásával hasonlítsuk össze.

Várható madárfajok: kék galamb, nagy és közép fakopáncs, széncinege, kék cinege, barátcinege, csuszka, hegyi fakúsz, ökörszem, léprigó, énekes rigó, feketerigó, vörösbegy,

barátposzáta, csilpcsalp- és sisegő füzike, örvös légykapó, erdei pityer, seregély, meggyvágó, erdei pinty, citromsármány.

Értékelés: Szövegesen értékeljük a két élőhelyen kapott eredményeket. A fajszámot, az összesített egyedszámot és a fajonkénti egyedszámot külön-külön elemezzük. Az előfordult fajok élőhely-preferenciája, táplálkozási és szaporodási viszonyai, ill. migrációs jellemzői alapján minősítjük a két élőhelyet.

Más feladatokban megismert Shannon–Wiener-diverzitás számításával becsülhetjük a két terület faj-egyed sokféleségét, ill. Renkonen hasonlósági index számításával a két élőhely madárközössége közötti hasonlóságot.

10.4.4. Növénytársulások és vízi állatközösségek összehasonlítása hasonlósági indexek alkalmazásával

Növénytársulások összehasonlítása

A társulástani tabella összeállításánál során lehetőleg azonos vagy hasonló társulásokból származó felvételeket írjunk egymás mellé. Azt, hogy melyik két cönológiai felvétel hasonlít egymáshoz leginkább, többféle módszerrel is eldönthetjük, de egyik legegyszerűbb közülük a Sørensen-féle hasonlósági hányados.

$$K_s = \frac{2C}{a + b} \times 100, \quad (10.2.)$$

ahol 'K_s' a Sørensen-féle hasonlósági hányados, 'C' a két felvételben a közös fajok száma, 'a' csak az egyik, 'b' csak a másik felvételben szereplő, nem közös fajok száma. Látható, hogy minél hasonlóbb két felvétel, a 'K_s' értéke annál magasabb. 50-60 érték körül a két felvétel már azonosnak tekinthető, 100-150 körül pedig erősen hasonló. Ez az értékelés eléggé mechanikus, és a hasonlóság-különbözőség határai is nehezen adhatók meg. Ezért az értékelés során nem árt, ha figyelembe vesszük a két felvétel domináns fajait is, azokat, amelyek B-értéke 4-5. Amennyiben a domináns fajok zömmel megegyeznek, és a 'K_s' értéke 80 körül van, akkor a két felvételt azonos társulásból valóknak tekinthetjük.

Eszközök: a 10.4.3. feladatban leírtak.

Feladat: hasonlítsuk össze különböző helyről származó száraz és nedves rétek társulástani felvételeit a fajok és a fajok dominanciája alapján, amennyiben elvégeztük a borítás-becslést (akár a B, akár az A-D értékek becslését).

Értékelés: vizsgáljuk meg, mely felvételek sorolhatók egy társulásba, mik a közös és mik a különböző fajok az alábbiak szerint:

- a.) a száraz gyepekben készített felvételeket egymás között
- b.) a nedves réteken készített felvételeket egymás között
- c.) majd végezzük el a száraz-nedves felvételek összehasonlítását.

Zoológiai vizsgálatok

A vízi élőhelyeket a markáns rétegzettség jellemzi. Az állóvizekben 4 nagy élettájat (nyíltvízi, parti, mélységi, föld alatti) különítenek el, amelyekben belül függőleges és vízszintes rétegek és életövek azonosíthatók. Az élettájukat élőlényközösségek népesítik be, bár ezek nem követik szigorúan az előbbieket határait. A nyílt vízi, *pelagiális* régiót a lebegő életmódú *plankton* és az úszó életmódú *nekton* népesíti be. A parti (*litorális*) és mélységi (*profundális*) régióban a víz-levegő határon a *neuszton* és *pleuszton*, a víz-szilárd aljzat határon a *benton* (gyűjtőnévként *bentosz*) él. A vízfenék aljzatától eltérő aljzatra (növé-

nyek, fatörzs) települt élőlényeket *tektomnak* vagy *élőbevonatnak* nevezik. A föld alatti vízi táj, a *freatális* régió jellegzetes élővilágát *sztigon* névvel foglalják össze. A folyóvizekben szintén használják a fenti elnevezéseket, de módosításokat és más elnevezéseket is alkalmaznak (Felföldy 1981). Általában szétválasztják az állóvízi (*limnális*) élettájukat a folyóvízi (*rheális*) tájaktól. A folyóvizekben az eredéstől a torkolatig kisebb-nagyobb szakaszokat különítenek el (hosszanti szakaszosság), és általában a jellemző halfauna alapján nevezik meg az egyes tájakat (felső és alsó pisztrángtáj, pénzespér-, márna-, dévérkeszeg-, durbincesszinttájak).

A mintavételi technika és készülék, mellyel a vízi organizmusok előfordulását becsülhetjük, a fentiekből következően függ a sztrátumtól. Az abszolút denzitás becslése általában igen nehéz feladat, ezért csak relatív becsléseket szoktak alkalmazni, melyeket egységnyi élőhelyre vagy egységnyi mintavételi erőfeszítésre adnak meg.

A mintavételezés során számos nehézség merülhet fel, melyek torzításokat, hibákat okozhatnak a minták összetételében. A mintavételezés során figyelembe kell venni, hogy a mintavevő mérete arányos legyen a mintázandó állatsoport méretével (pl. iszaplakó szűnyoglárvák mennyiségi becslésére 10x10 vagy 15x15 cm-es, négyzetes iszapmarkolókat használnak), általában a mintavevők nem képesek reprezentatívan mintázni a gyorsan mozgó állatokat, valamint azt is, hogy a mintavétel károsíthatja a váz nélküli vagy gyengén kitinizált élőlényeket.

Két közösség összehasonlítása – eltekintve a kapcsolatrendszerektől és a **kompartmentektől** – pusztán a közösségeket alkotó populációk tömegességi viszonyai alapján sem egyszerű feladat, különösen akkor, ha viszonylag sok faj alkotja a közösségeket. Nehéz a hasonlóságot megadni, ha a fajokat és az egyedszámokat is figyelembe akarjuk venni. A kutatók a sokféleség-számításokhoz hasonlóan a hasonlóság kifejezésére is megpróbáltak egyszerű képleteket alkotni, melyek segítségével egyetlen értékkel ki lehet fejezni két közösség hasonlóságát.

Az egyik leggyakrabban használt index, és egyben a legegyszerűbb is, a *Jaccard*-index, amely a szárad elejéről származtatható. Akkor használható, ha a felvételezéseknél a fajok előfordulása binárisan regisztrált, vagyis a mintában előfordul a faj vagy hiányzik belőle (tehát az egyedszámokat ez a számítási mód nem veszi figyelembe).

$$JH = \frac{c}{S_1 + S_2 - c}, \quad (10.3.)$$

az S_1 és az S_2 a fajok száma az 1., ill. a 2. mintában (közösségben), a c a közös fajok száma a mintákban.

A *Renkonen*-index nemcsak a fajok számát, hanem az egyedszámokat is figyelembe veszi a két minta hasonlóságának becslésekor.

$$RH = \sum \min(p_{i1}; p_{i2}) \quad (10.4.)$$

Ahol p_{i1} az egyik, p_{i2} a másik mintában az i -dik faj relatív aránya. Az index számítása egyszerű: vesszük egy adott faj esetében a két mintában található relatív reprezentáció közül a kisebbik értéket és ezt minden fajra megismételve az értékeket összegezzük.

Eszközök: Félkör vagy háromszög alakú vízhálók, nagyobb műanyag tálak, csipeszek, nagyító, állathatórozó.

Feladat: A mintavételezés hasonló a 10.4.6. feladatnál ismertetett módszerrel, csak ebben a vizsgálatban félkör vagy háromszög alakú vízihálóval mintázzuk a lebegő, úszó, gerinctelen állatcsoportokat. Az Árendás-patak 4 pontján, az eredés után kb. 3-400 m-rel, az arborétum előtt, közvetlenül Agostyán település előtt és végül a település után vízihálózás segítségével mérjük fel, milyen állatok élnek a vízben. A felmérést tavasszal és nyáron is ismételjük meg.

Értékelés: Számoljuk ki a két hasonlósági index értékét a 4 felvételi helyre. Értékeljük szövegesen és grafikusán is a kapott eredményeket. Vessük össze a tavaszi és a nyári felmérés eredményeit. Elemezzük, hogy milyen környezeti tényezők, mintavételezési hibák vagy más hatások okozhatnak jelentősebb hibát az eredményeknél.

10.4.5. Folyóvizek (patakok) szennyezettségének indikációja víziállatok segítségével

Egy fajnak a környezeti hatásokkal szembeni viselkedése alapvetően örökletesen meghatározott, de a toleranciát tekintve megfigyelhetünk egy bizonyos mértékű plaszticitást is. A környezeti tényező még éppen elviselhető alsó, ill. felső értéke fajoktól függően szűkebb (szenök fajok) vagy tágabb (euriök fajok) ún. tűrés- vagy toleranciatartományt jelöl ki.

Kísérletesen megállapítható, hogy egy adott faj esetében a környezeti tényező mely értékénél található a *fiziológiai optimum*, de ennél fontosabb az *ökológiai optimum* értéke, amely a többi populáció hatásaként egy adott élőhelyen a fajra jellemző olyan érték, mely mellett a növekedése és szaporodása maximálisnak tekinthető. Tehát előfordulásával (vagy éppen hiányával) minden faj jelzi, azaz indikálja a környezetét.

Az emberi populáció katasztrofális növekedésével párhuzamosan nő a környezetszennyezés mértéke. Sajnos hazai vízfolyásunknál is megfigyelhető ez a folyamat, egyes patakok és folyók szinte már szennyvízcsatornának tekinthetők (pl. a Budapesten átfolyó Rákospatak). A vízi szervezetek, közülük is a szenök fajok, jól jelezhetik a környezetükben bekövetkező változásokat, melyek mértéke fizikai, kémiai módszerekkel, pontos mérőműszerekkel számszerűsíthető, kvantifikálható is. Ezek a víziállatok különböző ökológiai igényekkel rendelkeznek és különböző mértékben tolerálják a vízbe juttatott szennyezéseket. Jól példázák ezt a szitakötők (*Odonata*). A szitakötőlárva általában nagyon érzékenyek a víz összetételének változására (pl. oldott oxigén mennyisége, szervesanyag-terhelés, lebegő anyag mennyisége), de az egyes fajok toleranciája eltérő lehet. A hegyi szitakötők (*Cordulegaster spp.*) fajai általában igen veszélyeztetettek, lárváik gyors folyású patakokban élnek, beássák magukat az aljzatba, csak testük eleje és potrohvége áll ki. Az erdei szitakötő (*Ophiogomphus cecilia*) a folyók felső, gyors folyású szakaszán él. A szintén megfogyatkozott népszerű fekete lábú szitakötő (*Gomphus vulgatissimus*) a csendesebb folyású, alsóbb szakaszokat kedveli, de a felsőbb szakaszokon is előfordul. A lassúbb folyású vizekben él a sárgás szitakötő (*Stylurus flavipes*), melynek egyedszáma egész Európában csökken, nálunk főleg a Dunántúl vizeiben. Állóvizeink jellegzetes fajai a *Leucorrhinia* genusba tartoznak (pl. a piros és a kétfoltos szitakötő). Magyarországon külön társaság és honlap (Magyar Odonatológusok Baráti Köre, <http://szitakotok.hu>) foglalkozik a bioindikátorként is jelentős állatcsoport védelmével és országos elterjedésének vizsgálatával.

Műszerek nélkül, a vizekben élő állatok előfordulása alapján is megmondhatjuk tehát, hogy mennyire szennyezett a vizsgált élőhely. Természetesen az ilyen minősítés csak durva becslést ad az élőhely állapotáról, különösen, ha csak az *előfordul/nem fordul elő* dichotómia alapján végezzük a felmérést. Kvantitatív (mennyiségi) mintavételezéssel az egyes állatfajok vagy csoportok egyedsűrűségét is becsülhetjük, így finomíthatjuk a szennyezettség mértékére vonatkozó megállapításainkat.

Ha az egyes állatcsoportokat a szennyezettségre való érzékenységük alapján 1 és 10 közötti számmal jellemezzük, akkor az élőhelyen talált állatok és a hozzájuk rendelt számok segítségével kiszámolhatunk egy átlagos *jósági értéket* („biotikus index”), amely az élőhely szennyezettségének mértékét adja meg. A jósági index 0 és 10 között változhat. Ha a szennyezésre érzékeny állatok a nagyobb számokat kapják és a szennyezést jól tűró fajok (euriók, tágtűrésű) pedig az alacsonyabb értékeket, akkor a 0 átlagos jósági érték jelenti a legszennyezettebb élőhelyet, a 10-es érték pedig a legkevésbé szennyezettet.

A 10.8. táblázatban a patakokban élő fontosabb állatcsoportokat tüntettük fel és minden csoportnak a szennyezésre való érzékenysége alapján egy jósági értéket adtunk. A táblázatban szereplő állatok képe megtalálható az állathatározóban.

Állatcsoport	Jósági érték
Pocikféreg (Kétszárnyú, herelégy lárvája)	1
Tubifex (Televényféreg)	1
Árvaszúnyoglárvák (vörös színű)	1
Árvaszúnyoglárvák (nem vörös színű)	2
Vízi ászka	3
Kis méretű kagylók	3
Piócák	3
Kérészlárvák (úszó típusok)	4
Víziatkák	4
Cseszle (Kétszárnyúak, Cseszlelegyek) lárvák	5
Lószúnyoglárvák	5
Tegzes lárvák (háztalan típusok)	5
Vízibogarak és lárváik	5
Planáriák (Laposférgek)	5
Hanyattúszó poloska	5
Búvárpoloska	5
Molnárpoloska	5
Vízicsuszka (Poloska)	5
Víziskorpió (Poloska)	5
Botpoloska	5
Vízmérő poloska	5
Fiallócsigák	6
Bödönccsigák	6
Sapkacsiga	6
Nagyméretű kagylók	6
Bolharákok	6
Tegzes lárvák (házzal rendelkező típusok)	7
Tízlábú rák	8
Szitakötőlárvák	8
Kérészlárvák (ásó- és sodráskedvelő típusok)	10
Álkérészlárvák	10

10.8. táblázat: A patakokban előforduló leggyakoribb állatcsoportok és jósági értékük, amely arányos a szennyezésre való érzékenységükkel. Az érték 1-től 10-ig terjedő skálán mozog. (A táblázatot Orton és munkatársai [1997] által készített Édesvízi gerinctelen állatokkal foglalkozó kiadványból vettük át.)

Eszközök: Félkör vagy háromszög alakú vízhálók, nagyobb műanyag tálak, csipeszek, nagyító, állathatározó.

Feladat: Az Árendás-patak 4 pontján, az eredés után kb. 3-400 m-rel, az arborétum előtt, közvetlenül az Agostyán település előtt és végül a település után vízhálózás segítségével mérjük fel, milyen állatok élnek a vízben. A felmérést tavasszal és nyáron is ismétljük meg. Összesítsük a két felmérés eredményeit. Keressük ki az állatcsoportok jóságai értékét és számoljunk belőle átlagot.

Értékelés: Számoljuk ki a jóságai indexet a 4 felvételi helyre. Értékeljük szövegesen és grafikusán is a kapott eredményeket. Elemezzük, hogy milyen környezeti tényezők, mintavételezési hibák vagy más hatások okozhatnak jelentősebb hibát a kapott eredményeknél.

10.4.6. Erdőszegély kisemlős közösségének vizsgálata

A szegély élőhelyek vagy **ökotónok** különleges, átmeneti élőhelyet jelentenek. Általában biodiverzitásuk magas, sokszor magasabb, mint a szomszédos élőhelyeké, mivel ebben a határzónában mindkét (vagy több) szomszédos élőhely fajainak előfordulása is várható. Kiterjedésük sokszor jelentős lehet, különösen ott, ahol sok kis folt alkot egy heterogén élőhelyet vagy ahol a fragmentálódás következtében alakult foltossá az élőhely. Gyakran ökológiai folyosókként funkcionálnak. Izoláló és összekötő funkciójuk egyaránt lehet a szegélyterületeknek. A szegélyeknek lehetnek „vonzott” és „taszított” állatfajai is. A szegélyhatás figyelembevétele fontos gyakorlati probléma a védett területek tervezésénél, ill. azok geometriájának kialakításánál is.

Ebben a feladatban élőhelyek, ill. szegélyterületeik összehasonlítását végezzük el kisemlős-közösség (főbb csoportok: pockok, egerek, cickányok) fajösszetétele és az egyes fajok (csoportok) gyakorisága alapján.

Eszközök: 60 db élvefogó kisemlős-csapda, csalétek, jegyzetfüzet, jelzőkarók, elem-lámpa, bőrkesztyű, kisemlős-határozó.

Feladat: Gyertyános-tölgyes szegély területére 6 sorban 10–10 élvefogó kisemlős-csapdát helyezünk ki. A sorokon belül a csapdák közötti távolság 10 m, a sorok közötti távolság pedig 15 m legyen. A csapdasorokat úgy helyezzük el, hogy 2 sor az erdőben legyen, a külső sor is legalább 50 m-re helyezkedjen el az erdőszéltől. A következő 2 sor az erdőszélen helyezkedjen el. A maradék 2 csapdasort a füves területre telepítjük úgy, hogy az első sor az erdőszéltől legalább 50 m-re legyen. A csapdákat a talajra, az avar felszínére vagy a növényzet közé helyezzük el. A csapdákat legalább 4 óránként ellenőrizzük (pl. 16, 20, 24, 4 és 8 órakor), a fogott állatokat meghatározzuk és fülüket színes laborfilccel jelöljük, majd elengedjük őket.

Értékelés: A fogott fajok és az egyedszámok alapján összehasonlítjuk az egyes csapdasorok kisemlősfaunáját. Összevonnjuk külön-külön a 2 erdei, a 2 szegélyi és a 2 réti csapdasor adatait és értékeljük a területek jellemző kisemlős-közösséget.

10.4.7. Biodiverzitás-becslések

A **biodiverzitás** (biológiai diverzitás, élők sokfélesége) fogalmát, látszólagos egyszerűsége ellenére, nehéz szabatosan definiálni. Ez alapvetően arra vezethető vissza, hogy a biológiai rendszerek hierarchikusan szerveződnek a molekuláktól (egyed alatti szerveződési szintek), az egyeden (egyedi szerveződési szint) keresztül a bioszféráig (egyed feletti szerveződési szintek). Minden szinttel kapcsolatban beszélhetünk sokféleségről, ami nemcsak az

alkotórészek sokféleségét jelentheti, hanem a folyamatok és a kapcsolatok változatosságát is (Török–Szentesi, 2002).

Az élet kialakulása óta eltelt közel 4 milliárd év alatt, beleértve a szárazföldi életközösségek evolválódása szempontjából fontosabb utolsó 400 millió évet, hihetetlenül fajgazdag **bioszféra** alakult ki. Ez idő alatt a **bioszféra** komplexitása és alrendszerének száma is gyarapodott. A **bioszféra** diverzitása ellentmondásban van az ember által létrehozott és fenntartott ökológiai rendszerek (végeláthatatlan búzatábla, telepített akácos stb.) silányságával. Bár a részleteket még nem ismerjük, de ma már tudjuk, hogy a biológiai diverzitás az alapja a **bioszféra** fejlődésének és mostani stabilitásának. Mégis az utóbbi 400 évben több mint 1000 állat- és növényfaj pusztult ki közvetve vagy közvetlenül az ember tevékenysége következtében. A biológiai rendszerek szempontjából a biodiverzitás szerepe legalább három fogalommal jellemezhető: alkalmazkodóképesség, hatékonyság, fennmaradás (**perzisztencia**). Darwin óta tudjuk, hogy általában a változatosság, és Mendel óta, hogy a **genetikai diverzitás** (változatosság) az alapja a fajok evolúciós alkalmazkodóképességének. Egy adott hely anyag- és energiakihasználása nagyobb biodiverzitással nagyobb lehet, erre vonatkozik a hatékonysági szerep. Az előző két fogalom az alapja a fennmaradási képességnek, amely genom-, populáció- és **bioszféra** szinten ugyanúgy értelmezhető.

A diverzitás változása sokszor segíthet felismerni a közösségekben lejátszódó kedvezőtlen folyamatokat. Nem véletlen, hogy az 1992-es Riói Konferencia alapproblémája az „eltűnő sokféleség” volt, de ma még mindig csak azt tudjuk, hogy nem tudunk eleget az evolúció során kialakult „alkotási és fenntartási trükkökről”, viszont, mint már jeleztük, 7 milliárdan pusztítjuk azt, amit még meg sem ismertünk.

A „sokféle sokféleségből” (Juhász–Nagy, 1993) kiragadva a szupraindividuális szintet, mi most a társulásba szerveződött populációk diverzitása alapján próbálunk élőhelyeket (élőlénytársulásokat) összehasonlítani. A hosszú „féleséglisták” megadása helyett a kutatók inkább egyetlen számmal próbálták kifejezni a sokféleséget. A diverzitást becslő formulák diverzitása is elég nagy, ezért mi csak az egyik leggyakrabban használt faj-egyed diverzitási indexszel (*Shannon–Wiener*-index) ismerkedünk meg. Mivel a különböző indexek, illetve azokkal végzett különböző számítások eltérő értéket adnak, az abszolút diverzitást nem tudjuk értelmezni. A sokféleségről mindig csak összehasonlításban beszélhetünk. Megkérdezhetjük, hogy két élőhely futóbogár-diverzitása különbözik-e, vagy változik-e az évek egymásutániságában, vagy a természetes szukcesszió során, esetleg különböző emberi behatásokra (pl. legeltetés, taposás stb.).

A *Shannon–Wiener*-diverzitást a következő képlettel számolhatjuk:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log p_i, \quad (10.5.)$$

ahol H' a *Shannon–Wiener*-diverzitás mérőszáma, p_i az i fajhoz tartozó egyedek aránya, S pedig a fajszám a mintában. A diverzitás értéke 0 és $\ln S$ között változhat.

Láthatjuk, hogy ez a mérőszám nemcsak a közösséget alkotó fajokat (fajgazdagság) veszi figyelembe, hanem az egyes fajok tömegességi viszonyait is. Két közösség közül az a diverzebb, sokfélébb, amelyiket több faj alkotja (azonos egyedszám mellett), ill. azonos fajszám esetén az, amelyikben az egyedek minél egyenletesebben oszlanak el a fajok között.

Eszközök: számológép vagy számítógép (esetleg a számítást könnyítő programcsomagok, pl. D. Schluter NICHE, Tóthmérész NUCOSA vagy Izsák DIVERSITI).

Feladat: Hasonlítsuk össze a [10.4.6.](#) feladatban nyert adatok segítségével a vizsgált erdei, szegélyi és réti csapdászor emlősadatait és a [11.4.2.](#) feladat adatainak segítségével a különböző élőhelyek lágyszárú szintjének diverzitását.

Értékelés: Szövegesen és grafikusán is értékeljük az élőhelyek között tapasztalt különbségeket. Térjünk ki, hogy mik okozhatják a különbségeket (pl. fajszám, egyedszám, élőhelystruktúra stb.) az élőhelyek között.

10.5. Függelékek

10.5.1. Bibliográfia

- Borhidi, A.: A magyar flóra szociálismagatartás típusai, természetességi és relatív ökológiai értékszámai. KTM Természetvédelmi Hivatal és Janus Pannonius Tudományegyetem Kiadványa (1993), Pécs.
- Borhidi, A., Sánta, A.: Vörös Könyv Magyarország Növénytársulásairól. 1–2. kötet. KÖM Természetvédelmi Hivatalának Tanulmánykötetei 6. (1999), TermészetBúvár Alapítvány Kiadó, Budapest.
- Demeter, A., Kovács, Gy.: Állatpopulációk nagyságának és sűrűségének becslése. Korunk Tudománya sorozat, Akadémia Kiadó (1991), Budapest.
- Felföldy, L.: A vizek környezettana. Mezőgazdasági Kiadó, (1981) Budapest.
- Haraszthy, L. (szerk.): Magyarország madarai. Mezőgazda Kiadó (1996), Budapest.
- Hutcheson, K.: A test for comparing diversities based on the Shannon formula. *J. Theor. Biol.* 29(1970), 151–154.
- Izsák, J., Juhász-Nagy, P., Varga, Z.: Bevezetés a biomatematikába. Tankönyvkiadó, (1981) Budapest
- Juhász-Nagy, P.: Egy operatív ökológia hiánya, szükséglete és feladatai. Akadémia Kiadó (1986), Budapest.
- Juhász-Nagy, P.: Az eltűnő sokféleség. Scientia Kiadó (1993), Budapest.
- Kárász, I.: Ökológia és környezetelemzés. Terepgyakorlati praktikum. Pont Kiadó (1996), Budapest.
- Láng, E.: Ökológiai alapismeretek. In: Víz, I. (ed) A környezetvédelmi nevelés kézikönyve. OPI (1981), Budapest.
- Moskát, Cs.: Estimation of breeding bird densities in a beech wood in Hungary (Aves). *Ann. Hist.-Nat. Mus. Nat. Hung.* 77(1985): 251–261.
- Orton, R., Bebbington, A. and Bebbington, J.: Édesvízi gerinctelen állatok. FSC kiadvány (1997), Budapest.
- Podani, J.: Bevezetés a többváltozós biológiai adatfeldárás rejtelmébe. Scientia Kiadó (1996), Budapest
- Précsényi, I., Barta, Z., Karsai, I., Székely, T.: Alapvető kutatásszervezési, statisztikai és projectértékelési módszerek a szupraindividuális biológiában. Egyetemi jegyzet, (1995) KLTE.
- Simon, T.: A magyarországi edényes flóra határozója. Tankönyvkiadó (1992), Budapest.
- Simon, T.: A hazai edényes flóra természetvédelmi értékesítése. *Abstracta Botanica* (1988), 12: 1–23.
- Simon, T., Seregélyes, T.: Növényismeret. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest. 2. kiadás (1999).
- Svensson, L.: Útmutató az európai énekesmadarak határozásához. MME (1995), Budapest.
- Southwood, T. R. E.: Ökológiai módszerek – Különös tekintettel a rovarpopulációk tanulmányozására. Mezőgazdasági Kiadó (1984), Budapest.

- Szabó M., Kalapos, T.: Társulások szerveződése, működése, az ökológiai rendszer. (2005) In: Nánási, I. (ed.): Humánökológia. Medicina Kiadó, Budapest. p: .71–137
- Szárász, P.: Ökológiai zsebkönyv. Gondolat (1987), Budapest.
- Szentesi, Á., Török J.: Állatökológia. Egyetemi jegyzet, ELTE TTK, Kovásznai Kiadó (1997), Budapest.
- Szerényi, G.: Biológiai terepgyakorlatok. Tankönyvkiadó (1988) Budapest.
- Török, J.: Ökológiai Kis-enciklopédia. OPI (1998), Budapest.
- Török J., Szentesi Á.: A természetvédelemi biológia ökológiai alapjai. In: (eds: Török K., Fodor L. (eds.): Tanulmányok Magyarország és az Európai Unió természetvédelméről. Vol.2. A természetes életközösségek megóvásának és monitorozásának aktuális problémái, ökológiai alapja, a természetvédelem feladatai Kiadó: ELTE-SZIE-KÖM, Gödöllő (2002), pp. 13–136.
- Wratten, S. D., L. A. Fry.: Field and Laboratory Exercises in Ecology. Edward Arnold, (1980) London.

10.5.2. Fogalomtár

Barber-csapda: Talajcsapda. A talaj felső rétegébe süllyesztett csapda, pl. egy műanyag pohár, melynek pereme a talaj felszínével azonos síkban van. A csapadéktők és a durvább szennyezésektől a felszíntől 3–5 cm-re lévő szélesebb fedővel védik. Általában élvefogó csapdaként használják cönológiai vizsgálatokhoz, illetve a talajon mozgó ízeltlábúak populációnagyságának becsléséhez.

Biocönózis (Élőlényközösség): Adott élőhelyen együtt élő azon összes populációk halmaza, melyekről feltételezzük, hogy közvetlen vagy közvetett kapcsolatban vannak egymással. olyan organizált, egyed feletti szerveződési szintű egység, amelyben mindig több és többféle viselkedésű populáció él együtt meghatározott kapcsolatrendszerekben. A természetes közösségekre az önszabályozás jellemző, amely az organizáció egyik eleme, és a populációk kapcsolatai révén valósul meg. A közösségben három fontos alrendszer (szerves anyagot felépítő, a szerves anyagot felhasználó és az elhalt szerves anyagot lebontó) révén valósul meg az anyagok ciklusa és az energiaáramlás.

Biogeocönózis: A biocönózis a fizikai feltételeivel együtt. Az élőhely (biotop) és a hozzá tartozó közösség (biocönózis) együttese, tehát magában foglalja egyrészt a szubsztrátot (pl. víztest, aljzat, talaj) és az éghajlat (mikroklíma) tényezőit, másrészt az itt élő közösségeket.

Biodiverzitás: Biológiai sokféleség. az élő természet eredendő létezési formája, amely a biológiai szerveződés több szintjén is kifejezésre jut. Az élőlények roppant változatosságának végső formája a gének mutációja. Egy faj – legyen az baktérium, alga, állat v. virágos növény – a gének szintjén jelentkező sokfélesége populációkba tömörült egyedeinek változatosságában mutatkozik meg. A különböző fajokhoz tartozó populációkból szerveződő társulások, közösségek jelentik a következő fontos szintjét. Mindegyik eddigi és további szerveződési szinten (így a biomban, végül a bioszférában) meghatározhatók azok az elemek, amelyek mennyisége a diverzitást számszerűen is kifejezi. A diverzitás komponensei révén állandó változásnak, keletkezésnek, átalakulásnak, pusztulásnak van kitéve. Ez a biodiverzitás dinamikája. Fosszilis maradványok azt mutatják, hogy a legtöbb faj tűnékeny, a valaha létező fajoknak több mint 95%-a mára kihalt (nagy kihalások!). Az emlős és tengeri gerinctelen fajok közepes élettartama – fosszilis leletek alapján – 1 és 10 millió év közöttire becsülhető (fajöltő).

Bioszféra: A Föld élőlények által benépesített része, vékony réteg az atmoszféra, hidroszféra és a litoszféra/talaj határterületén. Kettős jelentése van: a) az élet színtere a Földön; b) a legmagasabb biológiai szerveződési szint, amely a biológiai szerveződési szintek hierarchiájának csúcsán áll.

Cönológia (Társulástan): Növény- és állattársulások összetételét és szerkezetét leíró tudomány. Mintázatléíró, de nem oknyomozó szünfenobiológiai tudomány.

Cönotípus: A fajok mellé rendelt cönotípus (társulásjelleg) azt fejezi ki, hogy egy adott növényfaj leginkább milyen társulásokra, vegetációegységekre jellemző. A cönotípus-elemzéssel képet

kaphatunk arról, hogy a vizsgált társulás a fajkészlete alapján milyen társuláscsoportozáshoz áll legközelebb, pl. mezofil kaszálórétfajok, szárazgyepfajok, tölgyesek.

Degradáció (= leromlás): Természetes/természet közeli rendszerek (társulások, közösségek) állapotának leromlása. A degradáció létrejöttében jelentős szerepe lehet az antropogén hatásoknak is. A leromlást jelzi az elgyomosodás, a talaj kémiai tulajdonságainak következtében fellépő növénytakaró-változás. A degradáció legsúlyosabb esete egy adott rendszer teljes kipusztulása, pl. a kopárosodás, erdőkben az ún. tarvágás.

Demográfia: A populációk egyedszámváltozásait leíró tudományterület. Születések, halálozások, be- és elvándorlások, diszperzió és migráció térben és időbeni mintázatait vizsgálja.

Denzitás: A szünbiológiában általában a populációk nagyságát az egyedek előfordulási sűrűségével szoktuk becsülni. A denzitás az egységnyi területre vagy térfogatra vonatkoztatott egyedszám vagy más, a populációnagyság becsülésére alkalmas attribútum, pl. tömeg, hajtásszám.

Diszturbancia: Zavarás. Zavarás hatására a populációk demográfiai változói változhatnak, közösségeknél pedig a közösség stabilitása és fajösszetétele változhat. A mesterséges zavarást perturbációnak hívjuk.

Diverzitás: Általánosan sokféleséget jelent. A biológiai alapsokaságok jellemzésénél gyakran alkalmazzák. Használatának alapfeltétele, hogy az alapsokaság egyes elemei osztályokba sorolhatók legyenek. Közösségek jellemzésére gyakran használják a fajszámot (fajgazdagság) és az ún. *faj/egyed diverzitást*, amikor a sokaság elemei növény- v. állategyedek, az osztályozás kategóriái pedig a fajok. A társulások faj/egyed diverzitása elméletileg akkor éri el maximumát, ha minden egyed más fajhoz tartozik, és akkor a minimumát, ha minden egyed egy fajhoz tartozik.

Egyenletesség: A faj/egyed diverzitást becsülő indexek kapcsán használjuk. Értéke 0 és 1 között változhat. Kifejezi, hogy az egyedek milyen módon oszlanak el a fajok között. Maximális az egyenletesség ($E=1$), ha minden fajhoz ugyanannyi egyed tartozik. Számítása: a diverzitást elosztjuk a maximális diverzitás értékével.

Életforma: a növényeknél kialakult forma, melynek révén a növény alkalmazkodik a környezetéhez. A hajtásos növények éghajlati viszonyokhoz történő alkalmazkodása szerint minősít a *Raunkiaer-féle életformarendszer*, melynek rendezőelve a kedvezőtlen (hideg vagy száraz) időszakot átvészelő megújuló képletek, többnyire rügyek talajfelszínhez viszonyított helyzete. Főbb életformatípusok pl. fák, liánok, törzsszukkulenták, talajban áttelelők, egyéves lágyszárúak, évelő tölgyes lágyszárúak, félcserejék.

Élőhely (Habitat, biotóp): A biocönózishoz szorosan kapcsolódó fogalom. Szűken értelmezve a biocönózis előfordulását meghatározó fizikai és kémiai feltételek (környezeti változók) összességét jelenti. Tágabb és gyakrabban használt értelmezése magában foglalja a biotikus összetevőket is, vagyis maga az élőlényközösség. Pl. a gyertyános-tölgyes élőhely jelentheti ezen élőlénytársulás előfordulását megszabó fizikai és kémiai (abiotikus) környezeti változók összességét, de szemléletesebben kifejeződik számunkra ez az élőhely, ha a növénytársulást tekintjük (vagyis a biotikus összetevőt is). Valójában nemcsak a növényfajok, hanem minden más élőlény jellemzi ezt a társulást, de megjelenési tulajdonságuk alapján könnyebb a helyhez kötött növényfajok alapján tipizálni.

Fajgazdagság: A biodiverzitás egyik, a szünbiológiában gyakran használt mérőszáma. Főleg közösségek jellemzésére, illetve regionális és globális léptékű diverzitásmintázatok leírásánál használják. A fajok számát jelenti egységnyi területre (térfogatra) vetítve.

Faunaelem: Azonos szétterjedési centrumból elterjedt, hasonló area-lefutású állatfajok.

Fitofág: Általában rovarok táplálkozásánál használják. Olyan élőlények, melyek növényeket, illetve növényi részeket (pl. levél, termés) fogyasztanak. Hasonló értelmű kifejezés a herbivor, amelyet sokszor a zöld növényi részeket fogyasztó állatokra használnak.

Flóraelem: a növények jelenlegi elterjedési területük szerint jól kategorizálhatók. Az azonos elterjedésű fajok azonos csoportba tartoznak, amelyek mai klímaigényei hasonlóak, de keletkezésük helye és ideje, vándorlásuk útvonala különbözhet, vagyis az azonos flóraelemek múltja nem feltétlenül hasonló.

Flóraelemspektrum: a flóraelemek százalékos aránya nagyon jellemző egy-egy terület flórájára. Magyarország növényfajainak csoportjai: bennszülött (endemikus); európai; eurázsiai; kontinentális; szubmediterrán; szubatlanti; északi (boreális); alpin; balkáni; kárpáti; cirkumpoláris; kozmopolita.

Genetikai diverzitás: valamely lókuszhoz tartozó allélok potenciális száma a populációban.

Indikáció, indikátor (szervezetek): Az élőlények jelenlétükkel, tömegességi viszonyaikkal, viselkedésükkel jelzik a környezetük milyenségét és annak változását. A jelenséget indikációnak, a jelző élőlényeket indikátor szervezeteknek hívjuk. Ha az evolúciót főleg adaptációs folyamatnak tekintjük, akkor minden élőlény léte bizonyos környezetet jelez. A gyakorlatban azonban a környezeti tényezők csak kismértékű változását elviselő (toleráló) élőlények (fajok) használhatók a környezeti változások jelzőiként.

Kompartment: Közösségek funkcionális alegysége. Az egy kompartmentbe tartozó populációk között az interakciók erősebbek, mint két, különböző kompartmentbe tartozó populáció között. Általában nagy közösségeknél használják, melyek számos élőhelyet fednek le. Ilyenkor egy kompartment egy élőhely populációit tartalmazza, illetve az ökotónok is külön kompartmentet alkotnak.

Makkia: A mediterrán, keménylombú erdők aljnövényzetének cserjéiből és a fák letörpült példányaiból antropogén hatásra alakult ki a Földközi-tenger partvidékére annyira jellemző örökzöld másodlagos bozótos növénytakaró. Ezek a másod-, gyakran harmadlagos szúrós-tüskés bozótosok sekély talajúak, helyenként annyira lepusztult a talajtakaró az erdőirtást követő túllegeltetés miatt, hogy már csak a kopár kőzetfelszín maradt vissza. Ezek ma legfeljebb csak birka- és kecskelegeltetésre alkalmasak.

Ökológia: Az egyed feletti biológiai szerveződés jelenségeinek okait, háttérmechanizmusait vizsgáló tudomány. Biológiai tudomány, amely azt vizsgálja, hogy melyek az élőlények populációira, társulásaira, ill. az ökoszisztémákra ható kényszerfeltételek, és hogy e feltételek – beleértve az emberi hatásokat is – hogyan határozzák meg térbeli eloszlásukat, viselkedésüket, működésüket.

Ökológiai spektrum: A növényfajok termőhelyi igényeinek jellemzésére dolgozták ki az ún. ökológiai indikátorértékeket. Ez a kategóriarendszer a fajokat a természetben tapasztalt leggyakoribb előfordulásuk alapján minősíti *hőmérsékleti (T)*, *talajnedvesség (W)*, *talajsavanyúság (R)* *nitrogénigény (N)* és újabban a *zavarástűrés (Z)* szempontjából. A társulás fajösszetétele ismeretében az indikátorértékek jellemző gyakorisági eloszlása számítható ki, ami alkalmas a növénytársulások ökológiai minősítésére, ill. összehasonlítására. Ez a megfigyelésekre alapozott minősítési rendszer elsősorban közelítő összevetésekre ad lehetőséget.

Ökoszisztéma: A rendszerelemzés módszereivel tanulmányozott biogeocönózis. Az ökoszisztéma tulajdonképpen a biogeocönózis rendszerszemlélet felfogása, valamilyen rendszermodellel vizsgált biogeocönózis.

Ökostátusz: Az n-dimenziós miliótér azon része, amelyet egy egyed feletti biológiai szerveződési szint igénybe vesz.

Ökotón: Két eltérő jellegű közösség határának átmeneti területe. Jelölheti az átmeneti zóna fizikai és kémiai tulajdonságait vagy az ott kialakuló (a két határközösségtől eltérő) közösséget.

Perzisztencia: Különböző szerveződési szinten értelmezhető. Közösségekkel kapcsolatban azt az időtartamot jelenti, amely alatt a populáció/közösség nem változik, fennmarad. A hosszú ideig

fennálló közösségeket tartósnak nevezzük. Perzisztens lehet egy faj is, ha egy adott foltban történő megtelepedése, kolonizációja és a kipsztlulása között hosszú idő telik el.

Populáció (népesség): az egyedi szint feletti (szupraindividuális) biológiai szerveződési szint alap-egysége; azonos fajhoz tartozó szervezetek csoportja. A populációt olyan azonos fajú egyedek alkotják, amelyek adott területen, azonos időben együtt élnek. A populáció egyedei között a párosodás – legalább elvi – lehetősége is fennáll. A populáció főbb jellemzői: egyedszám, születési és halálozási ráta, egyedsűrűség, az egyedek térbeli eloszlása (diszpergáltsága), korcsoportszerkezet, az egyedszám időbeni változása.

Riói Konferencia: az ENSZ 1992 júniusában szervezett világkonferenciája Rio de Janeiróban, hivatalos nevén ENSZ-konferencia a Környezetről és Fejlődésről (UN Conference on the Environment and Development). A konferencia elfogadta a biodiverzitás-védelmi, valamint a klímaváltozási egyezményt.

Sztenök (szűk tűrőképességű) és euriök (tág tűrőképességű fajok: Ha egy faj (vagy annak populációja) tűrőképességi tartománya szűk határok között található, vagyis a minimum- és maximum-érték közel van egymáshoz, akkor sztenöknek hívjuk, ha a tartomány tág, akkor euriöknek nevezzük.

Szupraindividuális organizáció: Egyed feletti szerveződési szint. A biológiai szerveződéseknek három fő szintet különítenek el. Az egyed alatti (infraindividuális) szerveződési szintet a molekulák, sejtek, szövetek, szervek vizsgálata jelenti (molekuláris biológia, immunológia, sejtbiológia) az egyedi (individuális) szint az egyed mint működési egység vizsgálatát jelenti (pl. humánbiológia, orvostan stb. vizsgálódhat egyedi szinten). Gyakran nem különíthető el az előző szinttől (általában infrabiológiai tudományterületnek nevezik a kettőt együtt). A harmadik szint az egyed feletti, a populációk, közösségek, biomok és a bioszféra tartozik ehhez a szinthez (szünfenobiológia, ökológia). Az egyes szintek magukban foglalják az alsóbb szintek folyamatait, de szintenként új, csak azon a szinten értelmezhető folyamatok, kapcsolatok jelennek meg.

Táplálkozási hálózat: Funkcionális megközelítés, mely a közösséget alkotó populációk (fajok) táplálkozási viselkedését veszi alapul. A közösségeket jellemző anyag- és energiaáramlási útvonalakat írja le. A hálózatban található populációk általában több más populációval állnak kapcsolatban (a kapcsolatot reprezentáló nyilak az energiaáramlás irányát mutatják). A lineáris kapcsolatokat kiemelve néha tápláléklánccról is beszélnek.

Társulás (asszociáció): ökológiai rendszerekben az élőlények társulásának, főleg a növénytársulásnak ajánlott alapegysége. A *növénytársulás*: állományaiiban törvényszerűen ismétlődő, állandó megjelenésű, faji összetételű és meghatározott környezeti igényű.

Territórium: Kizárólagosan használt terület. A készletekért folytatott intraspecifikus (ritkábban interspecifikus) verseny eredményezi. Megszerzése és megtartása közvetlen küzdelem (kontesztverseny) eredménye. Funkció alapján osztályozva megkülönböztetünk szaporodási, táplálkozási, pihenő és összetett funkciójú territóriumokat.

Tűrőképességi vagy toleranciatartomány: Az élőlények a környezeti tényezőknek csak bizonyos értékei mellett képesek élni és szaporodni. Ez a külső hatás az élőlény belső, ún. Tolerancia- vagy tűrőképességi tényezőin keresztül érvényesül. Amikor egy élőlény szaporodóképessége (vagy egy populáció egyedszáma) változik, akkor a tűrőképességi tényezői változnak meg. A környezeti és a tűrőképességi tényezők egymástól elválaszthatatlanok, egyik feltételezi a másik meglétét és csak egymáson keresztül értelmezhetők. A környezeti tényezőknek azon értékeit vagy intervallumát, melyen belül az élőlény még életképes, tűrőképességi tartománynak (ökológiai valencia) nevezzük. Valójában a minimum és a maximum közelében található alsó és felső pesszimumtartomány sem tolerálható érték az élőlény számára, hiszen itt már nem képes szaporodásra.

11. ALAPVETŐ KÖRNYEZET- MIKROBIOLÓGIAI TEREPI ELJÁRÁSOK (MÁRIALIGETI KÁROLY, ROMSICS CSABA)

11.1. Bevezetés

Hazánk természeti tájain kirándulóként vagy akár hivatalos úton járva, sokszor megállunk a szemet gyönyörködtető, „érintetlen” természetet megcsodálni. Eszünkbe jut-e néha olyan szemmel is körülnézni, hogy egyúttal környezetünk állapotát is felmérjük? Vannak persze szembetűnő, durván leromlott, rontott állapotú helyek egy-egy gyár, bánya környezetében vagy városok, falvak peremén a felelőtlen szemetelés, tudatos környezetszennyezés miatt. Másutt az élő és élettelen környezet értő, mélyebb ismereteket igénylő elemzésére van szükség.

Észleljük-e az élettelen környezet durva változásait, pl. egy kiadós esőt követően az erózió nyomait? Tudjuk-e, hogy a növényiszövetkezetek finom faji összetétele jól utal a bolygatottságra, helytelen erdészeti beavatkozásra stb.? Figyelünk-e az állatvilág képviselőire, netán ismerjük azok környezeti jelző szerepét? Az értő szem és a környezet teljességére figyelő értelem azonban nem állhat meg ezen a szinten: a „makroszkópos” világgal szoros együttműködésben, szabad szemmel láthatatlan szervezetek tevékenysége alakítja környezetünket, szerves és szervetlen kémiai, fizikai folyamatok rendszere befolyásolja azt. Itt is vannak szabad szemmel is észlelhető nyomok: talajaink humuszrétege pl. mikrobák által irányított, ill. nem szabályozott kémiai folyamatok révén szintetizálódik; észleljük a vizekben levő tárgyak felületén kialakuló nyálkás bevonatot, a **biofilm**et. Talán tudunk a **mikrobióta** hatásos szervesanyag-lebontó aktivitásáról is (pl. szennyvíztisztítóokban). Kevésbé egyszerű azonban a dolgunk egy-egy rozsdafolt, vagyis vas-oxid-hidroxid kiválás eredetének megállapításánál: ez lehet pusztán kémiai folyamat eredménye, de baktériumok is létrehozhatják.

Tájékozódásunkat a tudatos, minden részletre kiterjedő megfigyelések mellett segíthetik egyszerű, a terepen is bevezethető kémiai-biológiai-mikrobiológiai paramétereket elemző műszerek, eljárások, sőt nemegyszer ezek teszik egyáltalán lehetővé. Így pl. kombinált pH-redoxpotenciál-mérő berendezés segítségével sok fontos következtetés vonható le egy patak vagy tó vizének állapotáról. Fotometriásan víz-, ill. talajkémiai, biológiai paraméterek sokasága határozható meg rövid idő alatt terepen. A vízi elsődleges termelő, ill. lebontó szervezetek indikátorfajainak (mikroszkópos) elemzése úgyszintén nem kíván komoly laboratóriumi háttérrel, és egyre több mikrobiológiai gyorstesztet vethetünk be a helyszínen is.

Célunk a mikrobiológiai környezetállapot-felmérés alapjainak megfigyelésen, egyszerű terepi műszeres vizsgálatokon, laboratóriumi méréseken alapuló módszereinek megismertetése, valamint gyakorlatok keretében történő elsajátíttatása.

A mikrobiológiai feladatokat a balesetvédelmi előírásokat gondosan betartva, négyfős csoportokban célszerű végezni.

Különös figyelmet kell fordítani a sterilitás követelményének betartására! A mikrobiológiai munka során az általános laboratóriumi munkára vonatkozó rendtartást kell követni, kiemelten figyelve arra, hogy munkánkkal ne szennyezzük, rongáljuk a természet-környezetet. A fennálló fertőzésveszély következtében azonban egyéb óvó rendszabályokat is kötelező betartani!

1. A baktériumtenyészeteket mindig kórokozóként kell kezelni! (A gyakorlati munkavégzés során a környezetből tenyészetbe kerülhet és elszaporodhat ismeretlen – esetleg kórokozó – baktérium is.)
2. A mikrobiológiai munkavégzés során lehetőleg pamutvászonn védőköpenyt, egyszer használatos gumikesztyűt kell viselni.
3. A munkavégzés közben étkezni, dohányozni, a felszerelést, eszközöket, berendezéseket egyéb, pl. étkezési célra felhasználni tilos!
4. Élő mikroorganizmusok kiömlése (pl. kémcsőtörés) során szennyeződött felületet fertőtleníteni kell!
5. A munkavégzés után kezünket fertőtlenítőoldattal mossuk meg (gyakran a munkavégzés közben is szükséges)!
6. Élő mikrobatenyészeteket, szuszpenziókat tilos lefolyóba, élővízbe önteni, szemétkébe dobni!
7. Csak kifogástalan állapotban levő eszközöket, edényeket használjunk!
8. A munkavégzés során célszerű a hosszú haját feltűzni, mivel balesetveszélyes.

11.2. A vizsgálatok elméleti háttere

A környezeti mikrobiológiában felmerülő problémákat leggyakrabban az alapvető (ökológiai) kérdések megválaszolásával kísérhetjük megoldani:

– mekkora egy környezeti mintában a teljes mikrobióta vagy egyes csoportjainak, fajainak biomasszája,

– milyen e mikrobák életképessége, anyagcsere állapota, fiziológiai potenciálja,

– és aktuálisan a mikrobióta egyes csoportjai, fajai milyen anyagcsere-aktivitást mutatnak, hogyan vesznek részt a helyi elemkörforgalmakban? Hétköznapi nyelvre úgy fordíthatnánk le e kérdéseket, hogy mekkora tömegben előforduló, milyen állapotú mikrobák, mit is csinálnak a kérdéses környezeti mintában?

A környezet-mikrobiológiai vizsgáló módszerek – a „látható” szervezetek vizsgáló módszereivel ellentétben több – „immanens” hibával terheltek. A mikrobaközösségek aktivitásainak vizsgálata során ugyanis nincsen információnk a folyamatot végző fajok zöméről (nemcsak a tenyésztési eljárások, hanem a napjainkban elterjedt molekuláris biológiai módszerek is erősen szelektívek). Ugyanakkor – csekély kivételtől eltekintve – pl. egy-egy faj biokémiai potenciálja csak mesterséges, laboratóriumi környezetben, tenyészetekben elemezhető. Ráadásul a mikrobák csekély mérete következtében a talajokban, vizekben stb. folyó történések a milliméterről milliméterre, szinte mikronról mikronra változó mikrohabítatokban zajló folyamatoknak mintegy átlagát, eredőjét jelentik. Egy mérésekkel igazoltan, jellemzően aerob környezetben pl. tömegével fordulhatnak elő akár szigorúan anaerob morzsák. A mikrokörnyezetek ráadásul pontosan a mikrobiális tevékenységek révén folyamatosan dinamikus változásban vannak.

A 11.1. táblázatban – a teljesség igénye nélkül – mikrobiálisbiomassza-bebecslési módszereket összegzünk. Különleges laboratóriumi háttér nélkül, akár mintavételi helyszínen is megvalósítható pl. a csíraszámolás, ugyanis táptalaj-bemerítéses technikával aerob tenyésztés kivitelezhető. Nagyobb igényű csíraszámolás vagy kémiai/biokémiai biomasszabecslés már mintavételt, a minta laboratóriumba szállítását, majd annak vizsgálatát igényli. Bármely eljárást választjuk is, a teljes mikrobiális biomasszának vagy egy-egy élettani csoport biomasszájának csak durva bebecslését kapjuk. Azonos metodika alkalmazása esetén az eredmények azonban összehasonlíthatók. A biomassza tömegértéke önmagában semmit sem mond a biomasszát alkotó egyes szervezetek, csoportok funkciójáról, fontosságáról az aktuális környezetben. Azt talán inkább megállapíthatjuk, hogy ahol relatíve nagy a biomassza mértéke, ott dús tápelem-ellátottság és nem túlságosan extrém fiziko-kémiai feltételek érvényesülnek a mintavétel pillanatában vagy jellemzőek voltak az azt megelőző állapotban. Nem tudjuk ugyanis, hogy a biomasszaként figyelembe vett sejtek a mintában aktív anyagcserét folytattak-e vagy pl. metabiotikus állapotban voltak (spórák jelenléte).

Csíraszámoláson alapuló biomasszabecslés

Tenyésztéses módszerek: lemezöntéses eljárás, határhígításos (MPN) eljárás, roll-tube technika stb.

Mikroszkópos eljárások: áteső fényben, fáziskontraszt-megvilágítással, fluoreszcens metodikák, átfolyási citometria stb.

Kémiai/biokémiai biomasszabecslés

Teljes mikrobióta: makromolekulák alapján (a minta fehérje-, DNS- stb. tartalmára alapozva), elemanalízis segítségével (C-, N-, P-, S-megoszlási vizsgálatok), kloroform fumigációs eljárás stb.

Egyes mikrobacsoportok: muraminsav-, lipopoliszacharid-, klorofill-a-, kitin- stb. tartalom alapján stb.

11.1. táblázat: Mikrobiális biomassza-bebecslési eljárások.

A 11.2. táblázatban felsorolt néhány módszer segítségével következtethetünk a környezeti mintában levő inaktív vagy életképes szervezetek arányára. Egy kiszáradt vagy fagyott talajban pl. jelentős lehet a biomassza, mégis a sejtek jó része metabiotikus állapotba tért. Az esetlegesen életképes sejtek pedig fiziológiai potenciáljukat, anyagcsere-állapotukat tekintve „rossz helyzetben” lehetnek. Erre utalhat pl., hogy széntartalékaikat felélték vagy az elektrontranszport aktivitása csekély. Az anyagcsere-állapotot nemcsak a környezet fiziko-kémiai paraméterei (pl. hőmérséklet, pH, vízpotenciál stb., rendelkezésre álló elektromosdonor-akceptor párok mennyisége, energiatartalma, más tápelemek szintje), de a biotikus környezet is befolyásolja. Az itt említett mérések nem informálnak azonban a mikrobák konkrét anyagcsere-aktivitásáról, vagyis az elemek körforgalmára gyakorolt hatásokról.

Életképesség kimutatása

„Csak élő” sejteket megfestő fluoreszcens módszerrel, osztódó/nyugvó sejtek arányának mikroszkópos meghatározásával stb.

Fiziológiai potenciál becslése

Elektrontranszport rendszer (ETS) aktivitásának mérése, specifikus enzimaktivitások meghatározása, dúsító tenyészetek alkalmazása stb.

Anyagcsere-állapot elemzése

Adenilátenergia-töltés mérése, poli-hidroxi alkanoát (PHA) felhalmozás mérése, cAMP-szint elemzése stb.

11.2. táblázat: Mikrobák, mikrobaközösségek életképességének, fiziológiai potenciáljának, anyagcsere-állapotának becslésére alkalmas eljárások.

A „teljes” mikrobiális biomassza anyagcsere-aktivitása mérésének klasszikus módszere a CO₂-termelés vagy O₂-fogyasztás dinamikájának nyomon követése. Meghatározhatjuk ilyen módon akár bizonyos környezetidegen anyagok biológiai lebonthatóságát is (11.3. táblázat). Ha ezek szerves elektron donorokként szolgálhatnak, aerob viszonyok között CO₂ termelődik belőlük, míg anaerob körülmények esetén elemezhetjük a terminális elektronakceptorok fogyását (pl. NO₃⁻, SO₄²⁻) vagy akár CH₄, netán a fermentációs végtermékek (savak, alkoholok stb.) képződését. Méréseinket természetesen gondosan megválasztott kontrollok viszonylatában kell végezni.

Respirometria

CO₂-termelés vagy O₂-fogyasztás, CH₄-produkció mérése stb.

Izotópalkalmazás

Izotóp jelzett elektron donorok (pl. szerves anyagok), elektronakceptorok (pl. NO₃⁻) vagy egyéb anyagcsere-intermedierek, tápelemforrások használata (pl. fototróf szervesanyag-termelés mérése fény/sötét ¹⁴CO₂-beépülés vizsgálatával; kemoautotróf produkció kimutatása sötét ¹⁴CO₂-beépítés alapján; tríciummal jelzett timidin DNS-be történő inkorporációjának mérése) stb.

Mikrokalorimetria

Az anyagcsere-folyamatok hőtermelésének elemzése.

Kromatográfiás módszerek

Fermentációs végtermék-analízis, kinonösszetétel változásának nyomon követése stb.

Fotometriás módszerek

Klorofill-a, egyéb pigmentek, DNS stb. mennyiségi változásának mérése.

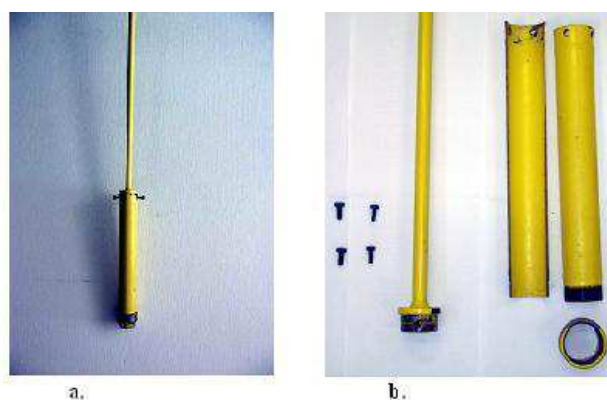
11.3. táblázat: Néhány eljárás mikrobiális anyagcsere-aktivitások kimutatására

11.3. Talaj-mikrobiológiai vizsgálati módszerek

11.3.1. Talajmintavétel mikrobiológiai célra

A talaj-mikrobiológiai elemzések zömét laboratóriumban lehet csak végezni. Ehhez mintát kell venni. A talajmintavételt a táj, a növényzet stb. szemrevételezése alapján kiválasztott, ökológiai szempontból jellemzőnek tekintett helyen feltárt talajszelvényben, a talajhorizontoknak megfelelően steril eszközökkel végezzük. Az egyes talajhorizontok középrégióiban ásóval friss felületet készítünk, majd steril spatula segítségével talajrögöket lepattintva, érintetlen felszint alakítunk ki. Ezt követően újabb csiramentes spatula vagy kanál segítségével 150 cm³ térfogatú, vattadugóval zárt, bő szájú, steril, egyértelműen feliratozott Erlenmeyer-lombikba ~50 cm³ mintát dobunk. A látható talajállatot és a gyökértömeget lehetőség szerint kerüljük ki. Szűrt mintákkal is dolgozhatunk megfelelő mintavevő eszköz (11.3.1. ábra) segítségével.

Anaerob dinamikával jellemezhető talajban vagy kifejezetten anaerob szervezetek vizsgálatára szolgáló mintavételnél törekedni kell az O₂ kizárására. E célból 20–50 cm³-es egyszer használatos fecskendő tücsatlakozós végét steril szikével (a dugattyút kicsit visszahúzva) vágjuk le. Az így nyert hengert nyomjuk bele a talajszelvény megfelelően előkészített felületébe, miközben a dugattyút kihúzzuk. A kiszűrt talajhengert, miután egyértelmű felirattal elláttuk, azonnal helyezzük anaerob környezetet biztosító szállító rendszerbe (pl. „anaerob-tasak”).



11.3.1. ábra: Talajmintavevő mintázásra kész (a) és szétszedett állapotban (b)

Víz alatti talajok, üledékek, iszapok esetében alkalmazhatunk egyik végén élezett plexi- vagy fémhengereket (~5-6 cm belső átmérő, akár 0,5–1 m hossz), amelyeket a minta kiszűrése után (még víz alatt) gumidugóval zárunk. A vízmélység függvényében speciális markolókat is szoktak alkalmazni.

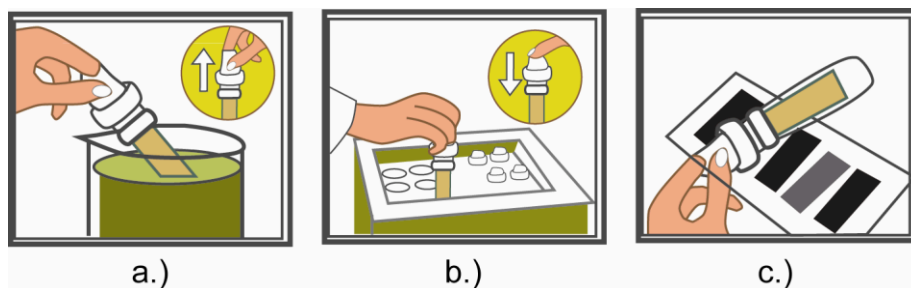
A mintavételt kellő számú ismétlésben végezzük és a mintákat lehetőség szerint azonnal lehűtve (2–10 °C), a legrövidebb idő alatt szállítsuk laboratóriumba és dolgozzuk fel.

11.3.2. Talaj összcsíraszámának, illetve gombaszámának gyors, tájékozódó jellegű meghatározása

A munka és anyagigényes laboratóriumi szélesztéses eljárás kiváltására használhatunk **dip-slide** technikát. Mérjük ki 1 g homogenizált talajmintát csiramentes eszközökkel, majd

mossuk 99 ml steril fiziológiás sóoldatba. Az így nyert szuszpenziót 5 perc időtartamig körkörös mozdulatokkal rázzuk.

Ennek elteltével alkalmazzuk a dip-slide-ot. Csavarjuk ki a kupakot és mártsuk a táptalajlemez a talajszuszpenzióba 5-10 másodpercre úgy, hogy mindkét agarfelületet teljesen ellepje a szuszpenzió (11.3.2.a. ábra). Vegyük ki a lemezt, a lecsurgó felesleges folyadékot a lemez alján itassuk le, majd helyezzük vissza a lemezt a műanyag edényébe. Az ún. összcsíraszám teszteléséhez húspepton táptalajt érdemes választani. Élesztők vagy penészgombák esetében antibakteriális szert (pl. kloramfenikol) tartalmazó Bengálrózsa vagy tripton szója agart alkalmazzunk. A fertőzött lemezeket (állandó hőmérsékleten) inkubáljuk (pl. 20 °C-os szobahőmérsékleten) a táptalajtól is függő ideig. Baktériumoknál 2–5, gombáknál 2–9 napig (11.3.2.b. ábra).



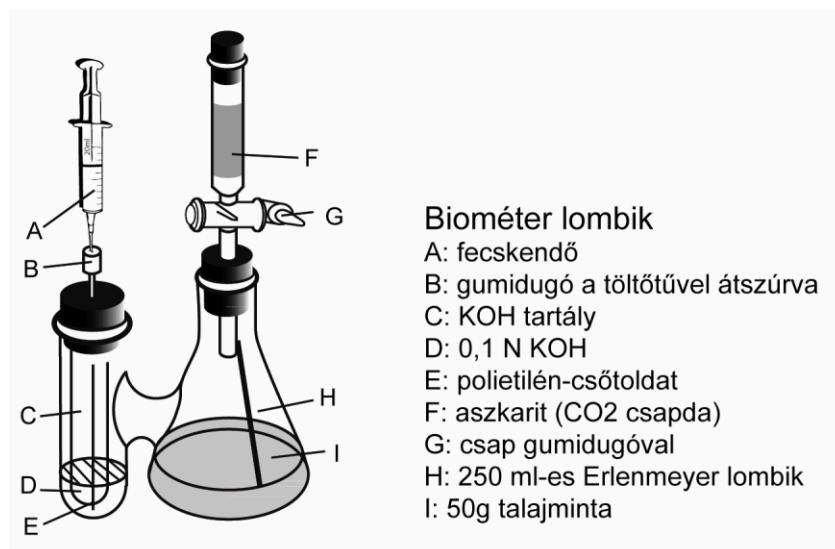
11.3.2.a.–c. ábra: Dip-slide táptalajlemez használata

Az agartáptalajokon nyomon követhetjük a telepek kifejlődését (11.3.2.c. ábra). Megfelelő inkubációs idő elteltével a kiértékelő lap alapján megbecsülhetjük a talajszuszpenzió milliliterenkénti telepképző egység (TKE) számát. Ugyanez a módszer természetesen alkalmas vizek vagy pl. vizelet csíraszámának becslésére is.

11.3.3. Talajok mikrobiális aktivitásának becslése CO₂-termelés mérésével

Talajok aerob biológiai aktivitásának és ezzel párhuzamosan környezetszennyező anyagok biológiai bonthatóságának becslésére régóta használják a képződött mikrobiális anyagcseretermékek, elsősorban a CO₂-termelés mérését. A termelt CO₂ mennyisége a szerves szubsztrát degradálhatóságától, valamint az abban részt vevő mikroszervezetek anyagcseréjének hatékonyságától függ.

Mérésünket legegyszerűbben hagyományos, 250 ml-es Biométer lombik alkalmazásával (11.3.3. ábra) végezzük. Talajmintából 50 g-ot mérünk egy-egy Biométer lombikba. A talaj nedvességtartalmát desztillált víz hozzáadásával 70%-ra állítjuk be. Az oldalcsövet 15 ml 0,1 N KOH oldattal töltjük fel. Ez szolgál a képződött CO₂ elnyelésére. A lezárt lombikokat állandó hőfokon inkubáljuk. 24 óra elteltével a 15 ml 0,1 N KOH-t szívjuk ki a lombik oldalcsövéből, majd mossuk a KOH tartályt 35 ml CO₂-mentes frissen kiforralt desztillált vízzel. Ezután a Biométer lombikokat ismételtelen feltöltjük 15 ml 0,1 N KOH-dal, majd lezárjuk és tovább inkubáljuk. A kapott 50 ml oldatot (15 ml KOH + 35 ml mosóvíz) 100 ml-es, 1 ml 2N BaCl₂ oldatot tartalmazó Erlenmeyer-lombikokba töltjük s titráljuk 0,05 N HCl segítségével, fenolftalein indikátor jelenlétében. (Megjegyezzük, hogy szükségtelen faktorozott mérőoldatot alkalmazni, hiszen összehasonlító adatokat kapunk. Az azonban elengedhetetlen, hogy egy tesztsorozatot végig ugyanazokkal a mérőoldatokkal végezzünk.) Az ismertetett titrálási eljárást 72 órás időközönként megismételjük.



11.3.3. ábra: Biométer lombik([A: fecskendő, B: gumidugó a töltőtűvel átszúrva, C: KOH tartály, D: 0,1 N KOH, E: polietilén csőtoldal, F: aszkarit (CO₂-csapda), G: csap gumidugóval, H: 250 ml-es Erlenmeyer-lombik, I: 50 g talajminta].

A titrálásnál fogyott sósavoldat térfogatából az alanti képlet segítségével számíthatjuk az inkubációk során termelődött CO₂-ot:

$$V_{\text{CO}_2} = 1,175 \times 10^{-5} \times C_{\text{HCl}} \times (V_{\text{KOH}} - V_{\text{MINTA}}), \quad (11.1.)$$

ahol

V_{CO_2}	a termelődött CO ₂ mennyisége m ³ -ben
C_{HCl}	a sósav töménysége Mol L ⁻¹
V_{KOH}	15 ml KOH mérőoldatra fogyott sósav ml-e
V_{MINTA}	az inkubálás után kivett KOH oldatra fogyott sósav ml-re

11.3.4. Talajok katalázaktivitásának kimutatása gyorstesztben

A talaj-mikroorganizmusok anyagcseretermékek tömegét bocsátják ki környezetükbe, amik a talajban lévő szerves anyagot tovább alakítják. A talajban szabad formában jelen lévő enzimek közül a **kataláz** vizsgálata gyorsan és egyszerűen kivitelezhető. Erőteljes katalázaktivitás arra utal, hogy sok mikroorganizmus van jelen a talajban és a szerves anyag lebontásában, valamint a humuszképződésben jelentős részt vállalnak. Kataláz a növényi maradványok is tartalmaznak. Ha a talaj katalázaktivitása alapján a talaj-mikroorganizmusok számára, ill. aktivitására kívánunk következtetni, a mintát alaposan meg kell szitálni, hogy eltávolítsuk az apró növényi maradványokat.

A vizsgálathoz szükséges talajt szétteregtetve kiszárítjuk. Az átszitált, növényi daraboktól megtisztított légszáraz talajminta 5 grammját kis Erlenmeyer-lombikba helyezük, amit átfűrt gumidugóval zárunk. A furaton vezessünk keresztül csövet, amelynek a másik vége egy megfordított („fejre állított”), vízzel feltöltött mérőhengerben végződik. Adjunk a mintához fecskendővel 10 ml 3%-os hidrogén-peroxidot! A talajban lévő kataláz a hidrogén-peroxidot vízzé és oxigénné bontja. A termelődött oxigén mennyiségét a mérőhengerben a vízszint csökkenéséből lehet leolvasni. Az oxigéntermelést (szobahőmérsékleten) 3

percig mérjük, majd az eredményt visszaszámoljuk 1 percre. Mérés közben a lombikot állandóan forgassuk a hatékony keveredés elősegítésére. Végezzük el a mérést 4-5 különböző talajjal és a talajokat hasonlítsuk össze a 11.4. táblázat alapján.

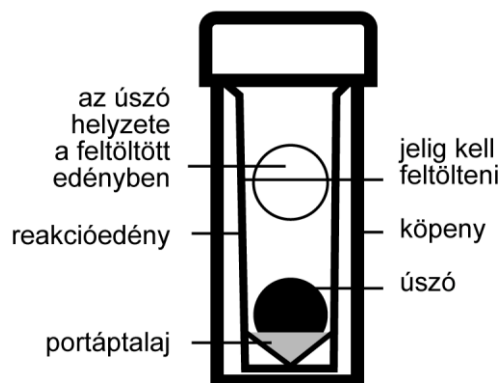
Katalázérték (ml/perc)	„Termőképesség”
0–5	nagyon rossz
6–14	rossz
15–25	elégséges
26–49	jó
50 fölött	nagyon jó

11.4. táblázat: Talaj termőképességének értékelése kataláztermelés alapján.

11.3.5. Talajok anaerob légző (denitrifikáló) aktivitásának becslése gyorseszteszt segítségével

A szerves szubsztrátok teljes oxidációja leghatékonyabban aerob körülmények között lehet végbe. Nagy szervesanyag-terhelés vagy pangó víz anoxiához vezethet. Anoxikus talajokban a mineralizáció részben fermentációt, részben anaerob respiratorikus anyagcserét folytató (nitráttal, szulfáttal vagy szén-dioxiddal mint terminális elektronakceptorral légző) mikroorganizmusok részvételével folyik. A NO_3^- légzés jellegzetes folyamata a gázképződéssel (N_2 , NO_x) járó denitrifikáció. A denitrifikáló szervezetek kimutatása a termelt N_2 gáz alapján relatíve egyszerűen megvalósítható.

A denitrifikálók aktivitásának kimutatására a BART (Biological Activity Reaction Test) tesztet alkalmazzuk (Hach). A BART bioreaktor a célra kifejlesztett vízmentes táptalajt tartalmaz megfelelő műanyag csőben, valamint egy „úszót” (11.3.4. ábra). A 12.3.2. fejezetben leírt módon készítsünk talajszuszpenziót, majd azzal töltjük fel jelig a BART bioreaktor csövet. A táptalaj feloldódik a talajszuszpenzióban, az „úszó” pedig a folyadék tetején elhelyezkedve megakadályozza az O_2 -utánpótlást a közegben. A denitrifikációt buborékképződés jelzi. A szobahőmérsékleten inkubált csöveket naponta ellenőrizzük és a teszttel együtt szállított kiértékelő táblázat szerint értékeljük. Az egyes talajok denitrifikáló aktivitását időskálán tudjuk összehasonlítani. Azon esetekben, ahol már akár pár óra vagy egy nap alatt megjelenik a buborékképződés a kérdéses szervezetek nagy számban és jó fiziológiai állapotban vannak, míg a több nap után észlelt gyenge aktivitás kis élőcsíraszámra utal.



11.3.4. ábra: A BART bioreaktor vázlata

11.4. Vízmikrobiológiai megfigyelések és mérések

A mikroszervezetek valódi élettere a vízi környezet. A talajokban kötött vízben vagy pórusvízben élnek a mikrobák. Más élőlényekben a testfolyadékok jelentik igazi életterüket, de a citoplazma is vizes közeg”. A vízmikrobiológia természetes felszíni és felszín alatti vizeket, továbbá az emberi tevékenység által befolyásolt vizeket, pl. szennyvíz vagy speciális igényeket kielégítő technológiai víz (pl. hűtővíz) egyaránt vizsgál.

Vizeink minőségének vizsgálata különleges fontosságúvá válik az emberi (állati) fogyasztásra (ivóvíz), ”rekreációs” célokra (pl. fürdés) igénybe vett víztestek esetében. A vízzel terjedő betegségek ugyanis még ma is milliószám szedik áldozataikat világszerte. Az ivóvizek minőségét a vízkezelési technológiák mellett alapvetően befolyásolja a vízforrásul szolgáló természetes víz minősége.

A természetes vizek minőségére a biológiai vízminősítésben használatos paraméterek meghatározásával (pl. halobitás, trofitás, szaprobitás, toxicitás) következtethetünk.

Halobitás foka	Vezetőképesség ($10^{-6} \text{ ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$)
ahalobikus	<10
béta-oligohalobikus	10–250
béta-alfa-oligohalobikus	250–550
alfa-oligohalobikus	550–1000
oligo-mezohalobikus	1000–1500
béta-mezohalobikus	1500–2000
béta-alfa-mezohalobikus	2000–2700
alfa-mezohalobikus	2700–4000
mezo-polihalobikus	4000–6000
polihalobikus	>6000

11.5. táblázat: A halobitás fokozatai (Dévai I. nyomán).

A víz **halobitás** mérésére legalkalmasabb a hordozható vezetőképesség-mérő. A kapott értékből a 11.5. táblázat alapján határozható meg a halobitás. **Trofitás** becslésére alkalmazható a Secchi-korong (11.4.1. ábra), amivel a víz átlátszóságát vizsgáljuk. A Secchi-átlátszóságot úgy mérjük, hogy a korongot addig engedjük le a vízben, amíg a fekete és a fehér mezőket még éppen meg lehet egymástól különböztetni. A korong felfüggesztéséül szolgáló madzag méterben mért hossza adja a Secchi-értéket, ami alapján egy durva skálán gyorsan becsülhető a trofitás (a 11.6. táblázat szerint). Az átlátszóság mérésénél megbízhatóbb, pontosabb trofitásbecslést tesz lehetővé a klorofill-a-mérés, de más módszerek is rendelkezésünkre állnak (pl. algaszámlálás).



11.4.1. ábra: Secchi-korong

Trofitásfok	Klorofill-a ($\mu\text{g/L}$)	Átlagos Secchi (m)
Ultra-oligotrofikus	<2,5	>12,0
Oligotrofikus	<8,0	>6,0
Mezotrofikus	8–25	6–3
Eutrofikus	25–75	3–1,5
Hipertrofikus	>75	<1,5

11.6. táblázat: A Secchi-érték és a klorofill-a-koncentráció összefüggése a trofitásfokkal

A [szaprobításról](#) leelőször a baktériumok, valamint a zooplankton tagjai juthatnak eszünkbe, de jó néhány algafajról mutatták ki, hogy [fakultatív heterotróf](#). A szaprobításra a [kémiai oxigénigény \(KOI\)](#) mérésén keresztül is következtethetünk, de baktériumszámlálással, [biológiai oxigénigény](#)-mérés alapján stb. egyaránt meghatározhatjuk. [Toxicitás](#)ért szerves és szervetlen vegyületek egyaránt felelősek lehetnek, amelyeket gyakorta maguk a vízi élőlények termelnek (pl. algatoxinok). Mérésére biokémiai eljárások (pl. enzimaktivitás-vizsgálat) vagy indikátorszervezeteken végzett, ún. [biológiai toxicitásteszt](#) szolgál (*Daphnia*-teszt, *Azotobacter*-teszt, *Sinapis* csíranövényteszt, *Guppi*-teszt stb.).

11.4.1. Vízmintavétel

Jellemző víz minta nyérése a legnehezebben kivitelezhető feladat. Az áramló folyóvízben, pl. egy szennyezési csóva mind horizontálisan, mind pedig vertikálisan előre megjósolhatatlan módon fog keveredni a víztesttel. Állóvizekben a vízmélységgel változó [rétegzettség](#) alakulhat ki: a felszín közelében fotikus, általában aerob közeg, amely a mélységgel (a trofitás függvényében) anaerobbá, afotikussá válhat stb. Legegyszerűbben nyerhető és sok víztest esetében reprezentatívnak is minősíthető a felszíni víz minta, amelyet a felszín alatt 10 cm-rel, bemerítéssel nyerhetünk. Áramló vízben, keresztshelvényben vegyünk a sodorvonalból és csendes folyású part közeli részről, míg állóvíz esetében vízközépről és part mellől egyaránt merítsünk.

Bakteriológiai célra vattadugóval zárt, 250 ml-es szűk nyakú csíramentesített Erlenmeyer-lombikba vegyük a mintát. Az üveg nyakát szorítsuk erre a célra kialakított mintavevő botba, vegyük ki a dugót és nyomjuk a lombik száját lefele tartva a víz alá 10 cm-re, majd fordítsuk úgy, hogy a palack megteljen. A mintegy 100 ml-nyi mintát zárjuk a vattadugóval, feliratozzuk egyértelműen, és feldolgozásig hűtve tároljuk (lásd a 12.3.1. fejeze-

tet). Nagyobb vizek esetén csónakból végezhetjük a mintavételt vagy pedig ún. **Meyer-palack** segítségével. **Fitoplankton**-minta gyűjtéséhez gondosan kimosott műanyag edény is megfelel. Mélységi mintavételezés során speciális mintavevőt alkalmazhatunk (11.4.2. ábra).



11.4.2. ábra: Mélységi víz-mintavevő

Algológiai vizsgálatok céljaira egy-egy helyről összesen 1 liter mintát gyűjtünk. Ha algákkal táplálkozó állatok (zooplankton) jelenlétére számíthatunk, akkor a minta egyik felét a helyszínen átszűrjük egy kb. 40 μm -es lyukbőségű planktonhálón. Így a kistestű algák kifalását megakadályozzuk. Mielőbb kezdjük el a minta mikroszkópos vizsgálatát. A feldolgozásig a mintát sötétben és hűtőszekrényben (hűtőtáskában) tároljuk. A minta másik felét a helyszínen rögzítjük Lugol oldat segítségével. 100 ml mintához kb. 10 csepp Lugol oldatot csöpögtetünk (annyit, hogy a minta konyakszínű legyen) (Lugol oldat: J_2 1 g, KJ 2 g, desztillált víz 300 ml). Ezt a felét a rögzítés miatt akár hetekkel később is mikroszkopizálhatjuk, de addig is sötét helyen tároljuk.

Ivóvíz esetében a vizet először jól ki kell folyni. Ezzel biztosítjuk, hogy a szerelvényekben, csőben pangó víz kitisztuljon és a friss vizet mintázzuk. Ezért 2–5 percig bőven eresszük a vizet, majd megfelelően előkészített lombikokba vegyük a mintát (1 liter).

A vizekről értékes információt adhat az élőbevonatok mikrobáinak elemzése is. A vízben levő, különböző szilárd aljzatokról (kavics, fadarab, vízínövények szára stb.) a legegyszerűbben úgy gyűjtünk, hogy az aljzat darabkáit steril eszközökkel egyben kiemeljük és „saját vizében” laboratóriumba szállítjuk. A laboratóriumban steril eszközökkel (szike, kefe, ecset stb.) megfelelő szuszpendálóoldatba mossuk a bevonatot. Algamintavétel esetén konzerválást is alkalmazhatunk. A víz alatti üledékek „bevonata” esetében használjuk a 11.3.1. fejezetben ismertetett csőmintavevőt, ahol az algabevonat pl. színe, konzisztenciája alapján különíthető el.

11.4.2. Vízminőségi indikátor baktériumfajok kimutatása, ill. csírszámának becslése

A fekális eredetű szennyezés elemzése a mikrobiológiai vízminősítés alapvető feladata. E célra olyan indikátorszervezetek vizsgálata szükséges, amelyek esetében bizonyosak lehetünk az enterális eredetről, ugyanakkor ún. **differenciáló** (jellegzetes telepmorfológia, szín) vagy **szelektív tápközegek** alkalmazásával gyorsan, egyértelműen és szelektíven (sokkal több másfajta szaprotróf szervezet között is) kimutathatók. A szabvány ivóvizek mikrobiológiai minősítésére összecsírszám-határértékek mellett a *Pseudomonas aeruginosa*, fekális *Streptococcus*, szulfitredukáló *Clostridium*, és *E. coli* indikátorszervezetek kizárását (adott víztérfogatban) írja elő. De ugyanezek a mikrobák alkalmasak fürdésre, vízkivételre stb. szolgáló természetes vizek minősítésére is.

Vizsgálatainkban ezúttal a 12.3.2., ill. 12.3.5. fejezetekben már megismert módszereket alkalmazzuk, megfelelő módosítással. Az összecsírszám, az *E. coli*-szám, valamint a coliform baktériumszám kimutatására a táptalaj-bemerítéses technikát, a dip-slide mód-

szert használjuk. A vízmintákba egyszerűen belemerítjük a megfelelő táptalajt tartalmazó dip-slide-ot, majd inkubáljuk, és a karakterisztikus telepmorfológia alapján értékeljük a tenyészeteket (11.7. táblázat). *Pseudomonas aeruginosa*, ill. más fluoreszkáló *Pseudomonas* jelenlétének kimutatására a megfelelő BART-tesztet végezhetjük. Ez esetben a vízmintával egyszerűen jelleg feltöltjük a megfelelő BART-csőveket, majd inkubáljuk. Az inkubáció során vizsgáljuk a táptalaj szín- stb. változásait és az útmutató szerint értékeljük.

Vizsgálat	Táptalaj	Inkubálási hőfok/időtartam	Kiértékelés
összcsíraszám	húspepton agar	Szobahőm., 28 °C, 37 °C /2 nap	a telepek száma alapján
Coliform-szám	Chromokult coliform agar	37 °C/24 h	a rózsaszín-piros és a sötétkék-ibolya telepek száma alapján
<i>E. coli</i>	Chromokult coliform agar	37 °C/24 h	a sötétkék-ibolya telepek száma alapján
Enterobacteriaceae-szám	VRBD agar	37 °C/18 h	a piros udvarral körülvett piros telepek száma alapján

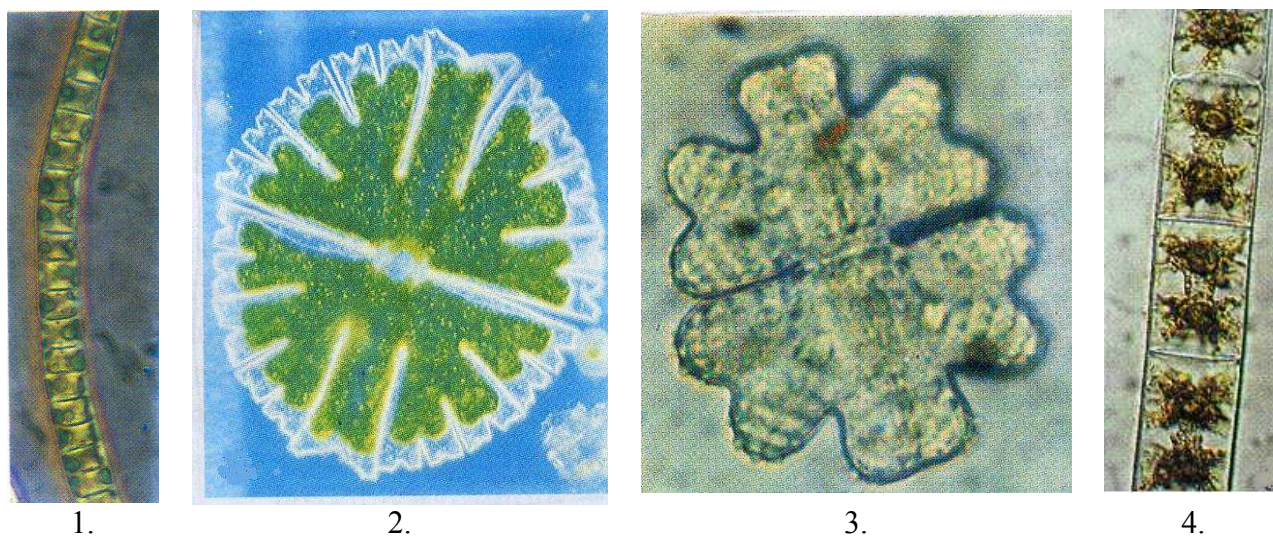
11.7. táblázat: Indikátorbaktériumok kimutatása dip-slide segítségével

11.4.3. Trofitásfokjelző algák, cianobaktériumok mikroszkópos vizsgálata

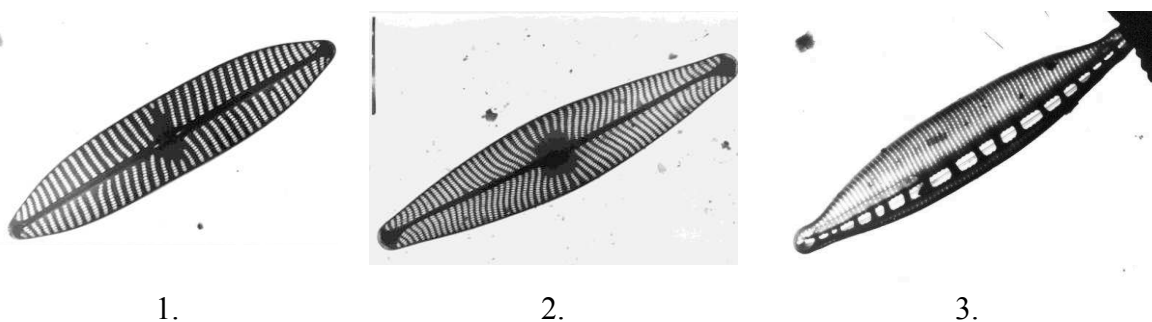
Az algákat a Lugol oldattal tartósított, ismert térfogatú mintákból a laboratóriumban fordított mikroszkópülepítő kamrájában számoljuk és határozzuk meg. Tájékozódó vizsgálatokhoz fedőlemezzel borított nedves preparátum is alkalmas. A hazai természetes vizeinkben legnagyobb mennyiségben található kovaalgák meghatározása ma még alapvetően héjszerkezetükön alapul, amit roncsolt mintákban tehetünk láthatóvá.

A roncsoláshoz a homogenizált mintából tárgylemezre cseppentünk és hagyjuk beszáradni, majd tömény hidrogén-peroxidot cseppentünk a beszárított mintára. Óvatos melegítéssel ezt beszárítjuk, majd a műveletet megismételjük (tehát újabb csepp hidrogén-peroxiddal roncsolunk). Ha a hidrogén-peroxid nagyon pezseg még a felcseppentéskor, akkor harmadszor is megismételjük a műveletet. Ezután a beszáradt mintára egy csepp beágyazó anyagot (pl. Pleurax-, Hyrax gyanta; törésmutató 1,60–1,70) helyezünk, majd fedőlemezzel fedjük. A gyanta oldószert tartalmaz, amit óvatos melegítéssel párologtatunk el (a fedőlemez alól apró buborékok formájában távozik) és a melegítés befejeztével még forrón (a beágyazószer még folyékony), a fedőlemezt csipesszel óvatosan nyomkodva kiszorítjuk alóla a levegőbuborékokat. Ezután hagyjuk kihűlni, s a gyantát teljesen megszilárdulni. Csak kevés beágyazószeret használjunk, hogy minél vékonyabb preparátumot kapjunk, mert az immerziós objektív munkatávolsága nagyon kicsi. A kapott tartós preparátumból immerziós objektív használata mellett, 1000-szeres nagyításon végezhetjük el a fajok meghatározását.

Néhány gyakran előforduló, trofitást jelző alga fajt a 11.4.3.–11.4.4. ábrákon mutatunk be. A határozást az algák, ill. a kovavázak gondos megfigyelése alapján, morfológiai jellegzetességeiket áttekintve az irodalomjegyzékben felsorolt határozókönyvek segítségével végezhetjük.



11.4.3. ábra: Oligotrófikus vizekre jellemző algák 1. *Ulothrix tenuissima*, 2. *Micrasterias rotata*, 3. *Eurastrum germanicum*, 4. *Zygnema* sp. (Lovas Béla felvételei).



11.4.4. ábra: Eutrofikus vizekre jellemző algák, illetve cianobaktériumok 1. *Navicula tripunctata*, 2. *Navicula lanceolata*, 3. *Nitzschia dissipata* (Makk Judit elektronmikroszkópos felvételei)

11.4.4. Vízminták klorofill-a tartalmának meghatározása

A klorofill-a vizeink leglényegesebb elsődleges termelő szervezeteiben (pro- és eukarióta algák zömében) egyaránt megtalálható. A vízmintákban tapasztalt koncentrációja arányos a trofitásfokkal. A vizsgálatra szánt vízmintát 500 ml-ét szűrjük át üvegszál előszűrőn (pl. Sartorius GF). Célszerű 50 mm átmérőjű szűrőt használni. A szűrést követően a membránt csíkokra vágva 10 ml tömény metanolba dobjuk, majd forrásig óvatosan melegítjük (ne forrjon föl!). (Figyelem! A metanol mérgező! Gőzei a nyálkahártyán át gyorsan felszívódnak!) Ezután még 10 ml tömény metanolt hozzáadunk, keverjük, és hagyományos szűrőpapíron redős szűrőn átszűrjük. Az extraktum fényelnyelését (extinkcióját, pl. Hach) mobil spektrofotométer segítségével 3 hullámhosszon (750, 666, 653 nm) mérjük és az a-klorofill-koncentrációt a következőképpen számoljuk ki:

1. A 750 nm-en mért extinkció értékét levonjuk mind a 666, mind a 653 nm-en mért extinkció értékéből. Így megkapjuk a következő képletben szereplő E_{666} és E_{653} értéket, s a továbbiakban ezzel számolunk.
2. $C_a = 17,12 \times E_{666} - 8,68 \times E_{653}$

3. Ha M ml mintát szűrünk át és m ml metanollal extraháljuk, akkor az a -klorofill pigment koncentrációja

$$m \times C_a \times 10^3 \times M^{-1} \text{ (}\mu\text{g L}^{-1}\text{)}. \quad (11.2.)$$

11.4.5. Vízminta BOI-értékének meghatározása OxiTop rendszerben

A természetes vizekbe jutó szerves szennyezéseket a vízben levő mikroszervezetek lebontják. Ez a folyamat oxigénfogyasztással jár, vagyis a természetes víz oldott O_2 -tartalma lecsökken. A szennyező víz biológiai oxigén-igénye (BOI) meghatározásával annak becslését adjuk, hogy a befogadó víztestben milyen oldott oxigéntartalom-csökkenés következne be a szennyezett víz adott térfogatának bevezetése hatására. A BOI mérésére a gyakorlatban 5 napos respirometrikus teszt terjedt el, ahol a lebontó aktivitás kimutatására zárt palackban az O_2 parciális nyomásváltozását mérjük. A szerves szennyezővel terhelt vízminta adott mennyiségét ismert térfogatú edénybe helyezük és (állandó hőfokon, 20°C) inkubáljuk. Ha a palackba zárt levegő nyomását ellenőrizzük, akkor két folyamattal kell számolnunk: nyomásesés következik be, ha egy gáz elfogy (esetünkben az O_2), illetőleg fokozódik a nyomás értéke, ha gáz képződik inkubálás közben (aerob viszonyok között ez CO_2 lehet). Az OxiTop (WTW GmbH, Weilheim, Németország) rendszer segítségével az ötnapos inkubáció alatti nyomásváltozást mérhetjük, ill. a mérőfej elektronikája tárolja is az adatokat. A BOI értéke a rendszerben történt O_2 parciális nyomásváltozásával lesz arányos. Hogy ezt mérni tudjuk, a (termelt) CO_2 -ot el kell nyeletni. Erre a célra az edény gázterében elhelyezett NaOH pasztillát alkalmazunk, amely megkötö a CO_2 -ot. Az OxiTop rendszer központi egysége a BOI-számítást el is végzi (11.4.2.):

(11.3.)

$$BOI = \frac{M_{(O_2)}}{R \times T_m} \times \left[\frac{V_t - V_l}{V_l} + \alpha \frac{T_m}{T_0} \right] \times \Delta p_{(O_2)}$$

ahol

BOI	a biológiai oxigénigény (mg L^{-1})
$M_{(O_2)}$	az oxigén mólsúlya ($32000 \text{ mg Mol}^{-1}$)
R	az egyetemes gázállandó ($83,144 \text{ l mbar Mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$)
T_0	referencia hőmérséklet ($273,15 \text{ K}$)
T_m	a mérés hőfoka (K)
V_t	az edény térfogata (ml)
V_l	a minta térfogata (ml)
α	a Bunzen abszorpciós koefficiens ($0,03103$)
$\Delta p_{(O_2)}$	az O_2 parciális nyomásának változása (mbar)

A rutin BOI_5 -mérés esetében 600 ml -es mérőedényt választunk, amelyet a várható BOI_5 -érték függvényében megfelelő térfogatú vízmintával feltöltünk (pl. $0\text{--}40 \text{ mg/liter}$ BOI_5 -értéknél 432 ml vízmintát használunk) és mágneses keverőrudat ejtünk bele. A minta számát természetesen felvezetjük a mérőpalackra is. Kiválasztunk egy mérőfejet, amelyet lazán a mérőüvegre csavarunk, majd a központi egység segítségével bekapcsoljuk a mérőfejet és beállítjuk (értelemszerűen a mintaszámot meg kell adni, hiszen ahhoz fogja csatolni a mérési eredményeket). A mérőüveg nyakába behelyezzük a NaOH pasztilla tartóedényét, amely egyben tömítésként is szolgál.

Az edénybe 2–5 pasztillát helyezünk és a fejet rácsavarva gondosan zárjuk, majd az edényt 20 ± 1 °C termosztátba helyezzük, mágneses keverő berendezésre. Ezután a rendszert öt napra magára hagyhatjuk. A kívánt idő elteltével a központi egység segítségével a tárolt nyomásváltozás-adatokat lehívjuk és az automatikusan számolt BOI-értéket feljegyezzük. Természetesen mérésünket célszerű legalább két párhuzamosban végezni. Az átlageredményt adjuk meg.

11.5. A levegő mikrobiológiája

Az atmoszféra a mikroorganizmusoknak nem élettere, azonban a levegőn keresztül terjednek, szóródnak a bioszférában. A mikrobák folyadék és szilárd (por) aeroszolrészecskékben egyaránt a levegőbe kerülhetnek. Csíraszámuk egy m^3 levegőre vonatkoztatva akár a 10^9 értéket is elérheti. Emberi kórokozók, de növény-, ill. állatbetegségek ágensei is terjednek légi úton. Nem lehet közömbös számunkra emiatt a különböző **outdoor** és **indoor** környezetek mikrobaterheltsége.

A mikrobák a légkörbe természetes forrásokból, a szél, eső stb. fizikai hatására kerülnek. Emellett egyre jelentősebbé válik az emberi (antropogén) források (pl. közlekedés) hatása. A levegőbe jutott, mikrobákkal is terhelt por, vízcseppek sorsát elsősorban a részecskeméret és a fajlagos tömeg határozza meg, ill. az ezek által befolyásolt ülepedési sebesség. A 0,5–30 μm átmérettartományba eső bioaeroszol részecskékben a mikrobák túlélését a levegő nedvességtartalma, hőmérséklete, ózon-, CO_2 -, NO_x -, SO_x - stb. koncentrációja, a nap UV-sugárzás-intenzitása egyaránt befolyásolja.

A levegő higiénés mikrobiológiai ellenőrzésének többféle módszere terjedt el. Legegyszerűbb a szedimentációs eljárás, amely a jól ülepedő partikulumok mikrobaterhelésének kimutatására alkalmas. Szűrővel akár sejttermelékeket is kimutathatunk. Hasonló hatásfokú lehet a folyadékos gázmosó alkalmazása. Elterjedt még az ún. részecskebefogók használata, amelyekben a levegő útját megfelelő módon megtörve érik el a „tehetetlen” aeroszolrészecskék kiülepedését.

11.5.1. A levegő mikrobiális terheltségének elemzése szedimentációs módszerrel

A levegő bioaeroszoltartalma az időjárási viszonyok függvényében akár rövid időn belül is jelentősen megváltozik. Ennek ellenőrzésére használjuk a 12.3.2. fejezetben már megismert dip-slide rendszert itt is. Az edényből kivett táptalajlemez tálaljuk vízszintesen, vagy függőlegesen elhelyezve 30 percig, majd zárjuk vissza. Inkubáljuk a lemezeket megfelelő ideig, becsüljük meg a baktérium-, ill. gombacsíraszámokat. Eredményeinket vessük össze az időjárási, egyéb levegőszennyezettségi paraméterekkel. Figyeljük meg a táptalajokon kialakult telepek pigmentáltságát is.

11.5.2. A levegő mikrobiális terheltségének mérése RCS Plus levegőminta-vevő eszközzel

Az RCS Plus levegőminta-vevő centrifugális ütköztetési típusú mérőberendezés, amelyben a részecskéket, mikroorganizmusokat tartalmazó légáramlat speciális tápágar-csíkok felületére irányul. A mintavevő percenként 50 l levegőt szív be. A vizsgálandó mintamennyiséget 1–1000 l között lehet változtatni.

A vizsgálat során különböző helyekről vegyünk levegőmintát a készülék alkalmazásával (11.5.1. ábra). Inkubáció után a speciális tápágar-csíkok felületén kinőtt telepek száma,

valamint a vizsgált levegő mennyisége alapján határozzuk meg a csíraszámot. Hasonlítsuk össze az eltérő mintavételezési eljárásokkal nyert adatainkat!



11.5.1. ábra: Az RCS Plus levegőminta-vevő készülék használata képekben

11.6. Függelékek

11.6.1. Bibliográfia

- Ács, É., Kiss, K. T. (szerk.): Algalógiai praktikum. Eötvös Kiadó (2004), Budapest.
- Bridson, E. Y. (ed.): The Oxoid Manual. 9th ED(2006). Basingstoke.
- Christon, J. H. (ed.): Manual of Environmental Microbiology. ASM Press(1997). Washington.
- Csutorné Bereczky, M.: Protisztológia. Eötvös Kiadó (1998), Budapest.
- Greenberg, A. E., Clesceri, L. S., Eaton, A. D.: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA (1992), Baltimore.
- Hangsen, W., Parsch J. (eds): Merck Microbiology Manual. Merck (2007), Darmstadt.
- Janeschek, H. (ed.): Ökologische Feldmethoden. Ulmer (1982), Stuttgart.
- Kiss, K. T.: Bevezetés az algológiába. Eötvös Kiadó (1998), Budapest.
- Krammer, K., Lange-Bertalot, H.: Bacillariophyceae 2. In: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H., Mollenhauer, D. (eds.): Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/2(1988). Fischer Verlag, Jena.
- Krammer, K., Lange-Bertalot, H.: Bacillariophyceae 3. In: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H., Mollenhauer, D. (eds.): Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/1(1991a). Fischer Verlag, Jena.
- Krammer, K., Lange-Bertalot, H.: Bacillariophyceae 4. In: Ettl, H., Gaertner, G., Gerloff, J., Heynig, H., Mollenhauer, D. (eds.): Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/2(1991b)2. G. Fischer Verlag, Jena.
- Lange-Bertalot, H.: Rotenliste der limnischen Kieselalgen (Bacillariophyceae) Deutschlands. In: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H., Mollenhauer, D. (eds.): Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 2/1(1996). Fischer Verlag, Jena.
- Lovas, B.: Mikroszkóp-mikrokozmosz. Gondolat (1984), Budapest.
- Lovas, B.: Édesvízi parányok 1–2. Búvár zsebkönyvek, Móra (1990), Budapest.
- Szabó, I. M.: Általános laboratóriumi rendszabályok. ELTE TTK. (1991) Budapest.
- Szabó, I. M.: A bioszféra mikrobiológiája I–IV. Akadémiai Kiadó (1991–1998), Budapest.
- Szabó, I. M.: Az általános talajtan biológiai alapjai. Mezőgazdasági Kiadó (1992), Budapest.
- Szegi, J.: Talajmikrobiológiai vizsgálati módszerek. Mezőgazdasági Könyvkiadó (1979), Budapest.

11.6.2. Fogalomtár

Biofilm (biológiai bevonat): fiziko-kémiai (pl. adszorpció, H₂-hid-kötések) folyamatok során a szilárd felületekre kitapadó anyagokból és az ott szaporodó mikroorganizmusok tömegéből álló többrétegű élőbevonat.

Biológiai oxigénigény (BOI): a vízben levő szerves anyagok mikroorganizmusokkal történő lebontásához adott hőmérsékleten (általában 20 °C), adott idő alatt (általában 5 nap) szükséges oxigénmennyiség (mg/liter O₂-értékben megadva).

Biológiai toxicitásteszt: élőlényállomány, élőlény, izolált szerv vagy biológiai eredetű készítmény élettani reakcióin alapuló, számszerű adatokat eredményező teszt, valamely környezeti tényező hatásáról (Kiss, K. T. 1998).

Differenciáló tápközeg: különböző mikrobák telepképzés, tenyésztulajdonságok alapján történő elválasztására, megkülönböztetésére és azonosítására alkalmas táptalaj. Általában különleges indikátor anyago(ka)t tartalmaznak, amely(ek) különféle csoport, fajspecifikus anyagcsere-reakciókat jelez(nek).

Dip-slide eljárás: táptalaj-bemerítéses csíraszámbebecslési eljárás. A dip-slide ~3x10 cm-es műanyag lap, amelynek két oldalán gyárilag felvitt agartáptalaj film található. A lapot egy átlátszó, hengeres műanyag edény kupakjába fogják be. A steril rendszerből kiemelt táptalajt a baktériumokat tartalmazó szuszpenzióba merítjük, majd edényébe visszahelyezve inkubáljuk. A kifejlődő telepek száma alapján következtethetünk a minta mikrobaterheltségére.

Fakultatív heterotróf algák: szerves anyagok, akár részecskék, pl. baktériumok fogyasztására is képesek algák. A lebontási folyamatokban így nem csupán az oxigéntermelésükkel vesznek részt.

Fitoplankton: vízben lebegő életmódot folytató, apró, mikroszkopikus méretű egysejtű növények (algák).

Halobitás: a kontinentális vizek biológiai szempontból fontos szervesanyag-tartalom mennyiségének összessége, amit a meder vagy vízgyűjtő terület geológiai és geokémiai tulajdonságai határoznak meg, de döntően megváltoztatják mesterséges bevezetések is, pl. bányavíz, szennyvizek stb. (Kiss, K. T. 1998).

Indoor környezet: zárt légterek: lakások, iskolák, hangversenyterem stb. légtere.

Katalázenzim: a hidrogén-peroxidnak vízre és oxigénre való bontását katalizálja. A katalázt az élő, aerob mikrobák nagy fülöslegben termelik, mivel anyagcseréjük során jeles mennyiségben keletkezik mérgező hidrogén-peroxid.

Kémiai oxigénigény (KOI): a vízben lévő szervesanyag-tartalom mennyiségét és minőségét jelző érték, amelyet kémiai úton történő erélyes roncsolással, oxidálással határoznak meg (mg/liter O₂ értékben megadva). Szervesanyag-mennyiségtől függően kálium-permanganátot vagy káliumbikromátot alkalmaznak (erősen savas közegben) oxidálószerként.

Meyer-palack: csiszolt dugós folyadéküveg súllyal, erős (3-4 mm átmérőjű műanyag) zsinigre erősítve. Használat során a megfelelő méretű Meyer-palackot a partról 20-30 m-re bedobjuk és a megtelését követően visszahúzzuk.

Mikrobióta: mikrobatársulás(ok).

Outdoor környezet: szabad légterek: parkok, erdő, városi környezet stb. légtere.

Rétegzettség: állóvizekben kialakuló állandó vagy időszakos függőleges tagoltság, amely hőmérséklet, megvilágítás, kémiai, biológiai paraméterek ugrásszerű változásában nyilvánul meg (pl. elkülönül a fényrel megvilágított fotikus réteg [itt zajlik a fotoszintézis] és az alsó sötét afotikus réteg [vizek azon régiója, ahová a fény már nem hatol le]).

Szaprobítás: a szerves anyagokat szervesetlen összetevőikre bontó és ezzel a vízminőséget befolyásoló adottságok és jelenségek gyűjtőfogalma: a heterotróf élőlények számára táplálékul szolgáló, hozzáférhető szerves tápanyagok minősége, mennyisége és változása a vízben; a szerves anyagot bontó, heterotróf élőlények minősége (a legapróbbaktól a legnagyobbakig), mennyisége és működésüknek a vízminőséget alakító folyamatai (Kiss, K. T. 1998).

Szelektív tápközeg: meghatározott mikroorganizmusok szaporodását, növekedését másokéhoz viszonyítva elősegítő vagy gátló táptalaj. A hatásért a bennük levő gátló, ill. serkentő anyagok felelősek.

Toxicitás: az élő szervezetekre gyakorolt mérgező hatás, amely vizek esetében általában tartós kitettséggel jár (Kiss, K. T. 1998).

Trofitás: a szervesetlenből szerves anyagot létrehozó, ezzel a víz minőségét befolyásoló adottságok, jelenségek gyűjtőfogalma: a szervesetlen növényi tápanyagok minősége, mennyisége és változása a vízben; a szerves anyagot építő fotoautotróf élőlények (algák, vízínövények) minősége és mennyisége, működésüknek a vízminőséget alakító, befolyásoló folyamatai (Kiss, K. T. 1998).

11.6.3. Feladatlap

1. Egy patak vagy folyó mikrobiológiai vízminőség-változásának nyomon követése a forrástól a befogadóig vagy egy adott szelvényhosszon belül

Név:

A gyakorlat elvégzésének időpontja:

- A. Vegyenek vízmintát egy patak vagy folyó hossz-szelvényében hat, Önök által meghatározott ponton. Indokolják meg a vízmintavételi helyek kijelölését!
- B. Határozzák meg dip-slide technika alkalmazásával a vízminták összcsíraszámát, coliform/*E. coli*-számát, valamint BOI-értékét. Folyamatábrában közölgék az elvégzett műveleteket, azok időtartamát! Eredményeiket ismertessék táblázatos és grafikus formában!
- C. Hasonlítsák össze a víz-mikrobiológiai eredményeket a vízkémiai, fizikai paraméterekkel. Adjanak egyoldalas szöveges értékelést a mikrobiológiai paraméterek változásainak feltehető okairól.

2. A táborhely, szállás környezethigiéniai jellemzése

Név:

A gyakorlat elvégzésének időpontja:

- A. Vegyenek vízmintát a táborhely vagy szállás kútjából (ivóvízellátó rendszeréből), majd pedig jellemezzék mikrobiológiai minőségét (az MSz 450-3 előírásai figyelembevételével).
- B. Fluoreszcens *Pseudomonas*, ill. cianobaktériumfajok jelenlétére teszteljék a táborhelyen fürdésre használt tárolt vizet, csapvizet, lehetőség szerint esővizet.
- C. Ellenőrizték a bakteriális légszennyezettség szintjét a tábor, szállás zárt tereiben. (Mintavételre „délelőtti csúcspörgalmú” időszakot ajánlunk!)
- D. Ismertessék táblázatos formában az eredményeket és értékeljék a tapasztaltakat. Vessék össze adataikat párhuzamosan végzett kémiai, meteorológiai stb. mérések eredményeivel. Adják az eredmények diszkusszióját.

3. Egy tó, állóvíz vízminőségi-algológiai jellemzése napszakos mintavétel segítségével

Név:

A gyakorlat elvégzésének időpontja:

- A. Vegyenek vízmintát a tóközépről egy nap folyamán 3 alkalommal (hajnali 3 óra, de 10 óra, du. 5 óra). Határozzák meg a halobitás-, trofitás-, szaprobitásértékeket megfelelő módszerekkel.

- B. Készítsenek natív preparátumot a vízmintákból és elemezzék az algaközösségek összetételének esetleges változását mikroszkópos vizsgálattal. Készítsenek rajzot a jellemző algafajokról!
- C. Elemezzék a vízminőségjelző paraméterekben tapasztalt napszakos változások okait.

4. Talajok mikrobiális aktivitásának összehasonlítása CO₂-termelés összehasonlító elemzésével

Név:-.....
.....-.....

A gyakorlat elvégzésének időpontja:

- A. Vegyenek talajmintát az alanti helyszínekről:
- műút menti talaj felső 10-20 cm rétegéből
 - háborítatlan barna erdőtalaj, A_H horizont
 - nedves élőhely, A horizont
- B. Határozzák meg a minták CO₂-termelését Biométer palack segítségével. Ábrázolják a kapott eredményeket grafikusán, és interpretálják talajtani, talajkémiai paraméterekkel összevetve.

12. TERMÉSZETI ERŐFORRÁSOK HASZNOSÍTÁSÁNAK ÉS KOMPLEX BEMUTATÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI A TATAI FÉNYES-FORRÁSTAVAK PÉLDÁJÁN

12.1. Bevezetés

A Dunántúli-középhegység területén a XX. század folyamán jellemző bányászati tevékenység folyamatosan növekvő bányavíz-kivételeinek környezeti hatásai közismertek. A bauxit- és barnaköszén-bányászat bányavíz-emelései, továbbá a [karsztvíz](#)re települt vízbázisok és hévíztermelés az egységes főkarsztvíztároló karsztvizeinek mesterséges megcsapolását jelentették, sokszor a természetes beszivárgást jelentősen meghaladó mennyiségben. Ez a tevékenység helyi, nagymértékű [depressziós tölcserék](#) kialakulását, és az egységes karsztvízszint folyamatos süllyedését eredményezte. Ezzel párhuzamosan az 1950 előtti természetes karsztvízháztartás felborult, a karsztvízkészletek természetes megcsapolói, a középhegység peremterületeinek forrásai sorra apadtak el vagy jelentős mértékben csökkent vízhozamuk. Ez a folyamat komoly károkat okozott egyes települések (Tapolca, Tata, Pápa) és térségek hagyományosan kialakult vízgazdálkodásában és települési környezetében, továbbá tágabb környezetében országos hírű hévforrásokat, gyógyfürdőket is veszélyeztetett. (Hévíz, Budapest)

A nagymérvű vízkivételeknek végül 1988-tól a karsztvízveszélyes bányák (Nyirád, Kincsesbánya; Nagyegyháza, Mány, Várpalota) fokozatos, 1990-től felgyorsuló bezárása vetett véget, melynek eredményeként 1994-től a karsztvízmérleg a főkarsztvíztároló egészén pozitívvá vált. Szintén a karsztvízemelések csökkenésének irányába mutatott az ivóvíz árának növekedéséből következő fogyasztói takarékoság is az 1990-es évek elejétől. Ezek a folyamatok együttesen az egységes karsztvízszint emelkedését eredményezték, és így számos forráscsoport újbóli „megszólalása” tényként említhető a térségben (Tapolca, Tata), illetve várható belátható időn belül.

Ennek a folyamatnak a következményei számos pozitív és negatív hatással járhatnak az egyes települések természeti környezetére, illetve épített, mesterséges elemeire. A vízszatéró forrásvizekkel való fenntartható gazdálkodás, azok ésszerű hasznosítása nagyon fontos szempont kell legyen az érintett településeken, ugyanakkor kiváló esettanulmánynak is bizonyulhatnak a környezeti neveléssel foglalkozó oktatók, tanárok számára. Jelen anyagban egy konkrét, vízszatéróban lévő forráscsoport (a tatai Fényes-források) bemutatásának szempontjain keresztül kívánjuk megvilágítani, hogy egy [természeti erőforrás](#) hasznosítása során mennyiféle környezeti, gazdasági és társadalmi tényező együttes vizsgálatára lehet szükség. Az egyszerűség kedvéért elsősorban egy terepi bejárás megszervezésének és kivitelezésének módszerét választottuk erre a célra.

12.1.1. Adott természeti erőforrások bemutatásának szempontjai

Bármilyen erőforrás, természeti érték bemutatására vállalkozunk is terepi bejárás formájában, több tényezőt, illetve változót figyelembe kell vennünk.

A legfontosabbak:

- csoportunk létszáma, életkora, motiváltsága
- a területről rendelkezésünkre álló információk, adatok, térképek stb., saját személyes tapasztalataink, segítők, vezetők igénybevételének lehetősége
- mi a célunk a terület, az erőforrás bemutatásával
- a módszerek, melyekkel a célunkat el kívánjuk érni, a lehetséges megismerést segítő információhordozók megléte (információs füzetek, kiépített tanösvény stb.), és felhasználhatósága, az összegzés, számonkérés formáinak, szempontjainak meghatározása. (A lehetséges választható módszerekről a 12.1. táblázat ad tájékoztatást.)
- a rendelkezésünkre álló eszközök (határozók, fényképezőgépek, vízmintavételre alkalmas gyorsteszték stb.)
- az engedélyezés (a terület tulajdonosa, kezelője, az illetékes hatóság pozitív hozzáállása)
- a megközelítés lehetséges formái, praktikumok (pl. buszos megközelítés esetén parkolási lehetőség; vagy ha van, merre található kiépített mosdó)

Fejlesztendő készségek	Tevékenységek, módszertani javaslatok
problémamegoldó	önálló mérések, vizsgálatok, terepgyakorlatok,
konfliktuskezelési	nyári táborok, természet- és környezetvédelmi
együtműködési	tevékenységek, szituációs játékok,
önálló ismeretszerzési	drámajátékok, riportkészítés,
elemző	kérdőív készítése, helyzetfelmérés (szociometriai vizsgálat),
megfigyelő	cikkelemzés, poszterkészítés,
kommunikációs	házi dolgozat írása, tanulói előadások,
vita	internethasználat, modellkészítés,
előadói stb.	asszociációs feladatok, csoportmunka, önálló munka stb.

12.1. táblázat A környezeti nevelés fejlesztendő készségei és fő módszerei

Forrás: Schróth Á. (szerk., 2004): *Környezeti nevelés a középiskolában*

Általában a csoportunk létszáma esetén fontos kiemelni, hogy a kiscsoportos forma (max. 10-15 fő) teheti leginkább lehetővé azoknak a módszereknek az alkalmazását, melyek egy természeti erőforrás (jelen esetünkben a forráscsoport) tevékenységközpontú megismerését lehetővé tehetik (pl. vízmintavétel és értékelés megvalósítása; a terület változatos élőhelyeinek, valamint növény- és állatvilágának felmérése; társadalmi, gazdasági használat értékelése stb.) Nagyobb, osztálynyi csoport (max. 30-35 fő) egyetlen vezetővel való terepbejárása esetén már egyértelműen az előadás jellegű, frontális módszerek dominanciájára kell felkészülnünk, ami nem jelenti azt, hogy például kisebb csoportokra bontással előzetes

szempontok kiadása, illetve kiadott térképek, vezetőfüzetek, feladatlapok segítségével önálló feladatok elvégzése ne lenne megoldható.

Nagyon fontos az életkornak megfelelő módszerek és időtartam kiválasztása. Jó példa erre, hogy óvodás korosztály esetén a megfogható és tapintható (és nyilván nem sérülékeny), a szagolható, látható (és feltűnő) (például növények), valamint a hallható elemek (például állatok) együttes bemutatása lehet a cél. Az időtartam maximum 30–45 perces lehet, még változatos módszerek alkalmazása esetén is, ebben a korosztályban. Középiskolás korosztály esetén már önálló dokumentálás (írásos vagy fényképes formában) is elvárható lehet, akár 60–90 perces időtartamban is.

A rendelkezésünkre álló információkat, adatokat előzetesen a következő forrásokból tudjuk általában beszerezni:

- irodalmak (cikkek, tanulmányok, monográfiák) – a helyi könyvtár vagy helytörténeti gyűjtemény igénybevétele is javasolt lehet, nyilván az általános könyvtárak és az internet segítségével sem elhanyagolható
- mérési, felmérési eredmények, statisztikák (jelen esetben tudományos kutatások publikációi, ismeretterjesztő művek, szakhatóságok (környezetvédelmi, természetvédelmi és vízügyi felügyelőségek, települési önkormányzatok stb.) adatai
- a terület térképi ábrázolásai (a mi esetünkben Tata városi térkép, Által-ér völgyét bemutató térkép vagy valamilyen 1:10.000 méretarányú térkép is segítség lehet a választott módszerek függvényében)
- gazdálkodó szervezetek kimutatásai (jelen esetben a helyi vízmű vagy a strandfürdő adatsorai lehetnek ilyen adatok)

A legfontosabb elemek egyikének tartjuk, hogy a terepgyakorlat vezetője minimum egy előzetes bejárással ismerje meg a csoportnak bemutatandó területet.

A területre vonatkozó információk, tapasztalatok birtokában kell meghatározni a bemutatás célját. Jelen esettanulmány célja elsősorban az, hogy egy ilyen sajátos természeti elem hasznosításának mind több szempontjára, illetve pozitív és negatív hatására felhívja a figyelmet.

A módszerek és eszközök kiválasztásának is sok kritériuma van: például ilyen lehet a már említett életkori sajátosságoknak való megfelelés, a rendelkezésünkre álló idő, diákjaink előzetes tanulmányai és tudásanyaga, a kiválasztott cél vagy célcsoportnak való megfelelés. Kiemelten fontosnak tartjuk az előzetesen kiadott szempontok, feladatlapok vagy munkafüzetek alkalmazását, illetve a terepbejárás után a közös értékelést, összegzést vagy valamilyen sajátos formájú számonkérést (pl. jegyzőkönyv, terepgyakorlati napló, tabló készítése).

Az engedélyezés nem elhanyagolható eleme a bejárásnak. A tatai Fényes-források esetében a terület tulajdonosa és természetvédelmi hatósága (helyi védettségű természetvédelmi terület lévén) Tata város önkormányzata. A terület egyik alapvető hasznosítása azonban idegenforgalmi, hiszen itt üzemel a város egyik strandfürdője és legnagyobb kempingje. Ennek megfelelően a területet bérlő és a strandot üzemeltető vállalkozás megkeresése is elengedhetetlen.

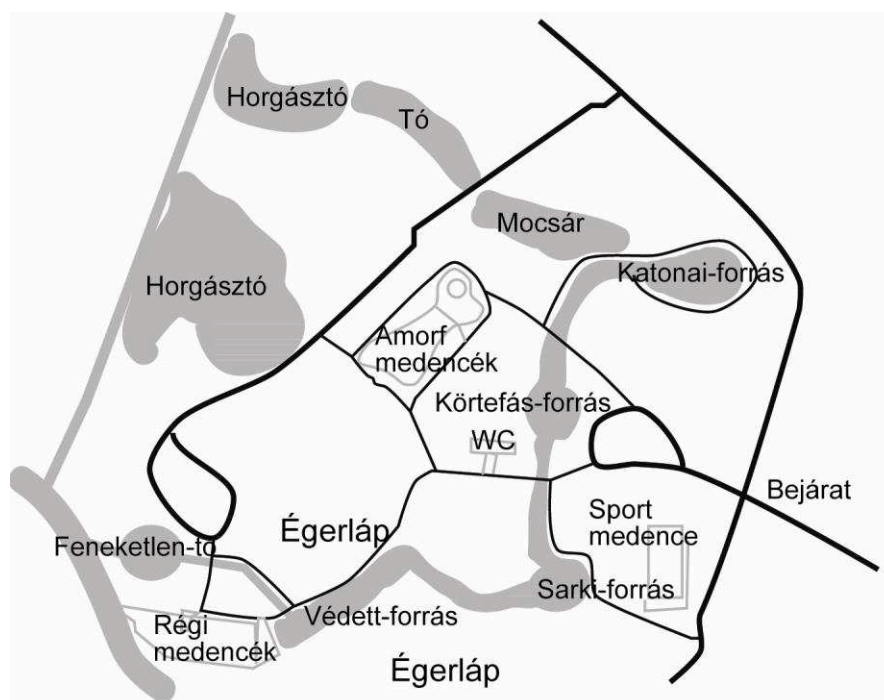
Kisebbségi vagy nagyobb csoport esetén is nagyon fontos az a kérdés, hogy hogyan, milyen formában közelíthető meg a terület, hol van például parkolási lehetőség vagy hol vannak például olyan közösségi terek (padok, pihenők), ahol csoport megpihenhet. A vízvételi lehetőség és mosdó (ha van ilyen) helye is hasznos információ lehet. A Fényes-források

megközelítése ebből a szempontból nem jelent gondot: a várostól északra, 3 kilométerre található, aszfaltúton megközelíthető, saját parkolója, illetve mosdói vannak.

12.2. Esettanulmány: terepbejárás a tatai Fényes-forrásoknál

Az alább következő tematika vázlatja és módszerei több éve a területen vezetett bejárások során csiszolódtak. Az óvodás-, általános és középiskolás, valamint egyetemistacsoportok vezetése során számos módszer került kipróbálásra, ezek összegzése olvasható az alábbiakban.

A 33 hektáros, patakokkal, mesterséges csatornákkal határolt Fényes-fürdő hasznosítása és természeti értékei bemutatásának egyik módszere lehet az 5 vagy 6 megállóból álló egy-másfél órás terepbejárás. Bár a területen a hatályos természetvédelmi kezelési terv iránymutatásai ellenére nincsen még kialakított tanösvény, de a meglévő 5 természetes forrástóból, a köztük kialakított természet közeli állapotban lévő csatornákból, valamint a különálló mesterséges tavakból álló vizes élőhelyláncolat szinte kínálja a terepbejárásnak ezt a formáját. (A terület térképét lásd a mellékletben. (12.2.1. ábra) Ezt egészíti ki egy mozaikos élőhelyrendszer, melynek legfontosabb elemei az égerlápok, nedves rétek, valamint puhafás ligeterdők. Ezek bemutatása, valamint a területen kialakított mesterséges építmények (vízkormányzás, vízkivétel, idegenforgalom, rekreáció építményei stb.) e mentén az útvonal mentén történő feltárása gyakorlatunk következő célcsoportja lehet.



12.2.1. ábra: A Fényes-fürdő áttekintő térképe a forrástavakkal és a legnagyobb medencékkal

1. megálló: a Katonai-forrástó

Tudásanyag, módszerek: a terület általános bemutatása, földrajzi elhelyezkedése térképek segítségével; a karsztos források működésének elméleti, valamint földtani bemutatása ábrák, szelvények segítségével.

Tata városa a Gerecse és a Vértes-hegységet elválasztó árok folytatásában, az Által-ér völgyében fekszik. Ez a völgy a két (ÉÉK–DDNY csapásirányú) hegység közt található ÉÉNY–DDK irányú tektonikus főtörésrendszer (a hegységeket is elhagyva) követi. Ettől a törésrendszerrel nyugatra a karsztosodott mészkő- és dolomitrétegek a mélybe zökkennek, csak Tata térségében kerültek egy kis területen ismét felszínre, illetve felszínközelségbe.¹ Az itteni tektonikus mozgások a földtörténeti harmadidőszakban szétlazulós (dilatációs) jellegükkel fogva különösen kedveztek a karsztos járatok kialakulásának. A város szűkebb környezetében tehát egy szinte sakkáblaszerű töréses terület alakult ki az eocéntól a pliocénig tartó vetődéses, illetve gyűrődéses folyamatok eredményeként, amelyek az egész Dunántúli-középhegység kialakulását is eredményezték. A tatai és a Tata környéki források a főtörésrendszer és a haránttörések találkozásánál, illetve ezek mentén helyezkednek el. A „sakkáblaszerkezetnek”, valamint annak köszönhetően, hogy a vízgyűjtő fő vízfelvétele, az Által-ér elvékonyította a karsztközetekre telepedett harmadidőszaki (zömmel oligocén és miocén, felső-pannon) üledékes rétegeket, a források e rétegeket áttörve léphettek végül a felszínre. A pliocénre alakult ki tehát a máig is meglévő törés- és az ezt követő forrásrendszer.

Tata karsztforrás-csoportjai a Dunántúli-középhegység főkarsztvíztároló rendszerének egyik legjelentősebb természetes megcsapolását jelentették. A tatai forrásokat nemcsak a helyi, Kálvária-dombi beszivárgás táplálta, hanem ezek képezték a Gerecse- és a Vértes-hegységek csapadékos, ÉNy-i, nyílt karsztos területeinek legfőbb megcsapolásait, sőt Kisbér–Bakonyszentkirály irányából még az északkelet-bakonyi karszterületek Duna felé elszivárgó vizeinek egy része is hozzákeveredhetett a tatai forrásvizekhez.

A források hasznosításának egyik példája figyelhető meg ennél a tónál. A kibetonozott oldalú, forráskürtökben gazdag forrástó ma is medenceként funkcionál, a mellette található épületben szauna üzemel.

2. megálló: a Körtefás vagy Vak-forrás

Tudásanyag, módszerek: a Fényes-források jellemzése, valamint elapadásuk okainak bemutatása diagramok segítségével.

A felszínre érkező langyos vizű (22-23 Celsius-fokos) források az átlagosnál magasabb szabadszénsav-tartalommal rendelkeztek, amely oldatban tartotta a kalcium- és magnézium-hidrogénkarbonátokat. A felszínre érve ez a szabadszénsav-tartalom elillant, a mészpédig szilárd állapotban kivált, és édesvízi mészkő kőzetrétegeket hozott létre.

A törésvonalak mentén, Tata belterületén mintegy 10-15 négyzetkilométer nagyságú területen, 118–141 méterrel a Balti-tenger szintje felett, megközelítőleg 30-40 nagyobb vízhozamú (50–100 liter/perctől egészen 81 ezer liter/percig), míg számtalan kisebb (egy-két litertől 10–20 liter/percig) forrás fakadt. Ez utóbbiak, egészen a források elapadásáig, az alacsonyabban fekvő házaknál szinte minden udvarban megtalálhatóak voltak, de ezeket soha senki nem mérte fel, ezért ma azt sem tudjuk, mennyi volt a számuk és pontosan hol

¹ Ennek leghíresebb és egyben legnyugatibb képviselője a Kálvária-domb mezozoós sasbérce, melynek mentén szintén fakadnak források. Csak ezt az egy elszigetelt sasbércet és környékét öt ÉÉNY–DDK, valamint három ÉÉK–DDNY irányú törésvonal szabdolja fel.

törtek fel. A XX. század elejei leírások alapján becsült adatok szerint 156 ezer liter/perc volt a tatai források összes vízhozama, vagyis mintegy 225 ezer köbméter naponta. Pontos mérésekkel 1950-től rendelkezünk, de ekkor már a tatabányai bányák vízemeléseinek hatására jelentősen csökkent a források hozama. A leginkább elfogadott, becsült eredeti vízhozam az összes forrás vonatkozásában 78 ezer liter/perc. Ezen források közül a legnagyobbak alapjellemzőit a 12.2. táblázat, elhelyezkedését a város területén a 12.2.2. ábra tartalmazza.

A forrás neve	Fakadási szint	Horusitzki H. becsült Vízhozama 1919	VITUKI mérése Vízhozama 1950	Hőmérséklete °C
	MBf.	L/min	L/min	
Fényes-források	118–119	81 000	25 200	22
Tükör-forrás (Angol-park)	138	33 000	17 400	20
Pokol-forrás (Angol-park)	140,8	27 000	60	20,5
Vár alatti nagyforrás	118	10 998	3400	21
Komárom utcai források	130–137	1800	1440	11–20
Nagytavi-ikerforrás	127,3	1000	340	19
Lo Presti forrás	139,3	600	340	19
Kis-mosó-forrás	136,5	504	236	18,5
Törökfürdői-forrás	135,3	210	60	20,5
Plébánia-kerti forrás	126,8	180	480	20,5
A Kastély forrásai	135,3	60	180	15
Piaristakerti forrás	128	36	1	15
Kő-kút	133,5	32,4	4	18
Összesen		156 420,4	49 141	

12.2. táblázat: A nagyobb tatai karsztforrások alapadatai

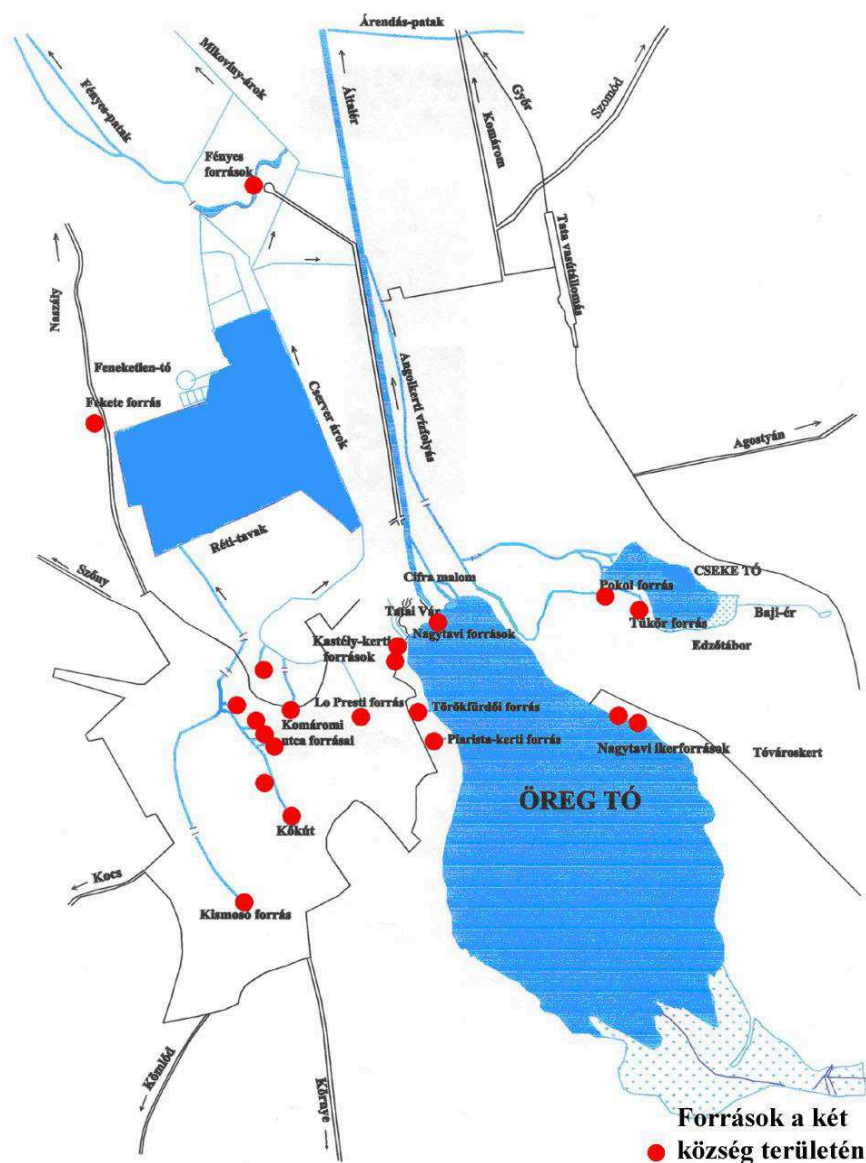
Adatok forrása: Horusitzky, H. (1923), pp. 74–75.

Tóth, M. – Dorn, F. – Fürst, Á. – Dr. Lorberer, A – Dr. Sárvány I. (1999.), III/a. táblázat

Ezek közül a két kiugróan legmagasabb vízhozamú forráscsoport: a várostól északra elhelyezkedő Fényes-források (81 ezer liter/perc) valamint az Angol-parki források 60 ezer liter/perc voltak Horusitzky Henrik 1919-ben elvégzett mérései alapján. Ezek a források a fő törésvonalon helyezkedtek el.

A feltörő karsztvizeket már a középkorban is hasznosították. A korabeli leírások, mint amilyen Antonio Bonfinié, Hunyadi Mátyás (1458–1490.) udvari történetírójaé, a víz hasznosításának legfontosabb módjait a halastavak táplálásában és nagyszámú vízimalom meghajtásában látta. A török kiűzése után a XVIII. században újabb vízimalmok épültek, és ezek máig meghatározzák Tata arculatát, bár jelenleg csak mint műemlék épületek.

Tata-Tóváros legnagyobb vízhozamú forrásai 1919-ben



12.2.2. ábra: Tata-Tóváros legnagyobb vízhozamú forrásai 1919-ben (Tóth, M. – Dorn, F. – Fürst, Á. – Dr. Lorberer, Á – Dr. Sárvári I. [1999.] 7. melléklete alapján saját szerkesztés)

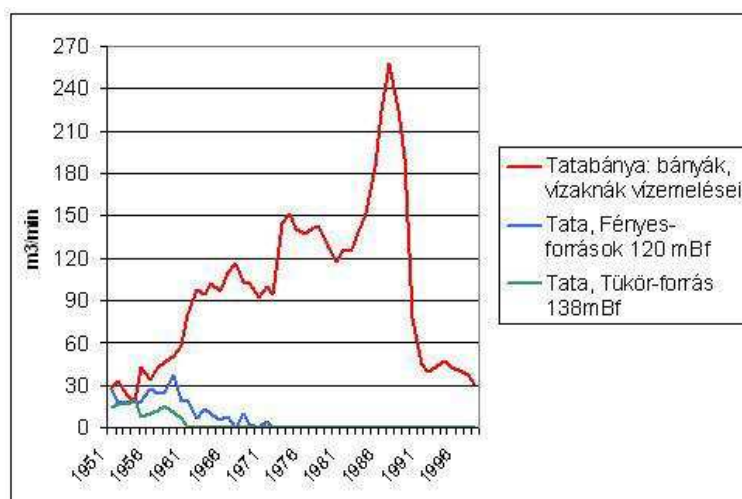
Mikovinyi Sámuel, a selmecebányai akadémia mérnök-tanárának vezetésével, az Esterházy család megbízásából, az 1700-as évek közepén folytak vízrendezési és lecsapolási munkálatok az Által-ér Tatától Dunáig terjedő mocsaras térszínén. Feltételezhető, hogy ebben az időszakban a Fényes-források vizének elvezetését biztosító Fényes-patakot is mesterséges mederbe terelték, és több malom is létesült az állandó hozamú patak mellett. Az öt forrástavat összekötő csatornák is ekkor készülhettek el.

A modern korban, 1886-ban készült el egy nagyszabású terv a tatai források hasznosítására. Feszti Adolf a Magyar Tudományos Akadémia és Természettudományi Társulat megbízására megtervezte Budapest egy részének vízellátását a tatai források vizéből. A

terv elvetésének egyik oka az volt, hogy a 20-22 °C hőmérsékletű víz Budapestig csak 17-18 °C-ra hűlt volna csak le. Ezzel párhuzamosan a századfordulóra Tata, forrásainak is köszönhetően, kedvelt pihenő- és kirándulóhellyé vált.

A Fényes-források fürdőhelyként történő kiépítése is ekkor vette kezdetét. Az említett forrásokból és azok lefolyó vizéből Tata község 1913-ban a közönség számára fürdőt alakított ki, és a parton megépítette a közös öltözőt. A szerény körülmények nem csábították a vendégeket a Fényesre, ezért Tata képviselő-testülete 1927 nyarán a fürdő területén utakat épített, a sétányokra padokat helyeztetett el. A kiépített új kabinsor mellett vendéglő is létesült.

Közben 1896-ban következett be az az esemény, mely a karsztvíz-háztartás jellemzőit az elkövetkezőkben alapvetően befolyásolta. Bánhida – a mai Tatabánya egyik elődtelépülése – határában kitermelésre alkalmas mennyiségben kőszén tártak fel a kutatófúrások. Mivel a bányászat mind mélyebb szénrétegeket termelt ki, ezért a századfordulótól kezdve mind nagyobb mennyiségű karsztvizet kellett kiemelni a bányászat biztonsága érdekében. Ez azonban közvetlenül hatott a karsztvíztároló természetes megcsapolóira, Tata forrásaira is. A kiemelt vízmennyiségek és a két legnagyobb tatai forrás vízhozamának összefüggését a 12.2.3. ábra mutatja be.



12.2.3. ábra: Bányavízemelések Tatabánya térségében és Tata két legnagyobb forráscsoportjának vízhozamadatai 1951–1998

Adatok forrása: VITUKI Rt. (2000), II. táblázat

Tóth, M. – Dorn, F. – Fürst, Á. – Dr. Lorberer, Á – Dr. Sárvány I. (1999.), III/a. táblázat

A második ábrán jól megfigyelhetők az 1951 utáni időszak bányavízemelései, melyek 1973-ra az utolsó tatai forrásokat is elapasztották. Különösen nagy ugrások is megfigyelhetők az ábrán, melynek okai a következők voltak.

- 1962. július 22–23-án a tatabányai XV/b aknába betörő víz (30 köbméter vagyis 30 ezer liter percenként) valamennyi 125 mBf feletti tatai forrást, így az ábrán szereplő Tükör-forrást is elapasztotta, a többiét is jelentősen lecsökkentette. Ekkor kezdődött el az aktív vízvédelemre való áttérés, hisz most már egyre inkább olyan szénmezőket műveltek, melyek a karsztvízszint alatt helyezkedtek el, így a víz kiemelését állandóvá kellett tenni az újabb betörések megakadályozása miatt.

- 1972-től érték el teljes kapacitásukat a vízmentesítés feladatát tökéletesen ellátó XIV/a és XV/c vízaknák. Ennek hatására apadtak el 1973-ban az utolsó, legalacsonyabban fekvő tatai Fényes-források. A vízaknák ma is üzemelnek, de jelenleg a Tatabánya–Oroszlány–Bicske Regionális Vízellátó Rendszer részeként átlagosan csak 37 m³/perces vízhozammal, és mintegy 200 ezer embernek adnak egészséges ivóvizet.

- Az 1980-as évek elején megvalósuló [eocén program](#) új bányái (Nagyegyháza, Mány, Csordakút) vízkiemelése elérte a 257 köbmétert (egyedül források szerint 330–350 köbmétert) percenként. Ez a másfélszerese volt annak az értéknek, amely a forrásvidéket tápláló vízgyűjtőről legjobb esetben is pótlódhatna. (160–180 köbméter vagyis 160–180 ezer liter percenként) Ez a vízemelés Tata térségében a terepszint alatt 27–28 méter nyugalmi vízszintcsökkenést eredményezett, és depressziós tölsére már a budai forrásokat veszélyeztette, azok hozamát 10%-kal csökkentette.

A tatabányai, nagyegyházi és mányi szénbányászat fokozódó karsztvíz-emelése hatására a II. világháborút követően a tatai források sorra vesztek hozamukból, majd apadtak el. Természetvédelmi szempontból rendkívül értékes vízi és víz közeli élőhelyek kerültek közvetlen veszélybe, majd mentek tönkre Tata térségében. A Fényes területének erőteljes idegenforgalmi fejlesztése strandfürdővé és kempinggé viszont pont ekkor kezdődött. A kialakított új kutakból táplálták az új 50 méteres sportmedencét és egy 2000 m²-es sekély vizű, úgynevezett „amorf” medencét is. A forrástavak és közvetlen környezetük védelmében folyamatosan emeltek vizet az elapadt és agyagpaplannal szigetelt forrástavakba és vízrendszerükbe. A területen kemping létesült számos kiszolgálólétesítménnyel, valamint faházak és vállalati üdülők sorát építették fel. A 33 hektáros fürdőről leválasztásra került a vízügyi dolgozók szakszervezete számára egy jelentős terület, ahol egy külön üdülőkompexumot létesítettek sportpályával.

3. megálló: a Sarki-forrástó vagy Papok-forrása

Tudásanyag, módszerek: a Fényes-források, valamint a tatai forráscsoportok visszatérésével kapcsolatos veszélyek, a tó melletti új forrásfoglalás tanulmányozása.

A budai hévforrások veszélyeztetése miatt a bányákban és vízaknákban 1988-tól csak korlátozott vízemeléseket engedélyeztek a hatóságok, majd a bányák 1990 utáni fokozatos bezárása után elkezdődött a karsztvíztároló fokozatos visszatöltődése. Ráadásul ezt a folyamatot erősítette az 1994–95 és 1996–99 közötti, a sokévi átlagnál 20–30%-kal nagyobb mennyiségű csapadék lehullása és beszivárgása is. Ez 1990-től 2000 végéig a következő átlagos vízszintemelkedéseket eredményezte: Tatabánya térségében 29–30 méter (záró szint: 106–112 mBf), Tata térségében 23–24 méter (záró szint: 118 mBf). 2001-ben újra megszólaltak az első, legalacsonyabban fekvő (118–119 mBf) Fényes-források. Átlagos vízhozamuk 4–5 m³/perc körül volt 2005-ben és 11–12 m³/perc 2009-ben.

Az egész tatai térség vízháztartásának helyreállása a II. világháborút megelőző állapotra a 2045–2050 közötti időszakra várható, ám addig sok, a forrásokkal kapcsolatos problémát kell megoldani.

A Fényes-forrásoknál a Katonai-forrástó korábbi szennyeződések beszivárgását gátló, az 1970-es években a forráskürtökben elhelyezett agyagpaplanának eltávolítása megtörtént.

A másik négy forrástónál erre nem került sor a természeti értékek védelme és a várhatóan nagy költségek miatt.

A vízszintemelkedés pontos követésére, a város egészére kiterjedően egy mérő-, regisztrálórendszert kezdtek kialakítani, egy már meglévő, de hiányos rendszer jelentős

kibővítésével. A vízmű vállalat két észlelőkútján túl, melyek az 1970-es évek óta folyamatosan szolgáltatják az adatokat, nyolc újabb karsztvíz- és 28 talajvíz-észlelőkút kialakítására kerül sor az elfogadott tervek szerint.

Az 1970-es évek közepétől Tatán jelentős területeket építettek be. A területek jó része, a legalacsonyabban fekvők, korábban csak mint kert, gyümölcsös voltak hasznosíthatóak a magas talajvízszint miatt. Az 1970-es évek forráselapadásai után ezen a mintegy 1,5 km²-es területen sorházas, kertes házas és főleg panelházas beépítésekre került sor. Jelenleg ezen a területen él Tata 23 937 fős lakosságából mintegy 8 ezer ember. Ez a terület törésvonalakkal is jól felszabdalt, így korábban számos forrás is fakadt az itteni kertekben. Az ezek elvezetését szolgáló patakok és árkok medreit a házak építésekor megszüntették, feltöltötték. Ezeket a vizek megjelenésével újra ki kell majd alakítani, vízelvezetéséről gondoskodni kell. Különösen komoly probléma a legmélyebb területen mélygarázzsal, pincével rendelkező házaknál adódhat. Itt a víz 2001–2002-ben megjelent, így ezek szigetelését mielőbb meg kell oldani vagy ezeket el kell tömedékelni. További részletes tervek készültek bizonyos területek drénrendszerrel történő víztelenítésére.

Komolyabb statikai problémák is várhatóak valamennyi háztípusnál, hiszen az alapok alá jutó víz, bár sok helyen figyelembe vették a terület adottságait (cölöpalapozás), az alapok és az az alatti talajréteg fizikai és kémiai megváltozását okozhatja, és így kisebb-nagyobb repedéseket eredményezhet, kapilláris emeléssel a falakat is átvizesítheti, így legrosszabb esetben a házakat lakhatatlanná teheti. Ennek kontrollálására mintaépületeket jelöltek ki, melyek állagát félévente folyamatosan figyelik.

A Fényesen a legnagyobb medence (port-) egy forrásfoglalás betemetésével került kialakításra. 2011-től a fürdőzés várhatóan megszűnik a medencében, mert szerkezetét az alulról jövő, egyre növekvő nyomás deformálta. Az alóla érkező víz jól megfigyelhető a Sarki-forrástónál, amelybe az befolyik.

Újabb problémát jelenthet a mélyműveléses bányászat által visszahagyott, úgynevezett. **öregség**ekből érkező szennyezett vizek vízminőséget károsító hatása. A szakértők szerint ezek zömmel a nagyobb megcsapolásokban és nem a kisebb forrásokban fognak jelentkezni.

Az egyik legkomolyabb veszélyforrást az évszázadok során a karsztvízre kialakított vésett kutak jelentik, melyek az egykori településmagok régi lakóházainál mindenütt megvoltak. A karsztvízszint jelentős csökkenésével ezek a kutak kiszáradtak, a portákat vezetékes ivóvízzel látták el. Mivel a szennyvízcsatorna csak mostanában (vagy még mostanában sem) épült ki, ezeket a kutakat emésztőnek vagy házi hulladéktárolónak használták és törmelékkel, szeméttel töltötték fel. Amikor a karsztvízszint ezek szintjét eléri (kb. 2015-re), az ott „tárolt” anyagok kioldódása komoly vízminőségi problémákat okozhat. Így fontos feladat ezeknek a kutaknak a feltárása és megtisztítása. Elkezdődött továbbá a település még csatornázatlan területein is a csatornázási program, továbbá a régi rendszerek rekonstrukciója. A jelenlegi állapot szerint az elvégzett csatornázási munkálatok eredményeként a város összes lakásának mintegy 90%-a lett rákötve a csatornahálózatra.

A továbbiakban minden egyes érintett területen biztosítani kell a vizek elvezetését, így a régi feliszapolódott vagy betemetett patakokat és árkokat ki kell tisztítani, továbbá újakat is ki kell alakítani. Ezen munkálatok elkezdődtek, a várostól északra elhelyezkedő Csever-árkot, valamint az ehhez kapcsolódó Fényes-patakot a vízügyi szakemberek kikotorták, illetve kimélyítették. Az Által-éren túl ennek a vízrendszernek szánják a fő szerepet a felszínre kerülő forrásvizek összegyűjtésében és elvezetésében.

A tatai önkormányzat, felismerve a veszélyt, melyet a visszatérő források jelenthetnek, 1999-ben elkészített egy részletes vizsgálatot és cselekvési programot, melynek 2000-ben elkészült a megvalósíthatósági terve is. A következő rövid- és hosszú távú intézkedéseket fogadták el és valósították eddig meg:

2001-ben elvégezték a Fényes-tavak egyikéből az úgynevezett „agyagpaplan” eltávolítását, deklaráltan a botanikai értékek védelmének figyelembevételével.

2002-től kezdték kiépíteni azt a karszt- és talajvízészlelő hálózatot, mely pontos képet ad a felszín alatti vizek szintjéről.

Hat kijelölt épület folyamatos épületdiagnosztikai vizsgálatát is elvégzik félévente. Ez a rendszer hivatott előre jelezni az esetleges épületkárokat.

A szennyező hatások megszüntetésére 2000–2005 közt jelentős csatornaépítési és rekonstrukciós program is indult, és tart ma is. Ennek a költségeibe számították a régi kutak kitisztítását, és az észlelőhálózat öt éves üzemeltetését, melynek becsült költsége összesen 1,33 milliárd forint.

Hosszú távon, 2005 és 2015 közt mintegy 40 forrás foglálásának felújítását és vízelvezető rendszerének kiépítését tervezik, továbbá további csatornarekonstrukciókat Tatán.

Az összes beavatkozás költségeit rövid és hosszú távra 2,2 milliárd forintra becsülik (2000-es árakon). Ezt az akkor közel hasonló éves költségvetéssel bíró város semmiképpen sem tudta kifizetni, ezért, folyamatosan tájékoztatva a megyei és országos szerveket, részben megyei, részben kormányzati forrásokra számít (pályázati pénzek, például területfejlesztési, vízügyi, környezetvédelmi pénzek a csatornázásra), és ez ügyben megkezdte a tárgyalásokat, illetve számos pályázat került beadásra.

4. megálló: a régi-medencék és a Feneketlen-tó

Tudásanyag, módszerek: a Fényes-források, valamint a tatai forráscsoportok hasznosítási lehetőségei

A 2040-ig terjedő előrejelzések szerint a kiugróan legnagyobb vízhozamú forráscsoport a Fényes-források lesznek. Az öt töben fakadó források vízének hasznosítása alapvetően többcélú lehet.

Lakossági vízhasználat: a Fényes-fürdő területén tartalék ivóvízbázisként és fürdővízellátásra két kutat (Fényes I–II.) tart üzemben a helyi vízmű vállalat és a települési önkormányzat. Ezek közül hosszú távon csak az egyik további üzemeltetését tervezik, ám a felszínre bukkanó víz megfelelő kezelés utáni ivóvízként, illetve fürdővízként történő hasznosításával továbbra is számolni lehet.

Ipari vízhasználat: a Fényes-források vízének a Fényes-patakba történő betorkolásánál 1962-ben egy pótvízellátó vezetékét és hozzá egy szivattyútelepet építettek ki. A rendszer célja az innen mintegy húsz-huszonöt kilométerre, délre az Által-ér vízgyűjtőjén kialakított Bokodi-hűtőtó, illetve ezen keresztül a bokodi hőerőmű hűtővízellátása volt, ám sosem használták. (A Bokodi-tó fő táplálója az Által-ér, ám itt, forrásához közel, meglehetősen alacsony vízhozammal bír, így az üzem számára szükséges 191 L/s-os (11 460 liter/perc) vízmennyiség csak az év 80%-ában áll rendelkezésre.) A rendszert 2000–2001-ben felújították, működése a tulajdonos, a Vértesi Erőmű Rt. bokodi erőművének továbbélésétől függ, melynek egyébként 2015-ig van működési engedélye.

Halászati/horgászati vízhasznosítás: a forráscsoporttól északra több kisebb-nagyobb halastó került kialakításra, melyek közül messze a legnagyobb az 1962 és 1990 közt kiala-

kított 13 tőegységből álló, 370 hektár kiterjedésű Ferencmajori-halastavak. A tőrendszer kezelője a Tatai Mezőgazdasági Rt., mely a jellegzetesen síkvidéki, körtöltéses halastavakban halgazdálkodást és korábban víziszárnyas-tenyésztést folytatott. A vízkérdés itt különösen fontos, hiszen a tavak vízellátását az Által-érből a Fényes-patakba átkormányozott 13 440 liter/perc (az összes 45 360 liter/percből) vízmennyiség biztosítja az 1997-ben engedélyezett vízhasználatok alapján. A probléma az, hogy az elmúlt években a valós vízmennyiség jóval kevesebb volt, így számos tőegységet nem lehetett feltölteni, és ez komoly veszteséget jelentett a cégnek, ráadásul a tatai Öreg-tó felől beérkező víz rossz minőségű (IV–V. vízminőségi osztály minden mutató tekintetében). Ezért nagy fontosságú a Fényes-patakon és a Mikovényi-árkon keresztül beérkező, a Fényes-forrásokban fakadó, tiszta karsztvíz.

A fürdő területén jelenleg is működik egy kis létszámú horgászegyesület. (A Feneketlen és a Csónakázótavakon bírja a bérleti és a halászati jogot.) Idegenforgalmi célú rendezvényekkel és környezetvédelmi társadalmi munkával segíti a terület működtetését. Ezentúl tagjai számos hasznos információval segítik a természetvédelmi munkát.

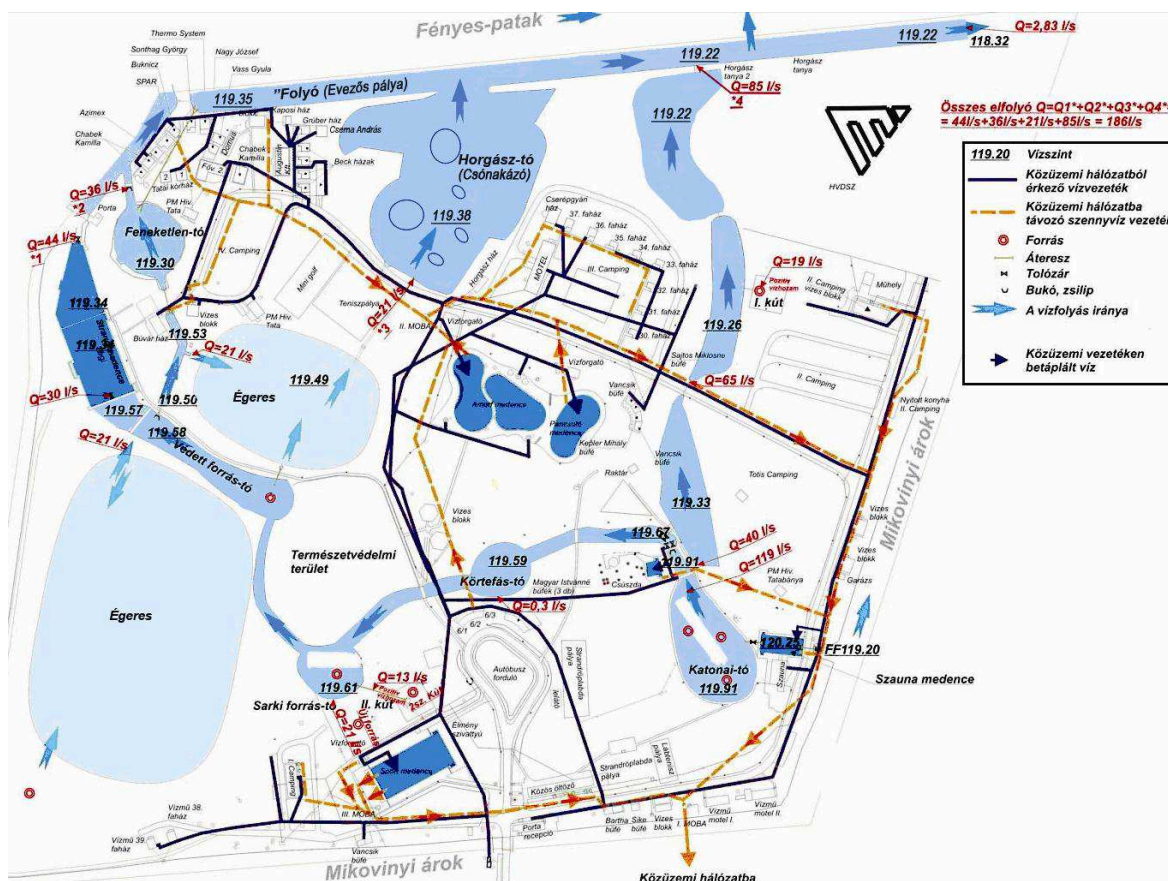
Idegenforgalmi hasznosítás: a Ferencmajori-halastavaktól északra, Naszály községben a Fényes-patak mentén egy tatai vállalkozó vásárolta meg az egykor itt üzemelő, XVIII. században épített vízimalom romos épületét és környékét. A malom és az egykori malomtő rekonstrukciója jelenleg folyik, a tervek szerint panzióként átalakított épület és a körülötte kialakított park szabadidőparkként és turisztikai központként funkcionál majd. A komplexum legnagyobb vonzereje kétségtelenül a Fényes-patak által táplált malomtő és környezete lesz.

A Fényes-források mellett az 1970-es években kialakított strandfürdő és kemping jelenleg is működik, a város egyik legfontosabb idegenforgalmi szálláshelye és strandja. A strand vízutánpótlását hosszú távon a forrásvízből kívánják megoldani megfelelő kezelés után. A Fényes-fürdő rekonstrukciója 2000 óta folyik, így továbbra is jelentős számú fürdő- és kempinglátogatóval lehet számolni az elkövetkezőkben is.

Vízínövények termesztése: az állandó hőfokú forrásokot összekötő csatornáknak, valamint a fürdésre alkalmatlan régi medencékben jelenleg is egy önálló vállalkozás végez vízínövény-termesztést. Ez egyrészt a csatornák folyamatos karbantartását segíti elő, másrészt viszont nem őshonos növényfajok ellenőrizetlen elterjedésének veszélyét is magában rejt.

Természetvédelmi célú vízhasználat: a Fényes-forrásokot övező 33 hektárnyi szűkebb térség, de a környező területek közül is több Tata város helyi védettségű természetvédelmi területei 1999 óta. Maguk a források és az égerlápok *ex lege* védett értékek. Nemzetközi védettség szempontjából kiemelendő, hogy a Fényes NATURA 2000-es terület, illetve része a tatai Öreg-tó Ramsari védőzónájának is. A Fényes területén, több helyi civil természetvédelmi csoportosulás kezdeményezésére, egy tanösvény kialakítása is folyamatban van, így ezek az ökoturizmus fejlesztésének első gócpontjai lehetnek.

Mint az a fenti felsorolásból is látható, a Fényes-források visszatérő vízének számos, akár egymást kiegészítő hasznosítási lehetősége is felmerült, ám konfliktusokat is rejt magában a sokféle vízhasználati elképzelés. Éppen ezért készült el a források vízügyi üzemeltetési engedélye 2007-re, mely a visszatérő források vízhozamainak pontos felmérését is tartalmazta. (12.2.4. ábra).



12.2.4. ábra: A tatai Fényes-fürdő területén található források vízhozamának adatai (2007). Forrás: Takács J. (tervező, 2007.): A Fényes-fürdő vízjogi üzemeltetési engedélyezési terve

5–6. megálló: A Védett-forrástó, az égerláp, valamint a Csónakázótó (Horgásztó)

Tudásanyag, módszerek: a Fényes-forrástavak természeti értékei, megfigyelés év- és nap-szaktól függően.

A terület szórványosan megőrizte a XVIII. század előtti mocsaras térszín értékes növény-társulásait, valamint védett növény- és állatfajait. Fontos megemlíteni azt, hogy a rendkívül mozaikos területhasználati megoszlás a biodiverzitás megőrzésének irányába mutat, bár az élőhelyek további feldarabolódása további veszélyforrás. Különösen kiemelendők a vizes élőhelyekhez köthető botanikai értékek, valamint gerinctelen- és gerinces- (kiemelten hal-, kételtű-, madár-) fauna. A Debreceni Tudományegyetem 1998 óta folyamatosan végez botanikai felméréseket a területen, ennek során 20 védett és 1 fokozottan védett (pókban-gó) növényfajt, valamint számos vöröskönyves növényfajt is kimutattak (nagy aggófü, hosszú palka). Védett hal- és kételtűfajok a területen:

- lápi póc
- szivárványos ökle
- réti csík
- vágó csík
- pettyes göte
- tarajos göte
- vöröshasú unka
- barna ásóbéka
- barna varangy

- zöld varangy
- zöld levelibéka
- gyepi béka
- mocsári béka
- kecskebéka fajcsoport.

Ezentúl számos védett hulló (kockás sikló, vízisikló, mocsári teknős stb.) és madárfaj (például: vízityúk, pettyes vízicsibe, erdei fülesbagoly, jégmadár, zöld küllő, fekete farkály, holló, szürke légykapó, nádírigó) bír stabil populációval a területen. Védett emlősök közül a vidra (nem állandó) és számos denevérfaj érdemel említést.

Az égerligetek, kékperjés láprétek, magassásrétek, zárt nádasok és gyékényesek, bár arányuk a XVIII. század óta folyamatosan és drasztikusan csökken a szántók, legelők, halastavak, telepített erdők és újabban a lakóparkok területének növekedésével, ma is nagy természeti értéket képviselnek. Ezek közül külön említést érdemel a Fényes-forrástavak körül megőrzött égerláp és más vizes élőhelyek, melynek folyamatos vízutánpótlását – akárcsak a többi vizes élőhelyét – továbbra is biztosítani kell. (Szabó, B. – Hanyus, E. – Szilvácsku, Zs. – Fülöp Gy. (2002) A terület természeti értékeit a következő veszélyforrások fenyegetik:

- a vízkormányzás esetlegessége, a vízszint jelentős ingadozásai, illetve az égerlápok egész éves elárasztása Többek közt ennek meggátolására készült el 2007-ben a terület vízjogi üzemeltetési engedélye.
- a terület beépítettségének növelése, jó példák erre az 1990 után létesült strandröplabda-, tenisz-, minigolfpályák, óriáscsúszda és medencéje. Ezeknek egy része már most használaton kívül van.
- a szezonális látogatottság, a nyári hónapokban a fürdő- és kempingvendégek zavarása, növekvő hulladékmennyisége.

Az invazív, idegenhonos növények (például bálványfa, kanadai aranyvessző) gyors elterjedése a nem megfelelően kezelt védett területeken, illetve a forrástavakba és az azokat összekötő árkokba természetési célból telepített többek közt szubtrópusi, trópusi eredetű dísznövények (például: *Elode canadensis*, *Bacopa amplexicaulis*, *Cabomba caroliniana*, *Vallisneria*, *Nomaphila*, *Hygrophyla*, *Ludwigia repens*), melyek gyors, ellenőrizhetetlen elterjedése reális veszélyforrás (Mocsy Á. 2009.).

12.3. Feladatok

A SWOT-elemzés elsősorban stratégiai programok (például területfejlesztési vagy környezetvédelmi) helyzetértékelésének, állapotfelmérésének jól strukturált, **összegző** módszere. Egyfajta lépcsőt jelent a célok és prioritások kiemelése felé. A SWOT egy mozaikszó, mely az erősségek (Strengths), a gyengeségek (Weaknesses), lehetőségek (Opportunities) és veszélyek (Threats) számbavételét takarja. Az első kettő elsősorban a belső adottságokat takarja, míg a lehetőségek és veszélyek a külső hatások bemutatását segítik elő.

Nagyon fontos, hogy a következő elemeket kell, hogy tartalmazza csak:

- meghatározó, domináns adottságok az adott területi / vizsgálati egység szempontjából
- valódi problémák
- a változás irányát, erősségét hangsúlyosan mutató jellemzők.

Egyszerűsített formájában eszköze lehet viszont konkrét vizsgálat vagy akár egy terepbejárás eredményeinek, valamint az ott elhangzottak értékelő összefoglalására. Itt is ez a feladat: a

konkrét kérdés pedig ezzel kapcsolatban az, hogy a bejárt Fényes források, valamint fürdő hasznosítása során milyen adottságokat és hogyan tudnánk csoportosítani egy SWOT-táblában (12.3. táblázat).

Erősségek	Gyengeségek
Lehetőségek	Veszélyek

12.3. táblázat: SWOT-tábla

12.4. Függelékek

12.4.1. Bibliográfia

- Ballabás G.: Visszatérő karsztforrásokkal kapcsolatos településfejlesztési és környezetvédelmi lehetőségek és veszélyek Tata város példáján. Geográfus Doktoranduszok VIII. Országos Konferenciája (2004); Szeged.
- Horusitzky, H.: Tata és Tóváros hévforrásainak hidrogeológiája és közgazdasági jövője – A Magyar Királyi Földtani Intézet Évkönyve, XXV. kötet 3. füzet (1923), pp. 38–83.
- Matus, G. – Jeney E. – Barina Z.: A tatai Fényes-fürdő és környékének botanikai értékei (1998), Tata-Debrecen.
- Mocsy, Á.: A Tatai Fényes-fürdő TT értékei, valamint egy tanösvénytervezet megvalósításának lehetőségei. (Szakdolgozat) Nyugat-Magyarországi Egyetem (2009.), Sopron.
- Schróth, Á.: Környezeti nevelés a középiskolában. Trefort Kiadó (szerk., 2004), Budapest.

- Szabó, B. – Hanyus, E. – Szilvácsku, Zs. – Fülöp Gy.: A Fényes-forrástavak Természetvédelmi Területkezelési terve (2002). Budapest (Haris Bt.).
- Takács, J.: A Fényes-fürdő vízjogi üzemeltetési engedélyezési terve (tervező, 2007).
- Tóth, M. – Dorn, F. – Fürst, Á. – Dr. Lorberer, Á – Dr. Sárváry I.: A tatai források visszatérésével kapcsolatos vizsgálatok és cselekvési program, Tata (1999), (Hydrosys Kft., Monumentum Kft., Equilibrium Bt.).
- Tóth, M. – Bártfai, M.: A karsztrendszer visszatöltődésének folyamata és a vízminőség alakulásának kapcsolata az ÉDV Rt. Karsztvízbázisaiban (2000) – www.vizugy.hu/vir/vizugy.nsf/0/5c631c7e8e1dae4ec1256c920047d911?OpenDocument, Tatabánya (ÉDV Rt.).
- VITUKI Rt.: Karsztvízvédelem a Közép-dunántúli Régióban (2000), Budapest (Témaszám: 721/1/4846-1).

12.4.2. Fogalomtár

Depressziós tölcser: Természetes, de hazánkban inkább mesterséges hatásra (például bányászati vízemelések) a felszín alatti vizekben, például a karsztvízszintben helyileg tapasztalható csökkenés, mely akár több tíz méteres is lehet a víztároló egészen tapasztalható vízszinthez képest.

Eocén Program: Az 1973-as világszintű olajárrobbanásra adott hazai válaszok egyike. A hazai eocén korú barnaszének kutatásának, kitermelésének és használatának jelentős növelését tartalmazta a Dunántúli-középhegység térségében a nyersolaj mint energiahordozó részleges kiváltására. Az 1980-as évek első felében megnyitott új bányái közül egy, már az évtized második felére (például Máty) vagy az 1990-es években (Nagyegyháza) bezárt gazdaságtalan termelés és karsztvízveszély miatt. Ám egy közülük, Márkus-hegy (Pusztavám) a mai napig (2010) üzemel.

Karsztvíz: A karsztosodásra hajlamos kőzetek (például mészkő, dolomit) repedés- és járatrendszerit egységesen kitöltő részvíz. Nagyobb kiterjedésű karsztos területeken jellemezhető többek közt a járatokban egységesen kialakuló karsztvízszinttel (karsztvíznívó).

Öregség: A felhagyott mélyművelésű bányák aknáí, járatrendszerei, melyeket a jelenlegi előírások szerint már tömedékelni kell.

Természeti erőforrás: Mindazon természet(földrajz)i adottságok, melyeket az ember (társadalom) a termelés adott fejlettségi szintjén (anyag) szükségleteinek kielégítése céljából hasznosít (pl. nap-sugárzás, domborzat, talajtakaró, ásványkincsek, vízvagyon, erdők).

13. TÉRKÉPEZÉS ÉS MŰHOLDAS HELYMEGHATÁROZÁS (KOVÁCS BÉLA)

13.1. Bevezetés

A terepgyakorlatok, terepi mérések tervezésének első lépése a mintavételi helyek, helyszínek előzetes kijelölése. A fenti feladat, az ismert helyszínek esetében a gyakorlatot vezető oktatók kognitív térképében már létező pont. A terepgyakorlatokon részt vevő hallgatók számára azonban ez egy ismeretlen helyszín. A leendő terep bemutatása a legegyszerűbben úgy történhet meg, ha a kognitív (vagyis fejben lévő) térképéről, egy papír (illetve napjainkban már akár digitális) alapú térképen jelöljük ki a felkeresendő helyszíneket. A térképek magabiztos olvasásához a hallgatónak meg kell ismernie az adott helyszín hozzáférhető térképi alapanyagait, azok jelkulcsát és használatát.

A korszerű helymeghatározás alapja a [GNSS](#)-rendszerek és műszerek készségintű használatának elsajátítása. A terepi mérési adatok digitális feldolgozásával vagy az elektronikus mérési adatokból közvetlenül is olyan geoinformatikai adatbázisokat hozhatunk létre, amelyek az interdiszciplináris tér-adat elemzést segíthetik a megfelelő [GI](#)-rendszerek alkalmazásával. A geoinformatikai szoftverek/rendszerek bemutatása, azok használata túlmutat a jegyzeten, mivel ez a terepi előkészítéssel, felméréssel és az adatgyűjtéssel foglalkozik.

A fejezet bemutatja az Agostyán/Tata mintaterületen keresztül az adott területről beszerezhető térképi alapanyagokat, a [GPS](#)-technika alapszintű használatát, valamint a lehetséges hibaforrásokat.

13.2. Térképek

A terepen történő mozgás, a mintavételi helyek beazonosítása és a tájékozódás egyik alap eszköze a térkép. A magyarországi térképészet fejlettségi szintjét a rendelkezésre álló adatok, térképek és azok minősége alapján mutatjuk be. A kezdetekben kizárólag katonai térképészet a múlt században kettévált a titkos katonai és – a civilek számára fontos – polgári térképészeti vonalra. A rendszerváltást követően elmosódik a határ a két párhuzamosan működő szervezet között. Az eredetileg szigorúan titkos, bizalmas, belső használatú térképek minősítését (zömében) feloldották, és napjainkban szinte minden valaha készült térkép/adat hozzáférhető (a legtöbbször sajnos csak térítés ellenében). A térképek naprakészsége, megbízhatósága eltérő. A felhasználás céljától függően lehet, hogy több forrásból is érdemes beszerezni a rendelkezésre álló térképi alapanyagokat.

Az alábbiakban a legfontosabb magyarországi, elérhető térképrendszereket ismertetjük. Az adott mintaterületek időbeni és térbeni változásait legjobban a különböző időben készült térképeken, légi vagy űrfelvételeken követhetjük (pl. erdőfedettség, beépítettség, művelésiág-változások stb.). A légifelvételek precíz kiértékelése viszont laboratóriumi feladat. Az agostyáni területről különböző időben készült légi felvétel megtalálható a mellékletekben, azonban ezzel a témával nem foglalkozunk részletesen, inkább csak demonstrációs jelleggel érdemes tanulmányozni.

13.2.1. EOTR – EOVSzelvények

Magyarországon (az 1975-ös bevezetése óta) az ún. EOTR/EOV (Egységes Országos Térképrendszer/Egységes Országos Vetület) sorozatának szelvényei képezik a polgári célú topográfiai térképi alapot. Az elkészült sorozat térképeinek méretarányai és az országot lefedő szelvényszám zárójelben:

- 1:200 000 (23 db)
- 1:100 000 (84 db)
- 1:25 000 (267 db)
- 1:10 000 (4092 db)

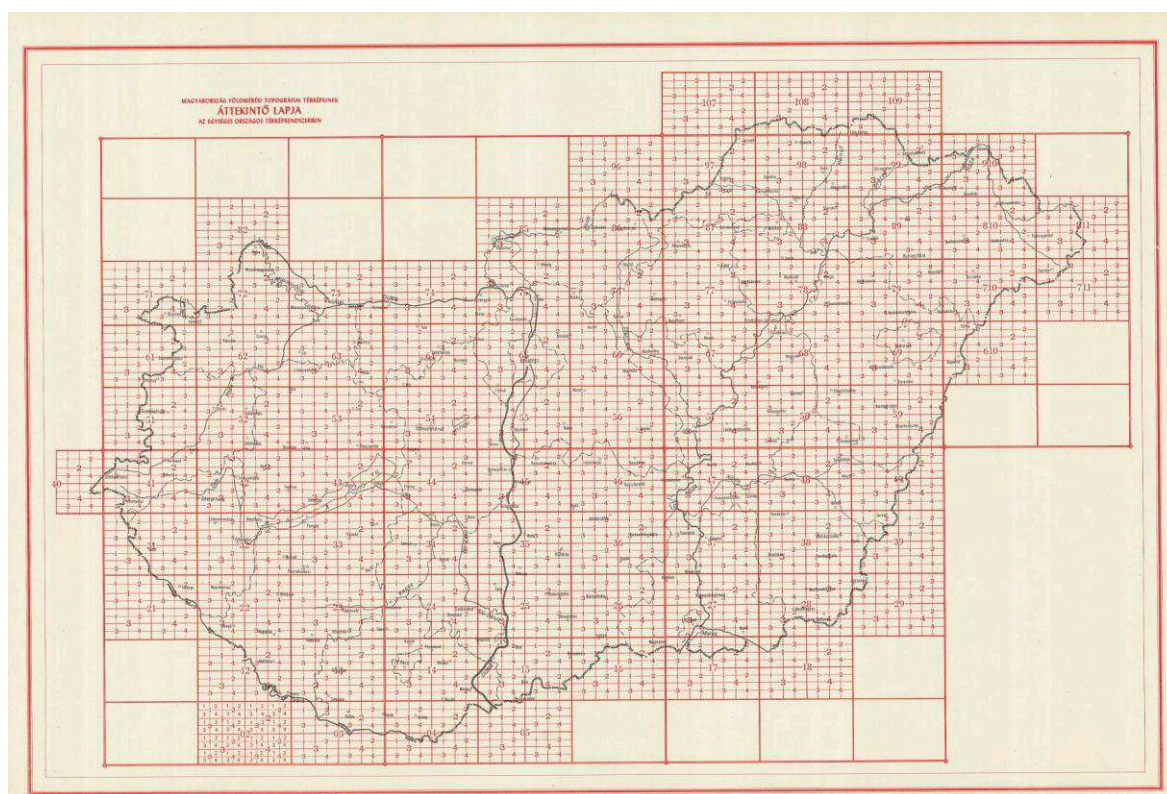
A fenti sorozatnak a számunkra legjobban használható, 1:10 000 méretarányú térképszelvényei napjainkban korlátozás nélkül megvásárolhatók az egész ország területére, Budapesten a FÖMI Bosnyák téri irodájában 1600 forint/db áron (2011. évi adat). A térképek digitális (raszteres) formában is beszerezhetők. A sorozat egyes térképei az Egyetemen belül a tanszéki könyvtárakban, illetve az egyetemi térképtárban is elérhetőek korlátozott lefedettségben, szelvényzámban. Az összes térképszelvény tartalmának naprakészsége (a kb. 10 éves felújítási ciklusnak köszönhetően) nem mindig tekinthető maradéktalanul tökéletesnek. A vízrajz, a domborzati elemek (szintvonalas rajz, magassági kóták stb.) a térképen általában pontosak, hiszen részben terepi felmérések/helyszínelések alapján készültek és időben is lassabban változnak, mint a beépítettség, a közlekedés vagy az úthálózat. A síkrajz sajnos helyenként elavult tartalommal bír.

Az EOTR térképek origója (a Gellért-hegyi alapponton áthaladó meridiántól) X irányban (délre) 200 km-re, illetve a Magyarországon áthaladó középső szélességi körtől Y irányban (nyugatra) 650 km-re van eltolva, így minden **koordináta** pozitív előjelű. A fentiek alapján az ÉK-i tájolású koordinátarendszerben minden koordinátapár egyértelműen jelöli az északi, illetve a keleti távolsági adatokat (méterben) az origótól: nem lehet véletlenül felcserélni azokat, hiszen az X koordináta maximális értéke 400 000-től kisebb lehet csak, míg az Y minimális értéke pedig 400 000-től nagyobb lesz. Pl. az Agostyáni-arborétum bejáratának koordinátái EOVS-rendszerben 257580, 602665, a balti-tengerszint feletti magassága pedig 305 m.

A szükséges térképek beszerzéséhez ismerni kell a nomenklatúrát, vagyis be kell azonosítani a szelvényt. Ezek az 1:100 000 méretarányú lapok levezetéséből származtatható azonosítók, amelyek negyedeléssel, majd további negyedelésekkel vezethetők le, pl. a 65-ös 1:100 000 méretarányú szelvény Budapest területét fedi le. A mellékletben is megtalálható 74–433 szelvény pedig a tatai terület 1:10 000-es szelvénye, ami az országos rendszerben a 7. sor, 4. oszlopában lévő 1:100 000 szelvénynek a DK-i, 1:50 000 méretarányú szelvényrészletének a DNY-i 1:25 000-ös szelvényének a negyedelt DNY-i 1:10 000 méretarányú térképe (lásd a T01. ábrát). A térképrendszer további sajátossága, hogy csak Magyarországon értelmezett, tehát nem nemzetközi, így a publikációkban a külföldi olvasók

számára nem, vagy csak nehezen értelmezhető helyszíneket jelölnek az adott síkkoordinátapárok.

Az 1:10 000-es térképszelvények 6x4 km területet ábrázolnak, km-es rácshálójával, a keretek oldalán található megírások segítik a csatlakozó szelvények azonosítását, illetve a térképszelvényeken térképjelkulcs-kivonat is található. A térképek alapfelülete az IUGG-67 forgási ellipszoidon a HD72-es dátum. Magassági alapja a Balti-tengeren, a kronstadti mareométer átlagos „0”-a szintje. A térkép vetületi alapjának (ferde tengelyű, szögtartó, süllyesztett hengervetület) jellegéből adódóan a szomszédos szelvények élben illeszthetők. A korszerű kézi GPS-műszerek koordinátakijelzőinek beállításai között napjainkban már az EOVS is választható. Sajnos az átszámítási/vetületi transzformációk miatt nem elhanyagolható méretű hibával terhelt a kézi műszerek kijelzőjéről leolvasható koordinátapár, így a pillanatnyi GPS-rendszer és mérési hibáihoz képest sem elhanyagolható (akár több méteres) hibátényező. A térinformatikai, illetve a geodéziai GNSS-műszerek transzformációs moduljai a fenti hibát kiküszöbölik. Ilyen műszerekkel sajnos csak a legritkább esetben találkozhatunk a terepgyakorlatokon (elsősorban áruk és az alkalmazandó, kissé körülményes mérési módszerek miatt).

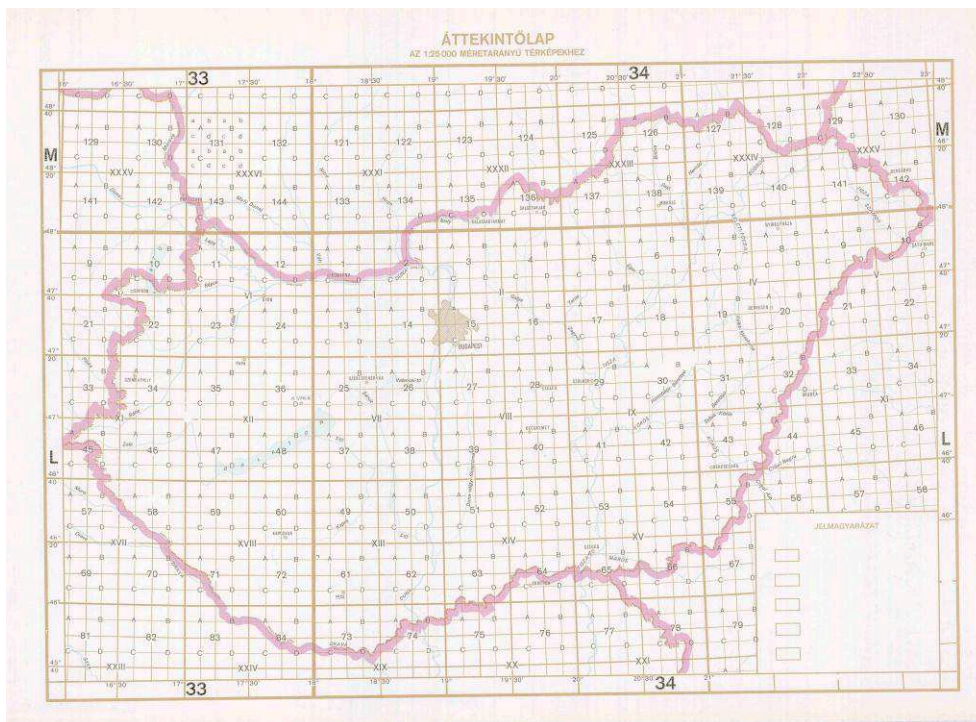


13.2.1. ábra: Az EOTR-szelvények áttekintő lapja

13.2.2. Gauss–Krüger- (GK) szelvények

Magyarország korszerű katonai topográfiai térképrendszere a közelmúltig az ún. Gauss–Krüger rendszerű térképsorozatokból állt, amit a Magyar Honvédség Térképészeti szakszolgálat (jelenlegi nevén HM Térképészeti KHN) készített. A GK-térképeket a volt „Szovjetuniós direktívák” miatt egy időben (a kilencvenes évek elejéig) szigorúan titkos minősítéssel kezelték. A GK-térképek alapja a Kraszovszkij-forgási ellipszoid. Napjainkra a rendszer térképeit átdolgozták a NATO-szabványoknak megfelelő UTM/WGS-84-es

alapú térképekké (jó tudni, hogy Magyarországon a WGS-84 az alapja az UTM-nek, de pl. a többi, régebbi európai NATO-tagállamnak viszont a Hayford-ellipszoid). A piacon a régi térképek továbbra is beszerezhetők, amelyek pontossága és megbízhatósága is nagyon jó. A térképek használatának az egyetlen hibája talán a koordinátapár meghatározásának körülményessége, illetve a térkép keretén található több koordinátaháló megírás közül a megfelelő érték leolvasása. A gyakorlatlan térképhasználó könnyedén több km-es hibával határozhatja meg – akár nem a megkívánt rendszerben – a saját/mintavétel helyének koordinátáit. A térképen található földrajzi koordinátaháló leolvasásakor és a GPS-műszer kijelzőjéről leolvasott adatoknál figyelembe kell venni a különböző térképi dátumból, vetületi alpból adódó (akár több km-es) különbséget. Közvetlenül nem helyezhető fel a fenti térképekre a GPS-műszerek kijelzőjéről leolvasott ϕ/λ földrajzi koordinátapár, hiszen általában azok WGS-84-es térképdátumú rendszerben megadott földrajzi koordinátákkal operálnak, míg a térképen a GK-rendszerrel. Az említett különbség a két rendszer között akár több km-es is lehet (a mérés helyének függvényében, vagyis hogy épp Magyarországon hol mérünk). Mérési adataink esetleges publikációja során kiemelten fontos, hogy mindig megadjuk a (vázlat) térképeinken, mérési helyszínrajzainkon is a feltüntetett koordináta rendszerek pontos azonosító adatait! A térképszelvények korlátozás nélkül beszerezhetők 700 forintos (2011-ben) áron a HM Térképészeti Közhasznú Nonprofit Kft.-től Budapesten, a Filler utcai boltban (<http://www.topomap.hu>), illetve korlátozottan a már említett EDIT-ben is hozzáférhetők, természetesen kizárólag oktatási és kutatási célból. A nomenklátúra jelölése természetesen eltér az EOVTól (lásd melléklet, T02. ábra), alapja a GK világtérképmű 1:1 milliós szelvényezése, majd ezt osztjuk tovább pl. 144 db 1:100 000 szelvényre, illetve 1:50 000, 1:25 000 stb. méretarányú térképlapokra. A mellékletben található szelvények tartalmazzák a terepgyakorlat helyszíneit. Az 1:100 000 méretarányú szelvény a helyszínek megközelítését, a terep áttekintését szolgálja, az 1:50 000 és 1:25 000 lapok a részletes terepi adatokat, az 1:10 000 és 1:5000 szelvények pedig az adott mintaterület jelenleg elérhető legrészletesebb topográfiai térképei.



T02. ábra: Az 1:25 000 Gauss–Krüger-térképek szelvényezése

13.2.3. UTM (Universal Transversal Mercator) szelvények

Magyarország NATO-csatlakozását követően az ország katonai térképeit is NATO-kompatibilissé kellett tenni a közelmúltban. A kezdetekben ez egyszerűen csak a régi GK-térképeken az UTM-es koordinátaháló felülnyomásával történt. Pár éve elkészült a már WGS-84-es dátumon alapuló, tehát vetületi és szelvényezési rendszeréből adódóan is új térképsorozat. A civil felhasználók számára is hozzáférhető térképszelvények tartalma felújításon esett keresztül. Az 1:50 000 és az 1:25 000 méretarányú szelvények a GK-szelvényezésű térképlapokkal együtt szerezhető be a már megadott címen elektronikus formában (pl. a DTA 50) vagy klasszikus papírtérképként. A Tata/Agostyáni mintaterületről, a legújabb, 2010-es kiadású – katonai tartalmaktól mentes – speciális szelvényrészletek a jegyzet mellékletében is megtalálhatók. A térképek nómenklatúrája Magyarországon a GK-rendszerrel megegyezik.



13.2.3. ábra: 1:10 000 UTM-térképrészlet (kicsinyítve)

13.2.4. Egyéb térkép- és adatforrások

Az ELTE EDIT (Egyetemi Digitális Térképtár, <http://terkeptar.elte.hu/edit>) oktatási és kutatási célból igen sok digitalizált (raszteres) szelvényel van feltöltve, a tartalma folyamatosan frissül és bővül. A feldolgozott térképek elektronikus formában hozzáférhetőek a szolgáltatásra regisztrált egyetemi polgárok részére. A hazánkról készült régebbi (tehát a már nem jogdíjas termékek) topográfiai térképek is elérhetők a nagyközönség számára a fenti szerveren keresztül.

Az úgynevezett I–IV. Katonai felmérés térképeit is felhasználhatjuk a terepgyakorlati előkészítő munkáink során, mint a terep változásait bemutató sorozatot. A zömében a XIX. században készült térképek tartalma mára igencsak elavultnak tekinthető, viszont az azóta megtörtént térbeli változások jól követhetőek rajtuk keresztül. A teljes sorozatok DVD-n is

beszerezhetők, az OSZK és az ARCANUM kiadásában, illetve néhány szelvény az EDIT-ben is megtalálható.

Az ún. „hazai” szelvényezésű térképsorozat tartalma lényegében megegyezik a GK-val, viszont a polgári használatra történő „butítás” miatt részlethiányos és elavult.

Az ún. sztereografikus vetületben és a ferde tengelyű szögtartó hengervetületben készült sorozatokat is használhatjuk az előkészítő munkálatok sorát, de elavultságuk miatt a terepgyakorlaton tájékozódási, navigációs célokra csak korlátozottan alkalmasak.

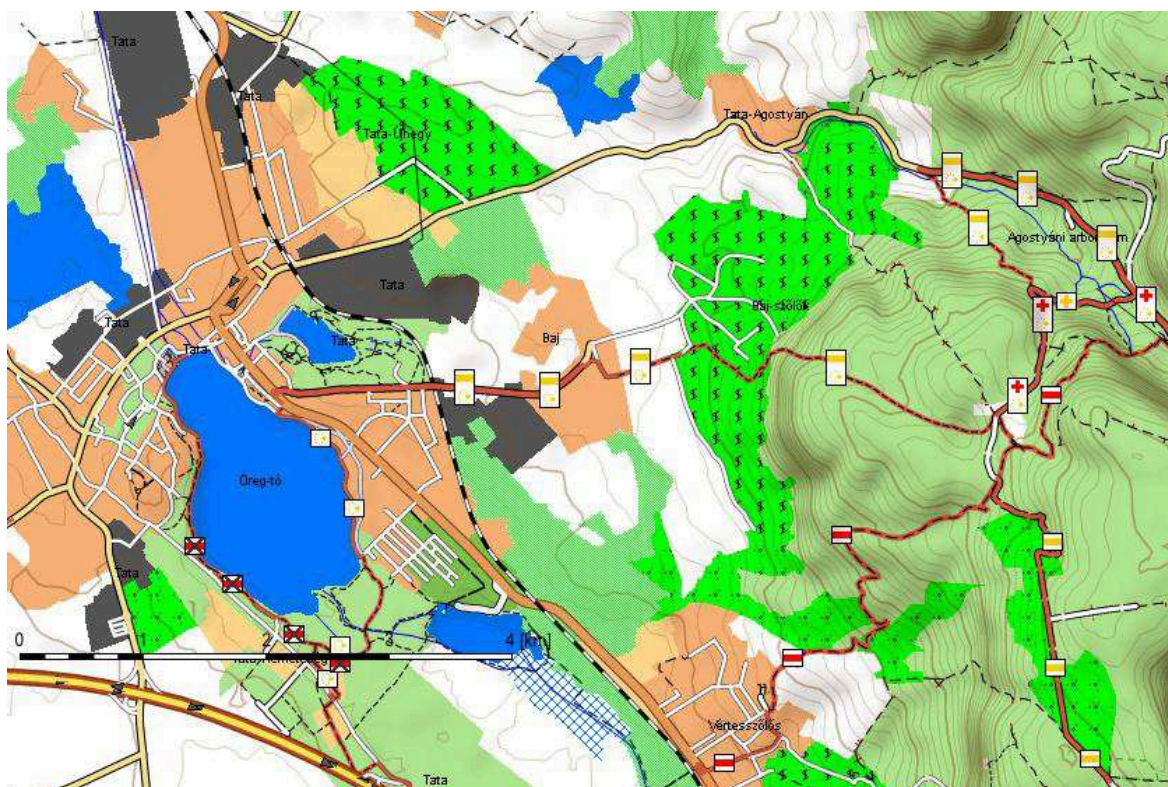
Kataszteri térképeket csak akkor használunk, ha szükségünk van a telektulajdonosi vagy birtokjogok tisztázására is, illetve ha nagyon precíz mintavételi helymegjelölés a célunk. A kataszteri térképek az adott földhivataloktól vagy a FÖMI-től szerezhetők be. A kataszteri térképek méretaránya 1:1000-1:2000-1:4000-1:10000, illetve a régebbi rendszerben lévő 1:1440 és 1:2880-as. A térképek digitális formában is elérhetők, és a szolgáltató eredeti célkitűzése szerint a „naprakészességük” 30 napon belüli. Sajnos az aktuális térképekhez nem lehet térítésmentesen hozzájutni, még oktatási célból sem.

Légi fényképek a terepi munka előkészítéséhez vagy pedig a változások követéséhez használhatók. Magyarország teljes területéről min. 10 évente készül légi fénykép, de lehet akár külön megrendelésre egy adott területről sűrűbben is készíttetni felvételeket. Napjainkban a FÖMI és a MH mellett magáncégek is foglalkoznak légi fénykép készítéssel. Az elkészült felvételek georeferálást követően akár precíz mérésre is használhatók. A hátránya a fényképeknek az igen borsos áruk, és a nehézkes terepi használat (gyakorlott szem szükséges az áttekintéshez, kiértékeléshez).

Műholdas távérzékelési adatokat is be lehet szerezni az adott mintaterületről (pl. a FÖMI-től). A multispektrális felvételek rengeteg olyan naprakész információval szolgálhatnak, amivel a terepi mérések előzetes tervezéséhez adhatnak további kapaszkodót (pl. szennyezettség, növények betegségei, talajtakaró állapota stb.). Sajnos a nagyfelbontású (pl. multispektrális 4x4 méter/pixel vagy a pankromatikus 1m-es pixelméretű IKONOS felvételek) műholdfelvételek ára a terepgyakorlatok költségvetését meghaladja.

A NOAA-, TERRA-, AQUA-, ill. egyéb LEO-pályán keringő földmegfigyelő/erőforrás kutató műholdak adatai igaz sokkal kisebb felbontásban, de a napi többszöri átvonulásuk miatt, igen up-to-date adatokkal szolgálhatnak. A fenti műholdadatokhoz egyszerűbb hozzáférni, pl. az ELTE Űrkutató Csoportján keresztül is. A hátránya az alacsony képfelbontás, hiszen a kb. 1x1 km-es pixelméret miatt a teljes terepgyakorlati mintaterület pár képponton ábrázolható. Globális áttekintésre, pl. nagyobb kiterjedésű szennyeződések, tavak állapotának vizsgálata, bozót-, erdőtüzek feltérképezésére viszont megfelelően használhatók. A felvételek feldolgozása azonban speciális eszközöket és szaktudást igényel.

A GPS-műszerekre ingyenesen letölthető térképek közül a turistautak.hu, illetve az openstreetmap.eu oldalakat emelnénk ki. Az egyszerű regisztrációt követően részletes, és naponta frissülő digitális turistatérképekhez juthatunk. A térképek domborzatát az ún. **SRTM**-ből generált alapok képezik, így azok térbeli pontossága nem sokkal marad el az EOTR-, GK-, UTM-térképektől. A mintavételezésből adódóan a generált szintvonalak nem térképi minőségűek. Az utakat, utcahálózatot önkéntesek terepi bejárásai alapján készítik – tehát nem tekinthetők hivatalos adatoknak, mégis elfogadható másodlagos információs források. A rengeteg POI és egyéb adat pedig segítheti a terepi tájékozódást is. A mellékletben megtalálható Magyarország turistatérképe img-állományban (vagyis közvetlenül a Garmin-műszerekre tölthető formában).



13.2.4. ábra: A *turistautak.hu*-n a mintaterület térképe

A Google Earth szintén felhasználható a terepi munka tervezésekor, hiszen nagyon sok nyers adathoz juthatunk. A térképek térbeli elhelyezkedése sajnos nem tökéletes, így a mérési adataink megjelenítésére korlátozottan használható. Demonstrációs célból, tér-adat vizualizációra viszont nagyon jó alapnak minősül, nem utolsósorban a térítésmentes hozzáférés miatt.

A geológiai/földtani, illetve egyéb speciális tematikus aktuális térképeket az adott szakterületet képviselő intézetektől célszerű beszerezni, pl. a MÁFI-tól online (<http://www.mafi.hu>) elérhetők földtani alaptérképek, térképsorozatok 1:10 000-tól, 1:500 000 méretarányig. Hátránya a fenti rendszereknek, hogy csak online hozzáférés biztosított, a papír alapú szelvényeket továbbra is a térképtárakból lehet beszerezni.

13.3. Helymeghatározás

A korszerű műholdas technikát alkalmazva szinte feledésbe merült a klasszikus helymeghatározás (pl. csillag- vagy napjárásmérés, kronométeres időmérés, térképről történő hátrametszéses álláspont-meghatározás). Mivel a terepgyakorlaton a GPS-műszer is alapfelszereltség, így jelenleg mi is csak azzal foglalkozunk. Mi történik, ha bekapcsoljuk a GPS-műszert?

- Először meg kell várni az aktuális, ún. almanach letöltését a műholdakról. Ez a folyamat automatikusan elindul, amint a műholdvevő érzékeli az első műhold rádiójelét.
- Amennyiben a műszerben tárolt almanach frissebb 30 napnál, és nem járt le valamilyen okból, akkor a műszer elkezd követni és folyamatosan szinkronizálni a saját belső óráját a műholdak atomóráival.

Amint ez megtörténik (ált. 1-2 percen belül), a GPS képes a helymeghatározásra, navigációra.

- Ha az almanach több mint 30 napos, vagy műhold állapot/státusz változás történt az utolsó bekapcsolást követően, a GPS-vevő elkezd az ún. hidegindítási procedúrát, ami min. 12,5 percig tart (ennyi idő alatt érkezik meg a műholdakról egy teljes, új almanach). Ez az idő alatt a műszert „napoztatni” kell, ha ugyanis megszakad a vétel pl. egy ráhajolás, árnyékolás miatt, akkor minden esetben újraindul a 12,5 perc.

- A kijelzőn a „Műhold” (vagyis közismert nevén a „célkereszt”) menüpont alatt látható az épp elérhető műholdak azonosítója (SV- vagy PRN-kód), a jelerősséget jelző oszlopdiagramok, amelyek a sikeres ún. lockolást követően inverz (vagy más színben) alakban jelennek meg. Amint ez megtörténik, a képernyő felső harmadában megjelenik az aktuális pozíció koordinátája, egy kis ablakban pedig a pontossági viszonyszám (vagyis az EPE, estimated position error). Ha ez az érték egyszámjegyre csökken, akkor kezdődhet a mérés.

- A mérés megkezdése előtt érdemes ellenőrizni a Főmenü alatt a „Mértékegységek” almenüben a kijelzőn megjelenítendő koordinátaformátumot, és összhangba hozni a használt térképpel vagy egyéb adatgyűjtő műszerrel. Ha nincs más eszköz, akkor lehet EOVT vagy UTM-et is választani, a gyakorlatot vezető személy utasítása alapján.

- Amennyiben a műszert előzetesen nem használtuk, érdemes a belső memóriát törölni, hogy ne maradjanak benne zavaró, előző mérésekből örökölt adatok. Ezt a legegyszerűbben az „Útszámítógép” menüpontban a „Menü” gomb lenyomásával lehetséges (a Törlés/Minden kijelölése opció választásával)

- Amennyiben fontos a felmérő által megtett útvonal rögzítése is (közismertebb nevén: tracklog, vagy „csiganyál”), be kell kapcsolni a Beállítások/Tracklog almenü alatt az integrálási idő vagy a távolság szerinti adatrögzítést. A GPS belső memóriája kb. 10 000 tracklog pontot képes tárolni, ami közel 3 órányi folyamatos mérést jelent 1s integrálási idő esetén. Ha ezt megnöveljük 3-4 másodpercre, úgy a teljes mérési nap tárolásra kerülhet a műszer memóriájában.

- A fix mérési pontok, mintavételi helyek megjelölésére az ún. WPT-k szolgálnak. Ezek a pontok névvel, azonosítókkal ellátható rögzíthető pontok. Az így rögzített pontokat később egyszerűen visszakereshetjük, vagy akár oda is navigálhatunk a GPS segítségével. A legegyszerűbb WPT rögzítési mód: nyomjuk meg és tartjuk lenyomva kb. 1 másodpercen keresztül a „Mark” gombot a készüléken. A sikeres mentést a kijelzőn nyugtázzuk (eközben át is nevezhetjük, vagy hozzárendelhetünk új navigációs ikont is).

- A mérés végeztével egyszerűen kapcsoljuk ki a műszert (csak akkor, ha már nincs szükségünk a tracklog gyűjtésre sem).

13.4. Mértékegységek

A térképekről leolvasható koordinátapárok – mint láthattuk – elég sokfélék lehetnek. Ugyanannak a pontnak (pl. mintavételi helynek) a használt térképtől függően több különböző koordinátája és írási formátuma is lehet. A GPS-műszerről leolvasható formátum általában a földrajzi fókálózatú koordinátapár, amelyek az alábbi alakban lehetnek:

- DDD-MM-SS.SS
- DDD-MM.MMM
- DDD.DDDDD

(D=degree(fok), M=minute(perc), S=secundum(másodperc). A tizedespont(vessző) utáni helyértékek az addigi sexagezimális számrendszer helyett a decimális tizedértékeket jelölik. A fenti példánál maradván a $47^{\circ}30'30,50''$ megegyezik a $47^{\circ}30,505'$ -cel, továbbá ez megegyezik a $47,50505^{\circ}$ -kal csak különböző alakban felírva. Az elválasztó karakterek lehetnek – (kötőjel), : (kettőspont) ritkán más egyéb jelek. A korszerű készülékek használják a kijelzőiken a $^{\circ}$ (fok), $'$ (perc) és a $''$ (másodperc) karaktereket. Az egyenlítővel való irányt (földrajzi szélesség) az „N” – mint north (vagyis észak), illetve az „S” south (vagyis dél) betűkkel jelzik a koordináta után (egyes műszereken a koordináta előtt) közvetlenül. A hosszúsági adatokat (kezdőmeridiántól való távolságot) 3 helyértéken (pl. $019^{\circ}E$) szokás jelölni (így tulajdonképpen nem lehet összekeverni a két irányt), de természetesen az E/W (east/west, vagyis kelet/nyugat) jelölés sem maradhat el. A magassági adatoknál érdemes ügyelni az MSL/HAE közötti különbségre. A GPS-műszerek ún. ellipszoid feletti magasságot határoznak meg. A térképeinken pedig tengerszint feletti magasságokkal találkozunk. Magyarországon a két „nulla” szint között, helyszíntől függően akár 50 m is lehet a különbség. A GPS beállításakor mindig ellenőrizni kell a fenti paramétereket is. Kiseb hibaforrás lehet még a Balti- és az Adriai-tenger szintje közötti 67,47 cm eltérés (az adott térképről mindig leolvasható a viszonyítási vonatkozási rendszer) figyelmen kívül hagyása. A fenti magasságkülönbségek csak a precíziós magasságmérési feladatoknál (pl. vízgazdálkodás, árvízvédelem, geodézia) fontosak, az általános GPS-méréseknél nem mérvadók.

A távolsági adatokat tehát megadhatjuk fok-perc-másodperc formában is, bár ezzel nehézkes a távolságmérés (pl. két koordinátapár/mintavételi helyszín között). Az egyenlítő hossza jó közelítéssel 40000km, tehát egy fok, kelet/nyugat irányban kb. 111,111km, egy perc kevesebb, mint 2km, egy másodperc pedig közel 30 méter (egy tizedmásodperc tehát kb. 3 méter, az egyenlítőn mérve. A pólusok fele haladva, ez az érték természetesen rövidül, pl. a mintaterület szélességi körén nagyságrendben $\sim 80\text{km}/1^{\circ}$, $\sim 1,2\text{km}/1'$, $\sim 20\text{méter}/1''$ lesz az értéke. Az észak/déli irányokban természetesen nincs rövidülés, így ott az értékek bármelyik hosszúsági körön megegyeznek. A fentiekből adódik az, hogy egy perc szélességű és egy perc hosszúságú „négyzög” alakja nem négyzet, hanem álló téglalap a műszer kijelzőjén. A magassági adatokat méterben adjuk meg, feltüntetve a vonatkozási rendszert (B=Balti, A=Adria, MSL=átlagos tengerszint feletti magasság (EUREF-hálózatban UELN-95) vagy HAE (adott - pl. WGS-84 – ellipszoid feletti magasság).

Amennyiben kilométer-hálózatos térképet használunk pl. UTM, vagy EOV, akkor egyértelmű és egyszerű a távolságmérés, hiszen csak a méretarányal kell beszorozni a leolvasott/vonalzóval-körzővel lemért értékeket a térképről, és közvetlenül megkapjuk a távolságokat méterben (km-ben).

13.5. Technikai háttér

A terepgyakorlaton kézi, ún. hobby GPS-készülékeket használunk, mivel a térinformatikai vagy geodéziai műszerek használata már speciális szaktudást igényel. A mérési pontossági igények mégis sokszor közelítenek a térinformatikai (vagyis a szubméteres) műszerek tudásához. Az ilyen eszközök használatától sajnos eltekintünk a hozzáférhetőségük, a terepi GPRS adatátvitel nehézsége (lefedettség hiánya) és a mérési módszerek komplexitása miatt.

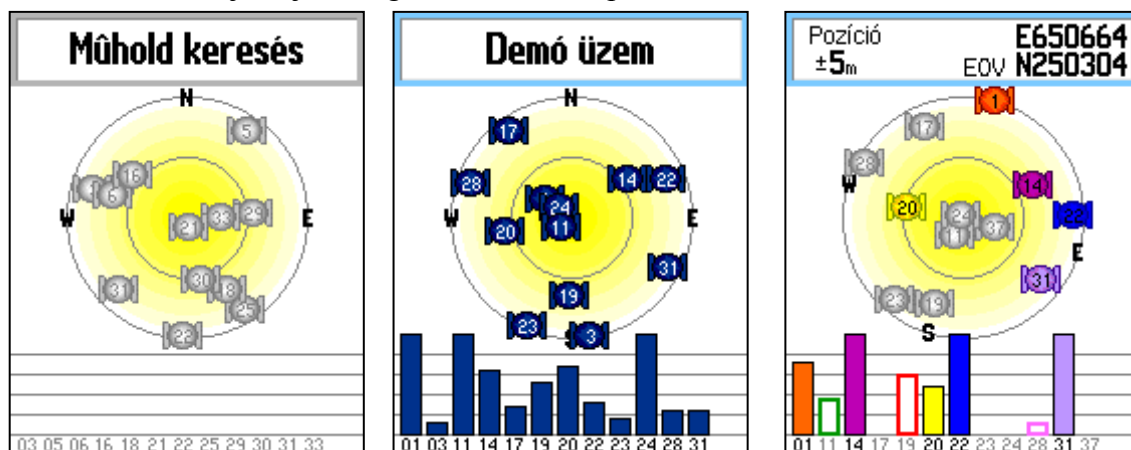
Az általános alapelv szerint a gyakorlatban (napjainkban) elérhető néhány méteres pontosságú pozicionálás, helymeghatározás elegendő a zaj/víz/talajtani/geofizikai stb. mintavételi helyek beazonosításához és térbeli ábrázolásához.

A nagyobb pontosságú mérésekhez a geodéziai mérési módszerek és technikák alkalmazása túlmutat a környezettudósok ilyen irányú képzettségén.

Az egyetemi oktatási tapasztalataink szerint helymeghatározó készüléknek bármely, napjainkban kapható terepi kivitelű kézi, ún. „hobby” GPS-készülék megfelel. Az autós navigációs célból készült műszerek (PDA/PNA készülékek) viszont nem használhatók a terepi mérésekhez, hiszen azok pontossága, kivitele (gyenge belső akkumulátorok, érintőképernyő stb.), és felhasználási céljából adódóan a mérési pontossága NEM megfelelő. Az autós navigációs készülékeket beltéri használatra, szivargyújtós tápellátással, kb. 20 °C körüli üzemi hőmérsékletre tervezték. A műszeren lévő térképek ugyan naprakészebbek sokszor a beszerezhető papírtérképektől, de kizárólag a lakott területeken, az utcák vonalán. Domborzatot, vízrajzot stb. csak a legkritikább esetben tartalmaznak. Az autós navigátorokon általában még a lock-on-road funkció is rögzített, tehát egy adott útról a mérés közben letérve, az eszköz továbbra is „rajta tart” – tehát terepi felmérésnél használhatatlan koordinátákat mutatva (a legközelebbi autópálya/utca). A mobiltelefonokban található GPS-ek hasonlóan nem megfelelőek a méréseink elvégzésére (pl. nem ismerik az EOVT-t, nem tudjuk adott pillanatban mely műholdokról jövő adatokat dolgozza fel, mindezt mekkora hibával teszik stb.). Az egyetem által beszerzett műszerparkból a Garmin készülékgyártó cég 60-as sorozatának készülékeit használjuk azok nagy robusztussága miatt. A környezettan-szakos hallgatók az egyetemi oktatás alatt előzetesen megismerkedtek a műszerekkel és a mérési technikával, így a jegyzetben csak a legfontosabb beállításokat és a mérés kritikus paramétereit ismertetjük.

A fenti GPS-műszerek az alkalmazott ún. quadlifix-helix antennáik miatt nem irányérzékenyek, tehát nem kell teljesen vízszintesen tartani azokat mérés közben. A [reflexió](#)tól csak részben védettek, így a felmérőnek figyelnie kell az épületek vagy más reflexiót okozó építmények/tárgyak/növényzetek közelében. A műszerek általában 2 db AA típusú ún. ceruzaakkumulátorral működnek 12–14 órán keresztül, ami tökéletesen megfelel egy átlagos terepi napnak – lemerülésük esetén könnyedén pótolhatók egyszerű alkáli elemekkel.

A GPS-készülék kijelzőjén a legfontosabb menüpontok az alábbi ábrákon láthatók:



13.5.1. ábra: A Garmin 60-as sorozat Műhold menüje bekapcsoláskor, DEMO üzemmódban és valós adatok gyűjtése közben (vagyis aktív műholdkövetéskor)



13.5.2. ábra: A Garmin 60-as sorozat Útpont és Navigációs menüpontjai



13.5.3. ábra: A Garmin 60-as sorozat Térkép, Beállítások és Mértékegységek menüje

13.6. GPS – hibaforrások

A legnagyobb mérési hibatényező az ember. Amennyiben ezt az emberi hibaforrást sikerül kiküszöbölni vagy minimálisra csökkenteni, úgy a terepi helymeghatározásunk – a helyesen alkalmazott technika mellett – pontosnak tekinthető. A GPS-rendszer pontossága napjainkban definíció szerint (a 2000. május 2-án életbelépett [SA](#)-t felfüggesztő elnöki dekrétumot követően) az esetek 95%-ában nem lehet rosszabb +/- 30 métertől (a maradék 5%-ról nincs semmilyen adatunk: sem arról, hogy ez az 5% pontosan mikor, milyen elrendezésben értendő a 24 óra alatt). A fenti pontossági kritériumot a NAVSTAR GPS-technika bármely kézi készüléke maradéktalanul teljesíti valós időben, **abszolút helymeghatározási módszert** alkalmazva is. A még nagyobb pontosság eléréséhez lehetőségünk van a készülékeken bekapcsolni az ún. WAAS/EGNOS hibajavítást. Ez a mérésünket pontosító szolgáltatás akkor működik az észlelés helyén, ha déli irányban kb. 20° magassági szög alatt nincs a jelterjedést korlátozó természeti vagy mesterséges akadály (pl. vastag törzsű fa, épület, jegyzőkönyvvezető hallgatótárs). Az így elérhető mérési pontosság kb. egy nagyságrenddel jobb lehet. A műszerek kijelzőjéről leolvasható „méréspontossági adat” csak egy viszonyszám, nem egzakt mérési érték. A mérés pontosságát rengeteg

egyéb tényező is befolyásolhatja (pl. műholdak geometriája/[konstelláció](#)ja, ionoszféra állapota, napfolttevékenység, jelerősség stb.). A fentieket figyelembe véve kijelenthető, hogy a kézi GPS-műszerekkel végzett helymeghatározások pontossága általában nem rosszabb +/- 30 métertől, de napjainkban a gyakorlati tapasztalat ettől is némileg jobb értéket mutat (kb. 4–10 méter körül). A méréseknél tehát érdemes figyelni arra, hogy 5-10 métertől sűrűbben nem érdemes GPS-szel pozíciót meghatározni, hiszen akkor már a hibahatáron mérünk. A felmérésekről készült jegyzőkönyveken mindig fel kell tüntetni a készüléknek, a pillanatnyi mérési pontosságát, hiszen a terepi vázlatrajzok alapján a későbbiek folyamán könnyedén kiszűrhetők a hibás/pontatlan pozicionálások.

A GPS-méréseket zavarhatja a hibás műszer/antenna elhelyezés (pl. ha a műszer fölé hajolunk mérés közben, a műszert leárnyékolhatjuk a fejünkkel, kezünkkel, jegyzőkönyveinkkel, egyéb műszereinkkel). A 20000 km távolságban keringő műholdakról pár watt teljesítménnyel sugárzott jelsorozatot a kézi vevőink kb. -150 dB jelszint környékén észlelik. A környezetünkben található rádiójelforrások (telekommunikációs antennák, mikrohullámú adók, egyes mérőműszerek stb.) szintén befolyásolhatják a méréseinket. Amennyiben egy adott mérési helyszínen több mérés átlagát figyelve nagyon nagy (több 10 méteres) eltérést látunk, akkor a mérést távolabb kell elvégezni, esetleg ún. külpontos méréssel, majd levezetni az eredeti mérési helyszín koordinátáit.

A GPS-szel végzett helymeghatározásnál, magasságmérésnél, (kódméréses, abszolút mérési módszernél) a magasságmérés hibája a vízszintes pozíció hibájának majdnem a kétszerese. A korszerű EUREF-hálózat magassági alapja az amszterdami vonatkozási rendszer UELN-95, ami újabb 15 cm-es különbséget jelent a fentiekhez képest, igaz, ez az összes mérési hibát csak alig terheli.

13.7. Jegyzőkönyvek

A terepi méréseknél az adott szakági mérés jegyzőkönyveit használjuk, kiegészítve a helyszínrajzzal (vázlattérkép), amely tartalmazza a mérés pontos időpontját és nem utolsósorban a GPS-műszerről leolvasott koordinátapárokat is. Amennyiben a különböző méréseknél használt korszerű műszerek esetleg képesek geoinformációs (geotaggelt) adatokat is tárolni, érdemes az adott műszer beállításainak megfelelő koordináta formátumot/rendszert választani a GPS-műszerben is. Amennyiben nincs ilyen lehetőség az adott mérésnél, akkor használjuk a WGS-84-es rendszerben a földrajzi koordinátákat, továbbá ellenőrzésként az UTM- vagy EOVS-koordinátapárokat is. A terepi vázlatrajzokon kötelezően feltüntetendő:

- a készítő(k) neve
- az észlelés/mérés dátuma, időpontja, koordinátái
- az északi irány
- a méretarány vagy mértékléc
- amennyiben készült fénykép, annak iránya (honnán, merre fordulva készült a kép), file név, pontos idő
- a mérési helyszín pontos jelölése a vázlaton, térképen
- a környezet fontosabb elemeinek (utak, épületek, forrás stb.) feltüntetése, az azoktól mért közelítő (mérőszalag, vagy „lépés”) távolsága a mérés/mintavétel helyétől
 - megjegyzések: ide sorolható minden környezeti tényező, ami a mérés pillanatában egyértelműnek tűnik, de a későbbi adatfeldolgozáskor fontos lehet (pl. időjárási viszonyok,

növényzet-, felszínborítottság, mérést befolyásoló akadályok, potenciális zaj-, zavarforrások stb.). A méréseink utólagos feldolgozásakor – mivel később már nem biztos, hogy emlékszünk mindenre, ami a terepen történt – ritkán találkozunk ismeretlenebb nyersanyaggal, mint az általunk 1-2 héttel korábban elkészült jegyzetektől mentes vázlataink.

A vázlatrajzok, mint nevük is mutatja, csak a későbbi adatértelmezésekhez készült segédanyagok, amelyeknek a terepi kivitelezésekor nem a vonalzó/körző precíz használata a cél, hanem a minél több tér-adat rögzítése minél rövidebb idő alatt.

13.8. Függelékek

13.8.1. Bibliográfia

- Ádám J., Bányai L., Borza T., Busics Gy., Kenyeres A., Krauter A., Takács B.: Műholdas helymeghatározás, Műegyetemi Kiadó, (2004) Budapest.
- Ádám J., Bányai L., Borza T., Busics Gy., Krauter A.: Globális helymeghatározó rendszer (bevezetés), Nyugat-Magyarországi Egyetem, (2000) Sopron.
- Elek István, Kovács Béla, Verebiné Fehér Katalin: Digitális térképtár az ELTE-n, GEO 2004, Magyar földtudományi szakemberek VII. világtalálkozója, E7, 80.
- ESA Space for Europe <http://www.esa.eu>.
- Farr, T. G., Rosen, P. A., Caro, E., Crippen, R., Duren, R., Hensley, S., Kobrick, M., Paller, M., Rodriguez, E., Roth, L., Seal, D., Shaffer, S., Shimada, J., Umland, J., Werner, M., Oskin, M., Burbank, D., Alsdorf, D. (2007): The Shuttle Radar Topography Mission. *Reviews of Geophysics* 45: RG2004, doi:10.1029/2005RG000183.
- Jankó Annamária: Magyarország katonai felmérései 1763–1950, (2007) Argumentum kiadó.
- Karsay Ferenc: Csillagászati és földrajzi helymeghatározás (4. kiadás), Tankönyvkiadó, J3-1087, (1991) Budapest.
- Klinghammer István, Papp-Váry Árpád: Földünk Tükre a térkép, Gondolat, (1983) Budapest, ISBN 963-281-161-5.
- Mugnier, C. J.: (Grids & Datums – Republic of Hungary. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 65: 423 & 425, (1999).
- NIMA-NASA, National Imagery and Mapping Agency, National Aeronautics and Space Administration GSFC: WGS84 EGM96 (complete to degree and order 360) 1st Edition. NIMA-NASA GSFC, St. Louis, Missouri, (1997) USA.
- Varga J.: A vetület nélküli rendszerektől az UTM-ig. Kézirat, BME, (2002) Budapest, URL: http://www.agt.bme.hu/staff_h/varga/Osszes/Dok3uj.htm.
- Zentai László: Számítógépes térképészet, ELTE Eötvös Kiadó, (2000) Budapest.

13.8.2. Fogalomtár

Abszolút helymeghatározási módszer: egy műszerrel végzett, valós idejű helymeghatározás, pontossága az adott pillanatban elérhető műholdak száma, geometriája, az ionoszféra állapota, a napfolttevékenység stb. által okozott mérési anomáliákat tartalmazza. A mérés pontossága napjainkban a gyakorlatban kb. 3–10 méter közötti lehet.

Differenciális mérés: az adott pillanatban a felmérő műszer mellett egy referenciamérés is történik, és a két adat összevetéséből számítható ki a precíz pozíció (DGPS néven is ismert). Pontossága az adott alkalmazott differenciális módszerek/eszközök függvényében 1-2 méteres, szubméteres, vagy akár szubcentiméteres is lehet.

GNSS: Global Navigation Satellite System, vagyis a globális műholdas helymeghatározó rendszerek. Alkotói a már működő amerikai Navstar GPS, az orosz GLONASSZ, a kiépítés alatt álló európai GALILEO, a kínai BEIDOU2, továbbá azok alrendszerei

GPS: Az Egyesült Államok DoD (Védelmi Minisztériuma) által létrehozott és üzemeltetett globális helymeghatározó rendszer. Napjainkban 31 működő műhoddal, és 100 milliót (becsült szám) meghaladó számú felhasználóval.

GI vagy GIS: A Geographic/Geoinformatic Information System, vagyis a geoinformatikai/ térinformatikai elemző/leképező rendszerek összessége és azok felhasználói.

Geoid: Gauss által definiált és Listing által bevezetett fogalom, amely leírja (közelíti) a Föld elméleti alakját matematikai módszerekkel. A modell nagyon komplex, nehezen kezelhető, ezért a térképészetben forgási ellipszoidokkal helyettesítik.

Konstelláció: műhold-együttállás, műhold-geometria. Amennyiben a térben nem egyenletes a műholdak elrendezése, úgy degradálódhat a mérésünk pontossága.

Koordináta: általában egy számpár vagy triplet, ami leírja az adott rendszer kezdőpontjától mért távolságát fokban, méterben vagy egyéb egységben, valamint az adott rendszer viszonyítási alapfelületétől a magassági adatokat általában méterben vagy lábban (ha mind a 3 adatunk megvan, akkor 3D-s helymeghatározásról beszélünk, egyéb esetben 2D-s a mérés).

Multipath: többutas terjedés, vagyis amikor a műholdról érkező mérési jelet nemcsak közvetlenül, hanem reflexióból, vagy pl. fenyőerdőben a tülevelekről visszasugározva is vesszük

Reflexió: esetünkben a műholdról érkező visszavert mérési jel, vagyis valamilyen tükröző felületről visszasugárzott rádiójel. Jelenlétekor a GPS-mérések pontatlanabbá válhatnak, okozhatja magas épület, üvegfelület, torony, antennarendszer stb.

SA: Selective Availability, vagyis korlátozott hozzáférés. Ha aktív, a GPS-rendszer helymeghatározási pontossága abszolút mérésnél kb. 300–500 méter. 2000.05.02-án deaktiválták, de visszakapcsolható előzetes figyelmeztetés nélkül bármikor.

SRTM: Shuttle Radar Topographic Mission, az eredeti felmérés az Endeavor űrsiklón elhelyezett radarral történt 2000. február 11–22. között. Az adatok 1x1 szögmásodperc felbontású, vagyis kb. 30x30 méter sűrűségű magassági adatok (3D-modell).

Térképdátum: egy térkép koordinátarendszerének az alapfelülettel lévő kapcsolatát leíró kép-let/paramétersorozat, általában a definíció évét is tartalmazza a név pl. a WGS-84, 1984-ben lett meghatározva, az HD-72 1972-ben készült, az S-42-t 1942-ben definiálták.