

**XX. KÁRPÁT-MEDENCEI  
KÖRNYEZETTUDOMÁNYI KONFERENCIA**

2025. április 2–5.

Kolozsvár



**XX. KÁRPÁT-MEDENCEI  
KÖRNYEZETTUDOMÁNYI  
KONFERENCIA**

2025. április 2–5.

Kolozsvár

Ábel Kiadó, 2025



SAPIENTIA ERDÉLYI MAGYAR TUDOMÁNYEGYETEM  
KOLOZSVÁRI KAR

KÖRNYEZETTUDOMÁNY TANSZÉK

400193 Kolozsvár (Cluj-Napoca), Tordai út (Calea Turzii) 4. sz., Románia

<http://kt.sapientia.ro>



---

**XX. KÁRPÁT-MEDENCEI  
KÖRNYEZETTUDOMÁNYI KONFERENCIA  
2025. április 2–5., Kolozsvár, Románia**

**Társszervezők**



**Tudományos Tanács**

Dr. Fodor Gyula, II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola, Ukrajna

Dr. Kilár Ferenc, Pécsi Tudományegyetem, Magyarország

Dr. Miklós László, Műszaki Egyetem, Zólyom, Szlovákia

Dr. Mócsy Ildikó, Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Románia

Dr. Molnár Mihály, HUN-REN Atommagkutató Intézet, Magyarország

Dr. Sipos György, Szegedi Tudományegyetem, Magyarország

Dr. Szűcs Péter, Miskolci Egyetem, Magyarország

Dr. Tonk Szende, Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Románia

Dr. Urák István, Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Románia

**Szerkesztette**

Tamási Erika

Szikszai Attila

A borítón látható kép *Zsigmond Andrea* munkája.

A kötetben közölt dolgozatokért a szerzők vállalják a szakmai felelősséget.

ISSN 1842-9815

## ELŐSZÓ

A kötet, amelyet a kezében tart jubileumi kiadása a XX. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencián elhangzott, bemutatott dolgozatoknak.

Most 2025. áprilisában visszatekintünk a kezdetre, az évente megrendezett konferenciákra, amelyek a Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Környezettudomány Tanszék kezdeményezésével indultak. Akkor reményeink között szerepelt, hogy ennek a tudományos fórumnak lesz jövője és sikerül majd minden évben megrendezni.

Egyik célunk volt ismertetni a tanszékünkön és a környező országokban folytatott kutatások eredményeit. Fontosnak tartottuk megismerni a Kárpát-medence kutatóit, tanárait és diákjait, akik a környezettudomány művelését, valamint a magyar környezettudományi szaknyelv ápolását tartják hivatásuknak. A konferencia az eredmények, tapasztalatok, mérés technikák megvitatása mellett lehetőséget adott együttműködések és közös programok létrehozására, amit a Kárpát-medence térségének földrajzi, geológiai adottsága, a történelmi és gazdasági múltja és jelene indokol.

A XX. konferencia létrejöttéhez, a célok eléréséhez és sikeres voltához, hozzájárultak a Kárpát-medence egyetemeinek munkái, amelyeket közös szervezésben a páratlan években Pécsen, Debrecenben, Nyíregyházán, Beregszászon, Gödöllőn, Veszprémben, Budapesten, Miskolcon tartottunk.

A kötetben megjelent dolgozatok nagyon változatos témákat ölelnek fel, többsége az épített környezet szennyezettségével foglalkozik, úgymint a por, a közlekedés, az urbanizáció hatásával a levegő minőségére. Tanulmányokat olvashatunk a szennyezettség mértékének kimutatására is. Dolgozatok mutatják be madarak, a kis emlősök, a rágcsálók és a pókok viselkedését a különböző élőhelyeken. A víz szennyezettsége és háztartása, az algák jelenléte, a különböző fák, az erdők környezete érdekes eredményekkel gazdagítja a kötetet. Nem utolsó sorban említésre méltó a mérési módszerek, technológiák és modellek bemutatása.

Számba véve az eddigi eredményeket, a létrejött együttműködések a Kárpát-medencei egyetemekkel és kutató csoportokkal, a sikeres közös pályázatokat, akkor megállapíthatjuk, hogy a kitűzött célokat elértük.

A XX. konferencia után reméljük, hogy ez a fórum hanyománnyá válik és a bemutatott eredmények hozzájárulnak a környezetünk állapotának javításához és az emberek egészségének, életminőségének növekedéséhez.

Dr. Mócsy Ildikó  
a Kárpát-medencei Környezettudományi  
Konferencia tiszteletbeli elnöke



# TARTALOM

<b>PLENÁRIS ELŐADÁSOK .....</b>	<b>19</b>
<b>MILYEN KÖRNYEZETI VÁLTOZÁSOK MUTATHATÓK KI 100, 1000 ÉS 10000 ÉVES IDŐSKÁLÁN A TAVAK ÉS LÁPOK ÜLEDÉKÉBŐL? .....</b>	<b>20</b>
Braun Mihály <sup>1,*</sup> , Lisztes-Szabó Zsuzsa <sup>1</sup> , Tóth Albert <sup>1</sup> , Hubay Katalin <sup>1</sup> , Sóvágó Dávid <sup>1,2</sup> , Braun Ádám <sup>1</sup> , Filep Anna Fruzsina <sup>1</sup> .....	20
<b>A TÁJÖKOLÓGIAI TUDOMÁNYOK, ALKALMAZÁSAI ÉS A KÖRNYEZETPOLITIKA .....</b>	<b>22</b>
Miklós László.....	22
<b>GÁZKEZELŐ RENDSZER FEJLESZTÉSE A „HUN” MAGASTORNYES ICOS LÉGKÖRMEGFIGYELŐ ÁLLOMÁSHOZ (HEGYHÁTSÁL, MAGYARORSZÁG) .....</b>	<b>24</b>
Molnár Mihály <sup>1,*</sup> , Baráth Balázs Áron <sup>1,2</sup> , Varga Tamás <sup>1,2</sup> , Major István <sup>1,2</sup> , Bán Sándor <sup>1</sup> , Haszpra László <sup>1</sup> .....	24
<b>MÚLTBÓL A JELENBE: PALEOLIMNOLÓGIA/PALEOÖKOLÓGIA KÉRDÉSEI.....</b>	<b>26</b>
Korponai János* .....	26
<b>ÖKOLÓGIA .....</b>	<b>27</b>
<b><i>CHLORELLA VULGARIS</i> ZÖLDALGA KIVONAT LEHETSÉGES GÁTLÓ HATÁSA <i>MICROCYSTIS AERUGINOSA</i> CIANOBAKTÉRIUMRA.....</b>	<b>28</b>
Aszalós Máté Tibor <sup>1,2,*</sup> , Riba Milán <sup>3,4,**</sup> , Bácsi István <sup>1</sup> .....	28
<b>SZÉLSŐSÉGES VÍZJÁRÁS BEVONATALKOTÓ ALGAKÖZÖSSÉGEKRE GYAKOROLT HATÁSA .....</b>	<b>30</b>
Kiss Stefánia <sup>1,2,*</sup> , Kókai Zsuzsanna <sup>1</sup> , Lukács Áron <sup>1,3</sup> , Bácsi István <sup>4</sup> , Márton Kamilla <sup>2,4</sup> , T-Krasznai Enikő <sup>1</sup> , Borics Gábor <sup>1</sup> , B-Béres Viktória <sup>1</sup> .....	30
<b>A TISZA-MENTI VÍZMEGTARTÁSI LEHETŐSÉGEK HATÁSAI VÍZIMADARAK ÖKOLÓGIAI HÁLÓZATÁRA .....</b>	<b>32</b>
Kutnyánszky Virág <sup>1,*</sup> , Dr. Szilvácsku Miklós Zsolt <sup>2,**</sup> .....	32
<b>PEPTID TÍPUSÚ CIANOBAKTÉRIÁLIS METABOLITOK A TÚLÉLÉS ÚTJÁBAN – LABORATÓRIUMI KÍSÉRLETEK A <i>HAEMATOCOCCUS</i> <i>LACUSTRIS</i> ZÖLDALGÁVAL.....</b>	<b>34</b>
Márton Kamilla <sup>1,2,*</sup> , Aszalós Máté <sup>1,2</sup> , Riba Milán <sup>3</sup> , Vasas Gábor <sup>3</sup> , Bácsi István <sup>2</sup> .....	34
<b>CSERJEFAJOK MÉRET JELLEMZŐI EGY MAGYARORSZÁGI TÖLGYES ERDŐBEN 2022-BEN .....</b>	<b>36</b>
Misik Tamás* .....	36

<b>PÓKOK (ARACHNIDA: ARANEAE), MINT ÖKOLÓGIAI INDIKÁTOROK: ERDŐTÍPUSOK ÖSSZEHAJONLÍTÓ VIZSGÁLATA AZ ÍZELTLÁBÚ KÖZÖSSÉGEK ELEMZÉSÉVEL .....</b>	<b>38</b>
Opra Boglárka <sup>1,*</sup> , Urák István <sup>2,**</sup> .....	38
<b>A LEVEGŐMINŐSÉG BIOINDIKÁLÁSA BUSZMEGÁLLÓKBA TELEPÍTETT <i>HEDERA HELIX</i> VIZSGÁLATÁVAL .....</b>	<b>40</b>
Sipos Bianka <sup>1,2,*</sup> , Abriha-Molnár Vanda Éva <sup>1,2</sup> , Bibi Dina <sup>1</sup> , Mukherjee Semonti <sup>1</sup> , Simon Edina <sup>1,2</sup> .....	40
<b>TÓZEGLÁPOK ÖSSZEHAJONLÍTÁSA PÓKKÖZÖSSÉGEK SZERKEZETE ALAPJÁN .....</b>	<b>42</b>
Urák István <sup>1,*</sup> , Tamási Erika <sup>2</sup> , Zsigmond Andreea-Rebeka <sup>2</sup> .....	42
<b>KÖRNYEZETFÖLDTAN ÉS KÖRNYEZETFÖLDRAJZ .....</b>	<b>45</b>
<b>KOLOZSVÁR DÉLKELETI RÉSZÉNEK VIZSGÁLATA 2017-2024-ES RADAROS FELVÉTELEK ALAPJÁN ÖSSZEVETVE TEREPI MEGFIGYELÉSEKEL .....</b>	<b>46</b>
Kerekes Anna-Hajnalka <sup>1</sup> , Poszet Szilárd <sup>2,*</sup> .....	46
<b>NAGYMAROSI ÉS ZEBEGÉNYI LÖSZ PALEOTALAJ SZELVÉNYEK MÁLLOTTSÁGÁNAK VIZSGÁLATA .....</b>	<b>48</b>
Király Csilla <sup>1</sup> , Szeberényi József <sup>1</sup> , Gresina Fruzsina <sup>1</sup> , Jakab Gergely <sup>1</sup> , Kónya Péter <sup>2</sup> , Viczián István <sup>1</sup> , Karlik Máté <sup>3</sup> , Szalai Zoltán <sup>1,4</sup> .....	48
<b>TURISTAUTAK ERÓZIÓJA A BÜKK HEGYSÉGBEN .....</b>	<b>50</b>
Virág Martin <sup>1,*</sup> , Molják Sándor <sup>2,**</sup> , Sütő László <sup>3</sup> .....	50
<b>VÍZMÉRLEG MODELL FELÉPÍTÉSE ÉS TESZTELÉSE DOMBVIDÉKI KISVÍZGYŰJTŐN .....</b>	<b>52</b>
Gömbös Imola <sup>*</sup> .....	52
<b>KÖRNYEZETKÉMIA ÉS KÖRNYEZETFIZIKA .....</b>	<b>55</b>
<b>POTENCIÁLISAN MÉRGEZŐ ELEMÉK SZENNYEZÉS HATÁSÁNAK ÁTTEKINTÉSE HÁROM EURÓPAI HATÁRON ÁTTERVEZŐ FOLYÓBAN: FORRÁSOK, HATÁSOK ÉS KEZELÉSI STRATÉGIÁK .....</b>	<b>56</b>
Ahmedin Hiya <sup>1,2,*</sup> , Jordán Győző <sup>3,**</sup> , Kovács Zsófia <sup>4</sup> , Dudás Katalin <sup>5</sup> .....	56
<b>LÉGKÖRI SZÉN-DIOXID ÉS METÁN MEGFIGYELÉSEK DEBRECENBEN: KONCENTRÁCIÓ ÉS IZOTÓPARÁNY MÉRÉSEK HÁROM KÜLÖNBÖZŐ ÉVSZAKBAN .....</b>	<b>58</b>
Baráth Balázs Áron <sup>1,2,3,*</sup> , Varga Tamás <sup>1,3</sup> , Major István <sup>1,3</sup> , Bán Sándor <sup>1</sup> , Barcza Zoltán <sup>4</sup> , Thomas Röckmann <sup>5</sup> , Jacqueline van Es <sup>5</sup> , Carina van der Veen <sup>5</sup> , Molnár Mihály <sup>1</sup> .....	58
<b>ADSZORBEÁLHATÓ SZERVES FLUOR (AOF) TARTALOM A DUNA FOLYÓ VÍZ- ÉS ÜLEDÉKFÁZISÁBAN .....</b>	<b>60</b>
Esther Orenibi <sup>1,2,3,*</sup> , Dobosy Péter <sup>1,2</sup> , Sirat Sandil <sup>1,2</sup> , Gyula Zárny <sup>1,2,4,**</sup> .....	60
<b>A MAGYARORSZÁGI MŰANYAGMINTÁK BIOALAPÚ SZÉNTARTALMÁNAK ÉS ELEMÖSSZETÉTELÉNEK JELLEMZÉSE .....</b>	<b>62</b>



Pap Klaudia Nikoleta <sup>1,*</sup> , Sajtos Zsófi <sup>2</sup> , Baranyai Edina <sup>2</sup> , Molnár Mihály <sup>1,3</sup> , Tábi Tamás <sup>4</sup> , Varga Tamás <sup>1,3</sup> .....	62
<b>FENYŐFÉLÉK, MINT A VÁROSI LÉGSZENNYEZÉS INDIKÁTORAI KOLOZSVÁRON .....</b>	<b>64</b>
Zsigmond Andreea-Rebeka*, Vincze Kinga-Amália .....	64
<b>VÍZTESTEK UTÁNPÓTLÓDÁSI VISZONYAINAK VIZSGÁLATA KÖRNYEZETI IZOTÓPOKKAL AZ INDIAI VARANASI TÉRSÉGÉBEN.....</b>	<b>66</b>
Palcsu László <sup>1,*</sup> , Kállai Mariann <sup>1,**</sup> , Illés Lajos <sup>1</sup> , Molnár Mihály <sup>1</sup> , Horváth Anikó <sup>1</sup> , Temovski Marjan <sup>1</sup> , Abhinav Patel <sup>2</sup> , Shive Prakash Rai <sup>2</sup> .....	66
<b>KÖRNYEZETI NEVELÉS .....</b>	<b>69</b>
<b>A HAGYOMÁNYOS ÉS A NAGYÜZEMI ALFÖLDI GAZDÁLKODÁS ÖSSZEHASONLÍTÁSA A TANÓRÁKON.....</b>	<b>70</b>
Fabula Dominik Máté <sup>1,*</sup> , Dr. Kis Anna <sup>2,**</sup> , Gerenday Éva <sup>3</sup> , Dr. Angyal Zsuzsanna <sup>4</sup> .....	70
<b>A KÖRNYEZETI NEVELÉS EGYIK KULCSKOMPETENCIÁJA: TÉRBELI TÁJÉKOZÓDÁSI KÉPESSÉG PILOT MÉRÉS ELSŐ EREDMÉNYEI .....</b>	<b>72</b>
Kárpáti Szilvia <sup>1,2,4,5,*</sup> , Szászi Brigitta <sup>2,3,4,6</sup> , Varga László <sup>1</sup> , Sütő László <sup>1,4,**</sup> .....	72
<b>AGRÁR-KÖRNYEZETTUDOMÁNY.....</b>	<b>75</b>
<b>KÜLÖNBÖZŐ BIOSZÉN DÓZISOK RÖVIDTÁVÚ HATÁSAI LABORATÓRIUMI KÖRÜLMÉNYEK KÖZÖTT BORSÓ TESZTNÖVÉNYEN .....</b>	<b>76</b>
Szőke Timea <sup>1,*</sup> , Abod Éva <sup>2,**</sup> .....	76
<b>FELISMERHETŐ-E A MIKOTOXINOK KONDÍCIÓRA GYAKOROLT HATÁSA EGYSZERŰ TEREPI VIZSGÁLATOKKAL A MAGYARORSZÁGI ÓZ ÉS A MEZEI NYÚL ÁLLOMÁNYOKBAN? .....</b>	<b>78</b>
Antal Adrián <sup>1,*</sup> , Maurer Máté <sup>1</sup> , Horváth Győző <sup>1</sup> , Horváth Adrienn <sup>1</sup> , Tóth Dániel <sup>1</sup> , Szőke Zsuzsanna <sup>2</sup> , Szemethy László <sup>1</sup> .....	78
<b>MIKOTOXINOK JELENLÉTE KÖRNYEZETÜNKBEN: VESZÉLYEZTETTEK-E A TERMÉSZETES POPULÁCIÓK? .....</b>	<b>80</b>
Maurer Máté <sup>1,*</sup> , Antal Adrián <sup>1,**</sup> , Lakatos István <sup>2</sup> , Strancinger Szilvia <sup>1</sup> , Dr. Ferencziné Szőke Zsuzsanna <sup>3</sup> , Szemethy László <sup>1</sup> .....	80
<b>ENVIRONMENTAL SCIENCES AND STUDIES .....</b>	<b>83</b>
<b>IMPROVED METHOD FOR <sup>210</sup>PO AND <sup>210</sup>BI DETERMINATION BY LIQUID SCINTILLATION COUNTING .....</b>	<b>84</b>
Bálint-Farkas Áron <sup>1</sup> , Begy Robert-Csaba <sup>2</sup> .....	84
Neliswa Mthethwa <sup>1,2,*</sup> , András Makó <sup>3,4</sup> , Magyar Tamás <sup>5,6</sup> , Péter Tamás Nagy <sup>5,6,**</sup> , Zsolt Kozma <sup>1,2,***</sup> .....	86
<b>TALAJNEDVESSÉG DINAMIKÁJÁNAK MODELLEZÉSE A MEGALAPOZOTT FENNTARTHATÓ TERÜLETHASZNÁLAT ÉS A VÍZMEGTARTÁS ÉRDEKÉBEN.....</b>	<b>87</b>

Neliswa Mthethwa <sup>1,2,*</sup> , András Makó <sup>3,4</sup> , Magyar Tamás <sup>5,6</sup> , Péter Tamás Nagy <sup>5,6,**</sup> , Zsolt Kozma <sup>1,2,***</sup> .....	87
<b>HAGYOMÁNYOS CEMENTÁLÁS VS. INNOVATÍV BIOLÓGIAI MÓDSZEREK: TALAJJAVÍTÁSI ELJÁRÁSOK ÖSSZEHASONLÍTÓ ELEMZÉSE</b> .....	<b>89</b>
Sirine Trabelsi <sup>1,*</sup> , Tóth Andrea <sup>2,**</sup> , Kántor Tamás <sup>3,***</sup> .....	89
<b>NEHÉZFÉM SZÁRMAZÉKOKKAL SZENNYEZETT, KIS PERMEABILITÁSÚ ÜLEDÉKES TALAJOKBAN A DESZORPCIÓ FOKOZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI</b> .....	<b>91</b>
Bacsó Tamás <sup>*</sup> .....	91
<b>POSZTEREK</b> .....	<b>93</b>
<b>A KÖZLEKEDÉS HATÁSÁNAK BECSLÉSE FALEVELEK PORMEGKÖTÉSE ÉS KLOROFILLTARTALMA ALAPJÁN</b> .....	<b>94</b>
Abriha-Molnár Vanda Éva <sup>1,2,*</sup> , Sipos Bianka <sup>1,2</sup> , Simon Edina <sup>1,2</sup> .....	94
<b>AZ URBANIZÁCIÓ HATÁSÁNAK BECSLÉSE FEHÉR MUSTÁRMAG (SINAPIS ALBA) HASZNÁLATÁN ALAPULÓ TOXIKOLÓGIAI TESZTTTEL</b> .....	<b>96</b>
Bárány Fanni Zsófia <sup>1,*</sup> , Sipos Bianka <sup>1,3</sup> , Tózsér Dávid <sup>1,2</sup> , Abriha-Molnár Vanda Éva <sup>1,3</sup> , Tóthmérész Béla <sup>1,4</sup> , Magura Tibor <sup>1,3</sup> , Czédli Herta <sup>5</sup> és Simon Edina <sup>1,3</sup> .....	96
<b>A PANNON ÉSZAKI POCOK (ALEXANDROMYS OECONOMUS MEHELYI) MOZGÁSKÖRZETÉNEK VIZSGÁLATA SÁSOS-NÁDAS ÉLŐHELYEN</b> .....	<b>98</b>
Gosztonyi Bence <sup>*</sup> , Szünstein Máté <sup>**</sup> , Horváth Győző <sup>***</sup> .....	98
<b>AUTOMATIZÁLT MINTA-ELŐKÉSZÍTÉSI MÓDSZER FEJLESZTÉSE BIO ÜZEMANYAGOK AMS C-14 MÉRÉSÉHEZ</b> .....	<b>100</b>
Hársasi Levente <sup>1,2,*</sup> , Hegedűs Réka <sup>1</sup> , Orsovszki Gergely <sup>3</sup> , Janovics Róbert <sup>3</sup> , Molnár Mihály <sup>1,3</sup> .....	100
<b>HÁROM REGIONÁLIS GYÖNGYBAGOLY (TYTO ALBA) POPULÁCIÓ TÁPLÁLÉK-ÖSSZETÉTELÉNEK FUNKCIONÁLIS DIVERZITÁSA</b> .....	<b>102</b>
Horváth Adrienn <sup>*</sup> , Csizmazia Csenge <sup>**</sup> , Hajdu Sarolta <sup>***</sup> , Horváth Győző <sup>****</sup> .....	102
<b>A SÜTTŐI (MAGYARORSZÁG) LÖSZ-PALEOTALAJ FELTÁRÁS RADIOKARBONOS VIZSGÁLATA</b> .....	<b>104</b>
Kertész Titanilla <sup>1,2,*</sup> , Buró Botond <sup>1</sup> , A.J. Timothy Jull <sup>1,4</sup> , Horváth Erzsébet <sup>3</sup> , Bartha Gabriella <sup>3</sup> , Molnár Mihály <sup>1</sup> .....	104
<b>FITOHORMON-TERMELŐ, SÓTÚRÓ BAKTÉRIUM IZOLÁTUMOK HATÁSA A KUKORICA NÖVEKEDÉSÉRE</b> .....	<b>106</b>
Drd. ing. NAGY Szidónia <sup>1,*</sup> , Dr. MARA Gyöngyvér <sup>2,**</sup> .....	106
<b>KISEMLŐSÖK KÖZÖSSÉGI SZINTÚ VÁLTOZÁSA MAGASSÁSOS ÉLŐHELYEN</b> .....	<b>108</b>
Pisch Henriett <sup>*</sup> , Kelemen Krisztina <sup>**</sup> , Szűcs Boldizsár <sup>***</sup> , Horváth Győző <sup>****</sup> .....	108

<b>A KARSZTOSODÁS INTENZITÁSÁNAK TERÜLETI ELOSZLÁSA AZ AKNASZLATINAI SÓBÁNYA TERÜLETÉN .....</b>	<b>110</b>
Gönczy Sándor <sup>1,4,*</sup> , Kinárov Krisztián <sup>2,**</sup> , Szedlák Dénes <sup>3</sup> , Sütő László <sup>4</sup> .....	110
<b>EVALUATING ATTERBERG LIMITS OF HYDROCARBON- CONTAMINATED CLAY SOILS: A COMPARATIVE STUDY OF LITERATURE DATA AND NEW EXPERIMENTAL FINDINGS .....</b>	<b>113</b>
Noémi Szász <sup>1</sup> , Andrea Tóth <sup>2</sup> .....	113
<b>AUTOMATIZÁLT RÁDIOTELEMETRIÁS RENDSZER ALKALMAZÁSA AZ ÉSZAKI POCOK (ALEXANDROMYS OECONOMUS) MOZGÁSMINTÁZATÁNAK VIZSGÁLATÁBAN .....</b>	<b>114</b>
Szünstein Máté <sup>*</sup> , Gosztonyi Bence <sup>**</sup> , Tóth Dániel <sup>***</sup> , Takács-Soós Anna, Szűcs Boldizsár, Horváth F. Győző.....	114
<b>ERDŐSÁVVAL HATÁROLT MEZŐGAZDASÁGI PARCELLA KISEMLŐS KÖZÖSSÉGÉNEK VÁLTOZÁSA AZ ŐSZI BÚZA ÉS AZ ARATÁST KÖVETŐ VISSZAZÖLDÍTÉS IDŐSZAKÁBAN .....</b>	<b>116</b>
Takács-Soós Anna <sup>*</sup> , Szabó Júlia, Poór Hanka, Horváth Győző .....	116
<b>DOLGOZATOK.....</b>	<b>121</b>
<b>INVESTIGATION OF HEAVY METALS DESORPTION ENHANCEMENT PROCEDURES IN LOW-PERMEABILITY CONTAMINATED SOILS .....</b>	<b>122</b>
Tamás Bacsó <sup>*</sup> .....	122
<b>A HAGYOMÁNYOS ÉS A NAGYÜZEMI ALFÖLDI GAZDÁLKODÁS ÖSSZEHASONLÍTÁSA A TANÓRÁKON.....</b>	<b>129</b>
Fabula Dominik Máté <sup>1,*</sup> , Dr. Kis Anna <sup>2,**</sup> , Gerenday Éva <sup>3</sup> , Dr. Angyal Zsuzsanna <sup>4</sup> .....	129
<b>VÍZMÉRLEG MODELL FELÉPÍTÉSE ÉS TESZTELESE DOMBVIDÉKI KISVÍZGYŰJTŐN .....</b>	<b>134</b>
Gömbös Imola <sup>*</sup> .....	134
<b>A TISZA-MENTI VÍZMEGTARTÁSI LEHETŐSÉGEK HATÁSAI VÍZIMADARAK ÖKOLÓGIAI HÁLÓZATÁRA .....</b>	<b>141</b>
Kutnyánszky Virág <sup>1,*</sup> , Dr. Szilvácsku Miklós Zsolt <sup>2,**</sup> .....	141
<b>MODELLING SOIL MOISTURE DYNAMICS FOR INFORMED SUSTAINABLE LAND MANAGEMENT AND WATER RETENTION INTERVENTIONS .....</b>	<b>148</b>
Neliswa Mthethwa <sup>1,2,*</sup> , András Makó <sup>3,4</sup> , Magyar Tamás <sup>5,6</sup> , Péter Tamás Nagy <sup>5,6,**</sup> , Zsolt Kozma <sup>1,2,***</sup> .....	148
<b>VÍZTESTEK UTÁNPÓTLÓDÁSI VISZONYAINAK VIZSGÁLATA KÖRNYEZETI IZOTÓPOKKAL AZ INDIAI VARANASI TÉRSÉGÉBEN.....</b>	<b>153</b>
Palcsu László <sup>1,*</sup> , Kállai Mariann <sup>1,**</sup> , Illés Lajos <sup>1,***</sup> , Molnár Mihály <sup>1</sup> , Horváth Anikó <sup>1</sup> , Temovski Marjan <sup>1</sup> , Abhinav Patel <sup>2</sup> , Shive Prakash Rai <sup>2</sup> .....	153

<b>A COMPARATIVE REVIEW OF A TRADITIONAL AND AN INNOVATIVE SOIL IMPROVEMENT METHODS: CEMENTATION AND BIOLOGICAL METHOD.....</b>	<b>159</b>
Sirine Trabelsi <sup>1,*</sup> , Andrea Tóth <sup>2,**</sup> , Tamás Kántor <sup>3,***</sup> .....	159
<b>EVALUATING ATTERBERG LIMITS OF HYDROCARBON-CONTAMINATED CLAY SOILS: A COMPARATIVE STUDY OF LITERATURE DATA AND NEW EXPERIMENTAL FINDINGS .....</b>	<b>173</b>
Noémi Szász <sup>1</sup> , Andrea Tóth <sup>2</sup> .....	173
<b>TÁMOGATÓK.....</b>	<b>186</b>

## TABLE OF CONTENTS

<b>PLENARY PRESENTATIONS</b> .....	<b>19</b>
<b>TYPES OF ENVIRONMENTAL CHANGES CAN BE DETECTED ON 100, 1000, AND 10000 YEAR TIME SCALES FROM THE SEDIMENTS OF LAKES AND BOGS?</b> .....	<b>21</b>
Mihály Braun <sup>1,*</sup> , Zsuzsa Lisztes-Szabó <sup>1</sup> , Albert Tóth <sup>1</sup> , Katalin Hubay <sup>1</sup> , Dávid Sívágó <sup>1,2</sup> , Ádám Braun <sup>1</sup> , Anna Fruzsina Filep <sup>1</sup> .....	21
<b>LANDSCAPE ECOLOGY, ITS APPLICATIONS, AND ENVIRONMENTAL POLICY</b> .....	<b>23</b>
László Miklós .....	23
<b>DEVELOPMENT A GAS HANDLING SYSTEM FOR THE “HUN” TALL TOWER ICOS AIR MONITORING STATION (HEGYHÁTSÁL, HUNGARY)</b> .....	<b>25</b>
Mihály Molnár <sup>1,*</sup> , Balázs Áron Baráth <sup>1,2</sup> , Tamás Varga <sup>1,2</sup> , István Major <sup>1,2</sup> , Sándor Bán <sup>1</sup> , László Haszpra <sup>1</sup> .....	25
<b>FROM PAST TO PRESENT: ISSUES IN PALEOLIMNOLOGY/PALEOECOLOGY</b> .....	<b>26</b>
János Korponai <sup>*</sup> .....	26
<b>ECOLOGY</b> .....	<b>27</b>
<b>POSSIBLE INHIBITORY EFFECT OF <i>CHLORELLA VULGARIS</i> GREEN ALGA EXTRACT ON THE CYANOBACTERIUM <i>MICROCYSTIS AERUGINOSA</i></b> .....	<b>29</b>
Máté Tibor Aszalós <sup>1,2,*</sup> , Milán Riba <sup>3,4,**</sup> , István Bácsi <sup>1</sup> .....	29
<b>EFFECTS OF EXTREME WATER EVENTS ON BENTHIC DIATOM COMMUNITIES</b> .....	<b>31</b>
Stefánia Kiss <sup>1,2,*</sup> , Zsuzsanna Kókai <sup>1</sup> , Áron Lukács <sup>1,3</sup> , István Bácsi <sup>4</sup> , Kamilla Márton <sup>2,4</sup> , Enikő T-Krasznai <sup>1</sup> , Gábor Borics <sup>1</sup> , Viktória B-Béres <sup>1</sup> .....	31
<b>IMPACTS OF WATER RETENTION POSSIBILITIES ON ECOLOGICAL NETWORKS OF WATERBIRDS ALONG THE TISZA RIVER</b> .....	<b>33</b>
Virág Kutnyánszky <sup>1,*</sup> , Zsolt Miklós Szilvácsku PhD <sup>2,**</sup> .....	33
<b>PEPTIDE-TYPE CYANOBACTERIAL METABOLITES IN THE WAY OF SURVIVAL – LABORATORY EXPERIMENTS WITH THE GREEN ALGA <i>HAEMATOCOCCUS LACUSTRIS</i></b> .....	<b>35</b>
Kamilla Márton <sup>1,2,*</sup> , Máté Aszalós <sup>1,2</sup> , Milán Riba <sup>3</sup> , Gábor Vasas <sup>3</sup> , István Bácsi <sup>2</sup> .....	35
<b>SIZE CONDITION OF SHRUB SPECIES IN A HUNGARIAN MIXED OAK FOREST IN 2022</b> .....	<b>37</b>

Tamás Misik*	37
<b>SPIDERS (ARACHNIDA: ARANEAE) AS ECOLOGICAL INDICATORS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF ARTHROPOD COMMUNITIES ACROSS DIFFERENT FOREST TYPES.....</b>	<b>39</b>
Boglárka Opra <sup>1,*</sup> , István Urák <sup>2,**</sup>	39
<b>BIOINDICATION OF AIR QUALITY THROUGH THE STUDY OF <i>HEDERA HELIX</i> PLANTED IN BUS STOPS.....</b>	<b>41</b>
Bianka Sipos <sup>1,2,*</sup> , Vanda Éva Abriha-Molnár <sup>1,2</sup> , Dina Bibi <sup>1</sup> , Semonti Mukherjee <sup>1</sup> , Edina Simon <sup>1,2</sup>	41
<b>COMPARATIVE STUDY OF PEAT BOGS BASED ON THE STRUCTURE OF SPIDER COMMUNITIES .....</b>	<b>43</b>
István Urák <sup>1,*</sup> , Erika Tamási <sup>2</sup> , Andreea-Rebeka Zsigmond <sup>2</sup>	43
<b>ENVIRONMENTAL GEOLOGY AND GEOGRAPHY .....</b>	<b>45</b>
<b>ANALYSIS OF THE SOUTHEASTERN REGION OF CLUJ-NAPOCA FROM 2017 TO 2024, UTILIZING RADAR IMAGERIES AND INSIGHTS GATHERED FROM FIELD OBSERVATIONS.....</b>	<b>47</b>
Anna-Hajnalka Kerekes <sup>1</sup> , Szilárd Poszet <sup>2,*</sup>	47
<b>EXAMINATION OF WEATHERING IN LOESS-PALEOSOL PROFILES FROM NAGYMAROS AND ZEBEGÉNY .....</b>	<b>49</b>
Csilla Király <sup>1</sup> , József Szeberényi <sup>1</sup> , Fruzsina Gresina <sup>1</sup> , Gergely Jakab <sup>1</sup> , Péter Kónya <sup>2</sup> , István Viczián <sup>1</sup> , Máté Karlik <sup>3</sup> , Zoltán Szalai <sup>1,4</sup>	49
<b>EROSION OF HIKING TRAILS IN THE BÜKK MOUNTAINS.....</b>	<b>51</b>
Martin Virág <sup>1,*</sup> , Sándor Molják <sup>2,**</sup> , László Sütő <sup>3</sup>	51
<b>CONSTRUCTION AND TESTING OF A WATER BALANCE MODEL ON A SMALL HILLY WATERSHED.....</b>	<b>53</b>
Imola Gömbös*	53
<b>ENVIRONMENTAL CHEMISTRY AND PHYSICS .....</b>	<b>55</b>
<b>OVERVIEW OF THE POLLUTION IMPACT OF POTENTIALLY TOXIC ELEMENTS IN THREE EUROPEAN TRANSBOUNDARY RIVERS: SOURCES, IMPACTS AND MANAGEMENT STRATEGIES .....</b>	<b>57</b>
Ahmedin Hiya <sup>1,2,*</sup> , Győző Jordán <sup>3,**</sup> , Zsófia Kovács <sup>4</sup> , Katalin Dudás <sup>5</sup>	57
<b>ATMOSPHERIC CARBON DIOXIDE AND METHANE OBSERVATIONS IN DEBRECEN: MOLE FRACTION AND ISOTOPE RATIO MEASUREMENTS DURING THREE DIFFERENT SEASONS .....</b>	<b>59</b>
Balázs Áron Baráth <sup>1,2,3,*</sup> , Tamás Varga <sup>1,3</sup> , István Major <sup>1,3</sup> , Sándor Bán <sup>1</sup> , Zoltán Barcza <sup>4</sup> , Thomas Röckmann <sup>5</sup> , Jacqueline van Es <sup>5</sup> , Carina van der Veen <sup>5</sup> , Mihály Molnár <sup>1</sup>	59
<b>ADSORBABLE ORGANOFLUORINE (AOF) CONTENT IN THE WATER AND SEDIMENT PHASE OF THE DANUBE RIVER .....</b>	<b>61</b>
Esther Orenibi <sup>1,2,3,*</sup> , Péter Dobosy <sup>1,2</sup> , Sirat Sandil <sup>1,2</sup> , Gyula Záray <sup>1,2,4,**</sup>	61

<b>CHARACTERIZATION OF BIOBASED CARBON CONTENT AND ELEMENTAL COMPOSITION IN PLASTIC SAMPLES FROM HUNGARY .....</b>	<b>63</b>
Klaudia Nikoletta Pap <sup>1,*</sup> , Zsófi Sajtos <sup>2</sup> , Edina Baranyai <sup>2</sup> , Mihály Molnár <sup>1,3</sup> , Tamás Tábi <sup>4</sup> , Tamás Varga <sup>1,3</sup> .....	
<b>CONIFERS AS INDICATORS OF URBAN AIR POLLUTION IN CLUJ-NAPOCA .....</b>	<b>65</b>
<b>RECHARGE CONDITIONS AROUND VARANASI, INDIA, REVEALED BY ENVIRONMENTAL ISOTOPES.....</b>	<b>67</b>
László Palcsu <sup>1,*</sup> , Mariann Kállai <sup>1,**</sup> , Lajos Illés <sup>1</sup> , Mihály Molnár <sup>1</sup> , Anikó Horváth <sup>1</sup> , Marjan Temovski <sup>1</sup> , Abhinav Patel <sup>2</sup> , Shive Prakash Rai <sup>2</sup> .....	
<b>ENVIRONMENTAL EDUCATION .....</b>	<b>69</b>
<b>COMPARISON OF TRADITIONAL AND LARGE-SCALE LOWLAND FARMING IN THE CLASSROOM.....</b>	<b>71</b>
Fabula Dominik Máté <sup>1,*</sup> , Dr. Kis Anna <sup>2,**</sup> , Gerenday Éva <sup>3</sup> , Dr. Angyal Zsuzsanna <sup>4</sup> .....	
<b>ONE OF THE KEY COMPETENCIES OF ENVIRONMENTAL EDUCATION: SPATIAL ORIENTATION PILOT MEASUREMENT PRELIMINARY RESULTS .....</b>	<b>73</b>
Szilvia Kárpáti <sup>1,2,4,5,*</sup> , Brigitta Szászi <sup>2,3,4,6</sup> , László Varga <sup>1</sup> , László Sütő <sup>1,4,**</sup> .....	
<b>AGRICULTUR AND ENVIRONMENT .....</b>	<b>75</b>
<b>SHORT-TERM EFFECTS OF DIFFERENT BIOCHAR DOSES ON PEA TEST PLANT UNDER LABORATORY CONDITIONS.....</b>	<b>77</b>
Timea Szőke <sup>1,*</sup> , Éva Abod <sup>2,**</sup> .....	
<b>CAN THE EFFECT OF MYCOTOXINS ON CONDITION BE RECOGNIZED THROUGH SIMPLE FIELD STUDIES IN THE POPULATIONS OF ROE DEER AND BROWN HARE IN HUNGARY? .....</b>	<b>79</b>
Adrián Antal <sup>1,*</sup> , Máté Maurer <sup>1</sup> , Győző Horváth <sup>1</sup> , Adrienn Horváth <sup>1</sup> , Dániel Tóth <sup>1</sup> , Zsuzsanna Szőke <sup>2</sup> , László Szemethy <sup>1</sup> .....	
<b>THE IMPACT OF MYCOTOXINS IN OUR ENVIRONMENT: ARE NATURAL POPULATIONS IN DANGER?.....</b>	<b>81</b>
Máté Maurer <sup>1,*</sup> , Adrián Antal <sup>1,**</sup> , István Lakatos <sup>2</sup> , Szilvia Stranczinger <sup>1</sup> , Zsuzsanna Ferencziné Szőke Dr. <sup>3</sup> , László Szemethy <sup>1</sup> .....	
<b>ENVIRONMENTAL SCIENCES AND STUDIES IN ENGLISH.....</b>	<b>83</b>
<b>IMPROVED METHOD FOR <sup>210</sup>PO AND <sup>210</sup>BI DETERMINATION BY LIQUID SCINTILLATION COUNTING .....</b>	<b>84</b>
Áron Bálint-Farkas <sup>1</sup> , Robert-Csaba Begy <sup>2</sup> .....	
<b>STUDY OF SENSITIVITY OF TREE SPECIES TO THE AIR POLLUTION IN VIENNA.....</b>	<b>85</b>
Dina Bibi <sup>1</sup> , Dávid Tözsér <sup>1</sup> , Bianka Sipos <sup>1,2</sup> , Vanda Éva Molnár <sup>2</sup> , Béla Tóthmérész <sup>3</sup> , Edina Simon <sup>1,2</sup> .....	

<b>MODELLING SOIL MOISTURE DYNAMICS FOR INFORMED SUSTAINABLE LAND MANAGEMENT AND WATER RETENTION INTERVENTIONS .....</b>	<b>86</b>
<b>TRADITIONAL CEMENTATION VS. INNOVATIVE BIOLOGICAL METHODS: A COMPARATIVE REVIEW OF SOIL IMPROVEMENT PRACTICES .....</b>	<b>88</b>
Sirine Trabelsi <sup>1,*</sup> , Andrea Tóth <sup>2,**</sup> , Tamás Kántor <sup>3,***</sup> .....	88
<b>INVESTIGATION OF HEAVY METALS DESORPTION ENHANCEMENT IN LOW-PERMEABILITY CONTAMINATED SOILS.....</b>	<b>90</b>
Tamás Bacsó* .....	90
<b>RESEARCH ON OPTIMIZING CONDITIONS FOR MINERAL CARBONATION OF GYPSUM IN AMMONIA SOLUTION WITH BUTANEDIOL.....</b>	<b>92</b>
Temesgen Abeto Amibo <sup>1,2,*</sup> , Donata Konopacka-Lyskawa <sup>1</sup> .....	92
<b>POSTERS.....</b>	<b>93</b>
<b>ASSESSING THE IMPACT OF TRAFFIC ON THE DUST DEPOSITION AND CHLOROPHYLL CONTENT OF TREE LEAVES.....</b>	<b>95</b>
Vanda Éva Abriha-Molnár <sup>1,2,*</sup> , Bianka Sipos <sup>1,2</sup> , Edina Simon <sup>1,2</sup> .....	95
<b>RISK ASSESSMENT OF URBANIZATION WITH WHITE MUSTARD (SINAPIS ALBA L.) SEEDS .....</b>	<b>97</b>
Fanni Zsófia Bárány <sup>1,*</sup> , Bianka Sipos <sup>1,3</sup> , Dávid Tözser <sup>1,2</sup> , Vanda Éva Abriha-Molnár <sup>1,3</sup> , Béla Tóthmérész <sup>1,4</sup> , Tibor Magura <sup>1,3</sup> , Herta Czédli <sup>5</sup> , Edina Simon <sup>1,3</sup> .....	97
<b>STUDY OF THE HOME-RANGE OF THE PANNONIAN ROOT VOLE (ALEXANDROMYS OECONOMUS MEHELYI) IN SEDGE AND REED HABITAT .....</b>	<b>99</b>
Bence Gosztonyi*, Máté Szünstein**, Győző Horváth*** .....	99
<b>DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED SAMPLE PREPARATION METHOD FOR AMS C-14 MEASUREMENT OF BIO FUELS.....</b>	<b>101</b>
Levente Hársasi <sup>1,2,*</sup> , Réka Hegedűs <sup>1</sup> , Gergely Orsovski <sup>3</sup> , Róbert Janovics <sup>3</sup> , Mihály Molnár <sup>1,3</sup> .....	101
<b>FUNCTIONAL DIVERSITY OF THE FOOD COMPOSITION OF THREE REGIONAL WESTERN BARN OWL (TYTO ALBA) POPULATIONS .....</b>	<b>103</b>
Adrienn Horváth, Csenge Cszizmazia, Sarolta Hajdu, Győző Horváth .....	103
<b>RADIOCARBON ANALYSIS OF THE LOESS-PALEOSOL SECTION IN SÜTTŐ (HUNGARY).....</b>	<b>105</b>
Titanilla Kertész <sup>1,2,*</sup> , Botond Buró <sup>1</sup> , A.J. Timothy Jull <sup>1,4</sup> , Erzsébet Horváth <sup>3</sup> , Gabriella Bartha <sup>3</sup> , Mihály Molnár <sup>1</sup> .....	105
<b>EFFECT OF PHYTOHORMONE-PRODUCING, SALT-TOLERANT BACTERIAL ISOLATES ON MAIZE PLANT GROWTH .....</b>	<b>107</b>
Szidónia Nagy Drd. ing. <sup>1,*</sup> , Gyöngyvér Mara Dr. <sup>2,**</sup> .....	107



<b>COMMUNITY-LEVEL RESPONSE OF SMALL MAMMALS IN A MARSHLAND HABITAT .....</b>	<b>109</b>
Henriett Pisch*, Krisztina Kelemen**, Boldizsár Szűcs***, Győző Horváth**** .....	109
<b>SPATIAL DISTRIBUTION OF KARSTIFICATION INTENSITY IN THE AREA OF THE AKNASZLATINA SALT MINE .....</b>	<b>111</b>
Sándor Gönczy <sup>1,4,*</sup> , Krisztián Kinárov <sup>2,**</sup> , Dénes Szedlák <sup>3</sup> , László Sütő <sup>4</sup> .....	111
<b>EVALUATING ATTERBERG LIMITS OF HYDROCARBON-CONTAMINATED CLAY SOILS: A COMPARATIVE STUDY OF LITERATURE DATA AND NEW EXPERIMENTAL FINDINGS .....</b>	<b>112</b>
Noémi Szász <sup>1</sup> , Andrea Tóth <sup>2</sup> .....	112
<b>EXAMINING MOVEMENT PATTERNS OF THE PANNONIAN ROOT VOLE (<i>ALEXANDROMYS OECONOMUS MEHELYI</i>) USING AUTOMATED RADIOTELEMETRY SYSTEM .....</b>	<b>115</b>
Máté Szünstein*, Bence Gosztonyi**, Dániel Tóth***, Anna Takács-Soós <sup>4</sup> Boldizsár Szűcs <sup>5</sup> , Győző F. Horváth <sup>6</sup> .....	115
<b>CHANGES IN THE SMALL MAMMAL COMMUNITY OF AN AGRICULTURAL PARCEL BORDERED BY A FOREST DURING THE PERIOD OF WINTER WHEAT AND POST-HARVEST REGREENING .....</b>	<b>117</b>
Anna Takács-Soós*, Júlia Szabó, Hanka Poór, Győző Horváth .....	117
<b><sup>210</sup>PB DATING METHOD: APPLICABILITY AND LIMITATIONS .....</b>	<b>118</b>
Róbert-Csaba Begy <sup>1,2</sup> .....	118
<b><i>GINGKO BILOBA</i> AND ITS PIGMENTS AS POTENTIAL BIOINDICATOR TO ASSESS THE LEVEL OF AIR POLLUTION.....</b>	<b>119</b>
Semonti Mukherjee <sup>1</sup> , Dina Bibi <sup>1</sup> , Bianka Sipos <sup>1,2</sup> , Vanda Éva Abriha-Molnár <sup>1,2</sup> , László Orlóci <sup>3</sup> , Szilvia Kisvarga <sup>3</sup> , Viktor Oláh <sup>4</sup> , Béla Tóthmérész <sup>5</sup> , Tibor Magura <sup>1,2</sup> , Edina Simon <sup>1,2</sup> .....	119
<b>ENVIRONMENTAL RISKS AND POSSIBILITIES OF TETRACYCLINE IN PHYTOREMEDIATION.....</b>	<b>120</b>
Szilárd Székely-Varga*, Eszter Rápó**, Szende-Ágnes Tonk*** .....	120
<b>SCIENTIFIC PAPERS .....</b>	<b>121</b>
<b>INVESTIGATION OF HEAVY METALS DESORPTION ENHANCEMENT PROCEDURES IN LOW-PERMEABILITY CONTAMINATED SOILS .....</b>	<b>122</b>
Tamás Bacsó* .....	122
<b>A HAGYOMÁNYOS ÉS A NAGYÜZEMI ALFÖLDI GAZDÁLKODÁS ÖSSZEHASONLÍTÁSA A TANÓRÁKON.....</b>	<b>129</b>
Fabula Dominik Máté <sup>1,*</sup> , Dr. Kis Anna <sup>2,**</sup> , Gerenday Éva <sup>3</sup> , Dr. Angyal Zsuzsanna <sup>4</sup> .....	129
<b>VÍZMÉRLEG MODELL FELÉPÍTÉSE ÉS TESZTELÉSE DOMBVIDÉKI KISVÍZGYŰJTŐN .....</b>	<b>134</b>
Gömbös Imola* .....	134

<b>A TISZA-MENTI VÍZMEGTARTÁSI LEHETŐSÉGEK HATÁSAI VÍZMADARAK ÖKOLÓGIAI HÁLÓZATÁRA .....</b>	<b>141</b>
Kutnyánszky Virág <sup>1,*</sup> , Dr. Szilvácsku Miklós Zsolt <sup>2,**</sup> .....	141
<b>MODELLING SOIL MOISTURE DYNAMICS FOR INFORMED SUSTAINABLE LAND MANAGEMENT AND WATER RETENTION INTERVENTIONS .....</b>	<b>148</b>
Neliswa Mthethwa <sup>1,2,*</sup> , András Makó <sup>3,4</sup> , Magyar Tamás <sup>5,6</sup> , Péter Tamás Nagy <sup>5,6,**</sup> , Zsolt Kozma <sup>1,2,***</sup> .....	148
<b>VÍZTESTEK UTÁNPÓTLÓDÁSI VISZONYAINAK VIZSGÁLATA KÖRNYEZETI IZOTÓPOKKAL AZ INDIAI VARANASI TÉRSÉGÉBEN.....</b>	<b>153</b>
Palcsu László <sup>1,*</sup> , Kállai Mariann <sup>1,**</sup> , Illés Lajos <sup>1,***</sup> , Molnár Mihály <sup>1</sup> , Horváth Anikó <sup>1</sup> , Temovski Marjan <sup>1</sup> , Abhinav Patel <sup>2</sup> , Shive Prakash Rai <sup>2</sup> .....	153
<b>A COMPARATIVE REVUIW OF A TRADITIONAL AND AN INNOVATIVE SOIL IMPROVEMENT METHODS: CEMENTATION AND BIOLOGICAL METHOD.....</b>	<b>159</b>
Sirine Trabelsi <sup>1,*</sup> , Andrea Tóth <sup>2,**</sup> , Tamás Kántor <sup>3,***</sup> .....	159
<b>EVALUATING ATTERBERG LIMITS OF HYDROCARBON- CONTAMINATED CLAY SOILS: A COMPARATIVE STUDY OF LITERATURE DATA AND NEW EXPERIMENTAL FINDINGS .....</b>	<b>173</b>
Noémi Szász <sup>1</sup> , Andrea Tóth <sup>2</sup> .....	173
<b>SPONSORS.....</b>	<b>186</b>

**PLENÁRIS ELŐADÁSOK**

**PLENARY PRESENTATIONS**

# MILYEN KÖRNYEZETI VÁLTOZÁSOK MUTATHATÓK KI 100, 1000 ÉS 10000 ÉVES IDŐSKÁLÁN A TAVAK ÉS LÁPOK ÜLEDÉKÉBŐL?

Braun Mihály<sup>1,\*</sup>, Lisztes-Szabó Zsuzsa<sup>1</sup>, Tóth Albert<sup>1</sup>, Hubay Katalin<sup>1</sup>,  
Sóvágó Dávid<sup>1,2</sup>, Braun Ádám<sup>1</sup>, Filep Anna Fruzsina<sup>1</sup>

<sup>1</sup> HUN-REN ATOMKI, 4026 Debrecen, Bem tér 18/C

<sup>2</sup> Debreceni Egyetem, Kémia Tudományok Doktori Iskola, Pf. 400, 4032 Debrecen

\* [braun.mihaly@atomki.hu](mailto:braun.mihaly@atomki.hu)

**Kulcsszavak:** paleoklimatológia, paleoökológia, tavak, lápok, környezetrekonstrukció

**Összefoglaló:** A csapadékban gazdag, belvízzel és árvízzel sújtott időszakok, az elhúzódozó hőség és aszály miatt emlékezetes nyarak időről időre felvetik a kérdést, hogy mi vár ránk? Ezek rövid időszakok, és csupán az időjárás szeszélye miatt fordulnak elő, vagy a kutatók (elégge pesszimista hangulatú) előrejelzései kezdenek valóra válni? Ehhez jönnek a bizonyítottan emberi hatásra bekövetkezett környezeti katasztrófák, melyek aggodalomra adhatnak okot (pl. atombomba robbantások, a csernobili baleset, a Tiszát ért cianid és a folyókat ért nehézfém szennyezések, újabban a mikroműanyagok). Mennyi ideig érezhetőek ezek hatásai? Alapvető probléma, hogy az emberi élet meglehetősen rövid, ha hosszát a geológiai folyamatok időskálájához mérjük. A kutatási projekteknek általában néhány éven belül eredményt kell produkálniuk. Az úgynevezett „long-term” projektek kifizetési ideje is általában 10-20 év, mivel a lelkesedés idővel alábbhagy, a vezető kutatók nyugdíjba mennek, meghalnak, az anyagi források kimerülnek. Felvetődik a kérdés, hogy hogyan és meddig lehetne kiterjeszteni az időskálát, hogy a környezeti változásokról megbízható képet kapjunk? A tavakban és lápokban zajló üledékképződési folyamatok segítségünkre lehetnek. A tavi élet által termelt anyagok (az elhalt élőlények maradványai, ill. bomlástermékei), a levegőből közvetlenül kiülepedett anyagok, valamint a vízgyűjtő területéről bemosott anyagok alkotják az üledéket, mely évről évre gyarapodik a tavak medrében. A lápokban a növényzet által termelt szervesanyag dominál, de a képződő tőzegben a légköri kiülepedés, ill. a vízgyűjtő terület eróziójából származó anyagok szintén megjelennek. Ha meg tudjuk határozni az üledék rétegek korát, valamint összefüggést tudunk találni az üledékben meghatározható abiotikus és biotikus komponensek, valamint a környezetváltozások között, akkor a környezetváltozások időbeni lefutása vizsgálhatóvá válik. A paleoökológiai és paleolimnológiai kutatások, melyek az utolsó 15 000 év környezeti változásait tárják fel, jelentős fejlődésen mentek végbe az elmúlt 50 évben. A kormeghatározás, az állati és növényi mikro-, ill. makrofossziliák, az erdőtüzek kimutatására alkalmas mikroporne, a szemcseméret elemzés, az elemanalitika, a radioaktív és stabil izotópok vizsgálata, valamint a probléma komplex és multidiszciplináris megközelítése lehetővé tette viszonylag bonyolult környezeti folyamatok részletes rekonstrukcióját. Előadásunkban bemutatjuk, hogy a Tisza hullámtéri holtágaiban zajló üledék-képződési folyamatok hogyan tükrözik az árvizek, aszályok és nehézfém-szennyezések hatásait 100 éves időskálán. Magyarországi lápok üledékvizsgálatai alapján bemutatjuk, hogy a növényzet és a talajképző folyamatok hogyan változhatnak meg 1000 éves időtartamban. A hosszabb, 10000 évet átfogó folyamatokról pedig a Kárpátok magashegyeségi tavainak vizsgálati eredményei alapján mutatunk be környezeti rekonstrukciókat.

# TYPES OF ENVIRONMENTAL CHANGES CAN BE DETECTED ON 100, 1000, AND 10000 YEAR TIME SCALES FROM THE SEDIMENTS OF LAKES AND BOGS?

Mihály Braun<sup>1,\*</sup>, Zsuzsa Lisztes-Szabó<sup>1</sup>, Albert Tóth<sup>1</sup>, Katalin Hubay<sup>1</sup>,  
Dávid Sóvágó<sup>1,2</sup>, Ádám Braun<sup>1</sup>, Anna Fruzsina Filep<sup>1</sup>

<sup>1</sup> HUN-REN ATOMKI, H-4026 Debrecen, Hungary, Bem tér 18/C

<sup>2</sup> University of Debrecen, H-4032, Debrecen, Hungary, Egyetem tér 1.

\* [braun.mihaly@atomki.hu](mailto:braun.mihaly@atomki.hu)

**Keywords:** palaeoclimatology, palaeoecology, lakes, bogs, environmental reconstruction

**Abstract:** Wet periods with floods and heavy rains, hot summers, and droughts raise the question from time to time: what will be waiting for us in the future? Are these just short periods and random fluctuations, or are pessimistic researchers' forecasts that become true? There are human impacts (nuclear bomb tests, reactor accidents, environmental problems, e.g. Chernobyl, cyanide and heavy metal pollution of River Tisa, microplastics), that we should be worried about. How long do these effects last? A fundamental problem is that human life is utterly short compared to geological processes' timescale. Moreover, research projects routinely have to produce results within a few years. The so-called "long-term" projects also commonly have a lifespan only of 10-20 years, as enthusiasm wanes over time, leading researchers retire, die, and financial resources run out. The question arises: How could the timescale be extended to obtain a reliable picture of environmental changes? The sedimentation processes taking place in lakes and bogs can help us. The materials produced by lakes (remains or decomposition products of dead organisms), materials deposited directly from the air, and materials washed in from the watershed area form the sediment, which increases year after year in the lake beds. In bogs, organic matter produced by vegetation dominates, but the peat that forms also contains materials from atmospheric deposition and erosion of the watershed area. If we can determine the age of the sediment layers and find a correlation between the abiotic and biotic components that can be determined in the sediment and environmental changes, then the course of environmental changes over time can be reconstructed. Paleoecological and paleolimnological research, which explores environmental changes over the last 15,000 years, has made significant progress in the past 50 years. Age determination, animal and plant micro- and macrofossils, microash suitable for detecting forest fires, grain size analysis, elemental analysis, radioactive and stable isotope studies, and a complex and multidisciplinary approach to the problem have enabled the detailed reconstruction of relatively complex environmental processes. In our presentation, we will demonstrate how sediment formation processes in the Tisza floodplain backwaters reflect the effects of floods, droughts, and heavy metal pollution on a 100-year timescale. Based on sediment studies of Hungarian bogs, we will demonstrate how vegetation and soil formation processes can change over a 1000-year period. We present environmental reconstructions of longer processes spanning 10,000 years based on the results of studies of high-mountain lakes in the Carpathians.

# A TÁJÖKOLÓGIAI TUDOMÁNYOK, ALKALMAZÁSAI ÉS A KÖRNYEZETPOLITIKA

Miklós László

Szlovák Tudományos Akadémia, Tájökológiai Intézet, Pozsony, Štefánikova 3, P.O. Box: 254,  
SK - 81499 Bratislava  
laszlo.miklos@savba.sk

**Kulcsszavak:** tájökológia, alap kutatás, környezettudomány, tomácsolástudomány

**Összefoglaló:** A geográfiai/tájökológiai alap kutatások és az ezekből eredő alkalmazott kutatások jelentős mértékben jelen vannak a környezetvédelmi döntéshozatalban és a területi tervezésekben. Ezért jogos elgondolkozni azon, meddig tart az alaptudomány, hol kezdődik és milyen mértékű a tudomány alkalmazása, valamint mi szükséges a tudományok effektív alkalmazásához a környezetvédelemben. A kérdés azért fontos, mert sajnos a tudományok és a gyakorlat között még mindig létezik szakadék, a hírhedt „gap”, és hogy esetleg szükséges-e az alkalmazáshoz egy külön új metatudomány e szakadék áthidalására. Külön lérdés, hogy kinek lenne a feladata e híd felépítése?

Néhány példa a természetföldrajz/tájökológiától a környezetpolitikáig tartó alkalmazások fokozatairól: A morfometria tópiikus, chóríkus és topochóríkus mutatói kutatása bizonyosan alap kutatás. Ezek térbeli összefüggései, a lejtődinamika zónák, a víz és anyagbilancia már némi alkalmazás, az erózióveszély és művelhetőség már alkalmazott tudomány, az optimális földhasználat pedig már tervezési gyakorlat. Másik: az abiokomplexum, a biotóp és a tájtakaró összefüggései alap kutatások, a geoökoszisztémák ökológiai jelentőség és a területi ökológiai stabilitás alkalmazott kutatás, a zöldfelület szükségessége és tervezése már gyakorlat. Ugyanígy jelezhetjük a geoökoszisztéma definíciója – a célirányos interpretációk – tájökológiai tervezés sort is. Mennyire vannak itt jelen a szakadékok és a hidak?

Mi a helyzet a környezetvédelemmel? És a környezetpolitikával? Ez tudomány, vagy alkalmazás? Újra feltehető a kérdés: jelen vannak-e a szakadékok és a hidak? Milyen tudomány kell a környezetvédelemhez?

Ha közhellyel merünk élni, bátran kijelenthetjük, hogy a környezetvédelemhez ágazatcsoportokon átnyúló – esetleg holisztikusnak titulált – diszciplínák szükségesek. De ez közhely! Ezek ötvözte lenne a környezettudomány? És mi kell a fenntertható fejlődéshez, a környezetpolitikához? Az enviro-econo-socio hármas pillér összehangolásához? Ha nem akarunk közhellyel élni, talán megkísérelhetjük hogy ezekhez az ismert tudományokon kívül szükséges valamiféle „tudományalkalmazás és tudománytolmácsolás tudomány”. Ez viszont már lényegesen nehezebb dió, mert ilyen tudományt nem is ismerünk, nem is műveljük, nem is oktatjuk, nincs is pontos szillabusza.

Mit szeretnénk és mit tehetünk mi, a tudósok. Bizonyára azt, hogy amit felkutatunk, minnél előbb alkalmazva legyen a gyakorlatban. A döntéshozók viszont némileg más véleményen vannak, előnybe helyezik azokat a megoldásokat, amelyek minnél előbb sikereket muttanak fel (legjobb, ha már 4 év alatt), nem pedig a fenntartható fejlődés (végtelen?) időskálájában.

Tehát a szakadék létezik. Mit tegyünk a tudomány és az oktatás terén? Valamiképpen dolgozni kell a „tudományalkalmazás és a tudománytolmácsolás tudománya” feltalálásában. Ennek a lényege felkutatni azt a kommunikációs hullámhosszat, amelyik összeköti a szakadékokat „adó” (tudomány) és a „vevő” (döntéshozás) között!

Ez bizonyára nehéz, de nagyszerű feladat.

# LANDSCAPE ECOLOGY, ITS APPLICATIONS, AND ENVIRONMENTAL POLICY

László Miklós

Institute of Landscape Ecology of the Slovak Academy of Sciences, Štefánikova 3, P.O. Box: 254,  
SK - 81499 Bratislava  
*laszlo.miklos@savba.sk*

**Keywords:** Landscape ecology, basic research, environmental sciences, interpretation science

**Abstract:** Geographical/landscape ecological basic research and the applied research derived from it play a significant role in environmental decision-making and spatial planning. Therefore, it is justified to reflect on where basic science ends, where application begins, and to what extent science is applied, as well as what is necessary for the effective application of science in environmental protection. This question is important because, unfortunately, there is still a gap—the notorious “gap”—between science and practice, and whether a new meta-science is needed to bridge this gap. Another question is: whose responsibility would it be to build this bridge?

A few examples of the stages of application from physical geography/landscape ecology to environmental policy: The study of morphometric topical, choric, and topochoric indicators is undoubtedly basic research. Their spatial relationships, slope dynamics zones, water and material balance already involve some application, erosion risk and cultivability fall under applied science, and optimal land use is already part of planning practice. Another example: the relationships of the abio-complex, biotope, and landscape cover are basic research, the ecological significance of geo-ecosystems and regional ecological stability are applied research, while the necessity and planning of green infrastructure are already practice. Similarly, we can analyze the sequence from the definition of geo-ecosystems to targeted interpretations and landscape ecological planning. To what extent are the gaps and bridges present here?

What about environmental protection? And environmental policy? Is it science or application? The question can be raised again: are there gaps and bridges? What kind of science is needed for environmental protection? If we dare to use a cliché, we can boldly state that it requires interdisciplinary—perhaps even holistic—disciplines. But this is a cliché! Would their combination constitute environmental science? And what is needed for sustainable development and environmental policy? For the coordination of the environmental-economic-social triple pillar? If we do not want to rely on clichés, perhaps we can attempt to argue that, in addition to the known sciences, some kind of “science of science application and interpretation” is needed. However, this is a much tougher nut to crack because such a science is neither known, nor practiced, nor taught, and it lacks a precise syllabus.

What do we, the scientists, want and what can we do? Surely, we want what we discover to be applied in practice as soon as possible. Decision-makers, however, have a slightly different opinion, favoring solutions that demonstrate success as quickly as possible (preferably within 4 years), rather than on the (infinite?) timescale of sustainable development.

Thus, the gap exists. What should we do in the fields of science and education? We must somehow work on inventing the “science of science application and interpretation.” Its essence would be to discover the communication wavelength that connects the “sender” (science) and the “receiver” (decision-making) across the gap!

This is undoubtedly a difficult but magnificent task.

# GÁZKEZELŐ RENDSZER FEJLESZTÉSE A „HUN” MAGASTORNYOS ICOS LÉGKÖRMEGFIGYELŐ ÁLLOMÁSHOZ (HEGYHÁTSÁL, MAGYARORSZÁG)

Molnár Mihály<sup>1,\*</sup>, Baráth Balázs Áron<sup>1,2</sup>, Varga Tamás<sup>1,2</sup>, Major István<sup>1,2</sup>,  
Bán Sándor<sup>1</sup>, Haszpra László<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INTERACT Központ, HUN-REN Atommagkutató Intézet, H-4026, Debrecen, Bem tér 18/c,  
Magyarország

<sup>2</sup> Isotoptech Zrt, H-4026, Debrecen, Bem tér 18/c, Magyarország

\* [mmol@atomki.hu](mailto:mmol@atomki.hu)

**Kulcsszavak:** üvegházhatású gázok, légkör, fosszilis szén, magas torony, gázelemzés

**Összefoglaló:** Magyarország csatlakoztatásának az ICOS ERIC hálózathoz célja az ICOS hálózat földrajzi lefedettségének bővítése volt Kelet-Európa felé. Mivel Magyarország Európában a nyugati szelek övezetében található, a meglévő ICOS hálózattól keletre mérőállomások hozzáadása jelentősen csökkentheti a kontinentális légköri CO<sub>2</sub> és CH<sub>4</sub> keveredési modellek bizonytalanságát. A HUN állomás csatlakozása óta (majdnem) az ICOS legkelembb légköri háttérállomása. Az ICOS hálózat nagy elvárásokat támaszt minden, a megfigyelőrendszerhez csatlakozni kívánó megfigyelő állomással szemben. Ezen elvárások közé tartozik a legmagasabb minőség biztosítása és az állomásokon elérhető legkorszerűbb berendezések alkalmazása. A hálózatra csatlakozni kívánó atmoszférikus állomásoknak maguknak kell fejleszteniük gázkezelő rendszerüket. Ez a követelmény további felelősséget ró az állomások üzemeltetőire saját rendszereik létrehozásában, lehetővé téve számukra, hogy a gázkezelési folyamatokat egyedi igényeik szerint és az ICOS hálózati specifikációinak megfelelően alakítsák.

A HUN állomás gázkezelő rendszere az ATOMKI és az Isotoptech Zrt. együttműködésében épült ki, amelyet kereskedelmi célú felhasználásra is fejlesztettek. Ez a kifejlesztett rendszer 2022 tavasza óta működik Hegyhátsálon. A rendszer alapja egy Picarro analízátor (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> és H<sub>2</sub>O), melynek működéséhez megfelelően szűrt és száraz levegő szükséges. Az elvárásoknak megfelelően a kifejlesztett rendszer megfelel az összes ICOS követelménynek, beleértve a minimális válaszüjtőt, a memóriahatások kezelését és a megfelelő öblítési kapacitás biztosítását. Öt, egymástól független mintavételi magasságban működik (115 m, 82 m, 50 m, 10 m és egy tartalék) 10 l/perc mintavételi sebességgel. Mindegyik szint 2 mikronos szűrőket használ a Picarro előtt, és egy többportos VALCO forgószelep működik a hatékony és pontos környezeti ÜHG gázelemzés érdekében. 2022-től a megfigyelőállomás négy mintavételi szinten folyamatosan méri a CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> és egyéb nyomgázok légköri koncentrációját. A gázkezelő rendszer minimális karbantartási igényvel rutinszerű üzemelés mellett, megbízhatónak és állandóan működőképesnek bizonyult 500 km-es távolságból (Debrecenből) történő távirányítás mellett is, jelentős fennakadás nélkül.

Ez a munka az Innovációs és Technológiai Minisztérium Kooperatív Doktori Program ösztöndíjprogramjának szakmai támogatásával a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból és a PARIS projekt (820846 sz. Támogatási Szerződés) támogatásával valósult meg, amelyet az Európai Bizottság a Horizont 2020 kutatási programon keresztül finanszíroz.



# DEVELOPMENT A GAS HANDLING SYSTEM FOR THE “HUN” TALL TOWER ICOS AIR MONITORING STATION (HEGYHÁTSÁL, HUNGARY)

Mihály Molnár<sup>1,\*</sup>, Balázs Áron Baráth<sup>1,2</sup>, Tamás Varga<sup>1,2</sup>, István Major<sup>1,2</sup>,  
Sándor Bán<sup>1</sup>, László Haszpra<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INTERACT Centre, HUN-REN Institute for Nuclear Research, H-4026, Bem tér 18/c, Debrecen,  
Hungary

<sup>2</sup> Isotoptech Zrt, H-4026, Debrecen, Bem tér 18/c, Hungary

\* [mmol@atomki.hu](mailto:mmol@atomki.hu)

**Keywords:** greenhouse gas, atmosphere, fossil carbon, tall tower, gas analyses

**Abstract:** The main goal of ICOS Hungary was to expand the geographical coverage of the ICOS network towards Eastern Europe. As Hungary is located in the zone of westerlies winds in Europe, adding measurement stations East of the existing ICOS network may significantly reduce the uncertainty of the continental atmospheric CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> budget models. Since the joining of HUN it is (almost) the easternmost ICOS atmospheric background station.

ICOS has high expectations for all the stations seeking to join the observation system. These expectations include ensuring the highest quality and employing state-of-the-art equipment available in the stations. Atmospheric stations wishing to connect to the network has to develop their gas handling systems themselves. This requirement places additional responsibility on the operators of stations to create their own systems, allowing them to tailor gas handling processes to their unique needs and in accordance with ICOS network specifications.

The gas handling system for the HUN station, was built in the collaboration between ATOMKI and Isotoptech Zrt., that has been developed for the possibility of commercial use also. This developed system has been operational in Hegyhatsal since the spring of 2022. The core of the system's is a Picarro analyzer (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and H<sub>2</sub>O), that requires properly filtered and semidried air for operation. According to the expectations, the developed system meets all the ICOS requirements, including minimized response time, addressing memory effects, and ensuring appropriate flushing capacity. It operates in five independent sampling height (at HUN connected to elevations at 115 m, 82 m, 50 m, 10 m and a spare one) with a sampling rate of 10 l/min. Each line uses 2-micron filters before the Picarro, and one multi-port VALCO rotary valve runs for efficient and precise environmental GHG gas analysis.

From 2022 the monitoring station continuously measures atmospheric concentrations of CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, and other trace gases at the four sampling levels. The gas handling system has undergone one year of routine operation with minimal maintenance requirements, proving to be reliable and consistently operational even while it is managed remotely from a distance of 500 km, without significant disruptions.

This work was done with the professional support of the Doctoral Student Scholarship Program of the Cooperative Doctoral Program of the Ministry of Innovation and Technology financed from the National Research, Development and Innovation Fund and supported by the PARIS project (Grant Agreement No. 820846), which is funded by the European Commission through the Horizon 2020 research programme.

# MÚLTBÓL A JELENBE: PALEOLIMNOLÓGIA/PALEOÖKOLÓGIA KÉRDÉSEI

Korponai János\*

Nemzeti Közszolgálati Egyetem

\* *korponaijanos@gmail.com*

**Kulcsszavak:** paleolimnológia, környezeti változások, tavi ökoszisztéma

**Összefoglaló:** A paleolimnológia a tavi üledéket tanulmányozza. Az üledékrétegekben megőrződnek a vízgyűjtőn, illetve a tavi ökoszisztémában lezajlott folyamatok lenyomatai. Ezáltal az üledék tanulmányozásával egészen a messzi régmúlt eseményei is felsejlenek előttünk, lehetővé téve azt, hogy a különböző környezeti változások irányát, dinamikáját megértsük. Ehhez azonban tisztába kell lennünk azokkal az fizikai, kémiai, és ökológiai folyamatokkal, amely alapján az adott környezet rekonstruáljuk, és a rekonstrukciók sorozatából megfejtsük a környezetváltozások okát, irányát és dinamikáját. Előadásomban néhány példán szeretném bemutatni azokat a csapdahelyzeteket, amelyek az őskörnyezet rekonstrukciót veszélyeztetik.

## FROM PAST TO PRESENT: ISSUES IN PALEOLIMNOLOGY/PALEOECOLOGY

János Korponai\*

National University of Public Service

\* *korponaijanos@gmail.com*

**Keywords:** Palaeolimnology, environmental changes, lake ecosystem

**Abstract:** Palaeolimnology is the study of lake sediments. The sediment preserves traces of the processes that have taken place in watersheds and lakes. In this way, studying sediments can reveal events from the past, allowing us to understand the direction and dynamics of different environmental changes. To do this, however, we need to understand the physical, chemical and ecological processes by which we reconstruct the environment and, from a series of reconstructions, decipher the cause, direction and dynamics of environmental change. In my presentation, I would like to give some examples to illustrate the pitfalls that threaten the reconstruction of past environments.

**ÖKOLÓGIA**

**ECOLOGY**

# **CHLORELLA VULGARIS ZÖLDALGA KIVONAT LEHETSÉGES GÁTLÓ HATÁSA *MICROCYSTIS AERUGINOSA* CIANOBAKTÉRIUMRA**

Aszalós Máté Tibor<sup>1,2,\*</sup>, Riba Milán<sup>3,4,\*\*</sup>, Bácsi István<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Debreceni Egyetem, Hidrobiológiai Tanszék, 4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

<sup>2</sup> Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola, 4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

<sup>3</sup> Debreceni Egyetem, Növénytani Tanszék, 4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

<sup>4</sup> HUN-REN–Balatoni Limnológiai Kutatóintézet, 8237 Tihany, Klebelsberg Kuno utca 3.

\* [aszalos.mate@science.unideb.hu](mailto:aszalos.mate@science.unideb.hu), \*\* [riba.milan@blki.hu](mailto:riba.milan@blki.hu)

**Kulcsszavak:** eukarióta alga, cianobaktérium, allelopátia

**Összefoglaló:** Allelopátia során a mikroorganizmusok olyan másodlagos anyagcseretermékeket juttatnak a környezetükbe, melyek pozitívan vagy negatívan hatnak a velük azonos mikrobiális közösségben élő fajok növekedésére, ezáltal akár kompetíciós előnyhöz is juttatva a termelőt. Az eukarióta algák és a cianobaktériumok közötti interakciókról számos kutatás úgy számol be, hogy a cianobaktériumok előnyt élveznek az algákkal szemben. Ugyanakkor egyre több tanulmány bizonyítja azt, hogy az eukarióta algák is termelnek olyan metabolitokat amelyek gátolják a cianobaktériumok növekedését.

A kutatásunk során a *Chlorella vulgaris* zöldalga biomassza metanolos kivonatának hatását vizsgáltuk *Microcystis aeruginosa* cianobaktérium növekedésére, illetve tápanyag felvételére. A 800 nm-en mért optikai denzitás eredményei alapján elmondható, hogy a kezelés gátolta a növekedést, nagyobb kivonat koncentrációk (0,4 – 1,6 mg/ml) esetén szignifikáns mértékben. A növekedés vizsgálatának részét képezte a spektrális tulajdonságok alapján elkülöníthető fő fikobiliproteinek: a fikocianin, allofikocianin és a fikoeritrin mennyiségének meghatározása. Kis kivonat-koncentrációjú kezelésekben (0,2 mg/ml) szignifikánsan nagyobb volt az összes fikobiliprotein mennyisége a kontrollhoz, illetve a nagy kivonat tartalmú kezelésekhez képest. A nagyobb kivonat-koncentrációval végzett kezelések nem okoztak szignifikáns eltérést a fikobiliprotein-koncentrációban a kontrollhoz képest. A zöldalga kivonat *M. aeruginosa* tápanyagfelvételére gyakorolt hatását a nitrogén- és foszforformák koncentráció-változásának mérésével követtük nyomon, ahol szignifikáns változást nem észleltünk.

Összegzésképpen elmondható, hogy a zöldalga kivonat gátolta a cianobaktérium növekedését, ez a gátlás azonban a sejtek fikobiliprotein-tartalma alapján nem mondható el. Továbbá a zöldalga kivonat nem gyakorolt hatást a cianobaktérium tápanyag-felvételére.

# POSSIBLE INHIBITORY EFFECT OF *CHLORELLA VULGARIS* GREEN ALGA EXTRACT ON THE CYANOBACTERIUM *MICROCYSTIS AERUGINOSA*

Máté Tibor Aszalós<sup>1,2,\*</sup>, Milán Riba<sup>3,4,\*\*</sup>, István Bácsi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> University of Debrecen, Department of Hydrobiology, H-4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

<sup>2</sup> Pál Juhász-Nagy Doctoral School of Biology and Environmental Science, H-4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

<sup>3</sup> University of Debrecen, Department of Botany, H-4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

<sup>4</sup> HUN-REN–Balaton Limnological Research Institute, H-8237 Tihany, Klebelsberg Kuno utca 3.

\* [aszalos.mate@science.unideb.hu](mailto:aszalos.mate@science.unideb.hu), \*\* [riba.milan@bki.hu](mailto:riba.milan@bki.hu)

**Keywords:** eukaryotic algae, cyanobacteria, allelopathy

**Abstract:** During allelopathy, microorganisms release secondary metabolites into their environment that have a positive or negative effect on the growth of species in the same microbial community, thereby giving the producer a competitive advantage. Many studies on interactions between eukaryotic algae and cyanobacteria report that cyanobacteria have an advantage over algae. However, the increasing number of studies show that eukaryotic algae also produce metabolites that could be able to inhibit the growth of cyanobacteria.

In this study, the effect of methanolic extract of the green alga *Chlorella vulgaris* biomass on the growth and nutrient uptake of the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* was investigated. The results of optical density measured at 800 nm showed that the treatment inhibited the growth significantly at high extract concentration (0.4 – 1.6 mg/ml). The growth measurement included the quantification of the major phycobiliproteins, phycocyanin, allophycocyanin and phycoerythrin, based on their spectral properties. Treatment with low extract concentration (0.2 mg/ml) caused significantly higher levels of total phycobiliproteins compared to control and high extract treatments, respectively. The treatments with higher extract concentrations did not cause a significant difference in the concentrations of phycobiliproteins compared to the control. The effect of the green alga extract on the nutrient uptake of *M. aeruginosa* was monitored by measuring the concentrations of nitrogen and phosphorus forms, where no significant change was observed.

In conclusion, the green alga extract inhibited the growth of the cyanobacterium, but this inhibition could not be predicted from the phycobiliprotein content of the cells. Furthermore, the green alga extract had no effect on the nutrient uptake of the cyanobacterium.

# SZÉLSŐSÉGES VÍZJÁRÁS BEVONATALKOTÓ ALGAKÖZÖSSÉGEKRE GYAKOROLT HATÁSA

Kiss Stefánia<sup>1,2,\*</sup>, Kókai Zsuzsanna<sup>1</sup>, Lukács Áron<sup>1,3</sup>, Bácsi István<sup>4</sup>,  
Márton Kamilla<sup>2,4</sup>, T-Krasznai Enikő<sup>1</sup>, Borics Gábor<sup>1</sup>, B-Béres Viktória<sup>1</sup>

<sup>1</sup> HUN-REN Ökológiai Kutatóközpont, Vízi Ökológiai Intézet, Tisza-kutató Osztály, Funkcionális Alológiai Kutatócsoport, H-4026 Debrecen, Bem tér 18/c.

<sup>2</sup> Debreceni Egyetem, Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola, H-4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

<sup>3</sup> University of Helsinki, Lammi Biological Station, Pääjärventie 320, 16900, Finnország

<sup>4</sup> Debreceni Egyetem, Hidrobiológiai Tanszék, H-4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

\* *stefaniakiss007@gmail.com*

**Kulcsszavak:** klímaváltozás, kiszáradás, kovaalga, védett fajok

**Összefoglaló:** Az éghajlatváltozás szélsőséges jelenségei, mint a hirtelen áradások vagy a hosszan tartó aszályok, jelentős nyomást gyakorolnak a vízi közösségekre. Ezek az extrémítások befolyásolják a vizek hidrológiai állapotát, amely végül a közösségszerkezet összetételének változásában is megjelenik. Munkánkban egy éven keresztül nyolc alföldi kisvízfolyás kovaalga közösségének taxonómiai és jelleg eloszlását, diverzitását és természetvédelmi jelentőségét (védett fajok száma) vizsgáltuk, figyelembe véve a vízfolyás állandóságát (állandó és időszakos) és időszakos vízfolyások fázisait (áramló, álló és száraz). Jelentős különbségeket feltételeztünk az állandó és időszakos vízfolyások között, amelyeket a taxonómiai és jellegösszetétel, valamint a diverzitás vizsgálatok eredményei is megerősítettek. Az időszakos vízfolyások különböző fázisai, azaz a szárazodás folyamata a közösség szerkezetében is jelentős változásokat okozott. Egyértelműen meghatározhatók voltak az állandó és időszakos vízfolyások, valamint az egyes fázisok karakterfajai és jellegei, valamint több védett fajt is azonosítottunk. Eredményeink azt mutatták, hogy az időjárási szélsőségek még rövidebb időskálán is jelentős környezeti nyomást gyakorolnak a kovaalga közösségekre, amit mindenképpen figyelembe kell venni a további természetvédelmi és vízgazdálkodási intézkedéseknél, valamint a Víz Keretirányelv által előírt ökológiai állapotértékelésnél.

# EFFECTS OF EXTREME WATER EVENTS ON BENTHIC DIATOM COMMUNITIES

Stefánia Kiss<sup>1,2,\*</sup>, Zsuzsanna Kókai<sup>1</sup>, Áron Lukács<sup>1,3</sup>, István Bácsi<sup>4</sup>,  
Kamilla Márton<sup>2,4</sup>, Enikő T-Krasznai<sup>1</sup>, Gábor Borics<sup>1</sup>, Viktória B-Béres<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Tisza Research, Hungarian Academy of Sciences, Centre for Ecological Research, Danube Research Institute, H-4026 Debrecen, Bem square 1, Debrecen, Hungary

<sup>2</sup> University of Debrecen Juhász-Nagy Pál Doctoral School/ University of Debrecen Department of Hydrobiology, Egyetem tér 1, 4032 Debrecen, Hungary

<sup>3</sup> University of Helsinki, Lammi Biological Station, Pääjärventie 320, 16900, Finland

<sup>4</sup> Department of Hydrobiology, University of Debrecen, H-4032 Debrecen Egyetem square 1, Debrecen, Hungary

\* *stefaniakiss007@gmail.com*

**Keywords:** climate change, droughts, diatoms, protected species

**Abstract:** Extreme climate change events, such as flash floods or prolonged droughts, have a significant impact on aquatic communities. These events also have an impact on the hydrological characteristics of waters, which can be reflected in compositional changes of aquatic assemblages. In this study, we investigated the taxonomic and trait composition, diversity and conservation status (number of protected species) of diatom communities in eight small lowland watercourses in 2020. We analysed different stream types, including both permanent and intermittent streams, as well as three hydrological phases of intermittent watercourses, such as flowing, standing, and dry phases. We hypothesized significant compositional differences between stream types, which were confirmed by the results. The drying process also resulted in significant changes in assemblages' structure. Character species and traits of permanent and intermittent watercourses and of each phase were clearly defined, as were several protected species. Our findings indicate that weather extremes can have considerable impact on diatom communities, even over a brief period. This should be considered in future conservation and water management measures, as well as in the Water Framework Directive-based ecological status assessment.

# A TISZA-MENTI VÍZMEGTARTÁSI LEHETŐSÉGEK HATÁSAI VÍZIMADARAK ÖKOLÓGIAI HÁLÓZATÁRA

Kutnyánszky Virág<sup>1,\*</sup>, Dr. Szilvácsku Miklós Zsolt<sup>2,\*\*</sup>

<sup>1</sup> Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Tájépítészeti és Tájökológiai Doktori Iskola, 1118 Budapest, Villányi út 29-43

<sup>2</sup> Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Tájtervezési és Területfejlesztési Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út 29-43

\* [kut.virag@gmail.com](mailto:kut.virag@gmail.com), \*\* [szilvacsku.miklos.zsolt@uni-mate.hu](mailto:szilvacsku.miklos.zsolt@uni-mate.hu)

**Kulcsszavak:** ökológia, természetvédelem, vízmegtartás, fenntartható tájhasználat, térinformatika

**Összefoglaló:** Az utóbbi években tapasztalt vízhiányos nyarakkal, az Alföldet érintő drasztikus aszálykárokkal egyértelművé vált, hogy újfajta víz- és tájgazdálkodási szemléletre van szükség. A probléma megoldására többféle kezdeményezés indult, mi azonban ezek közül a Tisza vízének megtartására irányuló tervekben látunk lehetőséget. Kutatásunkban azt vizsgáljuk, hogy ez a koncepció milyen hatással lesz az ökológiai kapcsolatokra a Tisza mentén. Az ökológiai hálózat feltárásához két indikátorfajt használtunk: a fattyúszerkőt (*Chlidonias leucopterus*) és a bóbicet (*Vanellus vanellus*), melyek mind vizes élőhelyekhez kötődő fajok, azonban eltérő preferenciákkal rendelkeznek. A fattyúszerkő a holtágak környékén, mocsarakban gyakori, fészket telepesen, mélyvízű területek növényzetére rakja. A bóbicet nedves réteket, gyepet és szántókat kedveli, ezen területek eltűnése miatt hazai állománya az utóbbi harminc évben kevesebb mint a felére csökkent. A két madárfaj ökológiai hálózatának térképezését a least-cost-path (LCP) módszerrel végeztük. A számításhoz szükséges magélőhelyeket és az ellenállás-térképeket a felszínborítás, a foltméret és a vizek mélysége alapján határoztuk meg. A modellezést két scenárióra készítettük el: a jelenlegi használatra, valamint a mélyártéri tározók feltöltésével létrejött módosult tájhasználati viszonyokra. A víz jelenléte alapján jósltuk meg a térség várható felszínborítását, az ebből származtatott élőhelyi preferencia-térképeket, valamint az LCP modellezés eredményeként létrejött folyosók és útvonalak segítségével pedig meghatároztuk a vízmegtartási lehetőségek hatásait a két faj ökológiai hálózatára.



# IMPACTS OF WATER RETENTION POSSIBILITIES ON ECOLOGICAL NETWORKS OF WATERBIRDS ALONG THE TISZA RIVER

Virág Kutnyánszky<sup>1,\*</sup>, Zsolt Miklós Szilvácsku PhD<sup>2,\*\*</sup>

<sup>1</sup> Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Doctoral School of Landscape Architecture and Landscape Ecology, 1118 Budapest, Villányi út 29-43

<sup>2</sup> Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Landscape Architecture, Urban Planning and Garden Art, 1118 Budapest, Villányi út 29-43

\* [kut.virag@gmail.com](mailto:kut.virag@gmail.com), \*\* [szilvacsku.miklos.zsolt@uni-mate.hu](mailto:szilvacsku.miklos.zsolt@uni-mate.hu)

**Keywords:** ecology, nature protection, water retention, sustainable land use, GIS

**Abstract:** In recent years, the water-scarce summers and severe droughts affecting the Great Plain have highlighted the need for a new approach to water and landscape management. While several initiatives have been implemented to address this issue, we see a promising opportunity in plans aimed at conserving the water of the Tisza River. Our research investigates how this effort will impact the ecological relationships along the Tisza. To examine the ecological network, we focused on two indicator species: the whiskered tern (*Chlidonias leucopterus*) and the northern lapwing (*Vanellus vanellus*). Both of these wetland-associated species have distinct habitat preferences. The whiskered tern, which is commonly found in marshes and estuaries, nests in colonies on vegetation in deeper water areas. The common lapwing prefers wet meadows, grasslands, and cultivated fields. However, due to the decline of these habitats, its population has decreased by more than half in the last 30 years. We mapped the ecological network of the two species using the least-cost path (LCP) method. We identified the core area sites and developed resistance maps based on land cover, patch size, and water depth. Modelling was conducted for two scenarios: current land use and modified land use conditions resulting from the filling of deep reservoirs. We used the presence of water to predict the expected land cover in the area. The resulting habitat preference maps, along with the corridors and linkages identified through LCP modelling, were determined the impact of water retention on the ecological networks of the two species.

# PEPTID TÍPUSÚ CIANOBAKTERIÁLIS METABOLITOK A TÚLÉLÉS ÚTJÁBAN – LABORATÓRIUMI KÍSÉRLETEK A *HAEMATOCOCCUS LACUSTRIS* ZÖLDALGÁVAL

Márton Kamilla<sup>1,2,\*</sup>, Aszalós Máté<sup>1,2</sup>, Riba Milán<sup>3</sup>, Vasas Gábor<sup>3</sup>, Bácsi István<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Debreceni Egyetem, TTK, Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola, 4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

<sup>2</sup> Debreceni Egyetem, TTK, Hidrobiológiai Tanszék, 4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

<sup>3</sup> Debreceni Egyetem, TTK, Növénytani Tanszék, 4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

\* [marton.kamilla@science.unideb.hu](mailto:marton.kamilla@science.unideb.hu)

**Kulcsszavak:** mikrocisztin-LR, anabaenopeptinek, cisztaképzés, astaxanthin

**Összefoglaló:** A cianobaktériumok tömeges megjelenésének gyakorisága és intenzitása megnövekedett az elmúlt évtizedek során. Számos kutatás igazolta, hogy a cianobaktériumok tömeges megjelenése negatívan befolyásolja a fitoplankton biodiverzitását és dinamikáját, az ökoszisztéma működését. Ezek alapján felvetődik a kérdés, hogy a cianobaktériumok által termelt metabolitok csak az adott pillanatban jelen lévő eukarióta algák vegetatív állapotára gyakorolnak hatást, vagy esetleg hosszú távon is befolyásolhatják azok túlélését. A cianotoxinok eukarióta algák nyugalmi stádiumainak kialakulására gyakorolt hatásairól hiányosak az ismereteink. Kísérleteink során ezért két cianobakteriális kivonat (mikrocisztin-LR termelő *Microcystis aeruginosa* és anabaenopeptineket termelő *Nostoc* sp.) cisztaképzésre és a ciszták érési folyamataira gyakorolt hatásait vizsgáltuk a *Haematococcus lacustris* modellszervezet esetében. Eredményeink igazolták, hogy mindkét cianobakteriális kivonat hatást gyakorolt a cisztaképzés és -érés folyamatára: a *M. aeruginosa* kivonat zavart okozott a karotinoidok és azon belül is elsősorban a túlélés szempontjából kulcsfontosságú astaxanthin felhalmozásában, míg a *Nostoc* kivonat a ciszták kialakulását gátolta, a pigmentfelhalmozás főként az ostoros sejtekben indult meg, amelyek nagyobb koncentrációk esetén elpusztultak. A pigment-összetétel változása mellett, az összes lipid-tartalom kisebb volt a kivonatokkal kezelt tenyészetekben a kontroll tenyészetéhez képest. A túlélést biztosító anyagcseretermékek felhalmozása elengedhetetlen a ciszta életképességének szempontjából, így minden közvetett vagy közvetlen hatás annak érési folyamatára csökkenti a túlélés lehetőségét a kedvezőtlen környezeti feltételek között. Eredményeink azt sugallják, hogy a cianobakteriális metabolitok (köztük a másodlagos anyagcseretermékek) a kitartóképletképzésre és -érésre gyakorolt negatív hatásai miatt hosszú távon a következő vegetatív periódusra is befolyással lehetnek.

# PEPTIDE-TYPE CYANOBACTERIAL METABOLITES IN THE WAY OF SURVIVAL – LABORATORY EXPERIMENTS WITH THE GREEN ALGA *HAEMATOCOCCUS LACUSTRIS*

Kamilla Márton<sup>1,2,\*</sup>, Máté Aszalós<sup>1,2</sup>, Milán Riba<sup>3</sup>, Gábor Vasas<sup>3</sup>, István Bácsi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> University of Debrecen, Juhász-Nagy Pál Doctoral School, Egyetem square 1., H-4032, Debrecen

<sup>2</sup> University of Debrecen, Faculty of Science and Technology, Department of Hydrobiology, Egyetem square 1., H-4032, Debrecen

<sup>3</sup> University of Debrecen, Faculty of Science and Technology, Department of Botany, Egyetem square 1., H-4032, Debrecen

\* [marton.kamilla@science.unideb.hu](mailto:marton.kamilla@science.unideb.hu)

**Keywords:** microcystin-LR, anabaenopeptins, cyst formation, astaxanthin

**Abstract:** The frequency and intensity of cyanobacterial mass productions increased over the past decades. Many studies reported that cyanobacterial mass productions affect negatively the biodiversity and dynamics of phytoplankton and ecosystem functioning. The question arises, whether cyanobacterial metabolites affect only the vegetative state of eukaryotic algae during the bloom, or they may also influence their survival in the long term. Our knowledge of the effects of cyanobacterial metabolites on the development of eukaryotic algal resting stages is incomplete. Therefore the goal of this study was to investigate the effects of two cyanobacterial extracts (microcystin-LR containing *Microcystis aeruginosa* and anabaenonepeptins containing *Nostoc* sp. extract) on cyst formation and maturation processes in the model organism *Haematococcus lacustris*. Our results demonstrated that both cyanobacterial extracts had adverse effects on cyst formation and maturation: *M. aeruginosa* extract interfered with the accumulation of carotenoids, especially astaxanthin, which is crucial for survival, while *Nostoc* extract inhibited cyst formation, resulting pigment accumulation mainly in flagellated cells, which perished at higher extract concentrations. Next to the changes in the pigment composition, the total lipid content was lower in the extract treated cultures compared to control. The accumulation of metabolites is essential for the viability of the cyst, so any indirect or direct effect on its maturation reduces the possibility of survival under unfavorable environmental conditions. Our results suggest that cyanobacterial metabolites (including secondary ones) may have a negative long-term influence on the next vegetative period as well, due to their negative effects on the formation and maturation of cysts.

# CSERJEFAJOK MÉRET JELLEMZŐI EGY MAGYARORSZÁGI TÖLGYES ERDŐBEN 2022-BEN

Misik Tamás\*

Környezettudományi és Tájökológiai Tanszék, Eszterházy Károly Katolikus Egyetem,  
Magyarország, 3300 Eger, Eszterházy tér 1.

\* [misik.tamas@uni-eszterhazy.hu](mailto:misik.tamas@uni-eszterhazy.hu)

**Kulcsszavak:** Cserjeszint, Magas cserjék, Átlagos magasság, Hajtás átmérő, Lombméret

**Összefoglaló:** A világszerte leírt tölgypusztulásról a mintaterületen először 1979/80-ban számoltak be a mérsékelt övi kocsánytalan-cseres tölgyes lombhullató erdőben (*Quercetum petraeae-cerridis* Soó 1963) észak-Magyarországon. A fapusztulás jelentős strukturális változásokat eredményezett a cserjeközösségben. Mindezek ellenére viszonylag kevés tudományos cikk foglalkozik a cserjékkel, és azok tölgypusztulást követő méret-paramétereikkel. Jelen kutatás célja meghatározni a magas cserjék (>1.0 m-es magasság) jellemző méreteit és összevetni az egyes mintaterületeken élő fajok átlagos paramétereit a 2022-es felmérés alapján. A négy mintaterületen a következő méréseket végeztük el minden egyednél: magasság, hajtás átmérő és lombvetület. 6-9 őshonos magas cserje fajt találtunk az alsó növényi szint mintaterületein; 6 faj mindegyik mintaterületen jelen volt. A magas cserjék átlagos magassága és hajtásátmérője 1,22–25,2 m, illetve 0,84–11,88 cm között változott. A mintanégyzetekben a mezei juhar (*Acer campestre* L.) egyedei nőttek a legmagasabbra 8,6 méterrel; öt követte a húsos som (*Cornus mas* L.) és a Tatár juhar (*Acer tataricum* L.) 5,3 és 4,4 m-el. A hajtásátmérő mérésénél is azonos sorrendet találtunk. A mezei juhar egyedei voltak átlagosan a legvastagabbak 11,9 cm-el, utána a húsos som és a Tatár juhar következett 7,7 és 6,3 cm-es átlagos hajtásátmérővel. A magas cserjefajok átlagos lombmérete 0,11-15,26 m<sup>2</sup> között változott a 2022-es vegetációs időszakban. Az átlagos lombméretek mérésénél ugyancsak az előző paramétereknél megállapított sorrendet kaptuk. Legnagyobb lombvetülete a mezei juhar egyedeinek volt 15,3 m<sup>2</sup>-el. Az egyutas varianciaelemzés nem szignifikáns ( $p > 0.05$ ) eltérést jelzett a mintaterületek magas cserje méreteinél, úgymint a magasság, a hajtásátmérő és a lombborítás adatsorainál. Eredményeink azt mutatják, hogy a mintaterületeken a cserjék méretjellemzői hasonlóak voltak, és érdemes a hajtásmagasság és a hajtásátmérő kapcsolatot alaposabban vizsgálni.

# SIZE CONDITION OF SHRUB SPECIES IN A HUNGARIAN MIXED OAK FOREST IN 2022

Tamás Misik\*

Department of Environmental Sciences and Landscape Ecology, Eszterházy Károly Catholic  
University, Hungary, 3300 Eger, Eszterházy sq. 1.

\* [misik.tamas@uni-eszterhazy.hu](mailto:misik.tamas@uni-eszterhazy.hu)

**Keywords:** Shrub layer, High shrubs, Mean height, Shoot diameter, Foliage cover

**Abstract:** All over the world reported oak decline it was first detected in 1979-80 in a mixed sessile oak-Turkey oak temperate deciduous forest (*Quercetum petraeae-cerridis* Soó 1963) in the study site on northern Hungary. This decline resulted in structural changes of the shrub community. Despite of this, relatively few scientific papers deal with shrub communities and their size parameters after oak death. The goal of this research was to determine the size condition on high shrub layer (>1.0 m in height) and to compare the average parameters of species in each sample site based on the last measurement in 2022. Following measurements were performed in four plots: height, shoot diameter and foliage cover of each individual. 6-9 native high shrub species were observed in the understory plots; 6 species were present continuously in each plot. The mean height and shoot diameter distribution of high shrubs varied between 1.22–10.18 m and between 0.84–11.88 cm, respectively. In the sample sites, the highest species was field maple (*Acer campestre* L.) with 8.6 m, followed them by European cornel (*Cornus mas* L.) and Tatar maple (*Acer tataricum* L.) with 5.3 and 4.4 m, respectively. The same order was found for the measurement of the shoot diameter. The field maple was the thickest with an average of 11.9 cm, followed them by European cornel and Tatar maple with an average shoot diameter of 7.7 and 6.3 cm, respectively. The mean foliage cover of high shrub species changed between 0.11–15.26 m<sup>2</sup> in the vegetation period of 2022. For the average canopy size measurements, the same order as for the previous parameters was obtained. The largest foliage canopy was detected by field maple with 15.3 m<sup>2</sup>. One-way Analysis of Variance indicated a non-significant difference ( $p > 0.05$ ) among high shrub species' size condition such as height, diameter and cover datasets on sample plots. Our results suggest that on plots the size characteristics of the shrubs were similar and it is worth to investigate the relationship between shoot height and shoot diameter in more detail.

# PÓKOK (ARACHNIDA: ARANEAE), MINT ÖKOLÓGIAI INDIKÁTOROK: ERDŐTÍPUSOK ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATA AZ ÍZELTLÁBÚ KÖZÖSSÉGEK ELEMZÉSÉVEL

Opra Boglárka<sup>1,\*</sup>, Urák István<sup>2,\*\*</sup>

<sup>1</sup> Brassói Transilvania Egyetem, Erdészeti és Fakitermelési Kar, Sirul Beethoven utca 1., 500123  
Brassó, Románia

<sup>2</sup> Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Sepsiszentgyörgyi Kar, 520036 Sepsiszentgyörgy,  
Csíki utca 50., Románia

\* *opraboglarka97@gmail.ro*, \*\* *urakistvan@uni.sapientia.ro*

**Kulcsszavak:** Anguliphantes silli, természetes erdő, kezelt erő, biodiverzitás, ízeltlábúak

**Összefoglaló:** Az európai mérsékelt égövi erdőinek fejlődése jelentős mértékben átalakult az emberi tevékenységek hatására. Az erdőben rejlő természeti erőforrások túlzott használata, valamint a középkor jelentős erdőirtásai és a modern kor ipari erdőgazdálkodása ellenére mégis fennmaradtak olyan területek, amelyek érintetlen természeti állapotukat megőrizték.

Jelen tanulmány fő célja annak vizsgálata, hogy miként különbözik egy kezelt és egy természetes erdő ízeltlábú közössége. Az összehasonlítás során külön figyelmet fordítottunk a rendszertani csoportok diverzitására és a pókközösségek szerkezetének elemzésére. Hipotézisünk szerint a természetes erdők fajgazdagsága nagyobb és a természetes élőhelyeket kedvelő fajok aránya magasabb, mint a kezelt erdőkben.

A vizsgált erdőrészek Kovászna-megyében, a Hargita-hegységben (Dél-Hargita) találhatóak, a IV. Málnásfürdő kezelési egység részét képezik. A mintavétel talajcspadák használatával történt, aminek eredményeként összesen 7318 ízeltlábú begyűjtése valósult meg. A természetes erdőrészekben kisebb volt az egyedszám, de magasabb lett a diverzitás, mint a kezelt erdőrészekben, ami igazolja a hipotézisünket.

A pókok faji szintig meghatározva 29 fajt azonosítottunk 18 családból. Ezek közül a *Cetonana laticeps* (Canestrini, 1868) több európai országban védelem alatt áll, míg az *Anguliphantes silli* (Weiss, 1987) eddig kizárólag csak romániai területéről ismert, és közel negyven évvel ezelőtti leírása óta ez az első alkalom, hogy ismét jelzésre került a faj az országban. Mindkét erdőtípusban a természetes és természetközeli élőhelyeket kedvelő fajok domináltak, azonban a természetes erdőben különösen magas volt azoknak a pókoknak az aránya, amelyek kizárólag érintetlen élőhelyeken fordulnak elő.

Az eredmények azt mutatják, hogy a pókok érzékenyen reagálnak az élőhelyek minőségi változásaira. A közösségek szerkezetének tanulmányozása az ökológiai indikáció révén segíthet a környezeti változások és az ökoszisztémák állapotának, valamint szukcessziós folyamatainak monitorozásában.

# SPIDERS (ARACHNIDA: ARANEAE) AS ECOLOGICAL INDICATORS: A COMPARATIVE ANALYSIS OF ARTHROPOD COMMUNITIES ACROSS DIFFERENT FOREST TYPES

Boglárka Opra<sup>1,\*</sup>, István Urák<sup>2,\*\*</sup>

<sup>1</sup> Transilvania University of Braşov, Faculty of Silviculture and Forest Engineering, Sirul Beethoven str. 1., 500123 Braşov, Romania

<sup>2</sup> Sapientia Hungarian University of Transylvania, Faculty of Life Sciences and Sports, 520036 Sfântu Gheorghe, Csíki str. 50., Romania

\* *opraboglarka97@gmail.ro*, \*\* *urakistvan@uni.sapientia.ro*

**Keywords:** Anguliphantes silli, natural forest, managed forest, biodiversity, arthropods

**Abstract:** The development of temperate forests in Europe was significantly shaped by human activities. Despite the overuse of natural resources within forests, extensive deforestation during the Middle Ages, and modern industrial forestry practices, some areas have managed to retain their pristine natural condition.

The primary goal of this study is to investigate the differences between the arthropod communities of a managed forest and a natural forest. The comparison focuses on the diversity of taxonomic groups and the structural composition of spider communities. Our hypothesis posits that natural forests exhibit greater species richness and a higher proportion of species that favor natural habitats compared to managed forests.

The examined forest sections are located in Covasna County, in the Harghita Mountains (Southern Harghita), and are part of the IV. Málnásfürdő management unit. The sampling was conducted using pitfall traps, resulting in the collection of a total of 7,318 arthropods. In the natural forest patch, the number of individuals was lower, but the diversity was higher compared to the managed forest patch, which supports our hypothesis.

The spiders were identified to the species level. A total number of 29 species from 18 families were identified. Among them, *Cetonana laticeps* (Canestrini, 1868) is protected in several European countries, while *Anguliphantes silli* (Weiss, 1987) is endemic to Romania, and this is the first record of this species in the country since its original description nearly forty years ago. In both forest types, species preferring natural and semi-natural habitats were dominant; however, in the natural forest, the proportion of species that occur exclusively in undisturbed habitats was particularly high.

The results indicate that spiders respond sensitively to changes in habitat quality. Data from their community structure analysis can aid in monitoring environmental changes, ecosystem conditions, and ecological successional processes.

# A LEVEGŐMINŐSÉG BIOINDIKÁLÁSA BUSZMEGÁLLÓKBA TELEPÍTETT *HEDERA HELIX* VIZSGÁLATÁVAL

Sipos Bianka<sup>1,2,\*</sup>, Abriha-Molnár Vanda Éva<sup>1,2</sup>, Bibi Dina<sup>1</sup>,  
Mukherjee Semonti<sup>1</sup>, Simon Edina<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Debreceni Egyetem, Természettudományi és Technológiai Kar, Biológiai és Ökológiai Intézet,  
Ökológiai Tanszék, 4032. Debrecen, Egyetem tér 1.;

<sup>2</sup> HUN-REN-DE Antropocén Ökológia Kutatócsoport, 4032. Debrecen, Egyetem tér 1.

\* [sipos.bianka@science.unideb.hu](mailto:sipos.bianka@science.unideb.hu)

**Kulcsszavak:** légszennyezettségi tolerancia index, APTI, porterhelés, közönséges borostyán

**Összefoglaló:** A közlekedéshez kapcsolódó finom és ultrafinom porrészecskék a városi levegő minőségét befolyásoló legfontosabb szennyező anyagok közé tartoznak, amelyek napi határértékeit több városi régióban is túllépi. Kutatásunk során 12 hónapon keresztül vizsgáltuk a közönséges borostyán (*Hedera helix*) érzékenységét a légszennyezettséggel szemben.

A mintavétel Debrecen városában, 37 buszmegálló utasváró pavilonjai mellett kihelyezett acélhálóra futtatott borostyánfalaknál történt, míg kontrollként a várostól távolabb eső, zavartalan terület szolgált mintavételi pontként. A levélfelületen ülepedett por mennyiségét, a levelek klorofill- és aszkorbinsavtartalmát, pH-értékét, relatív nedvességtartalmát vizsgáltuk, illetve légszennyezettségi tolerancia indexet számoltunk (APTI). A vizsgálat során kapott eredményeink alapján számszerűsíteni kívántuk az évszakok és a városrészek közötti szennyezettségbeli eltéréseket.

A levelek felszínén ülepedett por koncentrációja a kontrollhoz képest a téli évszakban a városi területek több mint felében szignifikánsan nagyobb volt, továbbá télen és tavasszal a városközpontban szignifikánsan magasabb porterhelés volt mérhető a többi mintavételi ponthoz képest. A levelek klorofilltartalma a megállók jelentős részében minden évszakban szignifikánsan eltért a kontroll terület eredményétől, és nyár kivételével minden évszakban korrelált a városközponttól mért távolsággal, tehát a szennyezettség mértékével. Az APTI-érték a téli évszakban a megállók több, mint felében szignifikánsan magasabb volt, mint a kontroll minták APTI-értéke. Eredményeink alátámasztják a légszennyezés jelenlétét a városi környezetben és kimutattuk, hogy a por mennyisége különösen hasznos a városi levegőminőség monitorozására, és hogy a levelek APTI-értéke alkalmazható mérőszám a légszennyezés, valamint a környezet állapotának mérésére. Eredményeink bizonyítják a *H. helix* alkalmazását a pormegkötésben és a levegőszennyezés monitorozásában.



# BIOINDICATION OF AIR QUALITY THROUGH THE STUDY OF *HEDERA HELIX* PLANTED IN BUS STOPS

Bianka Sipos<sup>1,2,\*</sup>, Vanda Éva Abriha-Molnár<sup>1,2</sup>, Dina Bibi<sup>1</sup>,  
Semonti Mukherjee<sup>1</sup>, Edina Simon<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> University of Debrecen, Faculty of Science and Technology, Institute of Biology and Ecology,  
Department of Ecology, H-4032 Debrecen, Egyetem Square 1., Hungary;

<sup>2</sup> HUN-REN–UD Anthropocene Ecology Research Group, H-4032 Debrecen, Egyetem square 1.,  
Hungary

\* [sipos.bianka@science.unideb.hu](mailto:sipos.bianka@science.unideb.hu)

**Keywords:** air pollution tolerance index, APTI, dust load, common ivy

**Abstract:** Fine and ultrafine particulate matter associated with transportation is among the most significant pollutants affecting urban air quality, often exceeding daily limit values in several metropolitan areas. In our study, we examined the sensitivity of common ivy (*Hedera helix*) to air pollution over 12 months. Sampling was conducted in the city of Debrecen at ivy walls grown on steel mesh structures installed next to passenger shelters in 37 bus stops, while an undisturbed area located farther from the city served as a control site. We analyzed the amount of dust deposited on the leaf surfaces, leaf chlorophyll and ascorbic acid content, pH, and relative moisture content, and calculated the Air Pollution Tolerance Index (APTI). Based on our results, we aimed to quantify the seasonal and spatial variations in pollution levels across different urban areas. The concentration of dust deposited on the leaf surfaces was significantly higher in more than half of the urban sampling sites during the winter season compared to the control. Additionally, the dust load was significantly higher in the city center during winter and spring than in other sampling locations. The chlorophyll content of the leaves differed significantly from that of the control site at most bus stops in all seasons. Furthermore, except for summer, leaf chlorophyll content correlated with the distance from the city center, indicating a relationship with pollution levels. The APTI value was significantly higher in more than half of the bus stop samples during winter compared to the control samples. Our findings confirm the presence of air pollution in the urban environment and demonstrate that dust deposition is particularly useful for monitoring urban air quality. Furthermore, APTI values in leaves serve as a valuable metric for assessing air pollution and environmental conditions. Our results support the suitability of *Hedera helix* for particulate matter retention and air pollution monitoring.

# TÖZEGLÁPOK ÖSSZEHASONLÍTÁSA PÓKKÖZÖSSÉGEK SZERKEZETE ALAPJÁN

Urák István<sup>1,\*</sup>, Tamási Erika<sup>2</sup>, Zsigmond Andreea-Rebeka<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Sepsiszentgyörgyi Kar, 520036 Sepsiszentgyörgy, Csíki utca 50., Románia

<sup>2</sup> Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Kolozsvári Kar, 400193 Kolozsvár, Tordai út 4., Románia

\* [urakistvan@kv.sapientia.ro](mailto:urakistvan@kv.sapientia.ro)

**Kulcsszavak:** természetvédelem, élőhely, szukcesszió, tőzegláp, közösség szerkezet

**Összefoglaló:** A tőzeglápok különleges élőhelyek, melyekre jellemző a nagy mennyiségben felhalmozódó növényi eredetű holt szervesanyag (tőzeg), magas nedvesség, alacsony hőmérséklet, pH és ásványianyag tartalom. Egyes élőlények sikeresen alkalmazkodtak ezekhez a szélsőséges körülményekhez, köztük olyan jégkorszaki maradványfajokkal, melyek csak tőzeglápokban fordulnak elő.

Jelen tanulmány célja összehasonlítani tíz különböző méretű, elhelyezkedésű és a szukcesszió más-más fázisában található tőzeglápot a pókközösségek szerkezete alapján. A minták a következő tőzeglápokból származnak: Buffogó, Capatani, Fenyőkút, Nagy Jézer, Mluha, Mohos, Nagy Molhás, Kis Molhás, Poiana Stampei, Vlasinescu. A mintákat D-vac segítségével gyűjtöttük, helyszínenként 10 mintát, melyek egyenként 10 szívásból álltak (10 minta × 10 helyszín = összesen 100 minta). A pókokat a helyszínen kiválogattuk, és 70%-os etanol-oldatba helyeztük. A fajok azonosítása laboratóriumban történt, sztereomikroszkóp segítségével. Mivel a fiatal egyedek sok esetben nem azonosíthatók pontosan fajszintre, ezért az elemzésekbe csak az ivarérett egyedeket vontuk be.

Összesen 4940 pókot gyűjtöttünk, amelyek közül 1182 egyed volt ivarérett, valamint 101 fajt azonosítottunk 16 családból. Ezek között voltak nagyon ritka fajok is, melyek még nem voltak jelezve Románia faunájában, vagy amelyekről eddig csak nagyon kevés adattal rendelkezünk.

Különböző statisztikai módszerek segítségével összehasonlítottuk a tőzeglápok pókközösségeit, és arra a következtetésre jutottunk, hogy a szukcessziós stádium vegetáció típusa a tényező a pókközösségek szerkezetét illetően, míg a tőzeglápok közötti távolságnak sokkal kisebb hatása. A lápok mérete és a közösségek szerkezete között nem találtunk összefüggést. Eredményeinknek a tőzeglápok élővilágának hosszú távú védelmében van fontos szerepük, mivel azt bizonyítják, hogy a kisebb lápok is meg tudnak őrizni egy ritka, tőzeglápspecialista fajokban gazdag közösséget, amennyiben a szukcessziós folyamatok ezt lehetővé teszik.

# COMPARATIVE STUDY OF PEAT BOGS BASED ON THE STRUCTURE OF SPIDER COMMUNITIES

István Urák<sup>1,\*</sup>, Erika Tamási<sup>2</sup>, Andreea-Rebeka Zsigmond<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Sapientia Hungarian University of Transylvania, Faculty of Life Sciences and Sport, 520036 Sfântu Gheorghe, Csíki str. 50., Romania

<sup>2</sup> Sapientia Hungarian University of Transylvania, Faculty of Sciences and Arts, 400193 Cluj-Napoca, Turzii str. 50., Romania

\* *urakistvan@kv.sapientia.ro*

**Keywords:** conservation, habitat, ecological succession, peat bog, community structure

**Abstract:** Peat bogs are very special habitats characterized by the accumulation of large amounts of plant-derived dead organic matter (peat), high moisture levels, low temperatures, pH and mineral content. Some organisms have successfully adapted to these extreme conditions, including certain glacial relict species that live exclusively in peat bogs.

The aim of this study was to compare peat bogs of different sizes, locations, and successional stages based on the structure of their spider communities. Ten peat bogs were investigated: Răbufnitoarea, Molhașurile Căpățâanii, Fântâna Brazilor, Iezerul Mare, Mluha, Mohoș, Molhașul Mare, Molhașul Mic, Poiana Stampei and Vlășinescu. Samples were collected using a modified leaf vacuum (D-vac), with ten samples taken per site, each consisting of ten suction (10 samples × 10 sites = a total of 100 samples). Spiders were sorted in the field and preserved in a 70% ethanol solution. Species identification was conducted in the laboratory using a stereomicroscope. Since juvenile individuals are often difficult to identify at the species level, only adult specimens were included in the analyses.

A total of 4940 spiders were collected, of which 1182 individuals were adults, and 101 species from 16 families were identified. Some of these species were either the first records in the fauna of Romania, or there are very limited data about their distribution.

According to the statistical comparisons of the spider communities, we concluded that successional stage of the vegetation is the most important factor. The distance between peat bogs played a much smaller role, while the bog size had no effect at all. These findings are crucial for the long-term conservation of peat bogs biodiversity, as suggest that even smaller bogs can sustain a diverse community rich in rare, peat bog specialist species.



**KÖRNYEZETFÖLDTAN ÉS  
KÖRNYEZETFÖLDRAJZ**

**ENVIRONMENTAL GEOLOGY  
AND GEOGRAPHY**

# KOLOZSVÁR DÉLKELETI RÉSZÉNEK VIZSGÁLATA 2017-2024-ES RADAROS FELVÉTELEK ALAPJÁN ÖSSZEVETVE TEREPI MEGFIGYELÉSEKKEL

Kerekes Anna-Hajnalka<sup>1</sup>, Poszet Szilárd<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár

<sup>2</sup> Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Kolozsvár

\* *poszet@yahoo.com*

**Kulcsszavak:** Kolozsvár, földcsuszamlás, városterjedés, Sentinel-1

**Összefoglaló:** Az antropogén hatások, amik hozzájárulnak egy adott terület területhasználatának változásához, gyakran társulnak lejtőstabilitás megbomlásával és földcsuszamlások megjelenésével. Kolozsvár délkeleti részének gyors terjeszkedése, valamint a mintaterület litológiai és geomorfológiai sajátosságai (meredek lejtők, középső-miocén üledéksor), hozzájárultak a földcsuszamlások újraaktiválódásához, ezért a jelen tanulmány célja, különböző térinformatikai és távérzékelési módszerek segítségével, a földcsuszamlások és a városterjedés feltérképezése.

Jelen tanulmányban a Sentinel-1 műhold felvételeit dolgoztuk fel radaros módszerek és random forest (véletlen erdő) osztályozás segítségével. Ezek a felvételek alkalmasak a beépített területek, így a városterjedés feltérképezésére is. A 2015 és 2024 közötti radaros felvételek segítségével sikerült kimutatnunk a mintaterület beépített területeinek szabálytalan növekedését, ami hozzájárult a város földcsuszamlás-érzékenységének változásához. A Google Earth által elérhető nagy felbontású műholdfelvételek segítségével létrehoztuk a mintaterület földcsuszamlás leltárát. Összevetve az általunk kinyert adatokat terepi megfigyelésekkel, felismerhetjük a városterjedés hatását a lejtőstabilitásra.

Az általunk kinyert adatok hozzájárulhatnak a város földcsuszamlás-problémái átfogó módon történő elemzéséhez, megértéséhez és megelőzéséhez.

# ANALYSIS OF THE SOUTHEASTERN REGION OF CLUJ-NAPOCA FROM 2017 TO 2024, UTILIZING RADAR IMAGERIES AND INSIGHTS GATHERED FROM FIELD OBSERVATIONS

Anna-Hajnalka Kerekes<sup>1</sup>, Szilárd Poszet<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup> Babeş-Bolyai University, Cluj-Napoca

<sup>2</sup> Sapientia Hungarian University of Transylvania, Cluj-Napoca

\* *poszet@yahoo.com*

**Keywords:** Cluj-Napoca, landslide, urban expansion, Sentinel-1

**Abstract:** Anthropogenic activities that lead to land use changes are often correlated with slope instability and landslide occurrence. The rapid urban expansion in the southeastern part of Cluj-Napoca, alongside the area's lithological and geomorphological characteristics (steep slopes and the presence of Middle Miocene sedimentary series) has contributed to the reactivation of landslides. Therefore, the goal of this study is to systematically map landslides and urban expansion using different Geographic Information System (GIS) and Remote Sensing (RS) methodologies.

In this study, Sentinel-1 imagery was processed using radar techniques and random forest classification. Sentinel-1 satellite imageries prove to be effective for mapping built-up areas and urban sprawl. By examining radar imageries from 2015 to 2024, we identified the irregular urban expansion of the study area, which has affected the city's susceptibility to landslides. Furthermore, a landslide inventory was generated for the study area using high-resolution satellite imageries available on Google Earth. By comparing our findings with field observations, we were able to evaluate the impact of urban sprawl on slope stability.

Our research aims to support a comprehensive analysis and deeper understanding of landslide issues in the city, contributing to effective prevention strategies.

# NAGYMAROSI ÉS ZEBEGÉNYI LÖSZ PALEOTALAJ SZELVÉNYEK MÁLLOTTSÁGÁNAK VIZSGÁLATA

Király Csilla<sup>1</sup>, Szeberényi József<sup>1</sup>, Gresina Fruzsina<sup>1</sup>, Jakab Gergely<sup>1</sup>,  
Kónya Péter<sup>2</sup>, Viczián István<sup>1</sup>, Karlik Máté<sup>3</sup>, Szalai Zoltán<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup> HUN-REN Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont Földrajztudományi Intézet, Budapest

<sup>2</sup> Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Tárháza, Budapest

<sup>3</sup> HUN-REN Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont Földrajztudományi Intézet,  
Földtudományi és Geokémiai Intézet Budapest

<sup>4</sup> Eötvös Loránd Tudományegyetem, TTK, FFI, Környezet és Tájföldrajzi Tanszék, Budapest

**Kulcsszavak:** paleotalaj, szemcsealak és méret, geokémia, mallas

**Összefoglaló:** Löss-paleotalaj szelvények a Duna partján több területen is megfigyelhetők első sorban feltárásokban. Több helyen is a lösz-paleotalaj falak omlásnak indultak. Az omlások komoly gazdasági károkat tudnak okozni, tekintettel a városok terjeszkedésére, házak elhelyezkedésére, pl. Zebegény területén 2023-ban egy löszfal egymásután kétszer omlott egy családi házra. Az omlások kialakulása szakirodalom alapján kapcsolatban vannak a mállás mértékével. Jelen munkánk célja olyan fizikai és kémiai paraméterek azonosítása, amelyek segítségével a mállási folyamatok jól leírhatóak s korrelációt mutatnak a különféle általánosan elterjedt mállási indexekkel. Ennek érdekében két lösz-paleotalaj szelvény különböző rétegeinek átfogó vizsgálatát végeztük el, úgymint: szuszeptibilitás mérése, szemcseméret eloszlás, szemcsealak tulajdonságok, főelem és nyomelem összetétel, ásványos összetétel, szerves szén tartalom. Az eredmények alapján több fizikai és kémiai parameter is kapcsolatban áll a mállással, pl. agyafrakció mennyisége, Rb/Sr arány.



# EXAMINATION OF WEATHERING IN LOESS-PALEOSOL PROFILES FROM NAGYMAROS AND ZEBEGÉNY

Csilla Király<sup>1</sup>, József Szeberényi<sup>1</sup>, Fruzsina Gresina<sup>1</sup>, Gergely Jakab<sup>1</sup>, Péter Kónya<sup>2</sup>, István Viczián<sup>1</sup>, Máté Karlik<sup>3</sup>, Zoltán Szalai<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup> Geographical Institute, HUN-REN Research Centre for Astronomy and Earth Sciences, Budapest

<sup>2</sup> Supervisory Authority for Regulatory Affairs, Budapest

<sup>3</sup> Institute for Geological and Geochemical, HUN-REN Research Centre for Astronomy and Earth Sciences, Budapest, Hungary, Budapest

<sup>4</sup> Department of Environmental and Landscape Geography, Faculty of Science, ELTE, Eötvös University, Budapest

**Keywords:** paleosol, granulometry, geochemistry, wrathering

**Abstract:** Loess-paleosol sequences can be observed in several areas along the banks of the Danube, primarily in geological sections. In many locations, the loess-paleosol walls have started to collapse. These collapses can cause significant economic damage, considering urban expansion and the location of houses. For example, in Zebegény, a loess wall collapsed twice in succession onto a family house in 2023. According to the literature, the occurrence of these debris flows is related to the degree of weathering.

The aim of this study is to identify physical and chemical parameters that can effectively describe the weathering processes and show correlations with various commonly used weathering indices. To achieve this, a comprehensive examination of different layers of two loess-paleosol profiles was conducted, including measurements of susceptibility, grain size distribution, grain shape characteristics, major and trace element composition, mineral composition, and organic carbon content.

The results indicate that several physical and chemical parameters are related to weathering, such as the amount of clay fraction and the Rb/Sr ratio.

# TURISTAUTAK ERÓZIÓJA A BÜKK HEGYSÉGBEN

Virág Martin<sup>1,\*</sup>, Molják Sándor<sup>2,\*\*</sup>, Sütő László<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Debreceni Egyetem Földtudományi Doktori Iskola, Gárdonyi Géza Ciszterci Gimnázium és Kollégium, 3300, Eger, Széchenyi I. u. 17.

<sup>2</sup> Eszterházy Károly Katolikus Egyetem InnoRégió Tudásközpont, Debreceni Egyetem Földtudományi Doktori Iskola

<sup>3</sup> Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, 3300, Eger, Leányka út 4-6, Magyarország

\* *kulpaper1000@gmail.com*, \*\* *moljak.sandor@uni.eszterhazy.hu*

**Kulcsszavak:** természetjárás, antropogén hatás, erózió, fotogrammetria

**Összefoglaló:** Az emberi tevékenységek és a természet interakciója mindig környezeti hatással jár. Ez igaz olyan természetközelinek gondolt helyzetekben is, mint a természetjárás, ahol a turistautak, turista létesítmények nyomán változik a környezet. Ez különösen fontos a védett területeken, amelyek egyszerre célpontjai a turizmusnak, ugyanakkor elszenvedői a turisták hatásainak.

Kutatásunkban arra keressük a választ, hogy a Bükk hegységben a turistautak mentén hogyan változott a felszín, hogyan alakult az erózió mértéke, továbbá melyek a mérésre alkalmas eszközök. A felvételezéshez modern fotogrammetriai eljárásokat próbáltunk ki, hogy megtapasztaljuk, melyik módszer a leginkább alkalmas az felszínváltozás kimutatására. Szakirodalmi elemzésekből tudjuk, hogy a turistautak eróziója a természeti adottságoktól (alapkőzet, talajviszonyok, lejtőparaméterek stb.) és a használattól (időtartam, látogatási gyakoriság stb.) egyaránt függ. Vizsgálataink során a felsorolt tényezők különböző kombinációjából kialakult háttérváltozók alapján mintaterületeken jelöltünk ki, amelyeken méréseket végeztünk. Terepi méréseinket légi és földi távérzékeléssel végeztük. Előbbihez DJI Mavic 2 Pro quadcoptert használtunk, utóbbit végül egy Apple Iphone 13 telefon beépített moduljával végeztük.

A felvételek alapján a lejtőmeredekség és az eróziós barázdák mélysége vélelmezhető összefüggést mutat, amelyre rálapolódik a turistaút használati gyakoriságából eredő hatás. A lefolyó víz minden megkezdett ösvény mentén barázdát képezett a meredekebb szakaszokon. A megtisztított felvételeken a barázdák inflexiós pontjától mérve akár 50 cm-es mélyülést is mértük. A felvételeken nehezen elkülöníthető a közettörmelékkel kitöltött és a kevésbé erodált felület. Nagy lejtőfelületen a feljutási lehetőséget kereső turisták újabb és újabb ösvényeiből fonatos barázdahálózat alakult ki. A további vizsgálatok az eróziós felárklódás nyomán lepusztult anyag mennyiség képi meghatározására irányulnak.

# EROSION OF HIKING TRAILS IN THE BÜKK MOUNTAINS

Martin Virág<sup>1,\*</sup>, Sándor Molják<sup>2,\*\*</sup>, László Sütő<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Debreceni Egyetem Földtudományi Doktori Iskola, Gárdonyi Géza Ciszterci Gimnázium és Kollégium, 3300, Eger, Széchenyi I. u. 17.

<sup>2</sup> Eszterházy Károly Katolikus Egyetem InnoRégió Tudásközpont, Debreceni Egyetem Földtudományi Doktori Iskola

<sup>3</sup> Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, 3300, Eger, Leányka út 4-6, Magyarország

\* *kulpaper1000@gmail.com*, \*\* *moljak.sandor@uni.eszterhazy.hu*

**Keywords:** hiking, anthropogenic geomorphology, erosion, photogrammetry

**Abstract:** Human activities always have an environmental impact, even in situations considered close to nature, such as hiking, where trails and tourist facilities alter the environment. This is particularly important in protected areas, which serve as tourism destinations while simultaneously being affected by visitors.

Our research aims to investigate how the terrain has changed along hiking trails in the Bükk Mountains, how the extent of erosion has evolved, and which tools are suitable for measurement. We tested modern photogrammetric methods to determine the most effective approach for detecting surface changes. According to literature reviews, trail erosion depends on both natural factors (such as bedrock composition, soil conditions, and slope parameters) and usage patterns (such as duration and frequency of visits). Based on various combinations of these factors, we selected sample areas where we conducted measurements.

Our field measurements utilized both aerial and ground-based remote sensing. For aerial imaging, we used a DJI Mavic 2 Pro quadcopter, while ground-based measurements were conducted using the built-in module of an Apple iPhone 13.

The images suggest a correlation between slope steepness and the depth of erosion channels, further influenced by the frequency of trail usage. Flowing water carved grooves along every initiated path, particularly on steeper sections. On the processed images, we measured erosion depths of up to 50 cm from the inflection points of the grooves. However, distinguishing between rock debris-filled surfaces and less eroded areas proved challenging. On large slopes, hikers seeking alternative routes created a braided network of erosion channels.

Future investigations will focus on quantifying the amount of material lost due to erosion through image-based analysis.

# VÍZMÉRLEG MODELL FELÉPÍTÉSE ÉS TESZTELÉSE DOMBVIDÉKI KISVÍZGYŰJTŐN

Gömbös Imola\*

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, 1111 Műegyetem rkp. 3.

\* *gombos.imola@gmail.com*

**Kulcsszavak:** vízmérleg, modellezés, dinamikus vízkészlet-gazdálkodás, evapotranszspiráció

**Összefoglaló:** A dinamikus vízkészlet-gazdálkodás eszközei közé tartoznak a különféle vízmérleg modellek, melyek a mérésrel nem megállapítható vízmérleg elemek szimulálására is képesek. A megfelelő, vízügyi gyakorlatban jól használható modell kiválasztásakor fontos figyelembe venni a számítási kapacitást, a felhasználóbarát felületet és az automatizálhatóságot.

Dolgozatomban egy, a tipikus magyarországi viszonyokat jól tükröző vízgyűjtőre építettem vízmérleg modellt. Az általam használt WetSpass-M modell osztott paraméterű, havi időléptékkal dolgozik, kis adatigényű, és alacsony számítási kapacitást igényel. A modellt a Somogy vármegyei Koppány-patak vízgyűjtőjére építettem fel, és a 2016–2023. időszakra végeztem vele számításokat. Munkám során a QGIS térinformatikai szoftvert és a Matlab programozási nyelvet használtam az adatok feldolgozásához.

Előadásomban kitérek a Wetspass modell által előállított eredményekre, a modell használhatóságára, limitációira, illetve javaslatokat teszek további fejlesztési irányokra. A hidrológiai elemek közül részletesen vizsgálom az evapotranszspiráció számításának és becslésének fontosságát. A pontosabb számítás érdekében a kalibrációt külön végeztem a Lynne-Hollick filterrel szétválasztott alaphozami és árhullámi vízhozamokra. A modell teljesítményét Moriasi (2007) módszere alapján értékeltem, és az eredményre azt kaptam, hogy kielégítő. A Nash-Sutcliffe féle modellhatékonysági mutató értéke így alakult: kalibráció az árhullámra: 0,58, kalibráció az alaphozamra: 0,18, kalibráció a teljes hozamra: 0,51, validáció az árhullámra: 0,47, validáció az alaphozamra: 0,64, validáció a teljes hozamra: 0,57.

# CONSTRUCTION AND TESTING OF A WATER BALANCE MODEL ON A SMALL HILLY WATERSHED

Imola Gömbös\*

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, 1111 Műegyetem rkp. 3.

\* *gombos.imola@gmail.com*

**Keywords:** water balance, modelling, dynamic water resource management, evapotranspiration

**Abstract:** The tools of dynamic water resource management include various water balance models, which are able to simulate the value of certain water balance components, that can not be measured. When selecting an appropriate model that is well-suited for water management practice, it is essential to consider computational capacity, a user-friendly interface, and the possibility of automatization.

In my study, I developed a water balance model for a watershed that accurately reflects typical Hungarian conditions. The WetSpass-M model I used is a distributed-parameter model that operates on a monthly time step, requires minimal data input, and demands low computational capacity. I applied the model to the Koppány watershed in Somogy County and conducted calculations for the period 2016–2023. For data processing, I used QGIS and the programming language Matlab.

In my presentation, I will discuss the results produced by the WetSpass model, its applicability, limitations, and propose directions for further development. Among the hydrological elements, I will examine in detail the importance of evapotranspiration calculation and estimation. For more accurate calculations, I calibrated the model separately for the baseflow and the surface runoff, which are separated by using the Lynne-Hollick filter. I evaluated the model performance using Moriasi's (2007) method. The Nash-Sutcliffe model efficiency values are the following: calibration for the runoff: 0.58, calibration for the baseflow: 0.18, calibration for total stream flow: 0.51, validation for runoff: 0.47, validation for the baseflow: 0.64, validation for the total streamflow: 0.57.



**KÖRNYEZETKÉMIA ÉS  
KÖRNYEZETFIZIKA**

**ENVIRONMENTAL CHEMISTRY  
AND PHYSICS**

# POTENCIÁLISAN MÉRGEZŐ ELEMELK SZENNYEZÉS HATÁSÁNAK ÁTTEKINTÉSE HÁROM EURÓPAI HATÁRON ÁTTERVEZŐ FOLYÓBAN: FORRÁSOK, HATÁSOK ÉS KEZELÉSI STRATÉGIÁK

Ahmedin Hiya<sup>1,2,\*</sup>, Jordán Győző<sup>3,\*\*</sup>, Kovács Zsófia<sup>4</sup>, Dudás Katalin<sup>5</sup>

<sup>1</sup> ELTE Természettudományi Kar Környezettudományi Doktori Iskola, Pázmány Péter sétány 1/C., H-1117 Budapest

<sup>2</sup> Kémiai Tanszék, Mai Nefhi Tudományos Főiskola, 12676 Mai Nefhi, Eritrea

<sup>3</sup> Geokémia és módszerfejlesztés, Ásványgazdasági megoldások, Finnországi Geológiai Szolgálat (GTK), Vuorimiehentie 5, 02151Espoo, Finnország

<sup>4</sup> Fenntarthatósági Megoldások Kutatólaboratórium, Országos Víz tudományi és Vízbiztonsági Laboratórium, Pannon Egyetem, Egyetem u. 10, 8200 Veszprém

<sup>5</sup> Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1

\* *dinodiny6@gmail.com*, \*\* *gyozo.jordan@gtk.fi*

**Kulcsszavak:** Környezetszennyezés, Ipari szennyezés, Mezőgazdasági lefolyás, Vízminőség-gazdálkodás, Víz Keretirányelv

**Összefoglaló:** A határokon átnyúló európai folyók – különösen a Duna, a Dráva és a Tisza – szennyeződése potenciálisan mérgező elemekkel (PTE), mint például arzén (As), kadmium (Cd), króm (Cr), réz (Cu), higany (Hg), ólom (Pb), nikkel (Ni), valamint emberi egészségre jelentős kockázatot jelent. Ez az áttekintés a PTE-szennyezés forrásait, hatásait és kezelési stratégiáit vizsgálja ezekben a folyókban. A természetes folyamatok, például a kőzetek mállása és az antropogén tevékenységek, beleértve az ipari kibocsátásokat, a mezőgazdasági lefolyást és a városi szennyvizet, a PTE-szennyezés fő tényezőiként azonosíthatók. Az ökológiai hatások közé tartozik a bioakkumuláció, a biomagnifikáció és a biodiverzitás csökkenése, míg az emberi egészséget az ivóvíz és a halfogyasztás okozza. Megvitatják a jelenlegi gazdálkodási stratégiákat, mint például az Európai Unió Víz Keretirányelvét (WFD) és a határokon átnyúló együttműködési kezdeményezéseket, mint a Nemzetközi Duna-védelmi Bizottság (ICPDR), valamint olyan kihívásokat, mint a gazdasági fejlődés és a környezetvédelem közötti egyensúly megteremtése és a határokon átnyúló szennyezés kezelése. A felülvizsgálat hangsúlyozza az integrált és fenntartható gazdálkodási stratégiák szükségességét, beleértve az innovatív kármentesítési technológiákat, a szigorúbb szabályozást és a fokozott nemzetközi együttműködést. A folyamatos kutatás és a közvélemény tudatosítása elengedhetetlen a PTE-szennyeződés mérsékléséhez, valamint ezen létfontosságú vízkészletek hosszú távú egészségének és fenntarthatóságának biztosításához.



# OVERVIEW OF THE POLLUTION IMPACT OF POTENTIALLY TOXIC ELEMENTS IN THREE EUROPEAN TRANSBOUNDARY RIVERS: SOURCES, IMPACTS AND MANAGEMENT STRATEGIES

Ahmedin Hiya<sup>1,2,\*</sup>, Győző Jordán<sup>3,\*\*</sup>, Zsófia Kovács<sup>4</sup>, Katalin Dudás<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Doctoral School of Environmental Sciences, Faculty of Science, Eötvös Loránd University, Pázmány Péter sétány 1/C., H-1117 Budapest, Hungary

<sup>2</sup> Department of Chemistry, Mai Nefhi College of Sciences, 12676 Mai Nefhi, Eritrea

<sup>3</sup> Geochemistry and Method Development, Mineral Economy Solutions, Geological Survey of Finland (GTK), Vuorimiehentie 5, 02151Espoo, Finland

<sup>4</sup> Sustainability Solutions Research Laboratory, National Laboratory for Water Science and Water Security, University of Pannonia, Egyetem u. 10, 8200 Veszprém, Hungary

<sup>5</sup> Hungarian University of Agricultural and Life Sciences, Páter Károly utca 1, 2100 Gödöllő, Hungary

\* *dinodiny6@gmail.com*, \*\* *gyozo.jordan@gtk.fi*

**Keywords:** Environmental Pollution, Industrial Contamination, Agricultural Runoff, Water Quality Management, Water Framework Directive

**Abstract:** The contamination of transboundary rivers in Europe, particularly the Danube, Drava, and Tisa rivers, by Potentially Toxic Elements (PTEs) such as arsenic (As), cadmium (Cd), chromium (Cr), copper (Cu), mercury (Hg), lead (Pb), nickel (Ni), and zinc (Zn), poses significant ecological and human health risks. This review examines the sources, impacts, and management strategies of PTE contamination in these rivers. Natural processes, such as weathering of rocks, and anthropogenic activities, including industrial discharges, agricultural runoff, and urban wastewater, are identified as major contributors to PTE pollution. The ecological impacts include bioaccumulation, biomagnification, and biodiversity loss, while human health risks arise from exposure through drinking water and fish consumption. Current management strategies, such as the European Union Water Framework Directive (WFD) and transboundary cooperation initiatives like the International Commission for the Protection of the Danube River (ICPDR), are discussed, alongside challenges such as balancing economic development with environmental protection and addressing transboundary pollution. The review emphasizes the need for integrated and sustainable management strategies, including innovative remediation technologies, stricter regulations, and enhanced international cooperation. Continued research and public awareness are essential to mitigate PTE contamination and ensure the long-term health and sustainability of these vital water resources.

# LÉGKÖRI SZÉN-DIOXID ÉS METÁN MEGFIGYELÉSEK DEBRECENBEN: KONCENTRÁCIÓ ÉS IZOTÓPARÁNY MÉRÉSEK HÁROM KÜLÖNBÖZŐ ÉVSZAKBAN

Baráth Balázs Áron<sup>1,2,3,\*</sup>, Varga Tamás<sup>1,3</sup>, Major István<sup>1,3</sup>, Bán Sándor<sup>1</sup>,  
Barcza Zoltán<sup>4</sup>, Thomas Röckmann<sup>5</sup>, Jacoline van Es<sup>5</sup>, Carina van der Veen<sup>5</sup>,  
Molnár Mihály<sup>1</sup>

<sup>1</sup> HUN-REN Atommagkutató Intézet (ATOMKI), H-4026, Debrecen, Magyarország

<sup>2</sup> ELTE TTK Környezettudományi Doktori Iskola, H-1117 Budapest

<sup>3</sup> Isotoptech Zrt., H-4026, Debrecen, Magyarország

<sup>4</sup> ELTE TTK Meteorológiai Tanszék, H-1117 Budapest, Magyarország

<sup>5</sup> Institute for Marine and Atmospheric Research Utrecht, Utrecht University, 3584 CC, Utrecht,  
Hollandia

\* [balazs.barath@atomki.hu](mailto:balazs.barath@atomki.hu)

**Kulcsszavak:** globális felmelegedés, szén-dioxid, metán, radiokarbon, stabilizotóp

**Összefoglaló:** Az antropogén eredetű üvegházhatású gázok légköri koncentrációjának alakulásában a városi területek ipari és közlekedési emissziói meghatározó szerepet töltenek be. E kibocsátások vizsgálatára hozták létre az Integrated Carbon Observation System (ICOS) hálózatot, melynek keretében elindult az ICOS Cities program. A kezdeményezés a regionális háttérérések mellett koordinált, magas precízitású üvegházhatású gáz monitoringot valósít meg városi környezetben. A program célja, hogy tudományos alapot biztosítson városok klímavédelmi stratégiáinak kidolgozásához. Ehhez hasonlóan a városi kibocsátások vizsgálatára légköri levegőmintákat gyűjtöttünk három különböző évszakban (tél, tavasz és nyár) a debreceni HUN-REN ATOMKI-ban. A mintavételeket úgy terveztük, hogy tükrözzék a hétköznapi, a hétvégi, illetve a reggeli és a délutáni időszakok közötti különbségeket. A minták analízise nemzetközi együttműködés keretében valósult meg. A szén-dioxid és metán stabil izotóp-összetételének ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ) meghatározását az Utrecht University IMAU laboratóriumában végeztük. Ezzel párhuzamosan az ATOMKI-ban a minták  $\text{CO}_2$  és  $\text{CH}_4$  koncentrációját, valamint  $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$  izotóparányát analizáltuk. Ez a mérési párosítás lehetővé teszi a légköri üvegházhatású gázok karakterizálását, forráselemzését. A szén-dioxid izotóppozíciójának ( $\delta^{13}\text{C}$  és  $\Delta^{14}\text{C}$ ) vizsgálata során karakterisztikus szezonális és napi mintázatokat azonosítottunk. Télen inverziós hatásra utaló reggeli maximumot és délutáni minimumot azonosítottunk, azonban tavasszal és nyáron a délutáni értékek emelkedése az antropogén emisszió dominanciáját jelezte. A metán koncentrációjának és stabilizotópos összetételének elemzése fokozott téli biogén kibocsátásra utal, melynek potenciális forrása a városi szennyvízhálózat lehet. Ezek a mintázatok a fotoszintetikus aktivitás, az emberi tevékenység intenzitása és a planetáris határreteg dinamikájának komplex kölcsönhatását tükrözik.

A C2295145 projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium által, a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatás segítségével valósult meg, a KDP-2023 finanszírozási konstrukció keretében.

# ATMOSPHERIC CARBON DIOXIDE AND METHANE OBSERVATIONS IN DEBRECEN: MOLE FRACTION AND ISOTOPE RATIO MEASUREMENTS DURING THREE DIFFERENT SEASONS

Balázs Áron Baráth<sup>1,2,3,\*</sup>, Tamás Varga<sup>1,3</sup>, István Major<sup>1,3</sup>, Sándor Bán<sup>1</sup>, Zoltán Barcza<sup>4</sup>, Thomas Röckmann<sup>5</sup>, Jacoline van Es<sup>5</sup>, Carina van der Veen<sup>5</sup>, Mihály Molnár<sup>1</sup>

<sup>1</sup> HUN-REN Institute for Nuclear Research (ATOMKI), H-4026, Debrecen, Hungary

<sup>2</sup> Eötvös Loránd University (ELTE), Doctoral School of Environmental Sciences, H-1117 Budapest, Hungary

<sup>3</sup> Isotoptech Ltd., H-4026, Debrecen, Hungary

<sup>4</sup> Eötvös Loránd University (ELTE), Department of Meteorology, H-1117 Budapest, Hungary

<sup>5</sup> Utrecht University, Institute for Marine and Atmospheric Research Utrecht (IMAU), 3584 CC, Utrecht, Netherlands

\* [balazs.barath@atomki.hu](mailto:balazs.barath@atomki.hu)

**Keywords:** global warming, carbon dioxide, methane, radiocarbon, stable isotope

**Abstract:** Urban areas' industrial and traffic-related emissions play an important role in shaping atmospheric greenhouse gas trends. To investigate these emissions, the Integrated Carbon Observation System (ICOS) was established in Europe, launched the ICOS Cities program. Alongside regional background measurements and sampling, the program carries out coordinated, high-quality greenhouse gas observations, thereby reinforcing the scientific foundation of cities' climate protection efforts.

Similarly, to investigate urban emissions, atmospheric ambient air samples were collected in three different seasons (winter, spring and summer) at the HUN-REN ATOMKI in Debrecen. Sampling was designed to represent the differences between weekdays, weekends and morning and afternoon periods. The analysis of the samples was carried out in the context of an international collaboration. The stable isotope compositions of carbon dioxide and methane were determined at the IMAU laboratory at Utrecht University. In parallel, the concentration and radiocarbon ratio of the samples were analysed at ATOMKI. This novel measurement combination allows characterisation and source analysis of atmospheric greenhouse gases. The analysis of the isotopic composition of carbon dioxide ( $\delta^{13}\text{C}$  and  $\Delta^{14}\text{C}$ ) identified characteristic seasonal and daily patterns. In winter, a morning maximum and afternoon minimum were identified indicative of an inversion effect, however, in spring and summer, the increase in afternoon values suggested the dominance of anthropogenic emissions. The analysis of methane concentrations and stable isotope composition indicates increased winter biogenic emissions, with a potential source in the urban wastewater network. These patterns reflect a complex interaction between photosynthetic activity, human activity intensity and planetary boundary layer dynamics.

The C2295145 project was carried out with the support of the Ministry of Culture and Innovation, funded by the National Research, Development and Innovation Fund under the KDP-2023 funding scheme.

# ADSORBEÁLHATÓ SZERVES FLUOR (AOF) TARTALOM A DUNA FOLYÓ VÍZ- ÉS ÜLEDÉKFÁZISÁBAN

Esther Orenibi<sup>1,2,3,\*</sup>, Dobosy Péter<sup>1,2</sup>, Sirat Sandil<sup>1,2</sup>, Gyula Záray<sup>1,2,4,\*\*</sup>

<sup>1</sup> HUN-REN Ökológiai Kutatóközpont, Vízi Ökológiai Intézet, Budapest, Magyarország

<sup>2</sup> Nemzeti Víz tudományi és Vízbiztonsági Laboratórium, Vízi Ökológiai Intézet, HUN-REN Ökológiai Kutatóközpont, Budapest, Magyarország

<sup>3</sup> Környezettudományi Doktori Iskola, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest, Magyarország

<sup>4</sup> Kémiai Intézet, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest, Magyarország

\* *orenibiesther@gmail.com*, \*\* *zaray.gyula@ecolres.hu*

**Kulcsszavak:** PFAS, AOF, Üledék, Duna, Környezeti monitoring

**Összefoglaló:** A per- és polifluorozott alkil vegyületek (PFAS) széleskörű használata globális környezeti kockázatot jelent azok perzisztenciája, bioakkumulációja és toxicitása miatt. Nagy termikus és kémiai stabilitásuk, jelentős polaritásuk, valamint biodegradációval szembeni állóképességük teszi őket hasznossá különböző ipari területeken, például textíliák, papírok, fogyasztási cikkek és lítium-ion akkumulátorok (LIB) gyártásánál.

Ez a tanulmány néhány jellemző PFAS vegyület, az adszorbeálható szerves fluor (AOF) mint összegparaméter és a szerves fluorid (IF) mennyiségi elemzését célozta a Duna magyarországi szakaszán hat különböző hónapban gyűjtött víz- és üledékmintákban, beleértve a komáromi LIB gyár és a dunaföldvári csomagolópapír gyár környezetét. Az analitikai adatok értelmezéséhez meghatároztuk a minták összes szerves szén (TOC) tartalmát és az üledékek szecseméret-eloszlását is.

Egy 2015-ben végzett átfogó tanulmány szerint a perfluorooktánsav (PFOA) és a perfluorooktánszulfonsav (PFOS) koncentrációja 5–40, illetve 5–30 ng/L között mozgott, a magyar szakaszon pedig 5–20, illetve 5–15 ng/L értékeket mértek. A jelen vizsgálatban a magyar szakaszon mért koncentrációk 0,7–2,3 ng/L és 0,7–1,7 ng/L között voltak. Ez a jelentős koncentráció csökkenés az EU néhány gyakran használt PFAS vegyület felhasználását tiltó rendeletének eredményességét jelzi. Az IF és AOF koncentrációja 40–60 µg/L, illetve 0,22–12,15 µg/L változott. Az üledékek PFAS koncentrációja várhatóan meghaladja ezeket az értékeket. Összefüggés mutatkozott az AOF koncentrációk és az üledékek tulajdonságai között, jelezve, hogy a finomszemcsés, szerves anyagban gazdag üledékek kulcsszerepet játszanak a rövid és hosszú szénláncú PFAS vegyületek megkötésében.

# ADSORBABLE ORGANOFLUORINE (AOF) CONTENT IN THE WATER AND SEDIMENT PHASE OF THE DANUBE RIVER

Esther Orenibi<sup>1,2,3,\*</sup>, Péter Dobosy<sup>1,2</sup>, Sirat Sandil<sup>1,2</sup>, Gyula Záray<sup>1,2,4,\*\*</sup>

<sup>1</sup> Institute of Aquatic Ecology, HUN-REN Center for Ecological Research Budapest, Hungary

<sup>2</sup> National Laboratory for Water Science and Water Security, Institute of Aquatic Ecology,  
HUN-REN Center for Ecological Research Budapest, Hungary

<sup>3</sup> Doctoral School of Environmental Science, Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary

<sup>4</sup> Institute of Chemistry, Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary

\* *orenibiesther@gmail.com*, \*\* *zaray.gyula@ecolres.hu*

**Keywords:** PFAS, AOF, Sediments, Danube River, Environmental monitoring.

**Abstract:** The abundance of Per- and polyfluorinated alkyl substances (PFAS) has become a global concern due to their persistence, bioaccumulation, and toxicity. They are characterized by their strong thermal and chemical stability, high polarity, and non-biodegradability, which makes them useful as coatings for textiles, papers, consumer products and lithium-ion batteries (LIB).

This study was focused on investigating the occurrence of selected PFAS compounds and the quantitative analysis of the Inorganic Fluoride (IF) and Adsorbable Organofluorine (AOF) compounds in water and sediment samples collected along the Hungarian section of the Danube River including the locations at the LIB factory in Komarom and wrapping paper factory in Dunafoldvar. To interpret the analytical data, the Total Organic Carbon (TOC) content and the grain size analysis of the sediments were also carried out.

A comprehensive study conducted on the Danube water in 2015 revealed perfluorooctanoic acid (PFOA) and Perfluorooctanesulfonic acid (PFOS) concentrations in the range of 5-40 and 5-30 ng/L, with smaller concentration in the Hungarian section 5-20 and 5-15 ng/L, respectively. In this study, concentrations along the Hungarian stretch were 0.7-2.3 ng/L and 0.7-1.7 ng/L respectively. This significant decrease of PFAS contamination was due to the EU ban. The concentration of IF and AOF changed in the range of 40-60 µg/L and 0.22-12.15 µg/L, respectively. Based on our ongoing experiments, these compounds in the sediment matrix will exceed these values. A correlation between AOF levels and sediment properties was noted, indicating fine-grained, organic-rich sediments are key sinks for absorbing short- and long-chained PFAS compounds.

# A MAGYARORSZÁGI MŰANYAGMINTÁK BIOALAPÚ SZÉNTARTALMÁNAK ÉS ELEMÖSSZETÉTELÉNEK JELLEMZÉSE

Pap Klaudia Nikoletta<sup>1,\*</sup>, Sajtos Zsófi<sup>2</sup>, Baranyai Edina<sup>2</sup>, Molnár Mihály<sup>1,3</sup>, Tábi Tamás<sup>4</sup>, Varga Tamás<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Nemzetközi Radiokarbon AMS Kompetencia- és Képzési Központ (INTERACT), HUN-REN Atommagkutató Intézet, Magyarország, H-4026 Debrecen, Bem tér 18/c

<sup>2</sup> Atomspektroszkópia Partner Laboratórium, Szervetlen és Analitikai Kémiai Tanszék, Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Kar, Magyarország, H-4032 Debrecen Egyetem Sugárút 1

<sup>3</sup> Isotoptech Ltd., Magyarország, H-4026 Debrecen, Bem tér 18/c

<sup>4</sup> Polimertechnika Tanszék, Gépészmérnöki Kar, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, H-1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3.

\* [pap.klaudia@atomki.hu](mailto:pap.klaudia@atomki.hu)

**Kulcsszavak:** műanyag, izotóp, radiokarbon, elemösszetétel, biológiai széntartalom

**Összefoglaló:** A műanyagok napjaink egyik meghatározó tényezői, amelyek sokoldalúságuknak és alacsony előállítási költségüknek köszönhetően az évek folyamán széles körben váltak felhasználhatóvá az ipar és élet számos területén. A világ műanyagtermelésének több mint egyharmada élelmiszerekkel és emberi szervezettel kapcsolatba kerülő csomagolásra fordítódik. A környezetvédelem, valamint a korlátozott mennyiségben rendelkezésre álló fosszilis erőforrások okán egyre nagyobb jelentőséget kapnak a megújuló forrásból származó műanyagok. Jelen tanulmányunk meglehetősen új perspektívából mutatja be a részben fosszilis, részben bio-alapú polimerek vizsgálatát gyorsító tömegspektrometriás radiokarbon (C-14) és induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrométer technikával végzett analízisen keresztül. Kutatásunk során különféle típusú polimer mintát elemeztünk, amelyek többek között alapanyagok, kereskedelmi forgalomban kapható késztermékek és újrahasznosító üzemből származó válogatott anyagok voltak. Elemanalízisünk során kiválasztott elemek (Ag, Al, B, Ba, Bi, Ca, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Pd, S, Sb, Sn, Sr, Ti, Zn) mennyiségeit vizsgáltuk. A mért koncentrációs értékek jól mutatják a gyártási folyamatok során bekerülő hozzáadott adalékanyagok mennyiségi viszonyait és a Ca jelenlétét. A minták ólom- és kadmium koncentrációit összevetve az Unió jogszabályban foglalt küszöbértékekkel, megállapíthatóvá vált, hogy mindössze egy szemetes zacskó haladta meg a benne mért 294 mg kg<sup>-1</sup> ólom koncentrációval a 60 mg kg<sup>-1</sup> határértéket. A C-14 méréseinkkel vizsgált bioalapú széntartalom az egyes fosszilis- és bio eredetű polimerekben a várt mennyiségi tartományoknak megfelelően alakult. A PLA alapú minták esetén tapasztalhattunk a várt értéktől eltérő, keveréknek bizonyuló termékeket. A két elemzés összehasonlításával megállapíthatuk, hogy a szoros kapcsolat fennállásának hiánya ellenére a két mérés technika együttesével egy lényegesen átfogóbb képet nyerhetünk a polimerekről.

# CHARACTERIZATION OF BIOBASED CARBON CONTENT AND ELEMENTAL COMPOSITION IN PLASTIC SAMPLES FROM HUNGARY

Klaudia Nikoletta Pap<sup>1,\*</sup>, Zsófi Sajtos<sup>2</sup>, Edina Baranyai<sup>2</sup>, Mihály Molnár<sup>1,3</sup>, Tamás Tábi<sup>4</sup>, Tamás Varga<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> International Radiocarbon AMS Competence and Training (INTERACT) Center, HUN-REN Institute for Nuclear Research, H-4026, Bem square 18/c, Debrecen, Hungary

<sup>2</sup> Atomic Spectroscopy Partner Laboratory, Department of Inorganic and Analytical Chemistry, Faculty of Science and Technology, University of Debrecen, Egyetem Square 1, H-4032 Debrecen, Hungary

<sup>3</sup> Isotoptech Ltd., H-4026, Bem square 18/c, Debrecen, Hungary

<sup>4</sup> Department of Polymer Engineering, Faculty of Mechanical Engineering, Budapest University of Technology and Economics, Muegyetem Rkp. 3., Budapest 1111, Hungary

\* [pap.klaudia@atomki.hu](mailto:pap.klaudia@atomki.hu)

**Keywords:** plastic, isotope, radiocarbon, elemental content, biobased carbon

**Abstract:** Plastics are one of today's dominant factors, widely used in many areas of industry and life over the years thanks to their versatility and low production costs. More than a third of the world's plastic production is used for packaging that comes into contact with food and the human body. Environmental concerns and the limited availability of fossil resources mean that plastics from renewable sources are becoming increasingly important. The present study presents a rather new perspective on the analysis of partly fossil and partly bio-based polymers using accelerator mass spectrometry radioactivity (C-14) and inductively coupled plasma optical emission spectrometry techniques. In our research, different types of polymer samples were analysed, including raw materials, commercially available finished products and selected materials from recycling plants. Elemental analysis was used to determine the amounts of selected elements (Ag, Al, B, Ba, Bi, Ca, Cd, Co, Cu, Cr, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Pd, S, Sb, Sn, Sr, Ti, Zn). The measured concentration values give a good indication of the quantitative relationships of the additives added during the manufacturing processes and the importance of Ca. When the concentrations of lead and cadmium in the samples were compared with the limit values of the EU legislation, it was found that only one bin liner with a lead concentration of 294 mg kg<sup>-1</sup> exceeded the limit value of 60 mg kg<sup>-1</sup>. The bio-based carbon content of each fossil and bio-based polymer tested by our C-14 measurements was within the expected quantitative ranges. In the case of the PLA-based samples, we observed products that differed from the expected value and were found to be a mixture. By comparing the two analyses, it was concluded that despite the lack of a close relationship, a much more comprehensive picture of the polymers can be obtained by combining the two measurement techniques.

# FENYŐFÉLÉK, MINT A VÁROSI LÉGSZENNYEZÉS INDIKÁTORAI KOLOZSVÁRON

Zsigmond Andreea-Rebeka\*, Vincze Kinga-Amália

Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Kolozsvári Kar, Környezettudomány Tanszék, Tordai út 4 szám, Kolozsvár, Románia

\* [zsigmond.andrea@gmail.com](mailto:zsigmond.andrea@gmail.com)

**Kulcsszavak:** túlevel, városi környezet, légszennyezés, bioindikáció, elemanalízis

**Összefoglaló:** Napjainkban egyre inkább figyelemfelkeltő probléma a városi légszennyezés, aminek egyik meghatározója a közúti forgalom. Városban a fenyőfélék potenciális bioindikátorai a szervesetlen szennyezőknek. Örökzöld növényekként a téli időszakban is aktívan megkötik a légköri szennyezőket.

Kolozsváron elterjedt fenyőfélék – erdeifenyő (*Pinus sylvestris*), feketefenyő (*Pinus nigra*), lucfenyő (*Picea abies*) és ezüstfenyő (*Picea pungens*) – egy éves leveleiben összesen 18 elem koncentrációját vizsgáltuk. A mintavételt 2023 március-áprilisában végeztük, fajonként 11 egyedről gyűjtöttünk mintákat 1,5 m magasságból.

Bizonyos elemek (Al, Ba, Fe, Ca, Sr, Si) a *Picea* fajokban nagyobb koncentrációban voltak jelen, ezzel szemben más fémek (Mg, Pb) inkább a *Pinus* fajokban. Az Al, a Cr, és a Fe között erős pozitív korrelációt állapítottunk meg, ami arra utal, hogy ezek az elemek hasonló forrásból származnak. A Ba, Sr és Si közötti korrelációk szintén erősek voltak. A Ba és a Sr a kalcium kísérő elemei a kőzetekben, így a szilikát- és karbonátalapú betonépületek és útburkolatok kopásából származó szálló pornak alapösszetevői. A talaj és a növények elempárai közti korrelációk gyengék voltak. Ennek oka elősorban a kolozsvári talajra jellemző viszonylag magas pH (az átlagértékek 6,20–7,06 között változtak). A legerősebb kapcsolatot a talaj vastartalma és a növényekben mért nikkeltartalom között volt ( $r = -0,44$ ). Ez alapján úgy tűnik, hogy a talajban a növények által elérhető vas gátolja a növények nikkelfelvételét.

Az elemek koncentrációjának a változása a talajban nem magyarázta a növényekben észlelt változásokat, ami azt sugallja, hogy az elemek felhalmozódása a túlevelű fákban nagyobb valószínűséggel a levegőben lévő forrásoknak és a fajspecifikus mechanizmusoknak, nem pedig a talajnak köszönhető.



# CONIFERS AS INDICATORS OF URBAN AIR POLLUTION IN CLUJ-NAPOCA

Andreea-Rebeka Zsigmond\*, Kinga-Amália Vincze

Sapientia Hungarian University of Transylvania, Faculty of Sciences and Arts, Department of  
Environmental Science, 4 Calea Turzii, Cluj-Napoca, Romania

\* zsigmond.andrea@gmail.com

**Keywords:** tree leaves, urban environment, air pollution, bioindicators, elemental analysis

**Abstract:** Urban air pollution is an increasing problem today, with road traffic being one of the main contributors. Coniferous trees are potential bioindicators of inorganic pollutants in the city. As evergreen plants, they actively sequester atmospheric pollutants even in winter.

We quantified the concentration of a total of 18 elements in the one-year-old leaves of four species (*Pinus sylvestris*, *Pinus nigra*, *Picea abies* and *Picea pungens*), which are widespread in Cluj-Napoca. Sampling was carried out in March-April 2023 and 11 individuals per species were sampled from a height of 1.5 m.

Some elements (Al, Ba, Fe, Ca, Sr, and Si) were more concentrated in the *Picea* species, while metals like Mg and Pb were more concentrated in the *Pinus* species. A strong positive correlation was found between Al, Cr, and Fe, suggesting that these elements originate from similar sources.

Correlations between Ba, Sr and Si in the leaves were also strong. Ba and Sr are the accompanying elements of calcium in rocks and are therefore the basic constituents of the particulate matter resulting from the abrasion of silicate- and carbonate-based concrete structures and road pavements. The correlations between soil and plant elemental constituents were weak. This is mainly due to the relatively high pH of the soil in Cluj-Napoca (average values ranged from 6.20 to 7.06 in our samples). The strongest correlation was between soil iron content and nickel content in plants ( $r = -0.44$ ). This suggests that the iron available to plants in the soil inhibits the uptake of nickel by plants.

Changes in the mineral content in soil did not explain the changes observed in plants, suggesting that the accumulation of elements in conifers is more likely due to airborne sources and species-specific mechanisms rather than soil.

# VÍZTESTEK UTÁNPÓTLÓDÁSI VISZONYAINAK VIZSGÁLATA KÖRNYEZETI IZOTÓPOKKAL AZ INDIAI VARANASI TÉRSÉGÉBEN

Palcsu László<sup>1,\*</sup>, Kállai Mariann<sup>1,\*\*</sup>, Illés Lajos<sup>1</sup>, Molnár Mihály<sup>1</sup>,  
Horváth Anikó<sup>1</sup>, Temovski Marjan<sup>1</sup>, Abhinav Patel<sup>2</sup>, Shive Prakash Rai<sup>2</sup>

<sup>1</sup> HUN-REN Atommagkutató Intézet, Debrecen, Bem tér 18/c

<sup>2</sup> Banaras Hindu University, Varanasi, Uttar Pradesh, India

\* *palcsu.laszlo@atomki.hu*, \*\* *kallai.mariann@atomki.hu*

**Kulcsszavak:** víz, környezeti izotópok, utánpótlódás, vízkor

**Összefoglaló:** A világon India használja a felszín alatti vízkészleteket a legnagyobb mértékben, megelőzve Kínát, Pakisztánt és az USA-t is. Jelenleg a fő problémát a felszín alatti vízforrások kimerülése jelenti India észak-nyugati területein, ami a nem fenntartható vízkivételezés következménye. Ahogy a talajvíz szintje lecsökken, az emberek mélyebb víztározó rétegekbe fúrnak, hogy kielégítsék vízigényüket. A mélyebb rétegekből kinyert víz válik a Gangesz vízgyűjtőjének legfontosabb (édes) vízforrásává. Varanasi szűkebb környezetének sekély vízadói beszivárgási viszonyainak kutatása volt a célunk, mely során izotóphidrológiai módszereket használtunk. A felső agyagos talajréteg (~10-20 m) alatt lévő sekély és egy néhány méteres agyagos záróréteg alatti mélyebb víztestet vizsgáltunk. A fúrt kutakat öntözésre és ivóvíznek használják. A fő cél az volt, hogy kiderítsük, hol van a beszivárgási terület, és Gangesz vízállása vajon mennyire befolyásolja a betáplálást, a Gangesz vize vajon közvetlenül táplálja-e a sekély vagy a mélyebb víztartót. A vízminták <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr izotóparánya viszonylag széles skálán, 0,7172 és 0,7253 között mozog, ami térben inhomogén befogadó geológiai környezetre utal. A vizek stabilizotóp-összetételéből arra lehet következtetni, hogy a felszín alá kerülés előtt a víz bepárlódott. Az oldott nemesgázokból számolt beszivárgási hőmérséklet (25 °C) megegyezik a terület átlagos hőmérsékletével, tehát a víz helyi eredetű és mai klímán szivárgott be. Ez utóbbit megerősítik a <sup>3</sup>H/<sup>3</sup>He korok, amelyek átlagos értéke 31 év. A víz radiokarbon tartalma idősebb víz jelentére is utal, melynek <sup>14</sup>C-kora 1000 év körülnek adódik. A különböző korjelző izotópok mennyisége mindenképpen különböző elérési idejű vizek keveredésére mutat rá. Ez eredhet egyrészt a vízadó hidrodinamikai tulajdonságaiból, a kutak kiképzéséből, vagy túltermelés következtében.

# RECHARGE CONDITIONS AROUND VARANASI, INDIA, REVEALED BY ENVIRONMENTAL ISOTOPES

László Palcsu<sup>1,\*</sup>, Mariann Kállai<sup>1,\*\*</sup>, Lajos Illés<sup>1</sup>, Mihály Molnár<sup>1</sup>,  
Anikó Horváth<sup>1</sup>, Marjan Temovski<sup>1</sup>, Abhinav Patel<sup>2</sup>, Shive Prakash Rai<sup>2</sup>

<sup>1</sup> HUN-REN Atommagkutató Intézet, Debrecen, Bem tér 18/c

<sup>2</sup> Banaras Hindu University, Varanasi, Uttar Pradesh, India

\* [palcsu.laszlo@atomki.hu](mailto:palcsu.laszlo@atomki.hu), \*\* [kallai.mariann@atomki.hu](mailto:kallai.mariann@atomki.hu)

**Keywords:** water, environmental isotopes, recharge, water age

**Abstract:** India is the world's largest user of groundwater consumer, ahead of China, Pakistan and the USA. Currently, the main problem is the depletion of groundwater resources in the north-western regions of India, which is a consequence of unsustainable water exploitation. As the groundwater level decreases, people drill deeper wells to ensure their water needs. Water extracted from deeper aquifers becomes the most important freshwater source for the Ganges basin. Our aim was to investigate the recharge conditions of shallow aquifers in the vicinity of Varanasi, using isotope hydrological methods. We examined a shallow aquifer under the clay layer (~10-20 m) and a deeper water body under a clay aquitard of a few meters. The wells are used for irrigation and potable water. The main goal was to find out where the infiltration area is, and to what extent the Ganges water level affects the recharge, and whether the Ganges water directly recharges the shallow or deeper aquifer. The <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr isotope ratio of the water samples ranges over a relatively wide range, between 0.7172 and 0.7253, which indicates a spatially inhomogeneous geological environment. The stable isotope composition of the waters suggests that the water has suffered evaporation before infiltration. The recharge temperature (25 °C) calculated from dissolved noble gases is the same as the average temperature of the area, so the water is of local origin and the recharge occurred in recent climate. The latter is confirmed by the <sup>3</sup>H/<sup>3</sup>He ages, which average is 31 years. The radiocarbon content of the water suggests the presence of older water, with a <sup>14</sup>C age of around 1000 years. The amount of different dating isotopes definitely indicates the mixing of waters with different residence times. This may result from the hydrodynamic properties of the aquifer, the well design, or overexploitation.



**KÖRNYEZETI NEVELÉS**

**ENVIRONMENTAL EDUCATION**

# A HAGYOMÁNYOS ÉS A NAGYÜZEMI ALFÖLDI GAZDÁLKODÁS ÖSSZEHASONLÍTÁSA A TANÓRÁKON

Fabula Dominik Máté<sup>1,\*</sup>, Dr. Kis Anna<sup>2,\*\*</sup>, Gerenday Éva<sup>3</sup>,  
Dr. Angyal Zsuzsanna<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Környezettudományi Centrum, 1117  
Budapest Pázmány Péter sétány 1/a

<sup>2</sup> Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Földrajz- és Földtudományi Intézet,  
Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest Pázmány Péter sétány 1/a

<sup>3</sup> Dömsödi Széchenyi István Általános Iskola, 2344 Dömsöd Széchenyi u. 9.

<sup>4</sup> Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Környezettudományi Centrum, 1117  
Budapest Pázmány Péter sétány 1/a

\* *fabdo@student.elte.hu*, \*\* *kiaqagt@staff.elte.hu*

**Kulcsszavak:** Hagyományos gazdálkodás, Környezeti nevelés, Fenntarthatóság, Projekt-  
munka

**Összefoglaló:** Napjainkban az egyre inkább terjedő tömeggyártásból adódóan, a gyermekek egyre ritkábban találkoznak a hagyományos élelmiszertermelési módszerekkel. Ennek következtében ismereteik jelentős mértékben csökkennek a hagyományos mezőgazdaságról és az élelmiszer előállítás folyamatairól, különösen Magyarország mezőgazdasági hagyományainak ismereteiről. A nagyüzemi termelés térnyeréséből következik, hogy a termelés fókusza egyre inkább a nagymennyiségű, egy féle termék előállítására helyeződik, miközben a hagyományos gazdálkodási formák egyre inkább háttérbe szorulnak. Sajnos a gyermekek otthon környezetben is egyre ritkábban találkoznak a hagyományos élelmiszertermelés gyakorlataival, így mindennapi tapasztalataik is egyre távolabb kerülnek a valóságtól. Ez a tendencia a tudás hiányának problémája mellett a hagyományos mezőgazdasági kultúra elfeledéséhez is vezethet. Munkánk célja, hogy az alföldi hagyományos, háztáji mezőgazdasági módszereket – mint a kézi földművelést, saját fogyasztásra történő termelést és háztáji húsfeldolgozást – a nagyüzemi termelési formákkal összehasonlítva dolgozzuk fel a diákokkal, így közelebb hozva a tradicionális termelési eljárásokat a fiatalokhoz, emellett pedig a fenntartható élelmiszertermelés fontosságát is kihangsúlyozhatjuk. Ezzel a szemléletformáló munkával kívánunk hozzájárulni a jövő generációjának mezőgazdasági kultúrával kapcsolatos ismereteinek bővítéséhez.

# COMPARISON OF TRADITIONAL AND LARGE-SCALE LOWLAND FARMING IN THE CLASSROOM

Fabula Dominik Máté<sup>1,\*</sup>, Dr. Kis Anna<sup>2,\*\*</sup>, Gerenday Éva<sup>3</sup>,  
Dr. Angyal Zsuzsanna<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Eötvös Loránd University, Faculty of Science, Center of Environmental Science, 1117 Budapest  
Pázmány Péter sétány 1/a

<sup>2</sup> Eötvös Loránd University, Faculty of Science, Institute of Geography and Earth Sciences,  
Department of Meteorology, 1117 Budapest Pázmány Péter sétány 1/a

<sup>3</sup> Dömsödi Széchenyi István Primary School, 2344 Dömsöd Széchenyi u. 9.

<sup>4</sup> Eötvös Loránd University, Faculty of Science, Center of Environmental Science, 1117 Budapest  
Pázmány Péter sétány 1/a

\* *fabdo@student.elte.hu*, \*\* *kiaqagt@staff.elte.hu*

**Keywords:** traditional farming, environmental education, sustainability, project work

**Abstract:** Today, children are less and less likely to be exposed to traditional food production methods due to the ever-increasing mass production. As a result, their knowledge of traditional agriculture and the processes of food production, especially of Hungary's agricultural traditions, is significantly reduced. As a consequence of the rise of large-scale production, the focus of production is increasingly shifting towards the production of large quantities of a single type of product, while traditional forms of farming are increasingly being marginalised. Unfortunately, children are also less and less exposed to traditional food production practices in the home environment, and their everyday experiences are becoming increasingly distanced from reality. In addition to the problem of a lack of knowledge, this trend can also lead to a forgetting of traditional farming culture. The aim of our work is to explore with students traditional, backyard farming methods in the lowlands, such as manual farming, home production and backyard meat processing, in comparison with large-scale production, in order to bring traditional production practices closer to young people and to emphasise the importance of sustainable food production. Through this awareness-raising work, we want to contribute to increasing the knowledge of future generations about agricultural culture.

# A KÖRNYEZETI NEVELÉS EGYIK KULCSKOMPETENCIÁJA: TÉRBELI TÁJÉKOZÓDÁSI KÉPESSÉG PILOT MÉRÉS ELSŐ EREDMÉNYEI

Kárpáti Szilvia<sup>1,2,4,5,\*</sup>, Szászi Brigitta<sup>2,3,4,6</sup>, Varga László<sup>1</sup>, Sütő László<sup>1,4,\*\*</sup>

<sup>1</sup> Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, Földrajz és Környezettudományi Intézet, Leányka u. 6-8, Eger, H-3300

<sup>2</sup> Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, Neveléstudományi Doktori Iskola  
Eszterházy tér 1, Eger, H-3300

<sup>3</sup> Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, Tanító és Óvóképző Intézet, Klapka Gy. u. 12., Eger, H-3300

<sup>4</sup> MTA-SZTE Földrajz Szakmódszertani Kutatócsoport, Egyetem u. 2-6. Szeged, H-6725

<sup>5</sup> Petőfi Sándor Római Katolikus Általános Iskola és Gimnázium, Petőfi tér 1. Vecsés, H-2220

<sup>6</sup> Mezőkövesdi Általános Iskola Hősök tere 14., Mezőkövesd H-3400

\* *karpati.szilvia@uni-eszterhazy.hu*, \*\* *suto.laszlo@uni-eszterhazy.hu*

**Kulcsszavak:** térbeli tájékozódás, tantárgyközi koncentráció, terepi fejlesztés, diagnosztikus és kimeneti mérés

**Összefoglaló:** Környezetünk észlelése során többször alkalmazunk olyan stratégiákat, amelyek végrehajtásához elengedhetetlenül fontos a térbeli gondolkodás. Fejlesztése a 21. század felgyorsult világában, a családok átalakult szokásrendszere, a technológiai fejlődés és a földrajz órák számának csökkenése miatt, egyre nagyobb kihívást jelent a közoktatásban.

A térbeli tájékozódás fejlesztése hosszú folyamat, amely eredményesen, az egymáshoz szorosan kapcsolódó, egymással hálózatot alkotó részkapességek, komplex, tantárgyakon átívelő fejlesztésével érhető el.

Ennek vizsgálatához tantárgyközi koncentrációban zajló kutatást terveztünk, amelynek célja, hogy képet kapjunk arról, hogyan érhető el pozitív változás a térbeli tájékozódás fejlesztésben.

Kontrollcsoportos mérés során bemeneti tesztekkel és a tájfutásból vett terepi tájékozdási feladatok segítségével mérünk. A fejlesztési feladatokat földrajz- és testnevelés órákon valósítjuk meg. A kísérleti csoportban részt vevők tantermi és terepi képességfejlesztési feladatokat oldanak meg, melyet kísérleti és kontrollcsoportos kimeneti mérés követ.

Jelen tanulmányban két pilot iskolai mérés részeredményeit mutatjuk be. A bemeneti mérés elemzése során vizsgáltuk különböző változók mentén a térlátás és tájékozdási képesség eltéréseit.

Kitértünk arra, hogy az oktatási dokumentumokban e képességről megfogalmazott elvárások mennyire állnak összhangban a különböző korosztályok térbeli tájékozdási képességének fejlettségével

Az MTA-SZTE Földrajz Szakmódszertani Kutatócsoport a 2022–26 közötti időszakban az MTA Közoktatás-fejlesztési Kutatási Program támogatásával működik.



# ONE OF THE KEY COMPETENCIES OF ENVIRONMENTAL EDUCATION: SPATIAL ORIENTATION PILOT MEASUREMENT PRELIMINARY RESULTS

Szilvia Kárpáti<sup>1,2,4,5,\*</sup>, Brigitta Szászi<sup>2,3,4,6</sup>, László Varga<sup>1</sup>, László Sütő<sup>1,4,\*\*</sup>

<sup>1</sup> Eszterházy Károly Catholic University, Institute of Geography and Environmental Sciences,, Leányka u. 6-8, Eger, H-3300

<sup>2</sup> Eszterházy Károly Catholic University, Doctoral School of Education, Eszterházy tér 1, Eger, H-3300

<sup>3</sup> Eszterházy Károly Catholic University, Teacher and Kindergarten Teacher Training Institute, Klapka Gy. u. 12., Eger, H-3300

<sup>4</sup> Hungarian Academy of Sciences - University of Szeged, Geography Methodology Research Group, Egyetem u. 2-6. Szeged, H-6725

<sup>5</sup> Petőfi Sándor Roman Catholic Elementary and High School of Vecsés, Petőfi tér 1. Vecsés, H-2220

<sup>6</sup> Mezőkövesd Primary School, Hősök tere 14., Mezőkövesd H-3400

\* *karpati.szilvia@uni-eszterhazy.hu*, \*\* *suto.laszlo@uni-eszterhazy.hu*

**Keywords:** spatial orientation, cross-curricular concentration, field development, diagnostic and outcome measures

**Abstract:** In perceiving our environment, we repeatedly employ strategies for which spatial reasoning is essential for their implementation. Its development in the accelerated world of the 21st century, with changing family habits, technological advances, and a reduction in the number of geography lessons, is an increasing challenge for public education. The development of spatial orientation is a long process, which can be achieved effectively through the development of a complex, cross-curricular network of interrelated skills. To investigate this, we have designed a cross-curricular concentration of research to gain an understanding of how positive change in the development of spatial orientation can be achieved. In a control-group measurement, we will use input tests and field orientation tasks taken from the landscape course. Developmental tasks will be implemented in geography and physical education lessons. Participants in the experimental group will complete classroom and field skill development tasks, followed by experimental and control group outcome measures. In this paper, we present partial results from two pilot school-based measurements. The input measures were analyzed to examine differences in spatial vision and orientation ability along different variables. The extent to which the expectations of this ability in educational documents are consistent with the development of spatial orientation skills in different age groups was discussed.

The Hungarian Academy of Sciences - University of Szeged Geography Methodology Research Group is funded by the Hungarian Academy of Sciences Research Programme for the Development of Public Education for the period 2022–26."



**AGRÁR-KÖRNYEZETTUDOMÁNY**  
**AGRICULTUR AND ENVIRONMENT**

# KÜLÖNBÖZŐ BIOSZÉN DÓZISOK RÖVIDTÁVÚ HATÁSAI LABORATÓRIUMI KÖRÜLMÉNYEK KÖZÖTT BORSÓ TESZTNÖVÉNYEN

Szőke Timea<sup>1,\*</sup>, Abod Éva<sup>2,\*\*</sup>

<sup>1</sup> hallgató, Sapientia – Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Sepsiszentgyörgyi Kar, Élettudományi Tanszék, Agrármérnöki szak, IV. év

<sup>2</sup> adjunktus, Sapientia – Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Sepsiszentgyörgyi Kar, Élettudományi Tanszék

\* *szoke.timea@student.ms.sapientia.ro*, \*\* *abodeva@uni.sapientia.ro*

**Kulcsszavak:** bioszén, talaj biológiai aktivitás, faeoziom talajtípus, borsó tenyészedényes kísérlet

**Összefoglaló:** A mezőgazdasági használatban lévő talajok szerkezetének javítására, a szárazság elleni védekezésre, illetve az ökológiai gazdálkodásra való átállásra egy megoldást nyújtó „eszköz”, a bioszén rövid távú hatásait vizsgáltuk Sepsiszentgyörgy környéki egyik legelterjedtebb talajtípusra. Kutatásunk során laboratóriumi körülmények között tenyészedényes borsó teszt növényvel végzett kísérletek során vizsgáltuk, hogy faeoziom talajban a bioszén különböző dózissai (0, 1, 2, 3, 4 és 5%) milyen változásokat okoznak a különböző talajtulajdonságokra (vízmegekötő képesség, talaj biológiai aktivitás), illetve hogyan befolyásolja a fitomassza mennyiségét és a gümőszámot. A kísérlet helyszínének a Sapientia - EMTE Sepsiszentgyörgyi Karán kialakított kontrollált körülményeket (21-25°C, 250-300  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ , 40-50% RH) biztosító növénynevelő egysége adott otthont, kezelésenként öt tenyészedénnyel (három kg talajjal és három növényvel). A kísérlet hat hétig tartott, amelynek során mintavétel a 0., 2., 4. és 6. héten történt, a méréseket három-öt ismétlésben végeztük el.

A talaj vízmegekötő képessége esetében 2% bioszén dózissal figyeltünk meg pozitív változást az első (16%) és a második (9%) mintavételnél. A talaj biológiai aktivitását mérve a 3 és 4% bioszén dózissal mutattak magasabb értéket a második és a harmadik mintavételi időpontban, viszont szignifikáns különbséget a 3%-os minta adott ( $4,0132 \pm 0,2341 \mu\text{g}/\text{g} \cdot \text{h}$ ) a harmadik mintavételnél a kontrollhoz ( $2,6747 \pm 0,4442 \mu\text{g}/\text{g} \cdot \text{h}$ ) viszonyítva. A fitomassza paramétereinél pozitív értékeket kaptunk a hajtáshossz (cm) és a hajtás nedves tömege (g) esetében, viszont a változás nem volt statisztikailag szignifikáns a kontroll mintákhoz viszonyítva. Eredményeink alapján a bioszén alkalmazása 3%-os dózisban ígéretesnek tűnik a talaj vízmegekötő képességének javításában és biológiai aktivitásának serkentésében.

# SHORT-TERM EFFECTS OF DIFFERENT BIOCHAR DOSES ON PEA TEST PLANT UNDER LABORATORY CONDITIONS

Timea Szőke<sup>1,\*</sup>, Éva Abod<sup>2,\*\*</sup>

<sup>1</sup> student, Sapientia – Hungarian University of Transylvania, Faculty of Life Sciences and Sports, Department of Life Sciences, Sfântu Gheorghe, Agriculture specialization, 4th year

<sup>2</sup> assistant professor, Sapientia – Hungarian University of Transylvania, Faculty of Life Sciences and Sports, Department of Life Sciences, Sfântu Gheorghe

\* *szoke.timea@student.ms.sapientia.ro*, \*\* *abodeva@uni.sapientia.ro*

**Keywords:** biochar, soil biological activity, phaeozem soil type, pea pot experiment.

**Abstract:** As a potential solution for improving soil structure, combating drought, and transitioning to organic farming, we investigated the short-term effects of biochar on one of the most widespread soil types around Sfântu Gheorghe. Our research was conducted under laboratory conditions using a pot experiment with pea plants to examine how different biochar doses (0, 1, 2, 3, 4, and 5%) influence various soil properties (water retention capacity, soil biological activity) and their effects on phytomass production, as well as nodule formation in phaeozem soil. The experiment took place in a controlled environment (21-25°C, 250-300  $\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$ , 40-50% RH) with five pots per treatment, each containing three kg of soil and three plants. The experiment lasted six weeks, with sampling conducted at weeks 0, 2, 4, and 6, and measurements performed in three to five replicates.

Regarding soil water retention capacity, a positive change was observed at a 2% biochar dose during the first (16%) and second (9%) sampling. In terms of soil biological activity, higher values were recorded at 3% and 4% biochar doses during the second and third sampling, but only the 3% sample showed a significant difference ( $4.0132 \pm 0.2341 \mu\text{g/gh}$ ) in the third sampling compared to the control sample ( $2.6747 \pm 0.4442 \mu\text{g/gh}$ ). For phytomass parameters, positive values were obtained for shoot length (cm) and shoot fresh weight (g), although the changes were not statistically significant compared to control samples. Based on our results, applying biochar at a 3% dose appears promising for enhancing soil water retention capacity and stimulating biological activity.

# FELISMERHETŐ-E A MIKOTOXINOK KONDÍCIÓRA GYAKOROLT HATÁSA EGYSZERŰ TEREPI VIZSGÁLATOKKAL A MAGYARORSZÁGI ŐZ ÉS A MEZEI NYÚL ÁLLOMÁNYOKBAN?

Antal Adrián<sup>1,\*</sup>, Maurer Máté<sup>1</sup>, Horváth Győző<sup>1</sup>, Horváth Adrienn<sup>1</sup>, Tóth Dániel<sup>1</sup>,  
Szőke Zsuzsanna<sup>2</sup>, Szemethy László<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pécsi Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Biológia Intézet, Pécs, Ifjúság útja 6, 7624

<sup>2</sup>Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Genetika és Biotechnológia Intézet Állatbiotechnológia  
Tanszék, Gödöllő, Páter Károly utca 1, 2100

\* *antaladrian01@gmail.com*

**Kulcsszavak:** mikotoxinok, európai őz, mezei nyúl, vadállomány

**Összefoglaló:** A globális felmelegedés következményeként a penészgombák által termelt mikotoxinok egyre jelentősebb gazdasági károkat okoznak és élelmiszerbiztonsági kockázatot jelentenek. A mikotoxinok az állati és emberi szervezetekben mutagén, karcinogén, immunrendszer gyengítő, gyulladáskeltő hatásúak, ronthatják az egyed kondícióját és szaporodási teljesítményét továbbá növelik az elhullást. Bár a hatások a háziállatokon jól kutattak, a természetes populációkra és általánosságban a környezetünkre gyakorolt hatásokról viszont keveset tudunk. Vizsgálatunk során természetes környezetükben élő, a szokványos vadászati tevékenységek során elejtett mezei nyúl (*Lepus europaeus*) és európai őz (*Capreolus capreolus*) nőstények szervezetében vizsgáltuk az aflatoxinok, zearalenon, DON, T2-HT2 toxin és a fumonizinek megjelenését és kondícióra gyakorolt hatását. Mind a mezei nyúl, mind az európai őz egyedek nagy részének a veséjében több mikotoxin együttes megjelenését mutattunk ki, ám a két fajban eltérő mértékben. A mikotoxinok hatása a méregtelenítésért felelős szervek (máj és vesék) tömegére a magas koncentrációt elért csoportokban volt kimutatható. Az egyedek testtömegével viszont nem találtunk a kontamináció okozta változást. Emiatt a szervminták vizsgálata nélkül egyszerű terepi megfigyeléssel a mérgezett egyedek nem ismerhetők fel, emiatt a mikotoxinok tényleges vadgazdálkodási veszélyének felmérése csak alapos laboratóriumi vizsgálatokkal lehetséges.

# CAN THE EFFECT OF MYCOTOXINS ON CONDITION BE RECOGNIZED THROUGH SIMPLE FIELD STUDIES IN THE POPULATIONS OF ROE DEER AND BROWN HARE IN HUNGARY?

Adrián Antal<sup>1,\*</sup>, Máté Maurer<sup>1</sup>, Győző Horváth<sup>1</sup>, Adrienn Horváth<sup>1</sup>, Dániel Tóth<sup>1</sup>, Zsuzsanna Szőke<sup>2</sup>, László Szemethy<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of Biology, Faculty of Sciences, University of Pécs, Ifjúság str. 6, 7624 Pécs, Hungary

<sup>2</sup> Department of Animal Biotechnology, Institute of Genetics and Biotechnology, Hungarian

University of Agriculture and Life Sciences, Páter Károly str. 1, 2100 Gödöllő, Hungary

\* [antaladrian01@gmail.com](mailto:antaladrian01@gmail.com)

**Keywords:** Mycotoxins, Roe deer, Brown hare, Population

**Abstract:** Due to global warming, mycotoxins produced by molds are causing increasingly significant economic damage and food safety risks. Mycotoxins are mutagenic, carcinogenic, immunosuppressive, and inflammatory in animal and human organisms, able to alter the condition and reproductive performance of individuals and increase mortality. Although the effects on domestic animals are well-researched, we know much less about their impact on natural populations and the environment in general. In our study, we examined the presence and impact on the condition of aflatoxins, zearalenone, DON, T2-HT2 toxin, and fumonisins in female Brown hares (*Lepus europaeus*) and Roe deer (*Capreolus capreolus*) that were harvested during regular hunting activities in their natural habitats. In both the Brown hare and the Roe deer, we detected the intense presence of multiple mycotoxins in the kidneys of a significant portion of the individuals, although to varying degrees between the two species. The effect of mycotoxins on the mass of the detoxification organs (liver and kidneys) was detectable in the groups that reached high concentrations. However, we did not find any changes in the body mass of the individuals caused by the contamination. Therefore, without examining organ samples, contaminated individuals cannot be identified through simple field observations, and thus the actual wildlife management risk posed by mycotoxins can only be assessed through laboratory tests.

# MIKOTOXINOK JELENLÉTE KÖRNYEZETÜNKBEN: VESZÉLYEZTETTEK-E A TERMÉSZETES POPULÁCIÓK?

Maurer Máté<sup>1,\*</sup>, Antal Adrián<sup>1,\*\*</sup>, Lakatos István<sup>2</sup>, Strancinger Szilvia<sup>1</sup>,  
Dr. Ferencziné Szőke Zsuzsanna<sup>3</sup>, Szemethy László<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pécsi Tudományegyetem Természettudományi Kar, Biológia Intézet Pécs, Ifjúság útja 6, 7624

<sup>2</sup> Agrárminisztérium, Vadgazdálkodási Főosztály

<sup>3</sup> Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Szent István Kampus, Állatbiotechnológia Tanszék,  
Szaporodásbiológia és Toxikológia Csoport Gödöllő, Páter Károly utca 1, 2100

\* *maurermate97@gmail.com*, \*\* *antaladrian01@gmail.com*

**Kulcsszavak:** mikotoxinok, dámszarvas, őz, mezei nyúl, táplálék-összetétel

**Összefoglaló:** A globális klímaváltozás következményeképpen Európában is egyre nagyobb problémát okoznak a penészgombák által termelt mikotoxinok. A különböző mikotoxinok számos egészségügyi problémát okoznak, mint például az immunsszuppresszió, ivarszervek károsodása, valamint emésztési rendellenességek. Ennek okán a mikotoxinokkal szennyezett termények (búza, kukorica) emberi-, és állatfogyasztásra alkalmatlanná válnak, melyet EU és nemzeti szintű határértékek előírások szabályoznak. A természetes életközösségekre így a vadfajokra azonban a mikotoxinok veszélyeit és elfordulási gyakoriságát és a mikotoxin forrásokat sem ismerjük. A nyolc éve folyó kutatásunkban kimutattuk az aflatoxinok, a zearalenon, a DON, a T2-HT2 toxin és a fumonizinek előfordulását a dámszarvasban, az őzben és a mezei nyúlban. Összefüggést találtunk egyes mikotoxinok és az agancstő rendellenessége és a szaporodási zavarok között. Minden esetben nagy egyedi varianciát találtunk, ami okaként táplálkozási és emésztési különbségeket feltételeztünk, ezért vizsgáltuk a táplálék összetételét és a leggyakoribb tápláléknövények mikotoxin szennyezettségét. Az első eredményekkel rendelkezünk, de a probléma részletes vizsgálata a jövő feladata.



# THE IMPACT OF MYCOTOXINS IN OUR ENVIRONMENT: ARE NATURAL POPULATIONS IN DANGER?

Máté Maurer<sup>1,\*</sup>, Adrián Antal<sup>1,\*\*</sup>, István Lakatos<sup>2</sup>, Szilvia Stranczinger<sup>1</sup>,  
Zsuzsanna Ferencziné Szőke Dr.<sup>3</sup>, László Szemethy<sup>1</sup>

<sup>1</sup> University of Pécs, Faculty of Science, Institute of Biology, Ifjúság útja 6, 7624

<sup>2</sup> Ministry of Agriculture, Department of Wildlife Management

<sup>3</sup> Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Szent István Campus, Department of  
Animal Biotechnology, Reproductive Biology and Toxicology Group, Gödöllő, Páter Károly  
utca 1, 2100

\* *maurermate97@gmail.com*, \*\* *antaladrian01@gmail.com*

**Keywords:** mycotoxins, fallow deer, roe deer, hare, diet composition

**Abstract:** The impacts of global climate change are becoming a significant concern in Europe, particularly regarding the proliferation of mycotoxins produced by molds. This issue necessitates careful attention and action to mitigate its effects. Various mycotoxins cause numerous health problems, such as immunosuppression, damage to the reproductive organs, and digestive disorders. For this reason, crops contaminated with mycotoxins (wheat, corn) become unfit for human and animal consumption, which EU and national limit values regulate. However, the dangers and frequency of mycotoxins for natural ecosystems, such as wild species, and the sources of mycotoxins are unknown. Our eight-year research demonstrated the occurrence of aflatoxins, zearalenone, DON, T2-HT2 toxin, and fumonisins in fallow deer, roe deer, and hares. We have found a connection between certain mycotoxins and antler abnormalities and reproductive disorders. In each case, we found high variation, which we assume is due to nutritional and digestive differences. Therefore, we investigated the diet and the mycotoxin contamination of the most common food plants. We have the first results, but a detailed investigation of the problem is a task for the future.



**ENVIRONMENTAL SCIENCES  
AND STUDIES**

# IMPROVED METHOD FOR $^{210}\text{Po}$ AND $^{210}\text{Bi}$ DETERMINATION BY LIQUID SCINTILLATION COUNTING

Áron Bálint-Farkas<sup>1</sup>, Robert-Csaba Begy<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Environmental Science and Engineering, “Babeş-Bolyai” University, Str. Fantanele, Nr. 30, Cluj-Napoca, Romania

<sup>2</sup> Interdisciplinary Research Institute on Bio-Nano-Science, Str. Treboniu Laurian, Nr. 42, Cluj-Napoca, Romania

**Keywords:**  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{210}\text{Bi}$ , Copper, Silver, Wire, Efficiency

**Abstract:** The  $^{210}\text{Pb}$  ( $t_{1/2}=22.2$  years, beta-emitter) dating method is crucial in environmental and geological sciences, enabling precise dating of soils and sediments from the past two centuries.  $^{210}\text{Pb}$  can be measured using all three spectrometric techniques, each with its own advantages and disadvantages. Gamma spectrometry is non-destructive but has a high detection limit due to lead's low gamma yield (4.25%). Alpha spectrometry can be used after  $^{210}\text{Pb}$  reaches secular equilibrium with  $^{210}\text{Po}$  ( $t_{1/2}=138.4$  days, alpha emitter). Beta spectrometry can be applied when  $^{210}\text{Pb}$  and  $^{210}\text{Bi}$  ( $t_{1/2}=5.01$  days, beta emitter) reach secular equilibrium (after 28 days of storage). Alpha and beta spectrometry offer lower detection limits and suitability for low-activity samples, despite requiring extensive radiochemical preparation.

The aim of this work is to develop an improved methodology for  $^{210}\text{Pb}$  determination through  $^{210}\text{Bi}$  and  $^{210}\text{Po}$  measurements using liquid scintillation counting (LSC) and to eliminate the main deficiency of this method, quenching.

The proposed method, similar in procedure to  $^{210}\text{Po}$  disk deposition, involves ion implantation by spontaneous deposition on Cu, Ag or Ni surfaces. The key difference is the use of a wire instead of a disk, which can be easily introduced into the LSC cocktail. This approach provides a more suitable geometry for the LSC spectrometer (Packard Tri-Carb 2300TR liquid scintillation counter) and ensures high chemical yield and low detection limits for low-activity samples, while requiring minimal sample preparation.

First, we examined the efficiency using wires of different thicknesses, revealing that the highest efficiency ( $95.4\% \pm 7.2\%$ ) was achieved with a 3 mm copper wire. Subsequently, the 3 mm copper wire was coated with silver to enhance efficiency. The appearance of values exceeding 100% indicated that  $^{210}\text{Bi}$  was also depositing on the wire surface. Therefore, further experiments focused on increasing the simultaneous deposition of  $^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Bi}$ .

For practical use, a sample digestion procedure was developed for peat moss samples originating from Crveni Potok in Tara National Park, Serbia. The proposed digestion process has an average efficiency of 78.28% with a standard deviation of 7.09%. The overall uncertainty of the proposed methodology remains around 14%, making it suitable for environmental, radiological, and geological measurements.

# STUDY OF SENSITIVITY OF TREE SPECIES TO THE AIR POLLUTION IN VIENNA

Dina Bibi<sup>1</sup>, Dávid Tózsér<sup>1</sup>, Bianka Sipos<sup>1,2</sup>, Vanda Éva Molnár<sup>2</sup>,  
Béla Tóthmérész<sup>3</sup>, Edina Simon<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Department of Ecology, Faculty of Sciences and Technology, University of Debrecen, H-4032 Debrecen, Egyetem square 1., Hungary

<sup>2</sup> HUN-REN-UD Biodiversity and Ecosystem Services Research Group, H-4032 Debrecen, Egyetem square 1., Hungary

<sup>3</sup> HUN-REN-UD Anthropocene Ecology Research Group, H-4032 Debrecen, Egyetem square 1., Hungary

\* [dinaangel172@gmail.com](mailto:dinaangel172@gmail.com)

**Keywords:** Urbanization, Air Pollution Tolerance Index (APTI), Heavy metals, Plant Leaves, Bioindicators

**Abstract:** Plants are especially helpful in evaluating the effects of urbanization and air pollution as active biological indicators. Using the Air pollution Tolerance Index (APTI), leaf dust content (PM<sub>10</sub>), and leaf heavy metal concentration, we assessed the sensitivity of different tree species to air pollution. Sampling locations were in a city park (urban area), a suburban region on the outer edge of the city, and a forest (rural area) along an urbanization gradient in Vienna, Austria. Samples of leaves were collected from the *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior*, and *Acer platanoides* tree species. The relative water content, concentration of ascorbic acid and chlorophyll and the pH of leaf extracts were measured to calculate the APTI. The studied species are valuable bioindicator species that are appropriate for air pollution monitoring because, according to APTI values, they were sensitive indicators of air pollution. Significant differences were observed across species in terms of their relative, pH and ascorbic acid and chlorophyll contents. Further, we found notable variations in pH and chlorophyll content according to the sampling location. *A.platanoides* has the largest amount of chlorophyll content. The concentration of Al, Ba, Cr, Ni, and Zn varied significantly between species at all stages of urbanization. Using these bioindicator species and the higher amounts of PM<sub>10</sub>, Al, Ba, Cu, Fe, Sr, and Zn in urban area samples, we indicated the impact of urbanization.

# MODELLING SOIL MOISTURE DYNAMICS FOR INFORMED SUSTAINABLE LAND MANAGEMENT AND WATER RETENTION INTERVENTIONS

Neliswa Mthethwa<sup>1,2,\*</sup>, András Makó<sup>3,4</sup>, Magyar Tamás<sup>5,6</sup>,  
Péter Tamás Nagy<sup>5,6,\*\*</sup>, Zsolt Kozma<sup>1,2,\*\*\*</sup>

<sup>1</sup> Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Hungary

<sup>2</sup> National Laboratory for Water Science and Water Security, Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Civil Engineering, Department of Sanitary and Environmental Engineering, Budapest, Hungary

<sup>3</sup> National Laboratory for Water Science and Water Security, Institute for Soil Sciences, Budapest, Hungary

<sup>4</sup> HUN-REN, Centre for Agricultural Research, Institute for Soil Sciences, Budapest, Hungary

<sup>5</sup> Institute for Soil Sciences, Budapest, Hungary, University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, Institute of Water and Environmental Management, Department of Circular Economy and Environmental Technology, Debrecen, Hungary

<sup>6</sup> University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, Institute of Water and Environmental Management, Department of Circular Economy and Environmental Technology, Debrecen, Hungary

\* *mthethwa.neliswa@emk.bme.hu*, \*\* *nagypt@agr.unideb.hu*, \*\*\* *kozma.zsolt@emk.bme*

**Keywords:** Soil Moisture modelling, HYDRUS-1D, Sustainable Land Management, water retention, Calibration

**Abstract:** Understanding soil moisture dynamics is essential for effective sustainable land management and water retention strategies, particularly in regions experiencing groundwater depletion and anthropogenic disturbances. This study employs the Hydrus-1D model to simulate soil moisture variations across three sites in Debrecen, Hungary: University of Debrecen Campus, Wastewater Treatment Plant (WWTP) and Pallag Orchard, Debrecen. Soil moisture sensors were installed at different depths of the three soil profiles to measure in situ soil moisture data. The Hydrus-1D model for each reference soil profile was calibrated using the Batched Hydrologic Run (BHR.exe) framework. Model performance was evaluated using Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) and Root Mean Square Error (RMSE) metrics. The WWTP site showed the highest accuracy (NSE = 0.72, RMSE = 0.03), followed by the University of Debrecen (NSE = 0.70, RMSE = 0.02), while the Pallag Orchard site had the lowest accuracy (NSE = 0.44, RMSE = 0.04). Results indicate significant variability in soil moisture influenced by different factors such as land use history, and soil texture. These findings provide insights for optimizing natural water retention measures and sustainable land management interventions

# TALAJNEDVESSÉG DINAMIKÁJÁNAK MODELLEZÉSE A MEGALAPOZOTT FENNTARTHATÓ TERÜLETHASZNÁLAT ÉS A VÍZMEGTARTÁS ÉRDEKÉBEN

Neliswa Mthethwa<sup>1,2,\*</sup>, András Makó<sup>3,4</sup>, Magyar Tamás<sup>5,6</sup>,  
Péter Tamás Nagy<sup>5,6,\*\*</sup>, Zsolt Kozma<sup>1,2,\*\*\*</sup>

<sup>1</sup> Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, Magyarország

<sup>2</sup> Vízstudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék, Budapest, Magyarország

<sup>3</sup> Vízstudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium, Talajtani Intézet, Budapest, Magyarország

<sup>4</sup> HUN-REN agrártudományi Kutatóközpont, Talajtani Intézet, Budapest, Magyarország

<sup>5</sup> Vízstudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium, Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, Körforgásos Gazdálkodási és Környezettchnológiai Tanszék, Debrecen, Magyarország

<sup>6</sup> Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet, Körforgásos Gazdálkodási és Környezettchnológiai Tanszék, Debrecen, Magyarország

\* *mthethwa.neliswa@emk.bme.hu*, \*\* *nagypt@agr.unideb.hu*, \*\*\* *kozma.zsolt@emk.bme*

**Kulcsszavak:** Talajnedvesség modellezése, HYDRUS-1D, Fenntartható területhasználat, vízvisszatartás, Kalibráció

**Összefoglaló:** A talajnedvesség időbeli alakulásának megértése kulcsfontosságú a fenntartható területhasználat és a vízmeztartás hatékony megvalósításához, különösen a talajvízszint csökkenésével és antropogén eredetű talajbolygatással érintett területeken. Vizsgálatunkban a Hydrus-1D modellt alkalmaztuk a talajnedvesség dinamikájának szimulálására három különböző debreceni helyszínen: a Pallagi Kertészeti Kísérleti Telepen, a Debreceni Szennyvíztisztító Telepen (WWTP) és a Debreceni Egyetem kampuszán. A talajszelvények feltárása és a talajminták laboratóriumi mérése után talajnedvesség-szenzorokat telepítettünk különböző mélységekben, amelyek napi lépésközű idősorokat szolgáltattak a Hydrus1D modell kalibrálásához. A telített vízvezetőképességet és a víztartóképességi görbe paramétereit egy saját fejlesztésű keretprogram segítségével finomhangoltuk. A kalibráció során a Nash-Sutcliffe hatékonyság (NSE) és a négyzetes átlagos hiba (RMSE) mutatókat alkalmaztuk célfüggvényként. Az előzetes eredmények jó modellteljesítményt jeleznek,  $NSE > 0,7$  és  $RMSE < 0,04$  értékekkel. Az eredmények betekintést nyújtanak a talajnedvesség mozgásába eltérő földhasználati viszonyok között, valamint rámutatnak a helyspecifikus tényezőkre, például a növényborítás a történeti földhasználat és az antropogén hatások jelentőségére. A kutatás hozzájárul a természetes vízmeztartó intézkedések optimalizálásához és a fenntartható földhasználati beavatkozásokhoz, elősegítve az éghajlatállóságot és az erőforrás-hatékony mezőgazdasági gyakorlatokat.

A cikkben bemutatott kutatás a Széchenyi Terv Plusz program keretében az RRF-2.3.1-21-2022-00008 számú projekt támogatásával valósult meg

# TRADITIONAL CEMENTATION VS. INNOVATIVE BIOLOGICAL METHODS: A COMPARATIVE REVIEW OF SOIL IMPROVEMENT PRACTICES

Sirine Trabelsi<sup>1,\*</sup>, Andrea Tóth<sup>2,\*\*</sup>, Tamás Kántor<sup>3,\*\*\*</sup>

<sup>1</sup> PhD student, University of Miskolc, Faculty of Earth and Environmental Sciences and Engineering, P.O. Box 3515 Miskolc, Egyetem út 1., Hungary

<sup>2</sup> Associate professor, National Laboratory for Water Science and Water Security, University of Miskolc, Faculty of Earth and Environmental Sciences and Engineering

<sup>3</sup> Associate professor, National Laboratory for Water Science and Water Security, University of Miskolc, Faculty of Earth and Environmental Sciences and Engineering

\* *trabelsi.sirine@student.uni-miskolc.hu*, \*\* *andrea.toth@uni-miskolc.hu*,

\*\*\* *tamas.kantor@uni-miskolc.hu*

**Keywords:** bio-based, biological method, cementation, innovative, soil stabilization

**Abstract:** Soil stabilization and improvement methods are crucial in various fields including construction, agriculture, and environmental conservation. In civil engineering, stabilizing soil can improve its load-bearing capacity, reduce settlement, and prevent erosion. This is vital for constructing buildings, roads, and other infrastructure on a stable foundation. Traditional methods, such as cementation, have been widely used for decades to enhance the engineering properties of soil. Recently, the increasing demand for usable land necessitates exploring alternate techniques for soil treatment, especially, methods that might have minimal impact on the environment. This paper provides a comparative analysis of both traditional and innovative soil improvement techniques. The review focuses on traditional cementation techniques and the biological methods that involve the use of bio-based substances such as bio-microorganisms, bio-enzymes, and biopolymers. It also explores the mechanisms, applications, and limitations of each method highlighting their suitability for different soil conditions and project requirements.



# HAGYOMÁNYOS CEMENTÁLÁS VS. INNOVATÍV BIOLÓGIAI MÓDSZEREK: TALAJJAVÍTÁSI ELJÁRÁSOK ÖSSZEHASONLÍTÓ ELEMZÉSE

Sirine Trabelsi<sup>1,\*</sup>, Tóth Andrea<sup>2,\*\*</sup>, Kántor Tamás<sup>3,\*\*\*</sup>

<sup>1</sup> PhD hallgató, Miskolci Egyetem, Földtudományi és Környezeti Mérnöki Kar, 3515 Miskolc, Egyetem út 1., Magyarország

<sup>2</sup>Docens, Nemzeti Víz tudományi és Vízbiztonsági Laboratórium, Miskolci Egyetem, Földtudományi és Környezeti Mérnöki Kar

<sup>3</sup>Docens, Nemzeti Víz tudományi és Vízbiztonsági Laboratórium, Miskolci Egyetem, Földtudományi és Környezeti Mérnöki Kar

\* *trabelsi.sirine@student.uni-miskolc.hu*, \*\* *andrea.toth@uni-miskolc.hu*,

\*\*\* *tamas.kantor@uni-miskolc.hu*

**Kulcsszavak:** bioalapú, biológiai módszer, cementálás, innovatív, talajstabilizálás

**Összefoglaló:** A talajstabilizálás és -javítás módszerei kulcsfontosságúak számos területen, beleértve az építőipart, a mezőgazdaságot és a környezetvédelmet. A mélyépítésben a talaj stabilizálása javíthatja annak teherbíró képességét, csökkentheti a süllyedést, és megelőzheti az eróziót. Ez elengedhetetlen a stabil alapokra helyezendő épületek, utak és egyéb infrastruktúrák megvalósításához. A hagyományos módszerek, például a cementálás, évtizedek óta széles körben alkalmazott eljárások a talaj mérnöki tulajdonságainak javítására. Az utóbbi időben azonban a hasznosítható földterületek iránti növekvő igény szükségessé tette alternatív talajkezelési technikák feltárását, különösen olyan módszereket, amelyek minimális környezeti hatással járnak. Jelen tanulmány összehasonlító elemzést nyújt a hagyományos és az innovatív talajjavítási technikákról. A vizsgálat középpontjában a hagyományos cementálási technikák, valamint a biológiai módszerek állnak, amelyek bioalapú anyagok, például mikroorganizmusok, bioenzimek és biopolimerek felhasználásával működnek. Emellett bemutatja az egyes módszerek működési mechanizmusait, alkalmazási területeit és korlátait, kiemelve azok alkalmasságát különböző talajviszonyok és projektkövetelmények esetén.

# INVESTIGATION OF HEAVY METALS DESORPTION ENHANCEMENT IN LOW-PERMEABILITY CONTAMINATED SOILS

Tamás Bacsó\*

University of Miskolc, 3515 Miskolc, Egyetem út 1.

\* *tamas.bacso@outlook.com*

**Keywords:** remediation, heavy metals, adsorption, desorption, low-permeability

**Abstract:** Due to the careless industrial activities at the past decades, significant amount of toxic heavy metal contaminants have been released in subsurface medium. The effective environmental remediation – especially in low permeability soils – is very difficult and complex, in addition currently there is no a generally accepted, effective remediation method currently in this subsurface medium. One of the main factor of remediation difficulties is adsorption which is the reversible sorption of contaminants on soil interface. Factors which mainly influence adsorption are soil particle size, organic matter content, the proportion of colloidal minerals, pH value, CEC and temperature. On the basis of my ongoing research, I believe that the necessary conditions for enhancing desorption in the subsurface need to be created, which can be achieved by combining or modifying well-known methods and by applying other new techniques/methods, which is the aim of my research. My research will aim to ensure that new technologies would be economical and minimise environmental further contamination, so they can be applied in-situ in the future. In recent period I have reached significant achievements in enhancing desorption of Cobalt and Chrome contaminants which adsorbed in model samples (silty-clayey). During tests I applied relatively cheap and available in large quantities - such as acetylcysteine, bicarbonate, sodium-aluminium-sulphate and calcium-phosphate, and sulphonic-acids - which according to the results significantly enhanced desorption, i.e. a significant proportion of the adsorbed components were released into solution. In this presentation I am going to present thoroughly the measurements carried out and evaluate results.

# NEHÉZFÉM SZÁRMAZÉKOKKAL SZENNYEZETT, KIS PERMEABILITÁSÚ ÜLEDÉKES TALAJOKBAN A DESZORPCIÓ FOKOZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

Bacsó Tamás\*

Miskolci Egyetem, 3515 Miskolc, Egyetem út 1.

\* *tamas.bacso@outlook.com*

**Kulcsszavak:** kármentesítés, nehézfémek, adszorpció, deszorpció fokozás, kis-áteresztőképesség

**Összefoglaló:** Az elmúlt évtizedek gondatlan ipari tevékenységeiből adódóan napjainkra jelentős mennyiségű toxikus nehézfém származék került a felszín alatti közegbe, melynek eredményes kármentesítése különösen a kis áteresztőképességű, iszapos-agyagos talajokban rendkívül nehéz, összetett feladat, melyre jelenleg nincs egy általános elfogadott, hatékonyan üzemelő remediációs technológia.

A kármentesítés nehézségeinek egyik fő forrása az adszorpció, mely szennyezőanyag a talajközeg felületén történő reverzibilis megkötődését jelenti. Az adszorpciót leginkább befolyásoló tényezők a talaj szemcseméret fajlagos felülete és ennek szervesanyag tartalma, kolloid ásványi részeinek aránya, továbbá a talajközeg pH-értéke, kationcsere kapacitása és hőmérséklete határozza meg. Folyamatban lévő kutatásom alapján azt gondolom, hogy a deszorpció fokozásához szükséges feltételeket meg kell teremteni a felszín alatti közegben, melyet az ismert módszerek együttes, illetve módosított alkalmazásával kellene elérni, továbbá egyéb, új eljárások alkalmazásával lehet megvalósítani, mely jelen kutatásom célja. A kutatás során törekszem arra, hogy az alkalmazott új módszerek gazdaságosak és relatíve kis fajlagos költséggel megvalósíthatóak legyenek, minimalizálják a környezetrombolást, így in-situ módon is alkalmazható lehet a jövőben. Az elmúlt időszakban jelentős eredményeket értem el a deszorpció fokozása terén kobalt és króm szennyezőkomponensek tekintetében, melyeket iszapos-agyag modell-mintatesteken vizsgáltam. A tesztek során relatíve olcsón előállítható, nagy mennyiségben rendelkezésre álló anyagokat alkalmaztam, - mint acetilcisztein, szódabikarbóna, nátrium-alumínium szulfát és kalcium-foszfát, illetve szulfonsavak - melyek a tesztek eredményei alapján jelentősen fokozták a deszorpciót, ergo az adszorbeálódott komponensek jelentős hányada oldatba jutott. Jelen előadás során részletesen bemutatom az elvégzett méréseket és értékelem ezek eredményeit.

# RESEARCH ON OPTIMIZING CONDITIONS FOR MINERAL CARBONATION OF GYPSUM IN AMMONIA SOLUTION WITH BUTANEDIOL

Temesgen Abeto Amibo<sup>1,2,\*</sup>, Donata Konopacka-Łyskawa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Gdansk University of Technology, Faculty of Chemistry, Department of Process Engineering and Chemical Technology, Narutowicza 11/12, Gdansk, 80-233, Poland

<sup>2</sup> School of Chemical Engineering, Jimma Institute of Technology, Jimma University, P.O. Box-378, Jimma, Ethiopia

\* [temesgen.amibo@pg.edu.pl](mailto:temesgen.amibo@pg.edu.pl)

**Keywords:** carbon capture, mineral carbonation, CO<sub>2</sub> absorption, ammonia desorption, 1,4-butane diol

**Abstract:** Mineral carbonation (MC) is a process in which carbon dioxide is fixed using alkali and alkaline earth oxides in natural silicate rocks. It is also possible to use waste containing calcium or magnesium compounds that react with CO<sub>2</sub>. The MC products are carbonates, with calcium carbonate being the most commonly produced. This process can occur in both the solid and liquid phases, and the techniques used to convert minerals into carbonates are direct mineral carbonation (DMC) and indirect mineral carbonation (IMC). During DMC, CO<sub>2</sub> is introduced into the system containing the mineral component, while in IMC, the first stage involves the dissolution of minerals and the second carbonation. This research focused on optimizing gypsum carbonation to enhance the efficiency of CO<sub>2</sub> capture, purity of CaCO<sub>3</sub>, and inhibition of ammonia desorption from the reactive mixture. In this investigation, 1,4-butane diol was used to increase the rate of CO<sub>2</sub> absorption. Our previous works showed that this compound enhances CO<sub>2</sub> absorption efficiency and decreases ammonia desorption. The mineral carbonation reaction was performed in a batch reactor. The solid-to-liquid ratio was 1: 0.015 g/dm<sup>3</sup>, a mixture of CO<sub>2</sub> - air with a flow rate of 0.5 dm<sup>3</sup>/min (a volume fraction of 15% of CO<sub>2</sub>), and the carbonation time was 70 min in all experiments. While Ca: NH<sub>3</sub> ratio, stirring speed, and butanediol concentration were variable parameters. After the reaction, the solid product was filtered, washed, and dried. The calcium carbonate's characteristics, including polymorphs, product purity, surface area, and pore volume analysis, were investigated. Based on the obtained results, the efficiency of CO<sub>2</sub> absorption, the degree of ammonia desorption and the calcium carbonate content in the carbonation product were determined. The optimal CO<sub>2</sub> absorption efficiency, ammonia escaping inhibition, and purity of CaCO<sub>3</sub> were 84.56%, 50.00%, and 88.48%, respectively. Based on the analyzed data, the model equations were developed for all dependent (response) variables in terms of independent variables (factor). The determined p-values for all tested factors were less than 0.05, which indicates their significant influence on investigated responses. A higher NH<sub>3</sub> and 1,4-butane diol concentration enhanced the CO<sub>2</sub> absorption during mineral carbonation. As the concentration of NH<sub>3</sub> increased, the yield of CaCO<sub>3</sub> was improved. The high concentration of NH<sub>3</sub> resulted in the rising of the pH of the slurry to alkaline conditions, which promotes the precipitation process. The addition of butanediol also had a positive effect on the degree of conversion of gypsum into calcium carbonate.

**POSZTEREK**

**POSTERS**

# A KÖZLEKEDÉS HATÁSÁNAK BECSLÉSE FALEVELEK PORMEGKÖTÉSE ÉS KLOROFILLTARTALMA ALAPJÁN

Abriha-Molnár Vanda Éva<sup>1,2,\*</sup>, Sipos Bianka<sup>1,2</sup>, Simon Edina<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> ELKH-DE Antropocén Ökológia Kutatócsoport, Debrecen, Egyetem tér 1. 4032

<sup>2</sup> DE TTK Ökológiai Tanszék, Debrecen, Egyetem tér 1. 4032

\* [molnarvandaeva@science.unideb.hu](mailto:molnarvandaeva@science.unideb.hu)

**Kulcsszavak:** biomonitorozás, légszennyezettség, *Celtis occidentalis*

**Összefoglaló:** Debrecenben az egyik legjelentősebb légszennyező anyagot a szilárd szennyező részecskék (*particulate matter*) jelentik. A fás zöldfelületek hatékonyan képesek csökkenteni a légszennyező anyagok mennyiségét, és ezzel párhuzamosan a fák leveleire ülepedett por használata indikátorként egyszerű és költséghatékony alternatívát jelent a levegőminőség vizsgálatokor.

Kutatásunk célja a gépjárműforgalom hatásának felderítése volt egy nyugati ostorfa (*Celtis occidentalis*) sor leveleire ülepedett pormennyiség alapján. Ezzel párhuzamosan a klorofilltartalommal való összefüggést is vizsgáltuk. A levélmintagyűjtést a Honvédtemető utca 400 m-es szakaszán végeztük el, amely szakasz egy forgalmas kereszteződést és egy kertvárosi, kevésbé zavart területet köt össze. 2022. júliusában és szeptemberében 50 m-enként vettünk háromszoros ismétlésben levélmintát a nyugati ostorfa egyedeiről.

Regresszióanalízis alapján a júliusi időpontban a kereszteződéstől való távolsággal szignifikáns mértékben csökkent a por- és a klorofilltartalom is. Eredményünk jól szemlélteti a közlekedés által kibocsátott, illetve az útfelszínről felkavart por folyamatos hígulását és kiülepedését a fák levelein a forgalomtól távolodva. A klorofilltartalom növekedése a kiülepedett porral párhuzamosan egyfajta védekezés a fotoszintetikus folyamatok fenntartása érdekében, ami nem szokatlan a köztudottan ellenálló *C. occidentalis* esetén. A szeptemberi időpontban nem volt szignifikáns kapcsolat sem a por, sem a klorofill mennyisége, illetve a forgalomtól való távolság között. A pormennyiség azonban általánosan kevesebb volt a korábbi időponthoz képest, amit valószínűleg a második mintázás előtti napokban hullott csapadék lemosó hatása (*wash-off*) okozhatott.

Összességében megállapítottuk, hogy a közlekedés intenzitását és közelségét a faleveleken kiülepedett pormennyiség jól képes jelezni, habár adott időjárási viszonyok megbotlygathatják a hosszabb idő alatt kialakult mintázatokat.

# ASSESSING THE IMPACT OF TRAFFIC ON THE DUST DEPOSITION AND CHLOROPHYLL CONTENT OF TREE LEAVES

Vanda Éva Abriha-Molnár<sup>1,2,\*</sup>, Bianka Sipos<sup>1,2</sup>, Edina Simon<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> HUN-REN–UD Anthropocene Ecology Research Group, University of Debrecen, Egyetem sq. 1, H-4032 Debrecen, Hungary

<sup>2</sup> DE TTK Department of Ecology, University of Debrecen, Egyetem sq. 1, H-4032 Debrecen, Hungary

\* [molnarvandaeva@science.unideb.hu](mailto:molnarvandaeva@science.unideb.hu)

**Keywords:** biomonitoring, air pollution, *Celtis occidentalis*

**Abstract:** In Debrecen, one of the most significant air pollutants is particulate matter (PM). Wooded green spaces can effectively reduce the amount of PM and, in parallel, the deposited dust on tree leaves is a simple and cost-effective indicator alternative for air quality assessment.

The aim of our study was to investigate the impact of vehicle traffic on the amount of dust deposited on the leaves of *Celtis occidentalis* trees. In addition, we examined the correlation with chlorophyll content. Leaf sampling was carried out along a 400 m section of the Honvédtemető Street, a street connecting a busy intersection and a less disturbed suburban area. In July and September 2022, leaf samples of *C. occidentalis* were taken every 50 m in three replicates from each individual.

Regression analysis showed a significant decrease in both dust and chlorophyll content with distance from the intersection in July. This suggests continuous dilution and deposition of dust emitted and resuspended by traffic from the road surface. The increase in chlorophyll content in parallel with the deposited dust may be a defence mechanism to maintain photosynthetic processes. This is not unusual for *C. occidentalis*, which is known to be a resilient species. In September, there was no significant relationship between the amount of dust, the amount of chlorophyll and the distance from traffic. However, the amount of dust was generally lower compared to July, probably due to the wash-off effect of precipitation in the days before the sampling in July.

Overall, we found that the amount of dust deposited on the leaves is a good indicator of the intensity and proximity of traffic, although specific weather conditions can disturb patterns over time.

# AZ URBANIZÁCIÓ HATÁSÁNAK BECSLÉSE FEHÉR MUSTÁRMAG (SINAPIS ALBA) HASZNÁLATÁN ALAPULÓ TOXIKOLÓGIAI TESZTTTEL

Bárány Fanni Zsófia<sup>1,\*</sup>, Sipos Bianka<sup>1,3</sup>, Tózsér Dávid<sup>1,2</sup>,  
Abriha-Molnár Vanda Éva<sup>1,3</sup>, Tóthmérész Béla<sup>1,4</sup>, Magura Tibor<sup>1,3</sup>,  
Czédli Herta<sup>5</sup> és Simon Edina<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Debreceni Egyetem, Természettudományi és Technológiai Kar, Biológiai és Ökológiai Intézet, Ökológiai Tanszék, 4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

<sup>2</sup> Körforgásos Gazdaság Elemző Központ, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.

<sup>3</sup> HUN-REN-DE Antropocén Ökológia Kutatócsoport, 4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

<sup>4</sup> HUN-REN-DE Funkcionális és Restaurációs Ökológia Kutatócsoport, 4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

<sup>5</sup> Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Építőmérnöki Tanszék, 4028 Debrecen, Ótemető utca 2-4.

\* baranyfanni16@gmail.com

**Kulcsszavak:** talaj, gyökérhossz, csírázási százalék, nedves biomassza, száraz biomassza

**Összefoglaló:** A városiasodás jelentős környezetterhelést okoz, komoly kockázatot jelent a szárazföldi ökoszisztémákra. Vizsgálataink célja egy urbanizációs gradiens mentén gyűjtött talajminták toxicitásának megállapítása fehér mustármag (*Sinapis alba*) használatán alapuló toxikológiai teszttel. A mintavételezés Bécsben történt egy városi, városszéli, valamint természeteshoz közeli állapotú területen. Minden területről 15 talajmintát gyűjtöttünk, amelyekből talajoldatot készítettünk. Mivel a talajszemcsék általában erősen kötik az antropogén szennyezéseket, vizsgálatainkat közvetlenül a talajon is elvégeztük. Az eredmények értékelésekor kiszámoltuk az egy Petri-csészében lévő magok gyökérhosszáinak átlagát, a csírázási százalékot, a nedves és száraz biomasszát. A toxicitás megállapításához a természeteshoz közeli állapotú területről gyűjtött mintában csíráztatott magvak gyökérhosszáinak átlagát tekintettük 100 %-nak. Eredményeink azt mutatják, hogy a városi talaj enyhén mérgező volt a magok csírázására a kontrollhoz viszonyítva. A talajon nevelt csíráztatott magok esetében szignifikáns különbségeket figyeltünk meg a gyökérhossz és a nedves biomassza között. Pozitív korrelációt találtunk mind a gyökérhossz és a nedves biomassza, mind a csírázóképeség és a nedves biomassza között. Szignifikánsan negatív korreláció volt a gyökérhossz és a pH, az elektromos vezetőképesség, valamint egyes fémek, mint a Cu, K, Pb, Sr és Zn koncentrációja között. A biomassza esetében szignifikánsan pozitív korreláció volt a nedves biomassza, a gyökérhossz és a csírázási százalék között, míg a nedves biomassza és a pH, a Pb, a Cu és a Zn koncentrációja között szignifikánsan negatív korreláció volt. Megállapítottuk, hogy az urbanizációnak toxikus hatása van a csíranövények fejlődésére. A vizsgálatainkhoz használt fehér mustármag (*S. alba*) kellően érzékeny a kémiai anyagok széles skálájára, ezért jól alkalmazható a toxicitás meghatározására.



## RISK ASSESSMENT OF URBANIZATION WITH WHITE MUSTARD (*SINAPIS ALBA L.*) SEEDS

Fanni Zsófia Bárány<sup>1,\*</sup>, Bianka Sipos<sup>1,3</sup>, Dávid Tőzsér<sup>1,2</sup>,  
Vanda Éva Abriha-Molnár<sup>1,3</sup>, Béla Tóthmérész<sup>1,4</sup>, Tibor Magura<sup>1,3</sup>,  
Herta Czédli<sup>5</sup>, Edina Simon<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Department of Ecology, University of Debrecen, H-4032 Debrecen, Egyetem square 1., Hungary

<sup>2</sup> Circular Economy Analysis Center, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Páter Károly street 1, H- 2100 Gödöllő, Hungary

<sup>3</sup> HUN-REN-UD Anthropocene Ecology Research Group, Debrecen, Egyetem square 1., Hungary

<sup>4</sup> HUN-REN-UD Functional and Restoration Ecology Research Group, Egyetem tér 1, 4032 Debrecen, Hungary

<sup>5</sup> Department of Civil Engineering, University of Debrecen, H- 4028 Debrecen, Ótemető street 2-4, Hungary

\* *baranyfanni16@gmail.com*

**Keywords:** soil, root length, germination rate, wet biomass, dry biomass

**Abstract:** Urbanisation causes significant environmental pressures and poses a serious risk to terrestrial ecosystems. The aim of our study is to determine the toxicity of soil samples collected along an urbanisation gradient using a toxicological test based on the use of white mustard seed (*Sinapis alba*). The sampling was carried out in an urban, suburban and rural area in Vienna. In each area, 15 soil samples were collected and used to prepare a soil solution. Since soil particles usually strongly bind anthropogenic pollution, we also performed the germination test directly on the soil. The results were evaluated by calculating the average root length of 20 seeds per Petri dish, as well as the germination percentage, wet and dry biomass. To determine the level of toxicity, the mean root length of germinated seeds from the rural area samples was the 100% as a control, and we calculated the differences from control in percentage. Our results show that the urban soil was slightly toxic to seed germination compared to the control. Our results show the urban soil was slightly toxic to the seed germination. In the soil experiment, significant differences were observed for root length and biomass per wet weight. We found positive correlation both between root length and wet biomass and between germination and wet biomass. Significant negative correlation was between root length and pH, electrical conductivity and concentration of some metals like Cu, K, Pb, Sr and Zn. In case of biomass significant positive correlation was between wet biomass and root length and germination rate, while significant negative correlation between wet biomass and pH, concentration of Pb, Cu, and Zn. We have found that urbanisation has a toxic effect on the development of seedlings. The white mustard seed (*S. alba*) used for our studies is sufficiently sensitive to a wide range of chemicals and is well suited for toxicity determination.

# A PANNON ÉSZAKI POCOK (*ALEXANDROMYS OECONOMUS MEHELJI*) MOZGÁSKÖRZETÉNEK VIZSGÁLATA SÁSOS-NÁDAS ÉLŐHELYEN

Gosztonyi Bence\*, Szünstein Máté\*\*, Horváth Győző\*\*\*

Pécsi Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Biológiai Intézet, Ökológiai Tanszék, H-7624 Pécs, Ifjúság útja 6.

\* [gosztonyibence@gmail.com](mailto:gosztonyibence@gmail.com), \*\* [mate.szunstein@gmail.com](mailto:mate.szunstein@gmail.com), \*\*\* [hgypte@gamma.ttk.pte.hu](mailto:hgypte@gamma.ttk.pte.hu)

**Kulcsszavak:** pannon északi pocok, rádiótelemetria, mozgáskörzet, Kis-Balaton

**Összefoglaló:** A vizes élőhelyek állapotának leromlása, területük csökkenése világszerte napjaink egyik legjelentősebb problémája. A területek nem megfelelő használata, kezelésük hiánya, az urbanizáció és a mezőgazdaság térhódítása ezen élőhelyek a feldarabolódásához vezet, melyek számos védett és fokozottan védett gerinces fajnak jelentenek kizárólagos élőhelyet, így megóvásuk a magyar természetvédelem kardinális feladatai közé tartozik. A Magyarországon fokozottan védett pannon északi pocok (*Alexandromys oeconomus mehelyi*) kiemelt jelentőségű faj a Kis-Balaton sásos-nádas élőhelyein, amelyek az alfaj legdélebbi elterjedési területét jelentik. E jégkorszaki reliktum alfaj fennmaradásának megőrzésére irányuló monitorozás már 1999 óta zajlik a Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer (NBMR) projektjének keretein belül, melynek célja az állomány folyamatos nyomon követése, és a faj fennmaradásához szükséges kezelések megvalósítása.

Jelen kutatást 2023 novemberében végeztük, amely során 6 északi pocok egyed mozgáskörzetét és territóriumát vizsgáltuk egyedülálló magyar fejlesztésű automatizált rádiótelemetriás rendszer (ARS) alkalmazásával. A mozgáskörzetek méretét minimum konvex poligon módszerrel (MCP) határoztuk meg, melyek pontosítása és az átfedések meghatározásának érdekében súlyozott autokorrelált Kernel sűrűségbecslést végeztünk. A minimum konvex poligon módszer alapján a hímek mozgáskörzete nagyobb volt, mint a nőstényeké. A Kernel sűrűségbecslés több egyed esetében kettős magterületet mutatott ki, melyek közül az egyik feltehetően csak a táplálkozási funkciót töltötte be.

Jelen tudományos munka hozzájárul a fokozottan védett pannon északi pocok monitoring programjának korszerűsítéséhez és bővítéséhez, valamint az alfaj megőrzésére irányuló kezelések megtervezéséhez, a megfelelő természetvédelmi beavatkozások sikerességének növeléséhez.

# STUDY OF THE HOME-RANGE OF THE PANNONIAN ROOT VOLE (*ALEXANDROMYS OECONOMUS MEHELYI*) IN SEDGE AND REED HABITAT

Bence Gosztönyi<sup>\*</sup>, Máté Szünstein<sup>\*\*</sup>, Győző Horváth<sup>\*\*\*</sup>

University of Pécs, Faculty of Sciences, Institute of Biology, Department of Ecology, H-7624 Pécs,  
Ifjúság útja 6.

<sup>\*</sup> [gosztonyibence@gmail.com](mailto:gosztonyibence@gmail.com), <sup>\*\*</sup> [mate.szunstein@gmail.com](mailto:mate.szunstein@gmail.com), <sup>\*\*\*</sup> [hgypte@gamma.ttk.pte.hu](mailto:hgypte@gamma.ttk.pte.hu)

**Keywords:** Pannonian root vole, radiotelemetry, home range, Kis-Balaton

**Abstract:** The degradation of wetlands and the loss of their area is one of the most important problems the world is facing today. Inappropriate use and lack of management, urbanisation, and the expansion of agriculture are leading to the fragmentation of these key habitats. These valuable habitats are the exclusive habitat of many protected and endangered vertebrate species, and their conservation is therefore a key task of Hungarian nature conservation. The Pannonian root vole (*Alexandromys oeconomicus mehelyi*), a species of special conservation concern in Hungary, is a priority species in the sedge and reed habitats of Kis-Balaton, which are the most southerly distribution area of the species. Monitoring for the conservation of this glacial relict species has been carried out since 1999 within the National Biodiversity Monitoring System (NBmR) project, which aims to continuously monitor the population and implement the necessary management measures for the survival of the species.

The present study was conducted in November 2023, during which we investigated the home-range and territory of 6 Pannonian root vole specimens using a unique Hungarian-developed automated radio-telemetry system (ARS). Home-range sizes were determined using the minimum convex polygon method (MCP), and weighted autocorrelated Kernel density estimation was performed to refine the results and determine overlaps.

Based on the minimum convex polygon method, the home-range of males was larger than that of females. The Kernel density estimation revealed a double core area for several individuals, one of which presumably served only as feeding function.

The present scientific work will contribute to updating and expanding the monitoring program for the highly protected Pannonian root vole, improving conservation management plans of the species, and increasing the success rate of management efforts.

# AUTOMATIZÁLT MINTA-ELŐKÉSZÍTÉSI MÓDSZER FEJLESZTÉSE BIO ÜZEMANYAGOK AMS C-14 MÉRÉSÉHEZ

Hársasi Levente<sup>1,2,\*</sup>, Hegedűs Réka<sup>1</sup>, Orsovsvzki Gergely<sup>3</sup>, Janovics Róbert<sup>3</sup>,  
Molnár Mihály<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> INTERACT Központ, HUN-REN Atommagkutató Intézet, H-4026, Debrecen, Bem tér 18/c,  
Magyarország

<sup>2</sup> Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Ótemető utca 1.-3., H-4028 Debrecen, Magyarország

<sup>3</sup> HEKAL Laboratórium, Isotopech Zrt, H-4026, Debrecen, Bem tér 18/c, Magyarország

\* *harsasi09@atomki.hu*

**Kulcsszavak:** radiokarbon kormeghatározás, üzemanyag, bio-tartalom, automatizálás, AMS

**Összefoglaló:** A biotartalom mérés igen elterjedt környezetanalitikai eljárás, amit sok labor végez világszerte. Erre a célra a hagyományos analitikai módszerek mellett a szénizotópok detektálására használt rendszerek is alkalmasak. A gyakorlatban sokféle módszer fejlesztése zajlott le az évek alatt, melyek közül sokat ma is előszeretettel alkalmaznak. A technológia fejlődésével elérhetővé váltak a modernebb, kompaktabb, felhasználó-barátabb automatikus eljárásimódszerek, melyek hazánkban még nem terjedtek el. Dolgozatunk biotartalmú anyagok, bioüzemanyagok szénizotópos anyagvizsgálatával foglalkozik. Ismertetjük az alkalmazott szénizotópokat, a biotartalom mérését, a szénizotóppal történő biotartalom meghatározást és az anyagvizsgálathoz szükséges módszereket, amiket a HEKAL Laboratóriumban (ATOMKI-Isotopech) használtunk. Elvégeztük egy automatizált mintaégető és egy automatizált grafitizáló egység átfogó jellemzését a Hertelendi Ede Környezetanalitikai Laboratórium számára. Ennek keretében teszteltük a reprodukálóképességét és összehasonlítottuk az új automatizált módszert az eddig használt manuális rendszerekkel bioüzemanyagok mérésénél.

# DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED SAMPLE PREPARATION METHOD FOR AMS C-14 MEASUREMENT OF BIO FUELS

Levente Hársasi<sup>1,2,\*</sup>, Réka Hegedűs<sup>1</sup>, Gergely Orsovsvzki<sup>3</sup>, Róbert Janovics<sup>3</sup>,  
Mihály Molnár<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> INTERACT Centre, HUN-REN Institute for Nuclear Research, H-4026, Bem tér 18/c, Debrecen, Hungary

<sup>2</sup> University of Debrecen, Faculty of Engineering, Óttemető utca 1.-3., H-4028 Debrecen, Hungary

<sup>3</sup> HEKAL Laboratory, Isotoptech Zrt, H-4026, Debrecen, Bem tér 18/c, Hungary

\* *harsasi09@atomki.hu*

**Keywords:** radiocarbon dating, fuel, bio-content, automatization, AMS

**Abstract:** The measurement of biogenic content is a widely used environmental analytical procedure performed by many laboratories. In addition to traditional analytical methods, systems designed for detecting carbon isotopes are also suitable for this purpose. Over the years, various methods have been developed in practice, many of which are still commonly applied today. With technological advancements, modern, compact, and user-friendly automated procedures have become available, although they are not yet widespread in Hungary.

This work describes the carbon isotopes used, the measurement of biogenic content, the determination of biogenic content using carbon isotopes, and the methods required for material analysis, which we employed at HEKAL Lab (Atomki-Isotoptech). Here, we provide a comprehensive characterization of an automated sample combustion unit and an automated graphitization unit for the Hertelendi Ede Environmental Analytical Laboratory. As part of this, we have tested their reproducibility and compare the new automated method with the previously used manual systems for measuring biofuels.

# HÁROM REGIONÁLIS GYÖNGYBAGOLY (*TYTO ALBA*) POPULÁCIÓ TÁPLÁLÉK-ÖSSZETÉTELÉNEK FUNKCIONÁLIS DIVERZITÁSA

Horváth Adrienn\*, Csizmazia Csenge\*\*, Hajdu Sarolta\*\*\*, Horváth Győző\*\*\*\*

Pécsi Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Biológiai Intézet, Ökológiai Tanszék, H-7624 Pécs, Ifjúság útja 6.

\* [horvath.adrienn.1989@gmail.com](mailto:horvath.adrienn.1989@gmail.com), \*\* [csenge.csizmazia@gmail.com](mailto:csenge.csizmazia@gmail.com), \*\*\* [sachajduj@gmail.com](mailto:sachajduj@gmail.com), \*\*\*\* [hgypte@gamma.ttk.pte.hu](mailto:hgypte@gamma.ttk.pte.hu)

**Kulcsszavak:** funkcionális diverzitás, gyöngybagoly, táplálék-összetétel, kismérszők

**Összefoglaló:** A funkcionális diverzitás átfogó képet ad az ökoszisztémák állapotáról és működéséről, mivel értékeli a közösségben előforduló fajok életmenet-jellegeit, valamint azok ökológiai szerepét és interakcióit.

Jelen munkában három lokális gyöngybagoly populáció táplálék-összetételének funkcionális diverzitását elemeztük. A vizsgálathoz 2020–2022 közötti időszakból, három nemzeti park (Duna-Dráva NP, Fertő-Hanság NP, Őrségi NP) területéről 8-8 költőpár adatait használtuk fel. Elsőként azt elemeztük, hogy az évek vagy a földrajzi régió határozza meg jobban a táplálék-összetétel különbözőségét, melyhez permutációs többváltozós varianciaanalízist (PERMANOVA) alkalmaztunk. A funkcionális diverzitás indexek számításához a zsákmánytaxonok abundancia- és tulajdonság-mátrixát vettük alapul. A legmegfelelőbb funkcionális tér meghatározása után kiszámítottuk a funkcionális gazdagságot, a funkcionális egyenletességet és a funkcionális béta-diverzitást. A funkcionális diverzitás számításokat az R környezet 'mFD' programcsomagjában végeztük el.

A kimutatott 23 zsákmánytaxon közül 14 taxon, azaz a teljes tápláléklista 61%-a határozta meg a funkcionális tér alakját és méretét. Mind a funkcionális gazdagság, mind a funkcionális egyenletesség értéke a Duna-Dráva NP területén élő gyöngybagoly populáció vonatkozásában volt a legmagasabb. A legkisebb funkcionális gazdagság értéket a Fertő-Hanság régió esetében számítottuk, míg a legalacsonyabb egyenletesség érték az Őrség területére volt jellemző. A béta-diverzitás a Duna-Dráva NP és az Őrség összehasonlításában volt a legalacsonyabb, amely alapján a két területen élő gyöngybagoly populációk táplálék-összetételének fajkészlete közel azonos volt. Amennyiben a fentebb említett két régiót hasonlítottuk össze a Fertő-Hanság NP területével, közel azonos, de az előbbi béta-diverzitásnál magasabb értékeket számítottunk, azaz a fajkészletben jelentősebb eltérések voltak. Mindhárom esetben a számított fajkicserélődés elhanyagolható mértékű volt, így a béta-diverzitás értékét a fajkészlet egymásba-ágyazottsága határozta meg.

# FUNCTIONAL DIVERSITY OF THE FOOD COMPOSITION OF THREE REGIONAL WESTERN BARN OWL (*TYTO ALBA*) POPULATIONS

Adrienn Horváth, Csenge Csizmazia, Sarolta Hajdu, Győző Horváth

University of Pécs, Faculty of Sciences, Institute of Biology, Department of Ecology, H-7624 Pécs, Ifjúság útja 6.

\* [horvath.adrienn.1989@gmail.com](mailto:horvath.adrienn.1989@gmail.com), \*\* [csenge.csizmazia@gmail.com](mailto:csenge.csizmazia@gmail.com), \*\*\* [sachajduj@gmail.com](mailto:sachajduj@gmail.com),  
\*\*\*\* [hgypite@gamma.ttk.pte.hu](mailto:hgypite@gamma.ttk.pte.hu)

**Keywords:** functional diversity, Western Barn Owl, food composition, small mammals

**Abstract:** Functional diversity provides a comprehensive picture of the condition and functioning of ecosystems by assessing the life-history traits of the species occurring in the community, as well as their ecological roles and interactions.

In this work, we analysed the functional diversity of the diet composition of three local Western Barn Owl populations. For the study, we used data from 8 breeding pairs from three national parks (Danube-Drava NP, Fertő-Hanság NP, Őrség NP) from the period 2020–2022. First, we analysed whether the years or the geographical region is a better predictor of the diversity of the food composition, for which we used permutational analysis of variance (PERMANOVA). The abundance and trait matrices of prey taxa were used to calculate functional diversity indices. After determining the most appropriate functional space, we calculated functional richness, functional evenness, and functional beta-diversity. Functional diversity calculations were performed in R using the ‘mFD’ package.

Of the 23 prey taxa detected, 14 taxa, i.e., 61% of the total food list, determined the shape and size of the functional space. Both functional richness and functional evenness values were the highest for the Western Barn Owl population living in the Danube-Drava NP. The lowest functional richness value was calculated in the case of the Fertő-Hanság region, while the lowest evenness value was determined for the Őrség area. The beta-diversity value was the lowest in the comparison of the Danube-Drava NP and Őrség, based on which the species composition of the barn owls' diet in the two areas was almost identical. If we compared the two regions mentioned above with the Fertő-Hanság NP, we calculated values that were almost identical but higher than the previous beta-diversity, i.e., there were more significant differences in the species composition. In all three cases, the calculated turnover was negligible, so the value of beta-diversity was determined by the nestedness of the species composition.

# A SÜTTŐI (MAGYARORSZÁG) LÖSZ-PALEOTALAJ FELTÁRÁS RADIOKARBONOS VIZSGÁLATA

Kertész Titanilla<sup>1,2,\*</sup>, Buró Botond<sup>1</sup>, A.J. Timothy Jull<sup>1,4</sup>, Horváth Erzsébet<sup>3</sup>,  
Bartha Gabriella<sup>3</sup>, Molnár Mihály<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Izotóp Klimatológiai és Környezetkutató Központ, Atommagkutató Intézet, H-4026, Debrecen,  
Bem tér 18/c, Magyarország

<sup>2</sup> Debreceni Egyetem, Földtudományok Doktori Iskola, H-4001, Egyetem tér 1, Debrecen,  
Magyarország

<sup>3</sup> Eötvös Lóránd Tudományegyetem, Természetföldrajzi Tanszék, H-1117, Pázmány Péter sétány 1/c,  
Budapest, Magyarország

<sup>4</sup> University of Arizona, AMS Laboratory, Tucson, AZ, USA

\* *kertesz.titanilla@atomki.hu*

**Kulcsszavak:** radiokarbon kormeghatározás, lösz-paleotalaj, földigiliszta bioszferoid, GIS

**Összefoglaló:** A paleotalajok, üledékes rendszerek időbeli fejlődésének vizsgálata egyre nagyobb jelentőséggel bír a régészeti, talajtani, klimatikus, öskörnyezeti és tájevolúciós kutatások szempontjából. A radiokarbon (<sup>14</sup>C) kormeghatározás egy hatékony módszer a szerves anyagok korának meghatározására. Sok esetben az adott üledék-talajhorizontban nem található megfelelően konzerválódott, illetve elegendő mennyiségű makrofosszília (fa, faszén, növényi detritusz, csiga, kagyló) ilyenkor a kor meghatározása kihívást jelent. Felmerült mint alternatív módszer a másodlagos karbonátok (ezen belül a földigiliszta bioszferoidok) radiokarbon korolása. A földigiliszták családjába (Lumbricidae) számos faj tartozik, melyek bár eltérő mértékben, de képesek termelni és kiválasztani úgynevezett karbonát bioszferoidokat. Ezek radiokarbonos vizsgálatát az AMS (GIS-gázionforrás) módszer teszi lehetővé, hiszen mindössze 0,5-2,0 mm átmérőjű, és 1-2 g/db tömegű kalcit gömbök a bioszferoidok. A debreceni Atommagkutató Intézetben végzett első hazai sikeres bioszferoid alapú radiokarbon kísérlet sorozatunkat (recens talajokon) követően alkalmaztuk a módszert valós, paleotalajokból származó idős (15.000–30.000 éves) bioszferoidokon. Így a lösz-paleotalaj szekvenciák képződésének, működésének a megértéséhez új távlatokat nyithat. A kutatás célja volt a süttői (Hungary) lösz-paleotalaj környezet vizsgálata. Elvégeztük a 6,1 m-es szelvény nagyfelbontású (10 cm/2,5-3 kg talaj/minta) kronológiáját, továbbá beleillesztettük a terület negyedidőszaki fejlődéstörténetébe. A tudományos vizsgálat segítségével egy új perspektivikus irány hozható létre a talajok eltemetődési korának radiokarbon koncentrációjának mérése földigiliszta bioszferoidok segítségével. Így a lösz-paleotalaj szekvenciák képződésének, működésének a megértéséhez új távlatokat nyithat.



# RADIOCARBON ANALYSIS OF THE LOESS-PALEOSOL SECTION IN SÜTTŐ (HUNGARY)

Titanilla Kertész<sup>1,2,\*</sup>, Botond Buró<sup>1</sup>, A.J. Timothy Jull<sup>1,4</sup>, Erzsébet Horváth<sup>3</sup>, Gabriella Bartha<sup>3</sup>, Mihály Molnár<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Isotope Climatology and Environmental Research Centre, Institute for Nuclear Research, H-4026, Bem tér 18/c, Debrecen, Hungary

<sup>2</sup> University of Debrecen, Doctoral School of Earth Sciences, H-4001, Egyetem tér 1, Debrecen, Hungary

<sup>3</sup> Eötvös Lóránd University, Department of Physical Geography, H-1117, Pázmány Péter sétány 1/c, Budapest, Hungary

<sup>4</sup> University of Arizona, AMS Laboratory, Tucson, AZ, USA

\* *kertesz.titanilla@atomki.hu*

**Keywords:** radiocarbon dating, loess-paleosol, earthworm biospheroid, GIS

**Abstract:** The study of the temporal evolution of paleosols and sedimentary systems is of increasing importance for archaeological, soil, climatic/climatic, pre-environmental and landscape evolution research. Radiocarbon (<sup>14</sup>C) dating is an effective method for determining the age of organic materials. In many cases, age determination is challenging due to the lack of sufficiently preserved or abundant macrofossils (wood, charcoal, plant detritus, snails, shells) in the sedimentary soil horizon. Radiocarbon dating of secondary carbonates (including earthworm biospheroids) has been considered as an alternative method. The earthworm family (Lumbricidae) includes a number of species which, although to varying degrees, are capable of producing and excreting carbonate biospheroids. Their radiocarbon analysis is made possible by the AMS (GIS) method, as the biospheroid are calcite spheres of only 0.5-2.0 mm diameter and 1-2 g/piece mass. Following our first successful series of domestic biospheroid-based radiocarbon experiments (on recens soils) at the Debrecen Nuclear Research Institute, we applied the method to real paleosol age (15,000-30,000 years old) biospheroid. This opens up new perspectives for understanding the formation and function of loess-paleosol sequences. The aim of this study was to investigate the loess-paleoenvironment of Süttő (Hungary). A high-resolution chronology (10 cm/2.5-3 kg soil) of the 6 m section was carried out and integrated into the Quaternary evolutionary history of the area. This scientific study provides a new perspective direction for measuring the radiocarbon concentration of burial age and loess-paleosol sequences of soils using earthworm biospheroid.

# FITOHORMON-TERMELŐ, SÓTŰRŐ BAKTÉRIUM IZOLÁTUMOK HATÁSA A KUKORICA NÖVEKEDÉSÉRE

Drd. ing. NAGY Szidónia<sup>1,\*</sup>, Dr. MARA Gyöngyvér<sup>2,\*\*</sup>

<sup>1</sup> PhD hallgató, I. év – Pécsi Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Biológia és Sportbiológia  
Doktori Iskola – 7624 Pécs, Ifjúság útja 6

<sup>2</sup> egyetemi professzor – Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Kolozsvár, Csíkszeredai Kar,  
Biomérnöki Tanszék – Szabadság tér 1, Csíkszereda, Harghita megye, Románia, 530104

\* [nagyszidonia@uni.sapientia.ro](mailto:nagyszidonia@uni.sapientia.ro), \*\* [maragyongyver@uni.sapientia.ro](mailto:maragyongyver@uni.sapientia.ro)

**Kulcsszavak:** fitohormonok, PGPR, *Pseudomonas extremorientalis*, *Bacillus megaterium*, sóstressz

**Összefoglaló:** A fenntartható mezőgazdaság egyik kulcskérdése a növények stressztűrő képességének javítása és terméshozamának növelése. A fitohormonokat termelő, növényi növekedést serkentő baktériumok (PGPR) alkalmazása ígéretes megoldást jelenthet. Kutatásunk célja két sótüdő baktériumtörzs – *Pseudomonas extremorientalis* és *Bacillus megaterium* – hatásának vizsgálata a kukorica (*Zea mays*) csírázására és kezdeti fejlődésére sóstressz körülmények között.

A baktériumtörzseket szelektív táptalajon neveltük, majd spektrofotometriás módszerekkel elemeztük fitohormon-termelési képességüket (indol-3-ecetsav, gibberellinsav és citokinin). A kukorica magokat baktériumtörzsekkel való előkezelés után 1-9 mg/L koncentrációjú NaCl-oldatokban csíráztattuk, és vizsgáltuk a csírázási paramétereket és a csíranövény hosszát.

Eredményeink alapján, a *Bacillus megaterium* jelentősen több gibberellinsavat és citokint termelt, míg a *Pseudomonas extremorientalis* nagyobb mennyiségű indol-3-ecetsavat szintetizált. Annak ellenére, hogy mindkét baktériumtörzs képes volt különböző fitohormonok termelésére, az alkalmazott sókoncentrációk esetén nem mutattak jótékony hatást a növényi stressz leküzdésében. Valószínű, hogy a kukorica növény érzékelte a baktériumtörzsek jelenlétét, és biotikus stresszorként értelmezte.

Mivel a PGPR a két baktériumban *in vitro* körülmények között jelentős potenciál mutatkozik, úgy gondoljuk, hogy a növény növekedésének egy későbbi időpontjában történő baktérializálás pozitív eredményt hozhat.

# EFFECT OF PHYTOHORMONE-PRODUCING, SALT-TOLERANT BACTERIAL ISOLATES ON MAIZE PLANT GROWTH

Szidónia Nagy Drd. ing.<sup>1,\*</sup>, Gyöngyvér Mara Dr.<sup>2,\*\*</sup>

<sup>1</sup> PhD student, 1st year – University of Pécs, Faculty of Science, Doctoral School of Biology and Sports Biology – 7624 Pécs, Ifjúság útja 6.

<sup>2</sup> University professors – Sapiientia Hungarian University of Transylvania, Cluj-Napoca, Faculty of Csíkszereda, Department of Bioengineering – Szabadság tér 1, Miercurea Ciuc, Harghita County, Romania, 530104

\* [nagyszidonia@uni.sapientia.ro](mailto:nagyszidonia@uni.sapientia.ro), \*\* [maragyongyver@uni.sapientia.ro](mailto:maragyongyver@uni.sapientia.ro)

**Keywords:** phytohormones, PGPR, *Pseudomonas extremorientalis*, *Bacillus megaterium*, salt stress

**Abstract:** One of the key challenges in sustainable agriculture is improving plant stress tolerance and increasing crop yields. The application of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) that produce phytohormones represents a promising solution. Our research aimed to investigate the effects of two salt-tolerant bacterial strains—*Pseudomonas extremorientalis* and *Bacillus megaterium*—on the germination and early development of maize (*Zea mays*) under salt stress conditions.

The bacterial strains were cultivated on selective media and analyzed for their phytohormone production (indole-3-acetic acid, gibberellic acid, and cytokinin) using spectrophotometric methods. Maize seeds were pre-treated with the bacterial strains and then germinated in NaCl solutions at concentrations of 1–9 mg/L. Germination parameters and seedling length were evaluated.

Our results indicate that *Bacillus megaterium* produced significantly higher amounts of gibberellic acid and cytokinin, whereas *Pseudomonas extremorientalis* synthesized larger quantities of indole-3-acetic acid. Despite both bacterial strains being capable of producing various phytohormones, they did not exhibit a beneficial effect on plant stress tolerance under the applied salt concentrations. It is likely that maize plants detected the presence of the bacterial strains and perceived them as biotic stressors.

Since PGPR from both bacteria demonstrated significant potential under in vitro conditions, we suggest that bacterial inoculation at a later stage of plant growth may yield positive results.

# KISEMLŐSÖK KÖZÖSSÉGI SZINTŰ VÁLTOZÁSA MAGASSÁSOS ÉLŐHELYEN

Pisch Henriett\*, Kelemen Krisztina\*\*, Szűcs Boldizsár\*\*\*, Horváth Győző\*\*\*\*

PTE TTK Biológia Intézet, Ökológiai Tanszék, 7624 Pécs Ifjúság útja 6.

\* hepi020203@gmail.com, \*\* kriszkel@gamma.ttk.pte.hu, \*\*\* szubola95@gmail.com,

\*\*\*\* hgyppte@gamma.ttk.pte.hu

**Kulcsszavak:** kisémlősök, közösségek, pannon északi pocok, Kis-Balaton

**Összefoglaló:** A Kis-Balaton északnyugati részén, Sármelléktől délkeletre fekvő Keleti berek magassásos és nádas állományok mozaikos területén élő kisémlősök emberi zavarásra adott válaszát vizsgáltuk. A területet sűrű növényborítás jellemzi, a domináns mocsári sás összefüggő állományát kisebb-nagyobb foltokban nádas állományok szakítják meg. A terület számos kisémlős mellett élőhelyet biztosít az északi pocok pannon alfaja (*Alexandromys oeconomus mehelyi*) számára. Az északi pocok megőrzésére a Keleti berekben nyugati irányban kiterjedt, megfelelő vízellátottsággal rendelkező menedékterületet jelöltünk ki, melynek 54,77%-os részét 2023 októberében szárazzással lekaszálták. Ennek következtében a monitorozott területen (Area1) az elmúlt 6 évben folyamatosan kimutatott északi pocok lokális eltűnését tapasztaltuk. Ezt követően október második felében kijelöltünk egy második mintaterületet (Area2), amely 250 méterre nyugatra, hasonló magassásos élőhelyen helyezkedett el. Ezt a területet a kaszálás nem érintette, a megismételt mintavételezés kimutatta az északi pocok jelenlétét. Ennek fényében munkánk során a kisémlősök kaszálásra adott rövid távú közösségi szintű reakcióját vizsgáltuk. Továbbá arra a kérdésre kerestük a választ, hogy a kaszálást követő évben (2024) a regenerálódott növényzet alapján a kisémlős közösségek formálódása milyen mértékben tér el az előző évtől. Az összehasonlító elemzések mérsékelt bizonyítékot mutattak a két vizsgált terület (Area1 és Area2) közösségének szezonális változására, a nyári vs őszi időszakok között a fajösszetétel különbségét mutattuk ki. A 2024-es évben a két terület diverzitása közel azonos volt. A regenerálódott terület fajösszetétele eltért a 2023-ban detektálttól. A csaltjáró pocok korábban domináns faja volt a területnek, 2024-ben azonban alacsony gyakorisággal volt jelen. Az északi pocok jelenlétét 2024-ben egyik területen sem tudtuk kimutatni.

# COMMUNITY-LEVEL RESPONSE OF SMALL MAMMALS IN A MARSHLAND HABITAT

Henriett Pisch<sup>\*</sup>, Krisztina Kelemen<sup>\*\*</sup>, Boldizsár Szűcs<sup>\*\*\*</sup>, Győző Horváth<sup>\*\*\*\*</sup>

PTE TTK Biológia Intézet, Ökológiai Tanszék, 7624 Pécs Ifjúság útja 6.

<sup>\*</sup> [hepi020203@gmail.com](mailto:hepi020203@gmail.com), <sup>\*\*</sup> [kriszkel@gamma.ttk.pte.hu](mailto:kriszkel@gamma.ttk.pte.hu), <sup>\*\*\*</sup> [szubola95@gmail.com](mailto:szubola95@gmail.com),

<sup>\*\*\*\*</sup> [hgyppte@gamma.ttk.pte.hu](mailto:hgyppte@gamma.ttk.pte.hu)

**Keywords:** small mammals, communities, Pannonian root vole, Kis-Balaton

**Abstract:** The response of small mammals to anthropogenic disturbance was studied in the mosaic marshland habitat with sedge and reed stands of the Keleti berek, which is adjacent to the Sármellék in the north-western part of Kis-Balaton. The area is characterised by dense vegetation, with continuous stands of the dominant lesser pond-sedge interrupted by reed stands in smaller and larger patches. The area provides habitat for the Pannonian subspecies of the root vole (*Alexandromys oeconomus mehelyi*), in addition to numerous small mammals. For the conservation of the root vole, we designated a refuge area in the Keleti Berek with adequate water supply, 54.77% of which was mowed by stalk crushing in October 2023. As a result, we observed a local disappearance of the root vole, which had been continuously detected in the monitored area (Area1) for the previous 6 years. Subsequently, in the second half of October, we designated a second sample area (Area2), which was located 250 meters to the west, in a similar sedge-dominated habitat. This area was not affected by mowing, and repeated sampling showed the presence of the Pannonian root vole. In light of this, we examined the short-term community-level response of small mammals to mowing. Furthermore, we sought to answer the question of how the formation of small mammal communities in regenerated vegetation differed in the year after mowing (2024) compared to the previous year. Comparative analyses showed moderate evidence of seasonal changes in the communities of the two studied areas (Area1 and Area2), and we detected a difference in species composition between the summer and autumn periods. In 2024, the diversity of the two areas was almost the same. The species composition of the regenerated area differed from that detected in 2023. The field vole was previously a dominant species in the area, but in 2024 it was present at a low frequency. The presence of the root vole was not detected in either area in 2024.

# A KARSZTOSODÁS INTENZITÁSÁNAK TERÜLETI ELOSZLÁSA AZ AKNASZLATINAI SÓBÁNYA TERÜLETÉN

Gönczy Sándor<sup>1,4,\*</sup>, Kinárov Krisztián<sup>2,\*\*</sup>, Szedlák Dénes<sup>3</sup>, Sütő László<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Földrajz és Turizmus Tanszék, II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola, 90202, Beregszász, Kossuth tér 6, Ukrajna;

<sup>2</sup> EPAM Systems, 79034, Lviv, Uhorszka utca 14, Ukrajna

<sup>3</sup> II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola, 90202, Beregszász, Kossuth tér 6, Ukrajna

<sup>4</sup> Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, 3300, Eger, Leányka út 4-6, Magyarország

\* *gonczy.sandor@uni-eszterhazy.hu*, \*\* *kinarov.k@gmail.com*

**Kulcsszavak:** Aknaszlatina, sókarszt, UAV, fotogrammetria

**Összefoglaló:** Az aknaszlatinai sóbánya (Ukrajna, Kárpátalja) területén a felszín folyamatos és jelentős mértékű beszakadása figyelhető meg, ami a nem megfelelő bányászati technikák alkalmazására és az elhanyagolt bányászati infrastruktúra problémáira vezethető vissza.

Az elmúlt évtizedben különféle módszerekkel próbáltuk követni a beszakadások fejlődését. A 2017 – 2021-es évek között minden évben május utolsó napjaiban kvadrokopterral felvételeket készítettünk, 70%-os átfedésben, annak érdekében, hogy a felszínváltozást minél nagyobb felbontásban elemezhesük. Jelen tanulmányban arra kerestük a választ, hogy az 1,4 km<sup>2</sup> kiterjedésű kutatási területen belül hol zajlanak legintenzívebben a karsztos folyamatok. Ezt két módszerrel próbáltuk bizonyítani. Egyrészt megvizsgáltuk az egyes években újonnan megjelenő beszakadások földrajzi elhelyezkedését, másrészt vizsgáltuk a felszínülledés miatt felszínre kerülő víz területi növekedését a dolinákban.

A kutatás eredményeképpen azt tapasztaltuk, hogy a bányaterület egészén intenzív karsztos folyamatok zajlanak, két kiemelkedő zónára koncentrálódva. Az egyik zóna egy felszín alatti karsztos csatornához köthető. A másikkal egyelőre nem találtunk magyarázatát, de valószínűleg a felszín alatti karsztos folyamatok felszíni vetületét láthatjuk itt is.

# SPATIAL DISTRIBUTION OF KARSTIFICATION INTENSITY IN THE AREA OF THE AKNASZLATINA SALT MINE

Sándor Gönczy<sup>1,4,\*</sup>, Krisztián Kinárov<sup>2,\*\*</sup>, Dénes Szedlák<sup>3</sup>, László Sütő<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Gönczy, Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian College of Higher Education, Department of Geography and Tourism, 90202, Berehove, Kossuth Square 6, Ukraine;

<sup>2</sup> EPAM Systems, 79034, Lviv, Uhorska street 14, Ukraine

<sup>3</sup> Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian College of Higher Education, Department of Geography and Tourism, 90202, Berehove, Kossuth Square 6, Ukraine

<sup>4</sup> Eszterházy Károly Catholic University, Institute of Geography and Environmental Sciences, Department of Natural Geography and Geoinformatics, 3300, Eger, Leányka street 4-6, Hungary

\* [gonczy.sandor@uni-eszterhazy.hu](mailto:gonczy.sandor@uni-eszterhazy.hu), \*\* [kinarov.k@gmail.com](mailto:kinarov.k@gmail.com)

**Keywords:** Solotvino, salt karst, UAV, photogrammetry

**Abstract:** Continuous and significant surface subsidence has been observed in the area of the Aknaszlatina Salt Mine (Ukraine, Transcarpathia), primarily due to the use of inadequate mining techniques and the deterioration of mining infrastructure caused by neglect.

Over the past decade, we have employed various methods to monitor the progression of surface subsidence. Between 2017 and 2021, aerial surveys were conducted annually at the end of May using a quadcopter, capturing images with 70% overlap to enable high-resolution analysis of surface changes. This study aims to identify the areas where karst processes are most intense within the 1.4 km<sup>2</sup> research site. To achieve this, we utilized two approaches: first, we examined the spatial distribution of newly formed subsidence features each year; second, we analyzed the expansion of surface water accumulation in sinkholes resulting from subsidence.

As a result of our research, we found that intense karst processes are occurring throughout the entire mining area, with two zones of concentration. One of these zones is associated with a subsurface karst conduit. The other has yet to be fully explained, but it is likely the surface manifestation of underlying karst processes.

# EVALUATING ATTERBERG LIMITS OF HYDROCARBON-CONTAMINATED CLAY SOILS: A COMPARATIVE STUDY OF LITERATURE DATA AND NEW EXPERIMENTAL FINDINGS

Noémi Szász<sup>1</sup>, Andrea Tóth<sup>2</sup>

<sup>1</sup> PhD student, National Laboratory for Water Science and Water Security, University of Miskolc, Faculty of Earth and Environmental Sciences and Engineering, P.O. Box 3515 Miskolc, Egyetem út 1., Hungary

<sup>2</sup> Associate professor, National Laboratory for Water Science and Water Security, University of Miskolc, Faculty of Earth and Environmental Sciences and Engineering

\* *noemi.szasz@uni-miskolc.hu*, \*\* *andrea.toth@uni-miskolc.hu*

**Keywords:** Atterberg limits, clay, contamination, hydrocarbon, geotechnics

**Abstract:** The investigation of hydrocarbon contamination effects on soil systems—including associated groundwater systems—has long been a focus of scientific research. Since the 20th century, extensive studies have been conducted to elucidate the impacts of hydrocarbon pollutants on various soil parameters. The escalation of this issue is closely linked to the rapid industrial growth observed over recent decades. Hydrocarbon contamination typically arises from industrial leakage, improper waste disposal practices, oil exploration, and transportation processes. This study represents a critical component of a broader laboratory research initiative designed to evaluate the alterations in the geotechnical properties of clayey soils under the influence of diverse contaminants, including hydrocarbons. This paper presents a comparative analysis of international research findings and the outcomes of our experimental investigations, focusing on the Atterberg limits (commonly referred to as consistency limits). The Atterberg limits provide an efficient and reliable method to predict soil behavior under various conditions, allowing engineers to design more effective and safe structures. By understanding the soil's response to changes in moisture and contamination, the limits also contribute to cost-effective project execution and environmental sustainability.



# EVALUATING ATTERBERG LIMITS OF HYDROCARBON-CONTAMINATED CLAY SOILS: A COMPARATIVE STUDY OF LITERATURE DATA AND NEW EXPERIMENTAL FINDINGS

Noémi Szász<sup>1</sup>, Andrea Tóth<sup>2</sup>

<sup>1</sup> PhD student, National Laboratory for Water Science and Water Security, University of Miskolc, Faculty of Earth and Environmental Sciences and Engineering, P.O. Box 3515 Miskolc, Egyetem út 1., Hungary

<sup>2</sup> Associate professor, National Laboratory for Water Science and Water Security, University of Miskolc, Faculty of Earth and Environmental Sciences and Engineering

\* *noemi.szasz@uni-miskolc.hu*, \*\* *andrea.toth@uni-miskolc.hu*

**Kulcsszavak:** Atterberg-határok, agyag, szennyezés, szénhidrogén, geotechnika

**Összefoglaló:** A szénhidrogén-szennyezés talajrendszerekre – beleértve a kapcsolódó talajvízrendszereket is – gyakorolt hatásainak vizsgálata régóta a tudományos kutatások fókuszában áll. A 20. század óta számos átfogó tanulmány készült a szénhidrogén-szennyeződések különböző talajparaméterekre gyakorolt hatásainak feltárására. Ennek a problémának az erősödése szorosan összefügg az elmúlt évtizedekben tapasztalt gyors ipari növekedéssel. A szénhidrogén-szennyezés általában ipari szivárgásból, helytelen hulladékkezelési gyakorlatokból, olajkutatásból és szállítási folyamatokból ered. Jelen a tanulmány egy széleskörű laboratóriumi kutatómunka egyik elemeként készült, amelynek célja agyagos talajok geotechnikai tulajdonságaiban bekövetkező változások értékelése különböző szennyező anyagok, köztük szénhidrogének hatására. A dolgozat egy összehasonlító elemzést mutat be a nemzetközi kutatási eredmények és saját kísérleti vizsgálataink között, különös tekintettel az Atterberg-határookra (közismert nevén konzisztenciahatárookra). Az Atterberg-határok hatékony és megbízható módszert kínálnak a talaj viselkedésének előrejelzésére különböző körülmények között, lehetővé téve a mérnökök számára, hogy hatékonyabb és biztonságosabb szerkezeteket tervezzenek. A talaj nedvesség- és szennyezettségi-viszonyaira adott reakciójának megértésével a vizsgálat paraméterek hozzájárulnak a költséghatékony projekt-megvalósításhoz és a környezeti fenntarthatósághoz.

# AUTOMATIZÁLT RÁDIOTELEMETRIÁS RENDSZER ALKALMAZÁSA AZ ÉSZAKI POCOK (*ALEXANDROMYS OECONOMUS*) MOZGÁSMINTÁZATÁNAK VIZSGÁLATÁBAN

Szünstein Máté\*, Gosztonyi Bence\*\*, Tóth Dániel\*\*\*,  
Takács-Soós Anna, Szűcs Boldizsár, Horváth F. Győző

Pécsi Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Biológiai Intézet, Ökológiai Tanszék, 7624  
Pécs, Ifjúság útja 6.

\* *mate.szunstein@gmail.com*, \*\* *gosztonyibence@gmail.com*, \*\*\* *tohdaniel0@gmail.com*

**Kulcsszavak:** északi pocok, automatizált rádiotelemetriás rendszer, mozgásmintázat, vizes élőhely, variogram

**Összefoglaló:** A vizes élőhelyek állapotának és méretének leromlása globális probléma, ami közvetlen negatív hatást gyakorol a biológiai sokféleségre, mivel ezen területek jelentős biodiverzitási gócpontokként vannak jelen az ökoszisztémában. A területek degradációjának egyik fő forrása az egyre növekvő antropogén eredetű zavarás, amely így közvetve és közvetlenül is számos védett és fokozottan védett fajt érint. Ezek közé tartozik a Magyarországon fokozottan védett északi pocok (*Alexandromys oeconomicus mehelyi*), amely elterjedése és életmódja miatt nagymértékben a sásos-nádas területekhez kötődik.

Vizsgálatunk során Magyarországon, a Kis-Balaton Keleti berek területén végeztünk automatizált rádiotelemetriás monitorozást 2023 novemberében, aminek célja az északi pocok egyedek mozgásmintázatának és élőhelyhasználatának, illetve az egyedi és nemek közötti mozgásmintázat különbségek vizsgálata volt. Az egyedi mozgásvektorok nagysága közötti különbségek meghatározásához Kruskal-Wallis medián tesztet végeztünk, a nemek közötti összehasonlításához Mann-Whitney U tesztet végeztünk. A mozgásmintázatok típusának és karakterisztikájának elemzését R környezetben végeztük a 'ctmm', 'momentHUMM' és 'adehabitatLT' csomagok alkalmazásával. A vizsgált 6 északi pocok mozgásvektorainak esetében a Kruskal-Wallis teszt szignifikáns eltérést mutatott az egyedek között. Két hím egyed nagyobb mozgásvektorai nemek közötti különbségre engedtek következtetni, amit a Mann-Whitney U teszt is alátámasztott, míg a nőstények közötti eltérések feltehetően az egyedi változatosságot reprezentálják. Jelen eredmények fontos alapját képezhetik mind az élőhely, mind a faj megőrzését célzó terveknek, valamint konzervációbiológiai kezelések ütemezésének.

# EXAMINING MOVEMENT PATTERNS OF THE PANNONIAN ROOT VOLE (*ALEXANDROMYS OECONOMUS MEHELyi*) USING AUTOMATED RADIOTELEMETRY SYSTEM

Máté Szünstein<sup>\*</sup>, Bence Gosztonyi<sup>\*\*</sup>, Dániel Tóth<sup>\*\*\*</sup>,  
Anna Takács-Soós<sup>4</sup>, Boldizsár Szűcs<sup>5</sup>, Győző F. Horváth<sup>6</sup>

University of Pécs, Faculty of Sciences, Department of Ecology, Ifjúság Street 6., Pécs, H-7624

<sup>\*</sup>mate.szunstein@gmail.com, <sup>\*\*</sup>gosztonyibence@gmail.com, <sup>\*\*\*</sup>tothdaniel0@gmail.com

**Keywords:** Pannonian root vole, automated radiotelemetry system, movement patterns, wetlands, variogram

**Abstract:** The degradation of wetland habitats, which are usually called „biodiversity hot-spots”, became a global issue that influences extinction and species loss in several ways. One of the main drivers of habitat degradation is the increasing anthropogenic disturbance, which directly and indirectly affects numerous vulnerable and endangered species. Among them is the highly protected Hungarian subspecies of the root vole (*Alexandromys oeconomus mehelyi*), whose distribution is strongly related to habitats with sedge and reed cover due to its lifestyle.

Our investigation was conducted in the Keleti berek area of Kis-Balaton, Hungary, in November 2023. We used an automated radiotelemetry system (ARS) to monitor the movement patterns of the individuals, with the aim of analyzing their habitat use and identifying individual and sex-related differences in movement behavior. To determine differences in the magnitude of individual movement vectors, we performed a Kruskal-Wallis median test, and for sex-related comparisons, we used the Mann-Whitney U test. The analysis of movement pattern types and their characteristics was conducted in the R environment using ‘ctmm’, ‘momentHUMM’, and ‘adehabitatLT’ packages. The Kruskal-Wallis test revealed significant differences in the movement vectors of the six monitored root voles. The larger movement vectors of two males suggested sex-based differences, which were confirmed by the Mann-Whitney U test, while variations among females were likely indicative of individual variability. These results provide important information for both habitat and species conservation, as well as for planning conservation biology management interventions.

# ERDŐSÁVVAL HATÁROLT MEZŐGAZDASÁGI PARCELLA KISEMLŐS KÖZÖSSÉGÉNEK VÁLTOZÁSA AZ ŐSZI BÚZA ÉS AZ ARATÁST KÖVETŐ VISSZAZÖLDÍTÉS IDŐSZAKÁBAN

Takács-Soós Anna\*, Szabó Júlia, Poór Hanka, Horváth Győző

Pécsi Tudományegyetem Természettudományi Kar, Biológiai Intézet, Ökológiai Tanszék, H-7624  
Pécs, Ifjúság útja 6.

\* [anna.soos25@gmail.com](mailto:anna.soos25@gmail.com)

**Kulcsszavak:** mezei pocok, erdősáv, őszi búza, visszazöldítés, kisémlős közösségek

**Összefoglaló:** Kutatásunk során az erdősávval határolt mezőgazdasági parcella kisémlős közösségeit vizsgáltuk. A parcellán történő aratás alapján elkülönítettünk két időszakot, a nyári időszakban őszi búzában, míg az őszi időszakban a már kialakult visszazöldítésben végeztük a felmérést. Elsődleges célunk az erdősáv és az aratást követő visszazöldítés kisémlős közösségek összetételére gyakorolt hatásának vizsgálata volt. A fajgyakorisági görbék eredményei azt mutatták, hogy a parcellákban a mezei pocok rendelkezett a legnagyobb abundanciával, míg a fajrangsor következő elemei a fás vegetációt kedvelő, tehát az erdősávban legnagyobb tömegességgel előforduló *Apodemus* fajok voltak. További vizsgálataink során GLMM modellekkel vizsgáltuk a mintavételi időszak, a területek borításának és ezen két változó interakciójának hatását. Az erdősávnak mind a két vizsgálati időszakban szignifikáns pozitív hatása volt a pírók erdeiegér előfordulási valószínűségére. A sárganyakú erdeiegér az őszi búza parcellához képest nagyobb valószínűséggel fordult elő az erdősávban, míg a zöldítés kialakulása után a mintavételi időszak függvényében előfordulási valószínűségében szignifikáns csökkenést tapasztalunk. Ha csak a parcellákat, mint élőhelyeket vizsgáltuk, mindkét erdeiegér a zöldített területet részesítette előnyben, míg a mezei pocok aratás előtti fokozott előfordulási valószínűsége az aratást követően csökkent, azonban a mintavételi időszak előrehaladtával szignifikáns pozitív növekedést mutatott. Megállapítható, hogy a visszazöldítés és a mellett húzódó erdősáv hatással volt a parcellán kialakuló kisémlős közösségek összetételére, mivel a zöldítésben az erdeiegerek sokkal nagyobb valószínűséggel fordultak elő, mint az őszi búza borítású parcellában.

# CHANGES IN THE SMALL MAMMAL COMMUNITY OF AN AGRICULTURAL PARCEL BORDERED BY A FOREST DURING THE PERIOD OF WINTER WHEAT AND POST-HARVEST REGREENING

Anna Takács-Soós\*, Júlia Szabó, Hanka Poór, Győző Horváth

University of Pécs, Faculty of Science, Institute of Biology, Department of Ecology, H-7624 Pécs,  
Ifjúság str. 6.

\* [anna.soos25@gmail.com](mailto:anna.soos25@gmail.com)

**Keywords:** common vole, forest, winter wheat, post-harvest greening, small mammal communities

**Abstract:** In our study, we investigated small mammal communities in a winter wheat monoculture and in the adjacent forest strip. The survey was carried out in winter wheat in summer and in the post-harvest regreening in autumn. Our objective was to investigate the effect of the forest and regreening on small mammal community composition. The results of the species abundance curves showed that the common vole had the highest abundance in the monoculture, while the next species in the ranking were *Apodemus* species, which prefer forest vegetation and were therefore most abundant in the forest belt. For further analysis, we ran GLMM models to monitor the effects of sampling period, site cover, and the interaction of these two variables. The forest belt had a significant positive effect on the occurrence probability of the striped field mouse in both study periods. The yellow-necked mouse was more likely to occur in the forest belt than in the winter wheat, while after regreening, we observed a significant decrease in its occurrence probability depending on the sampling period. When only monocultures were considered as habitats, both *Apodemus* species preferred the regreened area, while the increased pre-harvest occurrence probability of the common vole decreased after harvest but showed a significant positive increase as the sampling period progressed. It can be concluded that the regreening and the adjacent forest strip influenced the composition of small mammal communities in the monoculture, as *Apodemus* species were more likely to occur in the regreening than in the winter wheat.

# **$^{210}\text{Pb}$ DATING METHOD: APPLICABILITY AND LIMITATIONS**

Róbert-Csaba Begy<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Environmental Science and Engineering, “Babeş-Bolyai” University, Cluj-Napoca, Romania

<sup>2</sup> Interdisciplinary Research Institute on Bio-Nano-Science, Babeş-Bolyai University, Cluj-Napoca, Romania

**Keywords:** accumulation rates, aquatic systems, environmental processes, global change

**Abstract:**  $^{210}\text{Pb}$  dating represents the most extensively used method to determine recent (~150-175 years) chronologies and accumulation rates in aquatic systems, and has been predominantly approached to effectively reconstruct environmental processes linked with global change. Extensively outlined by Appleby and Oldfield in 1992, the technique is based on “excess”  $^{210}\text{Pb}$  resulting from the decay of atmospheric  $^{222}\text{Rn}$ , and encompassed in sediments following scavenging from the atmosphere via dry or wet precipitation. The suitability of lead dating extends to determinations of atmospheric deposition and contamination, sedimentary processes, carbon dioxide sequestration, pollution of aquatic systems, etc. The large applicability and accessibility of the lead dating method determined numerous authors to adopt this technique for the study of environmental archives, however oftentimes the resulting chronologies are not critically assessed. The most common  $^{210}\text{Pb}$  dating models are the Constant Initial Concentration (CIC) and Constant Rate of Supply (CRS), based on specific initial assumptions. The interpretation of  $^{210}\text{Pb}$  profiles proves to be a complex process that must consider external influences, such as sedimentary processes and isotope migration, that may affect excess  $^{210}\text{Pb}$  results, and alter the fundamentals of the model approached. Throughout the literature, the majority of the studies do not consider or properly discuss the limitations and external influences on the produced age-depth models, thus leading to an overestimation of activities and disputable chronologies. Besides uncertainties induced by sedimentary processes, limitations that may arise while applying the  $^{210}\text{Pb}$  dating method include, but are not limited to  $^{210}\text{Po}$  vertical migration, variations in  $^{226}\text{Ra}$  activities, model-validation by alternative temporal markers, irregular  $\text{Pb}_{\text{ex}}$  profiles and interpolation for missing data and incomplete inventories. The present work performs a critical review of the  $^{210}\text{Pb}$  dating method, with emphasis on applicability, limitations, and implications of different spectrometric measurement techniques, thus highlighting important considerations in constructing the  $^{210}\text{Pb}$  age-depth model.

# GINGKO BILOBA AND ITS PIGMENTS AS POTENTIAL BIOINDICATOR TO ASSESS THE LEVEL OF AIR POLLUTION

Semonti Mukherjee<sup>1</sup>, Dina Bibi<sup>1</sup>, Bianka Sipos<sup>1,2</sup>, Vanda Éva Abriha-Molnár<sup>1,2</sup>,  
László Orlóci<sup>3</sup>, Szilvia Kisvarga<sup>3</sup>, Viktor Oláh<sup>4</sup>, Béla Tóthmérész<sup>5</sup>,  
Tibor Magura<sup>1,2</sup>, Edina Simon<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Department of Ecology, University of Debrecen, H-4032 Debrecen, Hungary

<sup>2</sup> HUN-REN-UD Anthropocene Ecology Research Group, University of Debrecen, H-4032 Debrecen, Hungary

<sup>3</sup> Ornamental Plant and Green System Management Research Group, Institute of Landscape Architecture, Urban Planning and Garden Art, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, H-1223 Budapest, Hungary

<sup>4</sup> Department of Botany, University of Debrecen, H-4032 Debrecen, Hungary

<sup>5</sup> HUN-REN Biodiversity and Ecosystem Services Research Group, University of Debrecen, H-4032 Debrecen, Hungary

\* *semontimukherjee@gmail.com*

**Keywords:** Air Pollution Tolerance Index (APTI), photosynthetic pigments, urban pollution, plant resilience

**Abstract:** This study investigated the seasonal dynamics of pigment concentrations in *Ginkgo biloba* leaves over four months, from July to October in an urban environment in Debrecen City, Hungary. The research also focused on the study of Air Pollution Tolerance Index (APTI) and key pigments such as chlorophyll-a (Chl-a), chlorophyll-b (Chl-b), carotenoids, and phaeophytin to analyse the seasonal changes and environmental stress, particularly urbanization. Our results demonstrated that, based on APTI values, *G. biloba* was sensitive for the air pollution. High chlorophyll levels found during the summer (July-August) reflect peak photosynthetic activity optimized under favorable light and temperature conditions. Conversely, the declining chlorophyll concentrations in autumn (September-October) signify adjustments to reduced light availability and cooler temperatures, preparing the plant for leaf senescence and winter dormancy. The stability of carotenoids throughout the study period underscores their critical role in photoprotection and maintenance of photosynthetic efficiency, even as chlorophyll levels fluctuate. Based on our findings, Chl-a is the most sensitive pigment for assessing air pollution levels, showing significant positive correlations with pollutants like CO and SO<sub>2</sub>, and a negative correlation with PM<sub>10</sub>. Its clear response to multiple pollutants makes it an effective indicator for monitoring air quality. The efficient turnover of chlorophyll, indicated by the low levels of phaeophytins, highlights effective nutrient recycling mechanisms of *G. biloba*, contributing to its longevity and ecological success. Our results indicated that *G. biloba* is a reliable and resilient species for long-term biomonitoring of urban environments.

# ENVIRONMENTAL RISKS AND POSSIBILITIES OF TETRACYCLINE IN PHYTOREMEDIATION

Szilárd Székely-Varga<sup>\*</sup>, Eszter Rápó<sup>\*\*</sup>, Szende-Ágnes Tonk<sup>\*\*\*</sup>

Environmental Science Department, Sapientia Hungarian University of Transylvania, 400193 Cluj-Napoca, Calea Turzii no. 4, Cluj County, Romania

<sup>\*</sup> *szilike12@yahoo.com*, <sup>\*\*</sup> *rapoeszter@gmail.com*, <sup>\*\*\*</sup> *tonk.szende@sapientia.ro*

**Keywords:** antibiotics, phytoremediation, phytotoxicity, micropollutants, tetracycline

**Abstract:** Over the last century, the discovery and use of antibiotics in medicine have increased human life expectancy and decreased mortality from bacterial diseases. However, the overuse and disposal of antibiotics have resulted in their presence in the environment through waste streams. They are also toxic to animals and plants and destroy microbes by inhibiting important cell functions, including protein, nucleic acid, cell wall synthesis, and cell membrane renewal and repair [1].

Despite the high exposure of aquatic plants to antibiotic toxicity, there is evidence that plants in wetland ecosystems act as excellent filters, and can remove micropollutants from the environment through phytoremediation. However, the simultaneous and therefore more comprehensive investigation of antibiotic removal efficacy and potential toxicity risk has been less explored. The different chemical structures, physical behavior, biological effects, and toxicity of different types of antibiotics can have unpredictable effects on aquatic plants, which have different sensitivities depending on the species. Therefore, a systematic analysis of the interactions and mechanisms between antibiotics (e.g. tetracycline) and aquatic plants is essential as the potential toxicity and risk of antibiotics to aquatic plants in the environment is still uncertain [2–4].

This work aimed to study the possibilities of innovative phytotoxicity and phytoremediation technologies for analyzing the effect of antibiotics (tetracycline) on aquatic plants and neutralizing contaminated wastewater. Under model experimental conditions, the phytoremediation potential of aquatic plants and the identification of induced toxic effects were assessed.



**DOLGOZATOK**  
**SCIENTIFIC PAPERS**

# INVESTIGATION OF HEAVY METALS DESORPTION ENHANCEMENT PROCEDURES IN LOW-PERMEABILITY CONTAMINATED SOILS

Tamás Bacsó\*

Institute of Environmental Management, University of Miskolc;  
Adept Enviro Ltd., 1117 Budapest, Budafoki str. 70.;

\* *tamas.bacso@outlook.com*

ORCID ID: 0000-0003-1120-443

## 1. Introduction

Years of experience have shown that well-known remediation technologies are not very effective for hydrocarbon and heavy metal contamination in low permeability soils such as clayey-silt soils. One of the main causes of this phenomenon is adsorption, which is the reversible sorption of contaminants on the surface of soil particles, providing a continuous supply of contaminants to groundwater by rediffusion. The aim of my research is to determine how adsorbed contaminants on the soil surface could be solubilized in any soil types (clay, silt) and how desorption could be enhanced. Soil contaminants can enter the soil medium from a variety of sources, mostly from anthropogenic activities (oil, chemicals, heavy industry). Alongside organic contaminants, toxic heavy metals are considered another significant, high-risk group of contaminants, and their environmental remediation is one of the biggest challenges of our time. Furthermore, heavy metals can enter the subsurface environment through natural subsurface processes and through careless anthropogenic activities, and their quantities are gradually increasing. Some refined petroleum derivatives - such as fuels - contain various concentrations of potentially toxic elements, including heavy metals. In addition, toxic heavy metals such as lead (Pb), cadmium (Cd), mercury (Hg), cobalt (Co), chromium (Cr) released from industrial activity, mining, agriculture and urbanization are leaching into the soil and groundwater, posing long-term environmental contamination and a highly toxic, carcinogenic threat to human health. In the present study, the adsorption of the dissolved cobalt component and the desorption enhancement method used are presented and evaluated.

## 2. Materials

### Examined heavy metal component (Co)

The focus of my research is the desorption of toxic heavy metals, specifically the sorption-desorption relationships of the cobalt component, as I presented in this study. Cobalt in its elementary state is a hard, lustrous, greyish-silvery colored metal with magnetic properties, and it is the 27th element on the Periodic Table, found in the 4th period, subgroup VIII. B, with the chemical symbol: Co. It can be found in various ores, is highly resistant, and is an important constituent of magnetic alloys.

Its compounds which appear red in aqueous media, are commonly used in inks, paints and varnishes. Cobalt is also an essential trace element that cannot be produced by the human body. It plays an important role in hematopoiesis and it is a component of vitamin B12 (cyanocobalamin), and is important in redox processes. It is also indirectly involved in the metabolism of carbohydrates, proteins and fats and contributes to the healthy functioning of the immune system, pancreas and nervous system. Dissolved cobalt is toxic to aquatic organisms in high concentrations, furthermore it also causes skin cancer and heart problems in humans.

### Applied soil-sample

In the course of my research, I used a low permeability clayey-silt soil from Aszód, Pest County, Hungary. I determined its physical and soil mechanical properties, which are essential for the desorption enhancement studies. Furthermore, the soil body was analyzed using XRD and XRF methods, which allowed me to determine chemical and mineral composition of soil. I found that the soil sample is composed of silica and contains significant oxides of calcium (Ca) and aluminum (Al), as well as a notable content of zirconium and barium. The annealing loss of the sample body is also significant, at 15.89%. This loss can be attributed to the organic matter content, intergranular water content and it can be divided into other salt components. Furthermore, clay mineral content of this sample is also significant, with a high proportion of clay minerals. During tests, the soil samples were mixed with quartz-sand to increase the vertical permeability rate by 50 %, which significantly decreased the sampling time.

### Adsorption mechanism

The most significant influencing mechanism is adsorption. The reversible sorption of contaminants on the surface of soil particles is known as adsorption. During adsorption, several interfacial equilibrium processes occur simultaneously at the phase boundary resulting in material accumulation. Atoms and molecules interact with their particles on one side, while on the opposite side they encounter contaminant phase particles. The balance of adsorbed and desorbed material quantities is described by the following equation:

$$dV \frac{\partial C}{\partial t} * \Theta = -\rho_b * dV \frac{\partial C_c}{\partial t} \quad (1)$$

where C is pore fluid concentration (mg/l), C<sub>c</sub> is contaminant concentration in soil, ρ<sub>b</sub> is soil density, Θ is water content, V is full volume. If chemical equilibrium has been established the concentration of the adsorbed component can be calculated using the following relationship

$$C_c = K_d * C \quad (2)$$

where K<sub>d</sub> is the distribution coefficient (L/g).

Equation (2) shows the relationship between the concentration of pore fluid and the contaminant, which is determined by a sorption isotherm. In addition, equation (2) also depends significantly on temperature. To rule out temperature dependence, the relationship between the concentration of the pore fluid and the adsorbent is examined at a constant temperature.

## Parameters affecting adsorption

Adsorption is influenced by several factors. The effect of ionic strength on cation adsorption is multifaceted. The cation binding on a negatively charged surface decreases with the increase in the ionic strength of the solution, which reduces the cation activity of the adsorbent. A higher temperature range increases the proportion of particles that have sufficient energy to overcome the activation energy barrier necessary for sorption processes; furthermore, the mobility of ions also increases with increasing temperature. According to Fick's first law, diffusion is proportional to the concentration gradient of the sorption system, an extremely important factor, since adsorption is often a diffusion-controlled process. The solubility of pollutant components can be influenced by the redox potential significantly. In highly reductive ( $-100\text{mV}$ ) conditions, the mobility of individual cations can be decreased. Furthermore, time as an adsorption factor also affects the amount of bound adsorbent significantly. The chemical reaction is significantly influenced by soil pH. In an acidic environment, the degree of cation adsorption decreases while the solute concentration of toxic heavy metals and/or organic hydrocarbon contaminants can increase. Furthermore, there are some other major parameters (e.g., CEC, TOC) affecting the sorption processes, but these are not detailed in this article.

## 3. Methods

### Sorption tests

For desorption tests I applied column experiments (triple repetitions) to model the possibility of active remediation intervention for the desorption of cobalt-contaminated soils. Glass cylinders were used in column experiments, which is 400 mm long and have an inner diameter 24/20 mm, with a filter cartridge with a sealable teflon-lined valve. The cylinders were filled with a mixture of clayey-silt 35 g and quartz sand 35 g, in a 50-50% ratio. Mixing with sand was necessary because the vertical permeability had to be increased otherwise contaminant flux would have taken too long. The experiment was carried out with Cobalt-ions. The contaminant solution was prepared from 1000 ml of distilled water in which 2.7 g of Cobalt-hydrate was dissolved. The initial pH of the contaminant solution was adjusted to 7.7 and the experiment was performed at 29 °C temperature. After assembling the column systems, glass cylinders were filled up with soil-samples and saturated with prepared Co-solution. Cylinders were saturated by a vacuum pump (with a capacity of 0.9 bar) then it followed a day waiting. When the effluent's concentrations were 0.0  $\mu\text{g/L}$  after three samplings, I assumed that the adsorption equilibrium had been reached and the cobalt component was fully adsorbed. Assuming adsorption equilibrium, sampling was carried out on average once a week. Thereafter I started the treatment to increase desorption with a mixture of sodium bicarbonate, monocalcium phosphate and sodium aluminum-sulphate, which contains natrium-hydrogen-carbonate and starch also. I dissolved 2 g of sodium bicarbonate, monocalcium phosphate and sodium aluminum-sulphate (means below BMPSA) in 25 ml of distilled water in every glass cylinder, which I pumped through the system and allowed to stand for a week, and then a week later I again added a BMPSA treatment (as

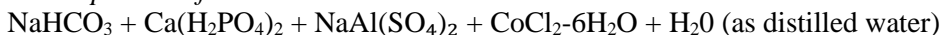
mentioned 2g/25 ml concentration). During the next sampling, I flushed the cylinders with 25 ml of distilled water. Total eight samples were taken during the test series. At every sampling I registered the PH, ORP and T values of the effluent side, the variation of which is presented below (*Figure 2-3-4.*) Cobalt concentrations were measured by Agilent spectroscopy (MP-AES). In the course of samplings I took 1-1 ml samples which I preserved with 0.5 ml of nitric acid.

In this research, I used the Agilent MP-AES spectrometer to determine the variable concentration of the cobalt component used in the column experiment. Agilent spectroscopy (MP-AES) is an analytical technique designed for higher sensitivity and uses air instead of combustible gases. Agilent MP Expert software automatically optimizes the viewing position and atomization pressure for each selected wavelength to maximize sensitivity. A total of three series of measurements were performed with identical parameters to properly validate the results. The desorption curve of cobalt component can be seen in below, *Figure 1.*

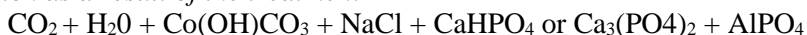
#### 4. Results and discussion

To increase desorption, it is essential to shift the sorption equilibrium towards desorption, which requires external effects or changes in conditions. Due to wetting (mixing with water) an acid-base reaction is initiated, which results in the release of CO<sub>2</sub> in the system. Thus, the aqueous solution of the mixture should have become acidic due to the resulting CO<sub>2</sub>, despite the presence of baking soda. But it did not happen, probably because the external temperature was high, because CO<sub>2</sub> causes acidification in the medium when cold. At the time of the tests (under given temperature conditions) under the influence of the sulphates and phosphates in the solution - which dissolves in water - did the resulting aqueous solution become acidic, so the conditions were modified which increased desorption. The reason is, that this process increases the dielectric constant of water, which had a colloidal contraction effect. As a result of these effects, some of the pollutant molecules peel off from the surface, forming a complex which was washed out of the system by sampling. During the tests, the PH-value change increased continuously, while the temperature gradually decreased. At the same time, the measured values of ORP were quite fluctuating. These parameters were determined by a HACH multifunctional device. After treatment the effluent's color changed and turned into a yellowish-brownish color, which indicates the changing chemical process in the system. The following chemical reaction may have occurred due to the additives.

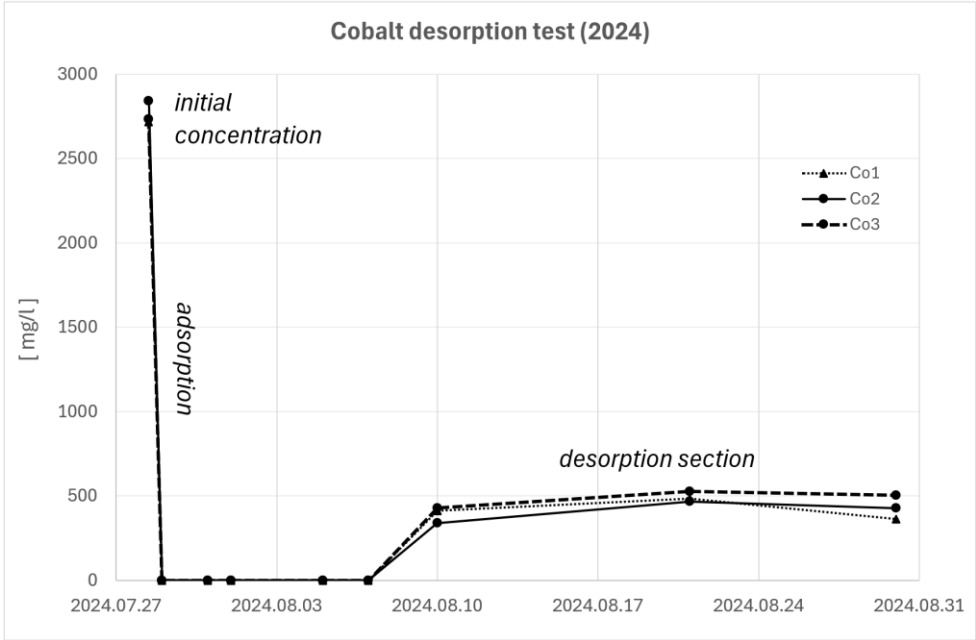
*Compounds of initial solution:*



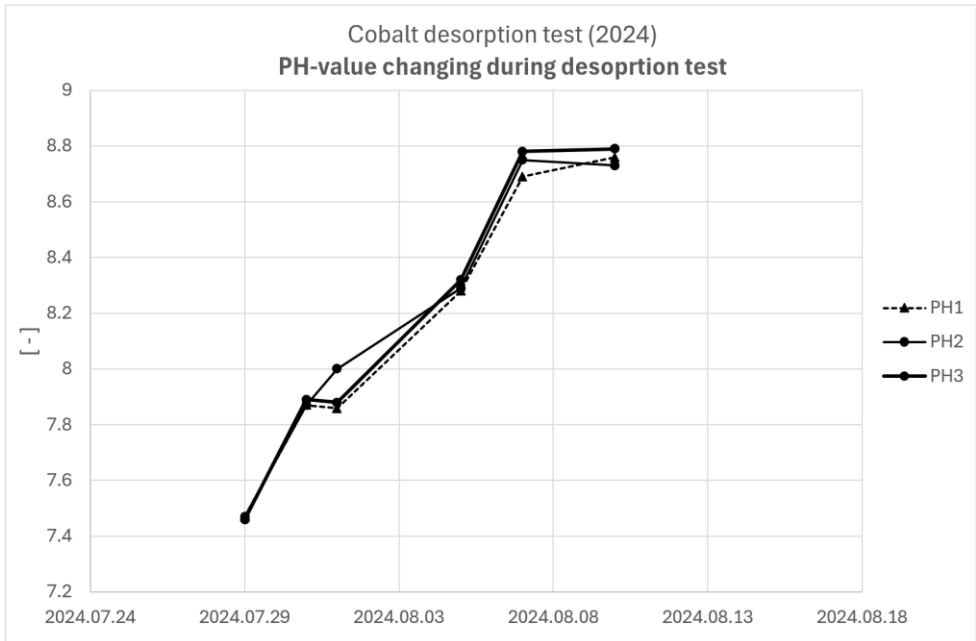
*which as a result of the treatment*



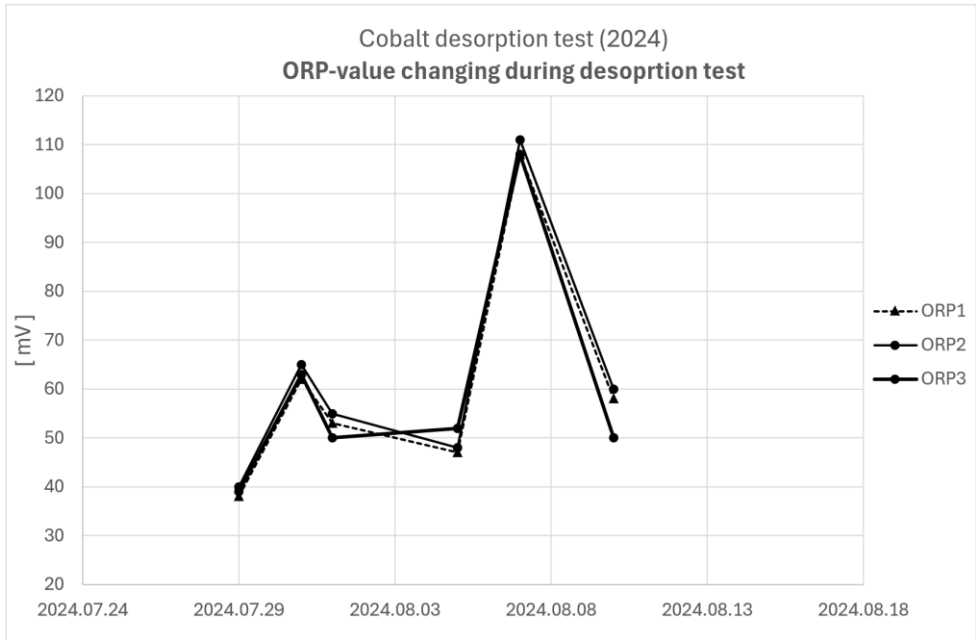
After a week treatment, I observed an increase in Co concentration in the effluent, which was also indicated by its color change. The increasing concentration values indicate the progress and intensification of desorption. Unfortunately, due to increasing colmatation over time, I was unable to collect more effluent samples from the system.



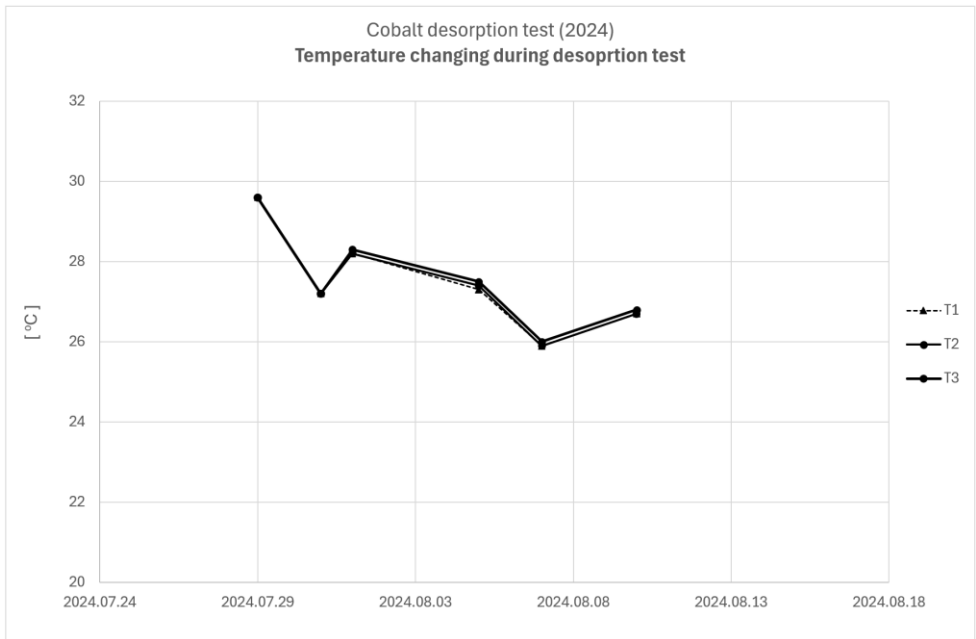
*Figure 1. Desorption curve of Cobalt*



*Figure 2. PH-value changing during desorption tests*



*Figure 3. ORP-value changing during desorption tests*



*Figure 4. Temperature changing during desorption tests*

Finally, I have to mention that I also performed the tests with 100% pure baking soda, which showed that  $\text{NaHCO}_3$  has no effect on the desorption of cobalt, so sodium-carbonate does not participate in the desorption process.

## **5. Conclusions**

In summary, the desorption of cobalt is significantly enhanced by the applied sulphates-phosphates, which increases the dielectric constant of water and results in a strong colloidal contraction effect. Cobalt-hydrate transforms, peels off from the soil particle surface and becomes a cobalt-carbonate complex, which is washed out of the system. Furthermore, the resulting  $\text{CO}_2$  also can help to shift the equilibrium towards desorption. Applied aggregates are cheap, environmentally friendly, and available in large quantities. I believe this solution will be successfully applied for the remediation of cobalt components in the future.



# A HAGYOMÁNYOS ÉS A NAGYÜZEMI ALFÖLDI GAZDÁLKODÁS ÖSSZEHASONLÍTÁSA A TANÓRÁKON

Fabula Dominik Máté<sup>1,\*</sup>, Dr. Kis Anna<sup>2,\*\*</sup>, Gerenday Éva<sup>3</sup>,  
Dr. Angyal Zsuzsanna<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Környezettudományi Centrum, 1117  
Budapest Pázmány Péter sétány 1/a

<sup>2</sup> Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Földrajz- és Földtudományi Intézet,  
Meteorológiai Tanszék, 1117 Budapest Pázmány Péter sétány 1/a

<sup>3</sup> Dömsödi Széchenyi István Általános Iskola, 2344 Dömsöd Széchenyi u. 9.

<sup>4</sup> Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Környezettudományi Centrum, 1117  
Budapest Pázmány Péter sétány 1/a

\* *fabdo@student.elte.hu*, \*\* *kiaqagt@staff.elte.hu*

## Bevezetés

Az utóbbi évtizedekben kiemelt fontosságú téma a klímaváltozás és annak egyre bővülő következményei. Többek között a média által is napi szinten közölt fenntarthatósági-társadalmi problémák jelentik az egyik legaktuálisabb problémát. A globális klímaváltozás, az éghajlati körülmények változása szoros összefüggésben van e problémákkal. Ennek ékes bizonyítéka, hogy 1990 és 2014 között megközelítőleg 212 000 tanulmány született a klímaváltozás témakörében (Buzási és Szalmáné Csete 2018). A társadalmi problémák között az élelmiszertermelés és fogyasztás kérdése – véleményünk szerint – jelentős, hiszen globális mértéket ölt. Már az iskolában is egy fontos téma a fenntarthatóság, hiszen a Nemzeti Alaptanterv (későbbiekben NAT) is szinte minden tantárgyba beépíti. Általános iskolások esetén leginkább a 7. osztályban kezdődő földrajz órákon kerül említésre a globális élelmiszerellátás problémája, azonban ezt több egyéb tantárgy is megalapozza, mint a természettudomány és a hon- és népismeret tantárgyak. (NAT 2020). Ezek a tanórákon a diákok hazánk mezőgazdaságát és hagyományait ismerik meg mélyebben, így munkánk célja is az volt, hogy a hazai élelmiszertermelés módszereit megismeressük a diákokkal minél több módszerrel, majd ezek fenntarthatósági jellegeit feltárjuk. Előzetesen egy lakossági felmérést is készítettünk annak érdekében, hogy láthassuk a vizsgálatunk helyszínéül szolgáló településen élők véleményét a témában. Ezek alapján pedig összeállítottunk öt tanórányi tervezetet, amely alapját képezte munkánknak.

## A magyarországi élelmiszertermelés

A mezőgazdaság napjainkban, mind globális értelemben, mind pedig helyi tekintetben egyre nagyobb figyelmet kap, melynek indoka, hogy az élelmiszertermelés jelentős rész ebben az ágazatban zajlik. Magyarországra vonatkozóan fokozottan szükségessé válhat egyes agrárágazatok népszerűsítése, mivel a fiatalok elhelyezkedése az agráriumban csökkenő tendenciát mutat, és jellemzően csak a családi gazdaságokhoz kötődő generációk választják ezt a pályát (Kelemen et al. 2023).

A rendszerváltás óta eltelt időszakban a mezőgazdaságban dolgozók aránya Magyarországon mintegy negyedére csökkent (Dorgai 2010, Ritter 2020). A rendszerváltás idején az agrárszektor foglalkoztatottsága 10% felett volt, amely 1990-ben 17%-nak adódott, ennek az aránya az 1990-es évektől 2003-ra 5,5%-kal csökkent. Bár ez a tendencia megfigyelhető a piacgazdaságokban is, Magyarországon súlyos társadalmi feszültségeket okozott a folyamat, melyek napjainkban is fennállnak (Csapóné Riskó 2020). A mezőgazdasági pálya vonzerejének csökkenése többek között az ágazat fejletlenségéből adódik, hiszen kevés fejlesztés történt a területen és gazdasági megítélése is egyre kedvezőtlenebbé vált az évek alatt. A fiatalok számára vonzóbbá válhat az agrárium, ha társadalmi, gazdasági és infrastrukturális fejlesztéseket végeznek (Kelemen et al. 2023).

## **Az alfa- és Z-generáció határán**

Az 1900-as évek második felében különböző generációkat tudunk megkülönböztetni, mint például az 1960–1983 közötti X és az 1984–1994 közötti Y generációkat. Az 1994 után született gyerekeket viszont már a Z generációba sorolhatjuk, akik számára a technológia és az online világ dominál. E generáció tagjai gyakran elidegenednek a valós élettől, és az interneten alakítják ki saját közösségüket, számukra az online világ kezd domináns szerepet betölteni. Jellemzően gyakorlati tudásra érzékeny gyerekekről van szó, akik könnyebben megértenek és átlátnak különböző problémákat (Farkas 2018). Számukra a felfedezésen és a gyakorlaton alapuló oktatás vonzóbb és eredményesebb, mint a száraz tananyag alapján végzett tanulás. Ezen generáció tagjai kedvelik a csoportmunkát, kreatívak, együttműködőek és gyakran alkalmaznak multimédiás eszközöket feladataik elvégzéséhez. A projektalapú és csapatmunkán alapuló tanulás a legmegfelelőbb a számukra (Gál és Árváné Ványi 2018).

A magyar közoktatásban a Z generáció mellett, már megjelenik az Alfa generáció is. Az Alfa generáció a 2010-től, a technológiai fejlődés új szakaszában született gyermekeket foglalja magába. Ekkor jelent meg az iPad, instagram és az olyan kifejezések tömkelege, mint az „App”. Ők már beleszülettek a 21. század csúcstechnológiáiba és ez kíséri fejlődésüket is. Az Alfa generáció számára a tanulás nem csupán a tartalom elsajátítását jelenti, hanem a készségek és kompetenciák fejlesztésére is összpontosít. Ők már a tudás új felépítésével találkoznak, mely a keresésen és navigáláson alapul. Oktatásuk tanulóközpontú, ahol a tanár inkább támogató, ösztönző szerepet vállal a tanulók pedig maguk irányítják tanulási folyamataikat. A diákok a tankönyvek helyett inkább interaktív, élményalapú múzeumokban és tanösvényeken tanulnak szívesebben, mivel ezek jobban illenek szocializációjukhoz. A tanár támogató szerepe abban nyilvánul meg, hogy biztosítja a diákok ezen igényeit és bevonja őket a döntéshozatalba is (Milassin 2024).

## **A téma elhelyezkedése a földrajz tananyagban**

A földrajz tudománya a természeti, társadalmi és gazdasági környezet jelenségeit és folyamatait vizsgálja, ötvözve a természettudomány, társadalomtudomány és

gazdaságtudomány módszereit. Ennek köszönhetően szintetizáló tudomány, amely összekapcsolja az említett területeket és segít megérteni ezek egymásra hatását és abból származó kölcsönhatásaikat. A földrajz tanítása során hangsúlyos ezen összefüggések feltárása, a problémák kreatív helyreállítása, amely a környezettudatosság fontos szempontja. A földrajz tanítás célja, hogy komplex, környezettudatos, fenntarthatóságra épülő gondolkodást és cselekvőkészséget adjon a diákoknak, mely alapja egy élhetőbb és fenntarthatóbb jövőnek (10. forrás).

Munkánk helyszíne Dömsöd település volt és az ott található Dömsödi Széchenyi István Általános Iskola. A földrajz 7-8. osztály számára előírt kerettantervet és az intézmény által használt földrajz tankönyvet áttekintve arra jutottunk, hogy munkánkat a hetedik évfolyam egyik osztályában fogjuk végezni. A kerettanterv megnevezett témakörei közül két nagyobb témakörhöz találtuk illeszkedőnek témánkat: *Közvetlen lakókörnyezetünk földrajza* melyre 5 javasolt óraszámot ír elő a kerettanterv, illetve a *Magyarország földrajza* témakört, melyre 25 tanóra a dokumentum javasolt óraszám. (1. táblázat)

1. táblázat. A témakörök áttekintő táblázata a 7-8. évfolyamon, a földrajz tantárgy keretében (7. forrás)

Témakör neve		Javasolt óraszám
Tájékozódás a földrajzi térben		4
Közvetlen lakókörnyezetünk földrajza		5
Magyarország földrajza		25
A Kárpát-medence térsége		8
Európa és a távoli kontinensek eltérő fejlettségű térségei, tipikus tájai	Európa földrajza	22
	Az Európán kívüli kontinensek földrajza	20
A földrajzi övezetesség rendszere		8
Életünk és a gazdaság: a pénz és a munka világa		10
<b>Összes óraszám:</b>		102

## Lakossági kérdőív

Munkánk célja, hogy a diákokhoz újra közel hozzuk a mezőgazdaság témáját és annak fenntarthatósághoz kapcsolódó fontosságát. Mivel egy vidéki község szolgált helyül munkánknak, így első sorban a lakosság véleményére és tapasztalataira voltunk kíváncsiak. Kezdetnek egy lakossági kérdőívvel mértük fel, hogy a lakosság mennyire áll közel a mezőgazdasághoz, mennyire alkalmazzák a hagyományos mezőgazdasági folyamatokat akár a mindennapjaikban, a kiskereskedők piaci kínálatait vagy inkább az üzletekben kapható nagyüzemben előállított termékeit vásárolják, illetve mi a véleményük a gyermekek ismereteiről és az iskolában kapott tudásukról a témában. Kérdőívünket összesen 245 fő töltötte ki.

Az oktatásra vonatkozó kérdésekre a válaszadók nagy összhangban egyetértettek avval, hogy a gyerekek életéből hiányzik a gazdálkodás megismerése és kevés tudást szereznek az iskolában az említett témában. Szükségesnek gondolják, hogy a

diákok minél több ismeretet szerezzenek a hagyományos és nagyüzemi gazdálkodás témájában, mind elméleti, mind pedig gyakorlati szempontból, és szinte kivétel nélkül minden válaszadó véleménye, hogy a diákoknak az iskolán kívüli programokon is részt kellene venniük ahol mezőgazdasági ismereteket szereznek, megtapasztalhatják a különböző ágazatok munkáit testközelből. A kapott vélemények alapján a válaszadók úgy gondolják, hogy a gyerekek napjainkban teljesen elidegenednek a mezőgazdaságtól, nem ismerik az élelmiszertermelés hagyományos folyamatait sem. Mindössze néhány olyan választ kaptunk, melyben megemlítik, hogy a gyerekek akár a családi konyhakertben végzett munkához csatlakoznának és csak elenyésző volt az agrárszakmát választók száma.

## **Iskolai foglalkozások**

A lakossági kérdőíveket áttekintve és a kapott válaszok tanulsága alapján megpróbáltunk minél átfogóbb tervezetekkel készülni arra, hogy a gyerekeknek megfelelő szinten tudjuk közelebb hozni hozzájuk a témát. A helyszínről szolgáló település, Dömsöd egy alföldi község, így a foglalkozások tervezeteit a hagyományos alföldi gazdasághoz próbáltuk igazítani úgy, hogy a diákok képet kapjanak a nagyüzemi termelésről is. Fontos szempontnak tartottuk, hogy a vizsgált korosztály a Z és Alfa generáció határán van, így igényeikhez mérten igyekeztünk változatos foglalkozás tervezeteket összeállítani. Felmérve az iskola, a diákok és a község adta lehetőségeket, az alábbi öt foglalkozástervet készítettük el:

### *1. A Kárpát-medence éghajlata*

Az első foglalkozás során ismétlésként a Kárpát-medence éghajlatát vizsgáltuk meg a diákokkal. Frontális munkaformában tantermi óra keretein belül tankönyv és földrajzi atlaszt használva tekintettük át a témát.

### *2. Magyarország talajai, az alföldön termesztett növények és tenyésztett haszonállatok*

Ezen a foglalkozáson először a diákokkal a földrajzi atlasz segítségével áttekintettük Magyarországot jellegzetes talajtípusait, melyeket aztán maguk is megvizsgáltak csoportmunka keretein belül. Gyúrópróbát és szerves anyag vizsgálatot végeztek a diákok a barna erőtalaj, csernozjom és homoktalajokon, majd a tapasztalataikat rögzítették. Ezután a tapasztalataik alapján, illetve a földrajzi atlaszban található tematikus térképek segítségével a különböző talajokon termesztett növényeket és a tápnövényeken nevelhető állatokat rögzítették.

### *3. Történelelemzés a nagyüzemi és hagyományos gazdaságról*

A harmadik foglalkozás során két szöveget kellett a diákoknak egyénileg értelmezniük egy feladatlap segítségével, majd pedig a tanár által irányított kérdésekkel hasonlították össze a nagyüzemi gazdaság jellemzőit a hagyományos gazdálkodás jellemzőivel.

### *4. Szarvasmarha telep látogatása – Terepgyakorlat*

A terepgyakorlati foglalkozáson a Dömsöd határában található szarvasmarhatelepre látogattunk el, ahol a diákok testközelből találkozhattak a telepen tartott szarvasmarhákkal. Megismerhették a szarvasmarhák napirendjét és az alkalmazott

tartási módszereket. Az ismeretek rögzítése érdekében egy előre elkészített kérdőív segítségével kellett a dolgozókkal interjút készíteniük a diákoknak.

### 5. Tárgyalás a gazdasági formák fenntarthatóságáról

Az utolsó foglalkozás alkalmával egy egyszerűsített bírósági tárgyalást játszottunk el a diákokkal, ahol arról kellett dönteniük, hogy a hagyományos gazdálkodás, vagy a nagyüzemi gazdálkodás felel meg jobban a fenntarthatóság alapelveinek. Az osztályt három csoportra osztottuk, két csoportnak egy plakátot kellett készítenie az általa kapott gazdálkodásról, mint képviselőnek, a harmadik „bíró” csoportnak pedig a fenntartható gazdaságot kellett megterveznie.

## Tapasztalatok

A foglalkozások során pontosítani tudtuk az adott témák feldolgozására szánt időkeretet és a feladatok kivitelezését. A második foglalkozás során a vizsgálódás időkeretét mindenképpen bővíteni szükséges, illetve a terepi interjúk esetén is fontos, hogy a diákok minél pontosabb utasítást kapjanak az interjú kérdéseinek aktualizálásáról. A diákok visszajelzései alapján a foglalkozásokon alkalmazott módszerek érthetőek és egyszerűen végrehajthatóak voltak, mindemelllett élvezhetőek és interaktívak. Felkeltette az érdeklődésüket és egyszerűsítette a kapott információk feldolgozását.

## Források

1. Buzási A., Szalmáné Csete M. 2018. *Fenntartható fejlődés és klímaváltozás – globális összefüggések lokális értelmezése*. Magyar Tudomány, 179(9), 1349–1358. DOI: 10.1556/2065.179.2018.9.8
2. Csapóné Riskó T. 2020. *Agrárfoglalkoztatási helyzet Magyarországon, illetve az észak-alföldi régióban*. Competitio, 4(1). DOI: 10.21845/comp/2005/1/11
3. Dorgai L. 2010. *Vidék- és területfejlesztés 6. Vidéki térségeink jellemzői és változások irányai a rendszerváltást követően*. Székesfehérvár: Nyugat-magyarországi Egyetem Geoinformatikai Kar.
4. Farkas J. 2018. „A legfontosabb szabály, ha győzni akarsz: ne verd meg önmagad”. *Módszertani Közlemények*, 58(2), 15–26. <https://www.iskolakultura.hu/index.php/modszertani-kozlemenyek/article/view/35442/34481>
5. Gál T., Árváné Ványi G. 2018. *Hogyan tanul a Z generáció?* Gradus, 5(1), 66–73.
6. Kelemen R., Káposzta J., Lőrinc B. 2023. *A hazai mezőgazdaság átfogó gazdasági és társadalmi vizsgálata*. Studia Mundi – Economica, 10(4), 98–109. DOI: 10.18531/sme.vol.10.no.4.pp.98–109
7. Milassin AN. 2024. „Jó szóval oktasd, játszani is engedd” *Az új generációk jelenlétének kihívásai az oktatásban és a munkaerőpiacon*. Educatio. 32(4), 627–638. DOI: 10.1556/2063.32.2023.4.6
8. NAT 2020. Magyar Közlöny 2020. 17. szám. *Nemzeti Alaptanterv*.
9. Ritter K. 2020. *Vidéki foglalkoztatás mint a vidék gazdasági biztonságának alapja*. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem Közigazgatási Továbbképzési Intézet.
- 10 [https://www.oktatas.hu/koznevelas/kerettantervek/2020\\_nat/kerettanterv\\_alt\\_isk\\_5\\_8/](https://www.oktatas.hu/koznevelas/kerettantervek/2020_nat/kerettanterv_alt_isk_5_8/) Földrajz kerettanterv 7–8.

# VÍZMÉRLEG MODELL FELÉPÍTÉSE ÉS TESZTELÉSE DOMBVIDÉKI KISVÍZGYŰJTŐN

Gömbös Imola\*

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest, 1111 Műegyetem rkp. 3.

\* *gombos.imola@gmail.com*

## 1. Bevezetés

Természetes vizeink állapota az emberi tevékenységek következtében egyre kritikusabb. A szennyezések származhatnak pontszerű vagy diffúz forrásokból. Csapadékot követően a felszínen vagy a talajban megtalálható antropogén eredetű szennyezőanyag részecskék a lefolyó és beszivárgó esővízzel együtt a talajvízbe, illetve felszíni vizeinkbe kerülnek; a tápanyagok eutrofizációt okoznak, a toxikus nehézfémek és a nehezen lebomló szerves vegyületek pedig felhalmozódnak, így hosszútávú problémát jelentenek.

A felszíni és felszín alatti vizek állapotát rendszeres mérésekkel és mintavételekkel lehet nyomon követni. Ehhez ismernünk kell a vízgyűjtő területen zajló hidrológiai folyamatokat is, melyekkel kiegészítve a méréseket, a szennyezőanyagáramok meghatározhatóak. A hidrológiai adatok értelmezését a hidrológiai (vízgyűjtő) modellek segítik, amelyek egyszersmind ezen adatok egyik fő hasznosulását is jelentik.

Kis vízgyűjtők modellezésére számos eszköz áll rendelkezésre, melyek különböző képességekkel bírnak. A megfelelő modell kiválasztása előtt fontos meghatározni a tanulmány célkitűzéseit. A cél mellett a vizsgált terület mérete, az időbeli felbontás (időlépés) és az adatok elérhetősége jelöli ki az alkalmas modellt. Egy modell tulajdonság az elvégzendő feladattól függően lehet előny vagy hátrány.

Dolgozatom célkitűzése annak a vizsgálata, hogy egy viszonylag egyszerű (azaz kis adatigényű és alacsony időbeli felbontású) vízmérleg modell mennyire alkalmas egy tipikus hazai kisvízgyűjtőn zajló hidrológiai folyamatok leírására. A munkám kapcsolódik a BME Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszékén folytatott Víz tudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium projekt (ld. [www.vvnl.net](http://www.vvnl.net)) 38. számú kutatási projekteleméhez, amelyben több modellt alkalmaztunk ugyanarra a területre, a Koppány-patak vízgyűjtőjére. Dolgozatomban kitérek az általam használt Wetspass modell által előállított eredményekre, a modell használhatóságára, limitációira, illetve javaslatokat teszek további fejlesztési irányokra.

## 2. Anyag és módszer

### 2.1. A modell

Az általam használt Wetspass-M egy térben osztott paraméterű, havi léptékű, nyílt forráskódú és kis számítási kapacitással jellemezhető vízmérleg modell.

A modellt a Belgiumi Vrije Universiteit Brussel-ben fejlesztették ki 1997-ben. Az integrált hidrológiai modellekhez képest egyszerűbb megközelítést alkalmaz, a be- és kiáramló vízmennyiségek egyensúlyát az alábbi általános egyenlet szerint írja le:

$$\begin{aligned} \text{csapadék} + \text{hozzáfolyás} \\ = \text{párolgás} + \text{felszíni lefolyás} + \text{beszivárgás} \\ \pm \text{vízkészletváltozás} \end{aligned}$$

A modell a vízmérleget földrajzi információs rendszerbe (GIS) integrálja. A vízgyűjtőt megfelelő felbontású rácsháló fedi le, aminek minden cellája egyedi paraméterekkel rendelkezik. A topográfiai és hidrometeorológiai adatok együttesen teszik lehetővé a vízmérleg egyes elemeinek becslését. (Batelaan & Smedt, 2007)

A légkörből lezuhló csapadék egy részét a növényzet fogja fel és raktározza el („intercepció”). Ami eléri a földfelszínt, az vagy lefolyik és feltölti a mélyedéseket, vagy beszivárog a talajba. A beszivárgott csapadék egy része megmarad a talaj gyökérzónájában, mint talajnedvesség, míg a maradék tovább szivárog a talajvízbe. A víz mozoghat oldalirányba is, a talajvíz szintjétől és a lejtéstől függvényében. Az evapotranszspiráció összegzi a vízfelszínnek és a talaj párolgását, illetve a növények általi aktív párologtatást. A felszínen összegyűlő és a felszín alatti vizek kölcsönösen táplálhatják egymást. Területhasználat szempontjából minden cellára megbecsülhető, hogy az mekkora részben növényzettel fedett, csupasz talajú, vízzáró vagy nyíltvízi. Egy rasztercellát tekintve, a teljes evapotranszspiráció, felszíni lefolyás és talajvíz utánpótlódás értéke számítható az erre a négy osztályra egyesével kiszámolt értékek összegeként. (O. Batelaan, F. De Smedt, 2007)

A modell bemenő adatai: a vízgyűjtő digitális terepmodellje („digital elevation model” - DEM), talajvíz mélység térképe, területhasználati és talajtípus térképe, illetve ugyanolyan időközökben mért meteorológiai jellemzők. A legfontosabb bemenő adatok a csapadék és a potenciális evapotranszspiráció (PET). A PET a lehetséges maximális evapotranszspiráció értéke, ami megkapható mérések alapján vagy fizikai, illetve empirikus képletekkel számolva. Ezen kívül szükséges meteorológiai adat még a szélerősség és a hőmérséklet.

A modell a bemeneti adatokat megfelelő felbontású, ascii rács formátumú fájlból olvassa be és az eredményeket ugyanígy adja vissza. Az adatokat QGIS

## 2.2. A mintaterület

A modellt a Somogy megyei Koppány-patak vízgyűjtőjére építettem fel, és a 2016–2023. időszakra végeztem vele számításokat. A terület Külső-Somogyban található, 660 km<sup>2</sup>-es, és jól tükrözi a tipikus magyarországi viszonyokat. Magas eróziós potenciál jellemzi, mert domináns területhasználat a mezőgazdasági talajművelés (79%), és a szántók jelentős aránya fekszik domboldalakon. Összefüggő erdős területek (18%) leginkább a patak déli oldalán találhatóak. A mellékágakon több tározó is található, ezek közül egyesek halastóként is üzemelnek. (Clement, et al., 2023)

A sokéves átlagos éves csapadékmennyiség 630 mm/év, a felszíni lefolyás pedig területi átlagban 55 mm/év. Jelentős mennyiségű (~1000 m<sup>3</sup>/nap) tisztított szennyvíz kerül bevezetésre a patak felső (62.5 fkm) szelvényébe, a Balatonlellel szennyvíztisztító telepről. Ez a hozam és a terhelés szempontjából is meghatározó mértékű. A sokéves középvízhozam (Q50%) értékek Tamási szelvényben (14,5 fkm) 0,95 m<sup>3</sup>/s. Törökkoppánynál (36,2 fkm) pedig 0,34 m<sup>3</sup>/s. (Clement, et al., 2023)

### **2.3. Az adatok**

Az általam használt digitális domborzatmodellt az Országos Vízügyi Főigazgatóság állította elő. A területhasználat térkép az Agrárminisztérium által a „Nemzeti ökoszisztéma szolgáltatás-térképezés és értékelés” (NÖSZTÉP) projekt keretében készült, a talajtípus térkép pedig a DOSoReMI.hu kezdeményezés során. A meteorológiai adatok forrása a HungaroMet Magyar Meteorológiai Szolgáltató Nonprofit Zártkörűen Működő Részvénytársaság Meteorológiai Adattára. Két állomás adatait használtam fel, melyek Kisbárapáti és Iregszemcse településeken található. A vízgyűjtő terület felosztása az állomások köré megadott Thiessen poligonok által történt.

A bemenő adatok feldolgozását QGIS szoftverrel végeztem. Egyes folyamatok automatizálását Matlab programozási nyelven végeztem (mint például a konstans meteorológiai adatot tartalmazó ascii grid állományú file-ok előállítását).

## **3. Eredmények**

### **3.1. Különböző módszerrel számolt PET idősorok összevetése**

A meteorológiai adatok többségénél nem volt szükség további feldolgozásra, viszont a PET megadása több módszerrel is elvégezhető. A választott eljárás és adatforrás ismerete fontos, hiszen a modell kifejezetten érzékeny erre a bemeneti adatra.

A HungaroMet adatbázisában elérhetőek PET adatsorok Kisbárapáti és Iregszemcse állomásokra, viszont ezeknek a számítási módja nem ismert. A SWAT modell a Penman-Monteith formulával számítja a párolgást, melynek segítségével Jolánkai Zsolt, a Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék tudományos segédmunkatársa állított elő PET adatsorokat a 2018–2022 évi időszakra. Ez a számítási mód adja a talajvízforgalom szempontjából a legjobb eredményeket az empirikus egyenletek közül, mint ahogy azt György (2021) is megállapította. További használható párolgásbecslő formulák például a Priestley-Taylor formula, a Makkink formula és a Hargreaves-Samani formula. Egy kisebb adatigényű, egyszerűbben használható, de pontatlanabb módszer a Thornthwaite formula használata. Ezzel a képlettel állítottam elő az OVF adatsorokat Kisbárapáti és Iregszemcse állomásokra. A számításokat én is elvégeztem, egyrészt a Kisbárapáti állomás adatainak a felhasználásával és Thornthwaite módszerével, másrészt a Hungaromet rácsponti adataival, a FAO Penman-Monteith eljárással.

Az eredményeket az 1. táblázatban tüntetem fel.



1. táblázat. Párolgásbecslő módszerek összesítése

[MM]	THORNTHWAITE, OVF, KISBÁRAPÁTI	THORNTHWAITE, OVF, IREGSZEMCSE	THORNTHWAITE, SAJÁT, KISBÁRAPÁTI	ISMERETLEN, HUNGAROMET, KISBÁRAPÁTI	ISMERETLEN, HUNGAROMET, IREGSZEMCSE	P-M, SWAT	FAO-P-M, SAJÁT
2016	711.4	724.9	693.2	908.0	990.5	-	1022.3
2017	770.1	784.4	720.6	1069.0	1093.9	-	1064.0
2018	796.6	824.7	720.4	1032.1	1110.0	883.6	1045.3
2019	787.2	788.4	726.5	1087.5	1080.0	956.9	1026.9
2020	747.3	756.6	705.9	1038.9	1085.9	959.1	1048.9
2021	718.4	736.3	685.0	1082.0	1133.9	951.7	1026.6
2022	765.7	782.8	714.1	1073.5	1148.3	953.5	1043.9
2023	777.5	777.4	722.2	980.7	1025.9	-	1023.8
SZUM 2018- 2022	3815.2	3888.8	3551.8	5314.0	5558.1	4704.7	5191.6

Az éves adatokat csak a 2018–2022-es időszakra összegeztem, az összehasonlíthatóság érdekében. A Thornthwaite módszerrel előállított adatok közül a saját számításom adta a kisebb eredményeket, de valószínűleg az OVF adatsorai is alábecslik a tényleges párolgás viszonyokat. A Penman-Monteith formula adja általában a megbízhatóbb eredményt. A HungaroMet által előállított adatok közül minden évre nagyobb párolgáshő összeg jön ki, mint amit a SWAT modell becsül. A saját Penman-Monteith számításaim eredménye is felülbecsli ezt, az eltérés oka a FAO szabvány használata lehet. Fontos megjegyezni, hogy ez a módszer nem feltétlenül PET-et számol, hanem egy úgynevezett referencia evatranszspirációt, ami egy referencia növényzettel fedett felület teljes párolgását adja meg. Később erre vegetációval kapcsolatos korrekciót kell végezni, melyet a modell el is végez.

Az eredmények alapján a Penman-Monteith képlettel számolt eredmények használata lenne az indokolt, és a modell dokumentáció is ezt ajánlja. A bemutatott modellfuttatásához a HungaroMet adatait használtam, mint input adat.

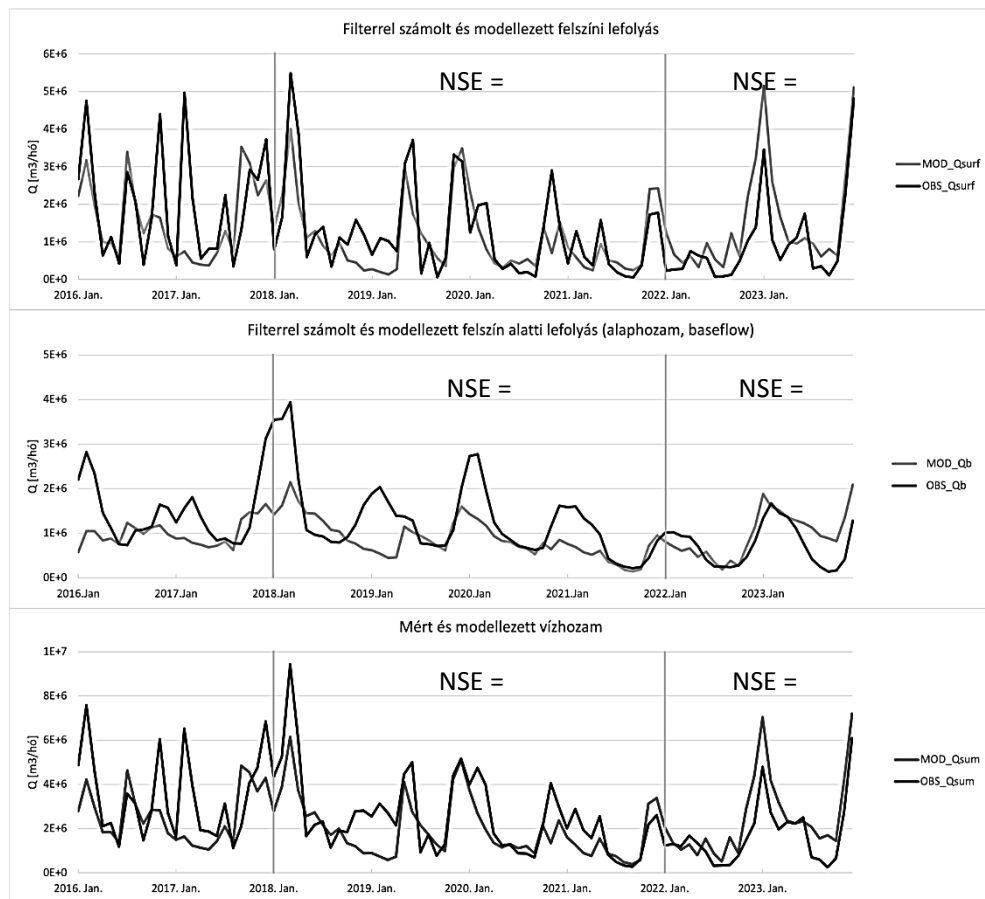
### 3.2. A kalibráció eredménye

A célfüggvény Tamási állomás vízhozam idősor volt, pontosabban a számolt és a mért havi lépésű idősor közötti eltérést igyekeztem minimalizálni. Ezen kívül vizsgáltam külön az alaphozamot (Qb) és az árhullámot (Qsurf) is, ezeknek az összege adja ki a teljes vízhozamot. Természetesen a Qb és Qsurf nem mérhető. A leválasztás Tamási állomásra vizsgálva készült el, a vezetőképesség adatok hiányában a kevésbé pontos Lynne-Hollick módszer alkalmazásával. (Lajkó, et al., 2024)

Munkám során – beépített algoritmus hiányában – a kalibrációt manuálisan végeztem. Az általam használt modell-változat nem teszi lehetővé közbenső pontra (részvízgyűjtőre) a számított vízhozam kiírását és az erre való kalibrációt. Az általam használt illeszkedési mutatók az átlagos abszolút hiba (MAE), az átlagos négyzetes hiba gyöke (RMSE), a determinációs együttható ( $R^2$ ) és a Nash-Sutcliffe féle modell hatékonysági mutató (NSE).

A 8 éves időintervallum első 2 évét (2016-2017) felfutási időszaknak vettem. Az ezt követő 4 évre (2018–2021) végeztem el a kalibrációt, majd az utolsó 2 évre

(2022-2023) a validációt. Érzékenységvizsgálatot nem végeztem. A 1. ábrán láthatók a kalibrált és a mért idősorok.



3. ábra. A Koppány-patak Tamási szelvényében mért, illetve baseflow filterrel számolt, valamint modellel számított alaphozam értékek idősora

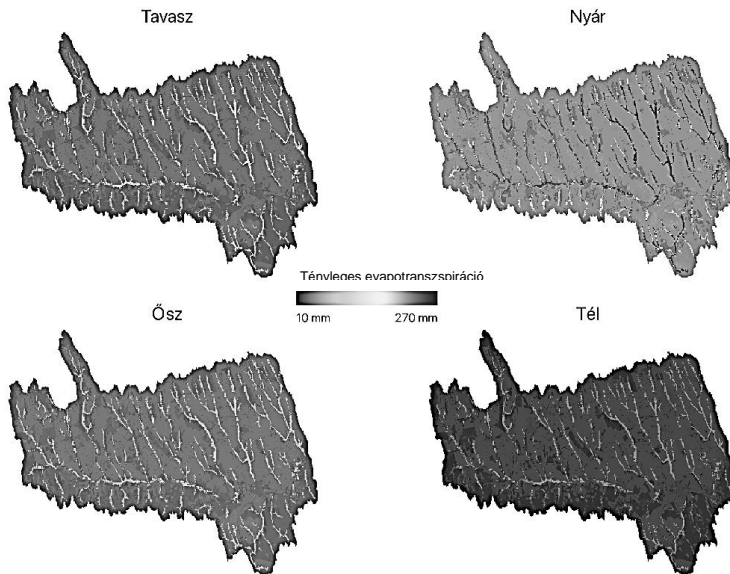
A legjobb egyezést az alábbi paraméter kombinációval értem el:  $a = 10$ ,  $\alpha = 4$ ,  $wSlope = 0.1$ ,  $wLanduse = 0.1$ ,  $wSoil = 0.1$ ,  $x = 0.5$ ,  $LP = 1$ ,  $Mean\ intensity = 0.331$ ,  $\beta = 0.85$ ,  $\phi = 0.121$

Az adatsorok közti illeszkedési mutatókat a 3. táblázatban foglaltam össze. A teljes vízhozamnál kielégítő eredményt hoz a modell, viszont az alaphozamnál nem elég pontos az illeszkedés kalibrációkor, az árhullám esetében pedig validációkor. A kalibráció során szerzett tapasztalataim alapján az árhullám beállítása az első lépés, hiszen annak csökkentésekor az alaphozam megnő. Az alaphozam csökkentésekor viszont más nem változik a rendszerben. Az általam használt módszerekkel az 3. táblázatban bemutatott értékek közül bármelyiknek a javítása egy másik romlásához vezet.

3. táblázat. A modell teljesítményértékelése, Moriasi módszere alapján (Moriasi, et al., 2007)

Időszak	Q	NSE	RMSE [mm/hó]	RSR	R <sup>2</sup>	PBIAS	Teljesítmény osztály
Kalibráció (2018 – 2021)	Árhullám	0.58	7.8	0.6	0.61	15.0	Kielégítő
	Alaphozam	0.18	8.0	0.9	0.47	32.6	Nem kielégítő
	Teljes vízhozam	0.51	12.9	0.7	0.63	24.0	Kielégítő
Validáció (2022 – 2023)	Árhullám	0.47	6.0	0.7	0.79	- 54.8	Nem kielégítő
	Alaphozam	0.64	3.2	0.3	0.46	- 29.7	Kielégítő
	Teljes vízhozam	0.57	7.9	0.7	0.83	- 43,9	Kielégítő

A bemutatott eredményeken kívül a modell raszterterképeket is állít elő, melyeken az egyes vízmérleg elemek térbeli eloszlása vizsgálható. Ezek közül a 2. ábrán a párolgás szezonális átlagait mutatom be, a modellezési időszak utolsó 6 évére számolva. A nyári időszakban kapjuk a legnagyobb értékeket, hiszen ekkor a legnagyobb a hőmérséklet. A nyílt vízfelszínnek párolgása a legjelentősebb, ez minden évszakra igaz, de nyáron kiemelkedő fontosságú. A legkisebb értékek a települések vízzáró felületein jellemzők, viszont ez nem igaz a többi hónapra. Tavasszal és ősszel a települések és az erdők területén legkisebb az AET. A párolgás mértéke télen, azon belül is az erdős területekre a legkisebb.



2. ábra. Tényleges evapotranszpiráció évszakonként, a 2018–2023 évek átlagában (mm/hónap)

#### 4. Következtetések, kitekintés

A modelleredmények értékelése során megállapítottam, hogy a területen a vizsgált időszak alatt csökkent a tározott vízmennyiség. A vízmérleg egyes elemeiről

(intercepció, tényleges evapotranszspiráció, felszíni lefolyás, talajvíz utánpótlódás) sokéves szezonális, illetve éves átlagokat készítettem raszterterképek formájában. A térképeken jól látszódik az egyes elemek térbeli eloszlása. Megállapítottam, hogy a völgytalpakban nagyobb párolgás és kisebb talajvíz utánpótlódás jellemző, ezzel szemben a dombhátakon a felszíni lefolyás jelentős. Télen, amikor kevésbé sűrű a vegetáció, illetve intenzív csapadékesemények esetén az erdők vízvisszatartó képessége kisebb, azaz a felszíni lefolyás mértéke nagyobb. Nyáron az intercepció és a párolgás szerepe a fontosabb, míg télen inkább a felszíni lefolyás és a talajvíz utánpótlódás tölt be meghatározó szerepet. Összevetve őket a területhasználati és talajtípus térképekkel, hasznos következtetések vonhatóak le, úgy mint a burkolt felületek jelentős hatása a felszíni lefolyásra, illetve az erdős területekre jellemző magas intercepció és talajvíz utánpótlódás.

A modell részletes vízmérleget biztosít, megbecsüli a csapadék eloszlását az elnyelés, a felszíni lefolyás, a párolgás és a feltöltődés között. Ez az információ döntő fontosságú a fenntartható vízkészletgazdálkodáshoz és a Víz Keretirányelv célkitűzéseinek való megfelelés biztosításához. A modell felhasználható az éghajlatváltozás és a földhasználati változások (például urbanizáció vagy erdőirtás) vízkészletekre gyakorolt hatásainak szimulálására is.

Általánosságban elmondható, hogy az eredmények egyeznek a valóságról alkotott elképzeléseinkkel. Tapasztalataim alapján alkalmasnak találom a modellt hazai kisvízgyűjtőkön való használatra. A modell megismerése, és a folyamat során szerzett tapasztalatok hozzájárulhatnak a más mintaterületeken való használat lehetőségéhez. A vízmérleg modellezés témaköre időszerű, kutatása fontos, hiszen a hazai vízügy – a nemzetközi trendeket követve – modell alapú, dinamikus vízgazdálkodásra törekszik.

## 5. Irodalomjegyzék

- Batelaan, O., & Smedt, F. (2007). GIS-based recharge estimation by coupling surface–subsurface water balances. *Journal of Hydrology*, 337(3-4), 337–355.
- Clement, A., Jolánkai, Z., Kardos, M., & Deák, J. (2023). Toxikus fémek és tápanyagok terjedési útvonalát feltáró komplex monitoring program megvalósítása egy hazai közepes méretű mezőgazdasági vízgyűjtőn. In B. Somlyódy, & J. Váradi (Szerk.), *A Magyar Hidrológiai Társaság XL. Országos Vándorgyűlése Dolgozatai* (old.: 1–18). Győr: MHT.
- György, M. (2021). *Párolgásbecslő módszerek összehasonlító vizsgálata talajvízforgalmi modellezéssel*, TDK dolgozat. Budapest.
- Lajkó, T., Clement, A., & Kardos, M. (2024). Estimation of hazardous substance loads in a small catchment based on composite sampling. In M. Kardos, O. Szomolányi, A. Clement, S. Kittlaus, K. Morling, & S. Fuchs (szerk.), *"River Basins" - International Conference on Monitoring, Modelling and Management of River Basins - Abstract* (old.: 72–73). Budapest: Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Engineering, Department of Sanitary and Environmental Engineering.
- Moriasi, D., Arnold, J., W. Van Liew, M., Bingner, R., L. Veith, T., & Harmel, R. (2007). Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations. *Transactions of the ASABE*, 50(3), 885–900.

# A TISZA-MENTI VÍZMEGTARTÁSI LEHETŐSÉGEK HATÁSAI VÍZIMADARAK ÖKOLÓGIAI HÁLÓZATÁRA

Kutnyánszky Virág<sup>1,\*</sup>, Dr. Szilvácsku Miklós Zsolt<sup>2,\*\*</sup>

<sup>1</sup> Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Tájépítészeti és Tájökológiai Doktori Iskola, 1118 Budapest, Villányi út 29-43

<sup>2</sup> Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Tájtervezési és Területfejlesztési Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út 29-43

\* [kut.virag@gmail.com](mailto:kut.virag@gmail.com), \*\* [szilvacsku.miklos.zsolt@uni-mate.hu](mailto:szilvacsku.miklos.zsolt@uni-mate.hu)

## Bevezető

A klímaváltozás hatásainak felerősödésével a Kárpát-medencében egyre szélsőségesebb időjárásra számíthatunk a jövőben (Somlyódy 2011, Nováky et al. 2011). Ennek egyik aspektusaként a víz időben egyenlőtlen eloszlása várható, a csapadék mennyisége várhatóan enyhén csökkenni fog, a NATÉR adatbázis adatai alapján 2050-ig 25-50 mm-el kevesebb csapadék fog hullani éves szinten, azonban ezek rövidebb időtartam alatt fognak lehullani. A vízbő időszakokban az árvizek fenyegetése, a vízhiányos nyarakon pedig az aszály egyre erőteljesebb hatása várható, amely a termelésre, a társadalomra, az élővilágra és a természeti folyamatokra egyaránt hatással lesz.

Az utóbbi években tapasztalt vízhiányos nyarakkal, az Alföldet érintő drasztikus aszálykárokkal egyértelművé vált, hogy újfajta víz- és tájgazdálkodási szemléletre van szükség. A probléma megoldására többféle kezdeményezés indult, mi azonban ezek közül a Tisza vízének megtartására irányuló tervekben látunk lehetőséget (Murányi–Koncsos 2022, Murányi–Koncsos 2023). A koncepció alapján a Tisza áradásakor a folyó mentén természetesen előforduló mélyületekbe („mélyártéri tározók”) vezetik a vizet gravitációsan, az így kialakult tározókból pedig szétterítik a vizet a tájban, további „háttértározók” és az Alföldet átszövő csatorna-rendszer segítségével. Ezzel az árvizek hatásai és az aszály okozta károk egyaránt csökkenhetnek. A koncepció becslései alapján összesen 3 km<sup>3</sup>-nyi víz megtartására van lehetőség a Tisza mentén.

Felmerül a kérdés azonban, hogy a tervek által felvázolt beavatkozásoknak milyen hatásai lehetnek a táj használati lehetőségeire, valamint az élővilágra és a természetben lezajló folyamatokra. Ez utóbbi modellezésére alkalmas eszköz az ökológiai hálózat koncepciója.

Az ökológiai hálózat (ecological network) az általánosan elfogadott definíció szerint „a természetes és féltermészetes élőhelyek, tájelemek koherens rendszere, amely az ökológiai funkciók fenntartására van kialakítva és fenntartva” (Bennett–Wit 2001, Bennett 2004, Mander–Külvik 2003). Funkció szerint alapvetően három szerkezeti egységre oszthatjuk a hálózatot: megkülönböztetünk magterületeket, ökológiai folyosókat és puffertületeket, egyes kutatások azonban megneveznek egy negyedik kategóriát, a restaurációs területeket (Mander–Külvik 2003, Konkolyiné Gyúró 2003, Jongman–Veen 2007). Az ökológiai hálózat ma elsődlegesen

természetvédelmi eszközként jelenik meg, a fő funkciója az élőhelyek és a biodiverzitás megőrzése a fragmentáció csökkentésével, a konnektivitás növelésén keresztül (Báldi 1998, Jongman & Veen 2007, Mander–Külvik 2003, Jongman et al. 2004). Ugyanakkor az ökológiai hálózat első, a '80-as években, keleti-európában megszületett tervei a fenntartható tájhasználatot szorgalmazták, ezzel segítve a természetes folyamatokat (így a vízgazdálkodást is) és a táj stabilitásának fenntartását (Bennet–Mulongoy 2006, Miklós et al. 2019).

Kutatásunkban azt vizsgáljuk, hogy a fent bemutatott vízrendezési koncepció milyen hatással lesz az ökológiai kapcsolatokra a Tisza mentén, ezzel modellezve az élőhelyek és a rendszer változásait. A módszer két scenáriót vizsgál: a jelenlegi használatot, valamint a mélyártéri tározók feltöltésével létrejött módosult tájhasználati viszonyokat. Ehhez két vízimadár fajt, a fattyúszerkőt (*Chlidonias leucopterus*) és a bíbicet (*Vanellus vanellus*) választottuk indikátorfajként.

## Anyag és módszer

A vizsgálati terület kijelöléséhez a Tiszához tartozó VGT-ben meghatározott vízgyűjtő alegységeket vettük figyelembe, kisebb módosításokkal, hogy egy egységben kezelhető térséget vizsgálhassunk. A lehatárolt terület 32 275 km<sup>2</sup> kiterjedésű, amely így több Magyarország teljes területének harmadánál.

A felszínborítás elemzéséhez a Corine Landcover 2018-as (CLC 2018) adatbázisát használtuk. Az első, scenárióra, amely a jelenlegi állapotot tükrözi, ezt változtatások nélkül alkalmaztuk.

A tervezett mélyártéri tározók vízszintje egyedileg szabályozható (Murányi–Koncso 2022), így az DEM modell alapján, három szintet határoztunk meg tározónként: egy állandó vagy közel állandó vízborítású szintet, amely a tározók legmélyebb területeit foglalják magukban (1), egy ideiglenesen elöntött szintet (2), amely az év csak egy bizonyos, várhatóan a téli-tavaszi időszakában lesz vízzel borítva, valamint egy harmadik, jóval kisebb kiterjedésű szintet, amelyek a mélyártéri tározók legmagasabb kiemelkedései, ezek az év nagyobb részében száraz területek (3) lesznek.

A módosult élőhelyfoltok ezen szintek szerint lettek meghatározva, Balogh Péter (2001, 2005) javaslatai alapján, a lehető legkisebb felszínborítási változásra törekedve.

A modellezés céljaként egy jellemzően csak vizes élőhelyeket preferáló és egy inkább mezőgazdasági területeket kedvelő fajt azért, hogy két eltérő szemszögből meg tudjuk vizsgálni a kapcsolatok változásait. Az indikátorfajokat egy, a Hortobágyon dolgozó természetvédelmi szakember segítségével választottuk ki, akivel az élőhelyi igényeket és az ellenállás-értékeket pedig szintén egyeztettük.

A fattyúszerkő (*Chlidonias leucopterus*) táplálkozóterületei többféle vizes élőhelyeket foglalnak magukban, meglátogat folyókat, tavakat, ideiglenes vizes élőhelyeket és szikes területeket is, azonban az édesvízi mocsarakat preferálja fészkelőhelyül. A faj telepesen 10-100 párból álló kolónikában költ, fészket úszó vízi növényekre, lebegő hínárszigetekre, vagy sekélyebb víz esetén a közvetlenül fenékre

rakja. Az MME adatai alapján a fattyúszerkő hazai állománya stabil, enyhén fluktuál, de nem sérülékeny, számuk 1100-1600 párra tehető.

A bÍbic (*Vanellus vanellus*) nedves réteken, gyepeken, szikes területeken és vizes környezetben elhelyezkedő szántóföldeken költ, fészket egy kapart mélyedésbe, a földre rakja. A fattyúszerkőhöz hasonlóan viszonylag gyakori faj, fészkelő állománya 8400-16500 párra tehető. Számuk azonban az elmúlt 30 évben Európaszerte, és hazánkban is, jelentősen fogyott, a kutatók az állomány csökkenését 30-49% közé teszik. A hazai mérések alapján 1990 és 2020 között a faj állománya kevesebb mint a felére csökkent, azonban az elmúlt pár évben viszonylagos növekedés volt megfigyelhető.

Mindkét faj számára a legfőbb veszélyeztető tényező a vizes élőhelyek megszűnése, az aszály, a lecsapolások, valamint a vízszennyezés. A bÍbic esetében a mezőgazdaság intenzifikációja okozta az állomány jelentős csökkenését.

A hálózat modellezését mindkét scenárióra a least-cost path (LCP) módszerrel végeztük, melyhez az ArcMap Linkage Mapper 2.0 kiegészítójét alkalmaztuk. Az LCP modellezés során az alkalmazott szoftver mag-élőhelyek között keres kapcsolatokat a terület átjárhatósága alapján, az ellenállást és az útvonal hosszát minimalizálva.

Az első lépés az ellenállás-raszterek előállítása volt, ehhez a CLC kategóriáihoz rendeltünk egy 1-100-ig terjedő értékeket, a fajok preferenciájától függően (ahol 1 a legoptimálisabb élőhely, a 100-as értékeket a faj biztosan elkerüli. Mag-élőhelyként az 1-es ellenállás értékű, a bÍbic esetében 400, a fattyúszerkőnél 100 hektárnál nagyobb élőhelyeket határoztunk meg. Noha a bÍbic ennél jóval kisebb élőhelyeken is költ, nagy számban azonban csak nagyobb kiterjedésű foltokon jelenik meg. Mindkét állomány a jelenlegi állapotra, valamint a tározók létrehozásával előálló megváltozott körülményekre elkészült. A rétegek segítségével ezután elvégeztük a least-cost path analízist mind a négy esetre.

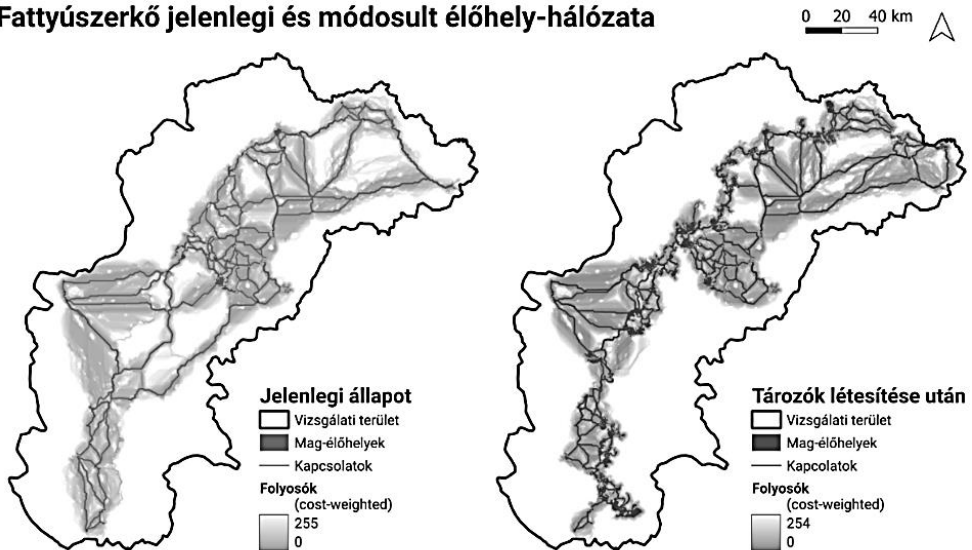
## Eredmények

A Tisza vizének megtartásával a folyómenti területek felszínborítása jelentősen megváltozik. Az állandó vagy közel állandó vízborítottsággal a szárazföldi mocsarak kiterjedése kb. 900 km<sup>2</sup>-el nő, míg a rét és legelő kategória 500 km<sup>2</sup>-es bővülést mutat, mely nagyrészt a szántók rovására zajlik.

Ez az átrendeződés mind a két madárfaj számára kedvező hatással lesz, különösen a fattyúszerkő esetében, hiszen az általa preferált mocsaras élőhelyek száma és kiterjedése is jelentősen megnő. Az első (jelenlegi) scenárióban a fattyúszerkő 54 mag-élőhelyének átlagos területe 270 hektár, míg a tározók létesítésével a mag-élőhelyek száma a 127 mag-élőhely már átlagos kiterjedése meghaladja a 700 hektárt. A bÍbic esetében a változás ennyire nem erőteljes, hiszen a változások hatására nemcsak új, számára alkalmas élőhelyek jelennek meg, hanem potenciális fészkelőhelyek is víz alá kerülnek. A jelenleg 161 mag-élőhely a felszínborítás megváltozása után 185-re nőtt, ezzel párhuzamosan pedig az élőhelyek átlagos mérete enyhén nőtt, 1470 hektárról 1562 hektárra.

A least-cost path elemzés lefolytatva elmondható, hogy mindkét faj ökológiai hálózatának esetében pozitív változást hozna a mélyártéri tározók létesítése. A mag-élőhelyek számának növekedésével várható a kapcsolatok számának emelkedése is, azonban a mérték ezzel nem mindig van összhangban, mivel az új élőhelyek elhelyezkedése is befolyásolja a modellezett kapcsolatok számát. Jól mutatja ezt a két vizsgált madárfaj esete is.

### Fattúszerkő jelenlegi és módosult élőhely-hálózata



1. ábra. A fattúszerkő modellezett útvonalai és folyosói

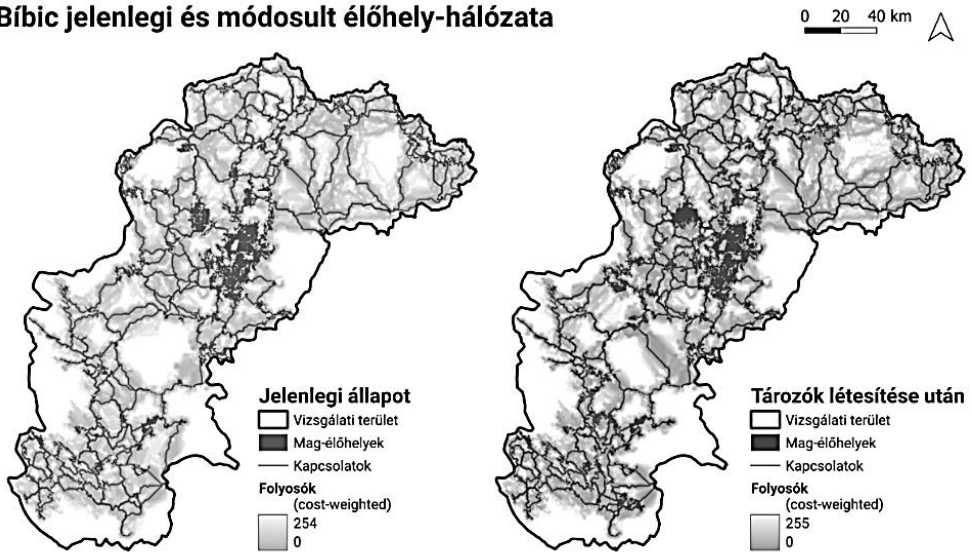
A szerkő kapcsolatainak száma megduplázódott: 110-ről 217-re emelkedett (1. ábra), ezzel egy időben pedig a kapcsolatok átlagos hosszúsága 21 km-ről 10 km-re csökkent. Tehát a fattúszerkő számára jelentős javulást eredményeznének a beavatkozások, nemcsak új élőhelyeket nyerne általuk a faj, hanem az élőhelyek közti repülési távolság is csökkenne. Az útvonalakhoz kötődő folyosókat vizsgálva azonban szembeötlő, hogy a feltételek javulása ellenére, a hálózat kiterjedése csökken: az élőhelyek Tisza-menti sűrűsödése a modell alapján, a folyótól távolabbi kapcsolatok eltűnéséhez vezethet. Ennek oka, hogy a madár számára optimális élőhelyek egy fő vonal mentén fűződnek fel, viszonylag egymáshoz közel, ezzel pedig eljelentéktelenednek a távolabbi mellékútvonalak, amelyeket eddig használt a faj.

A búbic ökológiai hálózatában a két scenárió az előbbiektől eltérő képet mutat (2. ábra). Noha a madárfaj 299 kapcsolata a második vizsgált esetben 358-ra emelkedett, ami jelentős mennyiségi növekedés, azonban az útvonalak hosszának mérséklődése itt kevésbé volt számottevő, a csökkenés 1 km alatti. Ez azt jelenti, hogy az új táplálkozásra, fészkelésre alkalmas élőhelyek a faj életfeltételeit javítják, azonban az a távolság, amelyet köztük a madárnak meg kell tennie, nem csökken jelentős mértékben. A folyosókat tekintve azonban a szerkővel pont ellentétes tendencia figyelhető meg: a víz terítésével a hálózat kiterjedtebbé vált, az vizsgálati területet az



útvonalak és folyosók jobban átszövik a jelenlegi állapothoz képest. A modell alapján a bíbic így új területeken megjelenhet látogatóként.

## Bíbic jelenlegi és módosult élőhely-hálózata



2. ábra. A bíbic eredményterképei: élőhelyek közötti útvonalak és folyosók

## Következtetések

A kutatásban alkalmazott módszer egy lehetőséget mutat be arra, hogyan vizsgálhatjuk a tájban bekövetkező változások élővilágra tett hatásait. A least-cost-path analízis az ökológiai kapcsolatok modellezésére az egyik leggyakrabban használt eszköz (Hashemi–Darabi 2021), különböző scenáriók vizsgálatára vagy egy beavatkozás hatásainak modellezésére is előszeretettel alkalmazzák (Watts et al. 2010, Burgeois–Sahraoui 2020, Heintzman–McIntyre 2021). A program a funkcionális konnektivitást hivatott modellezni, viszont ahhoz, hogy a valósághoz hű adatokat kapjunk, rengeteg tényezőt szükséges figyelembe venni. A terület nagysága és a futtatás optimalizálása miatt ebben a kutatásban a legnagyobb súllyal bíró faktort, a felszínborítást vettük figyelembe, azonban emellett olyan befolyásoló tényezőket is szükséges integrálni a későbbiekben, mint az utak zavaró és fragmentáló hatása, a szennyezőforrások, a növényzeti borítottság vagy éppen a vizek jelenlétének időtartama és mélysége.

A modellezés egyértelműen kimutatta, hogy a bíbic és a fattyúszerkő számára a mélyártéri tározók létesítése pozitív hatással lenne. Azonban abból, hogy e két faj feltételezhetően előnyt élvezne a változásokból, még nem vonhatók le következtetések a teljes élővilágot tekintve. Mivel az új vizes élőhelyek szántók helyén keletkeztek legnagyobb arányban, a kutatást szükségesnek érezzük kiegészíteni egy elsődlegesen agrártájhoz kötődő madárfaj vizsgálatával (pl. túzok, haris vagy kék vércse), hiszen ezeket a fajokat akár negatívan is érinthetik a változások. Emellett, ha a biodiverzitás szempontjából átfogóbb következtetéseket szeretnénk levonni, további

fajok és fajcsoportok bevonása is indokolt a jövőben, mivel a madárfajok, a repülés képességénél fogva, a barrierék hatásainak kevésbé kitéttek.

Új fajok bevonása mellett a kutatást ki tervezzük egészíteni a vízmegtartási koncepcióban ismertetett háttértározók létesítésének hatásaival is, amely további jelentős változásokat eredményezhet a madarak élőhelyeinek rendszerében.

A kutatás kimutatta, hogy a tájban bekövetkező ilyen jelentős változások mint a mélyártéri tározók létesítése, az élővilágra komplex hatással lesznek. Még az olyan madarak esetében is, mint a bíbic és a fattyúszerkő, melyek preferenciáival egybevágnak az új vizes élőhelyek létrehozása, okozhat negatív hatásokat, például a faj eltűnését jelenlegi kisebb pihenőhelyeikről. Ugyanakkor a tározók létesítésének előnyei tagadhatatlanok, különösen a fattyúszerkő esetében, hiszen a faj hálózata csaknem minden adatában az eredeti értékhez képest megkétszereződött. A bíbic hálózatában a számok alapján nem a mennyiségi, inkább a minőségi javulás érhető tetten, továbbá feltételezhető, hogy a víz megtartása a megváltozó felszínborítással nem érintett mezőgazdasági területeken is javítja a madárfaj életfeltételeit.

## Köszönetnyilvánítás

*A kutatás a Kulturális és Innovációs Minisztérium EKÖP-MATE/2024/25/D kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.*

## Irodalom

- Báldi A. (1998): *Az ökológiai hálózatok elmélete: iránymutató a védett területek és ökológiai folyosók tervezéséhez*, Állattani Közlemények 83: 29–40.
- Balogh P. (2001): Az ártéri tájgazdálkodás koncepciója, *Földrajzi Közlemények* 2001/3-4. pp.249–270.
- Balogh P. (2005) *A Közép-Tiszai Táj eredendő működéséről és fenntartható működtetéséről* (elérhető: <https://docplayer.hu/29398026-A-kozep-tiszai-taj-eredendo-mukodeserol-es-fenntarthato-mukodteteserol.html>)
- Bennett, G., Mulongoy, K. J. (2006): *Review of Experience with Ecological Networks, Corridors and Buffer Zones*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Technical Series No. 23
- Bennett, G., Witt, P. (2001): *The Development and Application of Ecological Networks: a Review of Proposals, Plans and Programmes*. Amsterdam: AIDEnvironment
- Bourgeois, M., Sahraoui, Y. (2020). *Modelling in the Context of an Environmental Mobilisation: A Graph-Based Approach for Assessing the Landscape Ecological Impacts of a Highway Project*. *Ökológia* (Bratislava). 39. 88–100. 10.2478/eko-2020-0007.
- Hashemi R., Darabi, H. (2021). *The Review of Ecological Network Indicators in Graph Theory Context: 2014-2019*. <http://dx.doi.org/10.21203/rs.3.rs-182274/v1>
- Heintzman, L., McIntyre, N. (2021). *Assessment of playa wetland network connectivity for amphibians of the south-central Great Plains (USA) using graph-theoretical, least-cost path, and landscape resistance modelling*. *Landscape Ecology*. 36. 1–19. 10.1007/s10980-021-01199-6.
- Jongman, R.H.G. et. al. (2004): *European ecological networks and greenways*, *Landscape and Urban Planning* 68 (2004) 305–319

- Jongman, R. H. G., Veen, P. (2007): *Ecological networks across Europe*, Zeist, the Netherlands, KNNV, 141–168
- Konkolnyé Gyúró É. (2003): *Környezettervezés*, Mezőgazda Kiadó
- Mander, Ü. & Külvik, M. (2003): *Scaling in territorial ecological networks*. *Landschap* 20 (2003) 2. 20.
- Miklós, L. et. al. (2019): *Ecological Networks and Territorial Systems of Ecological Stability*, [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-94018-2\\_2](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-94018-2_2)
- Murányi, G. & Koncsos, L. (2022). *Tározási alkalmasságok az Alföldön, Vízátvezetés, víz-visszatartás, vízpótlás*, Magyar Hidrológiai Társaság XXXIX. Országos Vándorgyűlés
- Murányi, G., Koncsos, L. (2023). *Mélyártéri vízkivételek lehetőségének statisztikai elemzése / Statistical analysis of inundation opportunities in the deep floodplains of the Tisza River*. Magyar Hidrológiai Társaság XL. Országos Vándorgyűlés
- Nováky B., Ligetvári F. és Somlyódy L. (2011): *Területi vízgazdálkodás*. In: *Magyarország vízgazdálkodása: Helyzetkép és stratégiai feladatok*, Somlyódy L. (szerk.), ISBN 978-963-508-608-5, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, pp. 233–254.
- Somlyódy L. 2011: Quo vadis hazai vízgazdálkodás? Stratégiai összefoglalás. In: *Magyarország vízgazdálkodása: Helyzetkép és stratégiai feladatok*, Somlyódy L. (szerk.), ISBN 978-963-508-608-5, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, pp. 9–84
- Watts, K., Eycott, A., Handley, P., Ray, D., Humphrey, J., Quine, C. (2010). Targeting and evaluating biodiversity conservation action within fragmented landscapes: An approach based on generic focal species and least-cost networks. *Landscape Ecology*. 25. 1305–1318. [10.1007/s10980-010-9507-9](https://doi.org/10.1007/s10980-010-9507-9).

## Felhasznált adatbázisok

- NATÉR térképszerver: <https://map.hugeo.hu/nater>
- Birdlife honlapja: <https://datazone.birdlife.org/species/factsheet/>
- MME honlapja: <https://mme.hu/magyarorszagmadarai/>
- SRTM DEM modell: <https://www.earthdata.nasa.gov/data/instruments/srtm>
- Corine Land Cover: <https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover>

# MODELLING SOIL MOISTURE DYNAMICS FOR INFORMED SUSTAINABLE LAND MANAGEMENT AND WATER RETENTION INTERVENTIONS

Neliswa Mthethwa<sup>1,2,\*</sup>, András Makó<sup>3,4</sup>, Magyar Tamás<sup>5,6</sup>,  
Péter Tamás Nagy<sup>5,6,\*\*</sup>, Zsolt Kozma<sup>1,2,\*\*\*</sup>

<sup>1</sup> Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Hungary

<sup>2</sup> National Laboratory for Water Science and Water Security, Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Civil Engineering, Department of Sanitary and Environmental Engineering, Budapest, Hungary

<sup>3</sup> National Laboratory for Water Science and Water Security, Institute for Soil Sciences, Budapest, Hungary

<sup>4</sup> HUN-REN, Centre for Agricultural Research, Institute for Soil Sciences, Budapest, Hungary

<sup>5</sup> Institute for Soil Sciences, Budapest, Hungary, University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, Institute of Water and Environmental Management, Department of Circular Economy and Environmental Technology, Debrecen, Hungary

<sup>6</sup> University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, Institute of Water and Environmental Management, Department of Circular Economy and Environmental Technology, Debrecen, Hungary

\* *mthethwa.neliswa@emk.bme.hu*, \*\* *nagypt@agr.unideb.hu*, \*\*\* *kozma.zsolt@emk.bme*

## 1 Introduction

Soil moisture plays a crucial role in hydrological cycles, affecting groundwater recharge, runoff, and evapotranspiration, which are vital for agriculture and urban water management. Changes in soil moisture regimes impact plant growth, solute transport, and biogeochemical cycling (Bai et al., 2020; Brocca et al., 2017). Sustainable Land Management (SLM) and Natural Water Retention Measures (NWRM) integrate hydrological and ecological principles to enhance soil moisture retention and mitigate water scarcity (Magnier et al., 2024). Numerical simulations using Hydrus-1D provide a valuable tool for understanding and predicting soil moisture behaviour, enabling more efficient water management strategies (Kozma et al., 2024). The Hydrus-1D model stands out for its ability to simulate the movement of water, heat, and solutes in variably saturated porous media such as soils. It has been widely used to study the impact of land use changes on soil water balance components (Bai et al., 2020; Kanzari et al., 2018; Ket et al., 2018; Kozma et al., 2024). The objectives of this study were to (1) simulate soil moisture dynamics across three sites, (2) calibrate the Hydrus-1D model using in situ measurements, and (3) evaluate the model's performance for optimizing land management interventions.

## 2. Methods

### 1.1 Study Area

Debrecen, the second largest city in Hungary, located in the Northern part of the Great Hungarian Plain, has a humid continental climate with significant seasonal

variability. The average annual temperature fluctuation is 22.7°C, and annual precipitation is 546 mm, with peak rainfall between May and July. The area receives 4631 MJ/m<sup>2</sup> of solar radiation annually, with wind speeds averaging 3.02 m/s (Guzani et al., 2024). The landscape consists of alluvial plains with dominant soil textures of sand, sandy loam, loam, clay loam, clay, and peat.

### ***1.2. Data Collection and Processing***

Three reference sites were selected: (1) the University of Debrecen Campus (previously covered by fruit trees), (2) WWTP (influenced by anthropogenic disturbances), and (3) Pallag Orchard (historically forested). Soil moisture sensors (Go Pont TDT) were installed at depths ranging from 22 cm to 165 cm, measuring volumetric water content. Meteorological data, including precipitation, temperature, humidity, wind speed, and solar radiation, were obtained from (i) the Debrecen Airport weather station maintained by Hungarian Meteorological Service and (ii) the weather station in Pallag maintained by University of Debrecen. Data quality control involved consistency checks, spatial verification, and unit conversion for Hydrus-1D inputs.

### ***1.3. Model Setup and calibration***

Hydrus-1D was set up with an atmospheric upper boundary including precipitation and evapotranspiration fluxes and a free drainage lower boundary to simulate natural percolation. Soil hydraulic properties were estimated using the van Genuchten-Mualem model. Calibration was performed using the Batched Hydrologic Run (BHR.exe) framework which optimises selected hydraulic and vegetation parameters based on Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) and Root Mean Square Error (RMSE) values. Model simulations were conducted from May 2023 to November 2024, with a calibration period from September 2023 to November 2024. This is an ongoing study, and additional observed soil moisture data will be received, allowing further validation and refinement of the model.

## **3. Results and Discussion**

The graphical comparison of observed and simulated soil moisture at different depths of each of the three soil profiles is shown in Figure 1, Figure 2 and Figure 3. The Hydrus-1D model has captured the observed variables adequately. However, in some depths, peak flows are underestimated and overestimated. Over-estimated peaks are mostly found in shallow depths. In contrast, underestimated peaks are in the deeper part of the soil profile. Such trends could be attributed to the complex interplay of factors influencing soil moisture variability and the accuracy of soil moisture simulations depends heavily on the quality of soil hydraulic properties inputs. Model calibration demonstrated strong agreement between observed and simulated soil moisture content. At the University of Debrecen site (Figure 1), NSE was 0.70 with an RMSE of 0.02, indicating an accurate simulation of soil water movement. Discrepancies in shallow layers were attributed to preferential flow pathways and macro-pore effects (Bai et al., 2020). At the WWTP site, NSE was 0.72

(RMSE = 0.03), with the model overestimating soil moisture under wet conditions. The Pallag Orchard site showed less than moderate accuracy (NSE = 0.44, RMSE = 0.04), with deviations attributed to the presence of lamella formations altering hydraulic conductivity. Soil moisture dynamics were most sensitive to hydraulic conductivity, leaf area index, and climatic inputs. Preferential flow and hysteresis effects likely contributed to deviations in observed versus simulated values (Bai et al., 2020). Despite these limitations, Hydrus-1D satisfactorily captured soil moisture variations across different soil layers, demonstrating its suitability for evaluating water retention measures in urban and agricultural settings (**Error! Reference source not found.**). Future work includes the simulation of roof rain runoff infiltration as a form of urban NWRM and SLM interventions. Once the models are fully calibrated and validated, these simulations will help assess the effectiveness of green infrastructure in enhancing soil moisture retention and mitigating urban runoff.

Table 1. Model performance of the three soil profiles based on the Nash-Sutcliffe and Root Mean Square error.

Soil Profile	NSE	RMSE
Profile A (University of Debrecen)	0.704	0.021
Profile B (WWTP)	0.722	0.027
Profile C (Pallag Orchard)	<b>0.438</b>	0.035

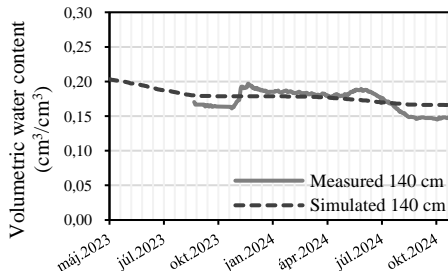
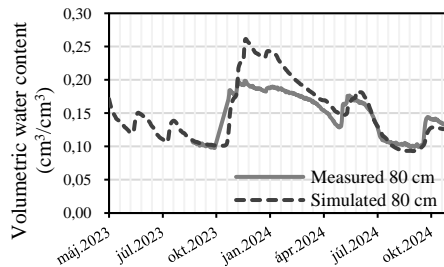
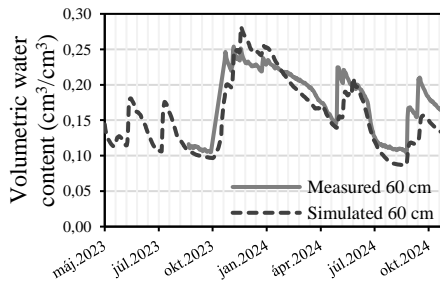
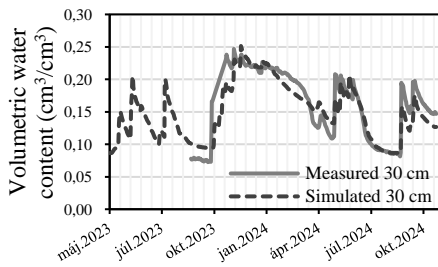


Figure 1. Temporal dynamics of observed and simulated daily soil moisture in different soil layers (30, 60, 80 and 140 cm) from the University of Debrecen soil Profile (A).

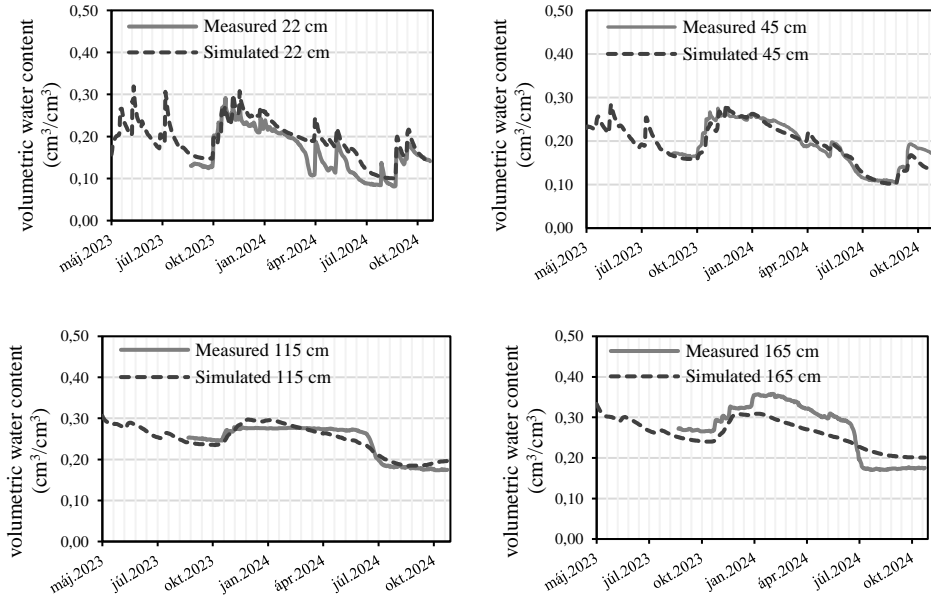


Figure 2. Temporal dynamics of observed and simulated daily soil moisture in different soil layers (22, 45, 115 and 165 cm) from the soil Profile (B) at the Wastewater Treatment Plant.

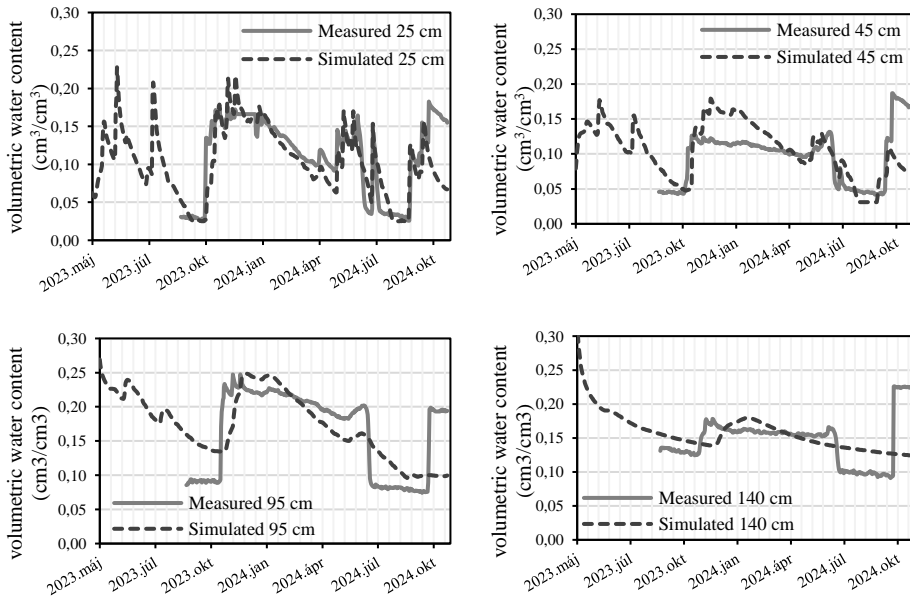


Figure 3. Temporal dynamics of observed and simulated daily soil moisture in different soil layers (25, 45, 95 and 140 cm) of soil Profile (C) located at the Pallag Orchard.

## 4. Conclusion

The Hydrus-1D model adequately simulated soil moisture dynamics in different soil profiles across varying land use types, with model performance metrics supporting its reliability in two out of three profiles. Findings highlight the complex interplay of factors influencing soil moisture variability and the impact of land use history, and soil texture on moisture retention. This study contributes to optimising natural water retention measures and informs sustainable land management interventions, supporting climate resilience and resource-efficient agricultural practices.

## 5. Acknowledgement

The research presented in the article was carried out within the framework of the Széchenyi Plan Plus program with the support of the RRF 2.3.1 21 2022 00008 project.

## 6. References

- Bai, X., Jia, X., Jia, Y., Shao, M., Hu, W., 2020. *Modelling long-term soil water dynamics in response to land-use change in a semi-arid area*. *J Hydrol (Amst)* 585, 124824. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124824>
- Brocca, L., Ciabatta, L., Massari, C., Camici, S., Tarpanelli, A., 2017. *Soil Moisture for Hydrological Applications: Open Questions and New Opportunities*. *Water (Basel)* 9, 140. <https://doi.org/10.3390/w9020140>
- Guizani, D., Buday-Bódi, E., Tamás, J., Nagy, A., 2024. Enhancing water balance assessment in urban areas through high-resolution land cover mapping: A case study of Debrecen, Hungary. *Environmental Challenges* 15, 100906. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2024.100906>
- Kanzari, S., Ben Nouna, B., Ben Mariem, S., Rezig, M., 2018. Hydrus-1D model calibration and validation in various field conditions for simulating water flow and salt transport in a semi-arid region of Tunisia. *Sustainable Environment Research* 28, 350–356. <https://doi.org/10.1016/j.serj.2018.10.001>
- Ket, P., Oeurng, C., Degré, A., 2018. Estimating Soil Water Retention Curve by Inverse Modelling from Combination of In Situ Dynamic Soil Water Content and Soil Potential Data. *Soil Syst* 2, 55. <https://doi.org/10.3390/soilsystems2040055>
- Kozma, Z., Decsi, B., Ács, T., Jolánkai, Z., Manninger, M., Móricz, N., Illés, G., Barna, G., Makó, A., Szabó, B., 2024. Functional evaluation of different soil hydraulic parametrizations in hydrological simulations reveals different model efficiencies for soil moisture and water budget. *Journal of Hydrology and Hydromechanics* 72, 312–335. <https://doi.org/10.2478/johh-2024-0013>
- Magnier, J., Fribourg-Blanc, B., Lemann, T., Witing, F., Critchley, W., Volk, M., 2024. Natural/Small Water Retention Measures: Their Contribution to Ecosystem-Based Concepts. *Sustainability* 16, 1308. <https://doi.org/10.3390/su16031308>



# VÍZTESTEK UTÁNPÓTLÓDÁSI VISZONYAINAK VIZSGÁLATA KÖRNYEZETI IZOTÓPOKKAL AZ INDIAI VARANASI TÉRSÉGÉBEN

Palcsu László<sup>1,\*</sup>, Kállai Mariann<sup>1,\*\*</sup>, Illés Lajos<sup>1,\*\*\*</sup>, Molnár Mihály<sup>1</sup>,  
Horváth Anikó<sup>1</sup>, Temovski Marjan<sup>1</sup>, Abhinav Patel<sup>2</sup>, Shive Prakash Rai<sup>2</sup>

<sup>1</sup> HUN-REN Atommagkutató Intézet, Debrecen, Bem tér 18/c

<sup>2</sup> Banaras Hindu University, Varanasi, Uttar Pradesh, India

\* *palcsu.laszlo@atomki.hu*, \*\* *kallai.mariann@atomki.hu*, \*\*\* *illes.lajos@atomki.hu*

## Bevezetés

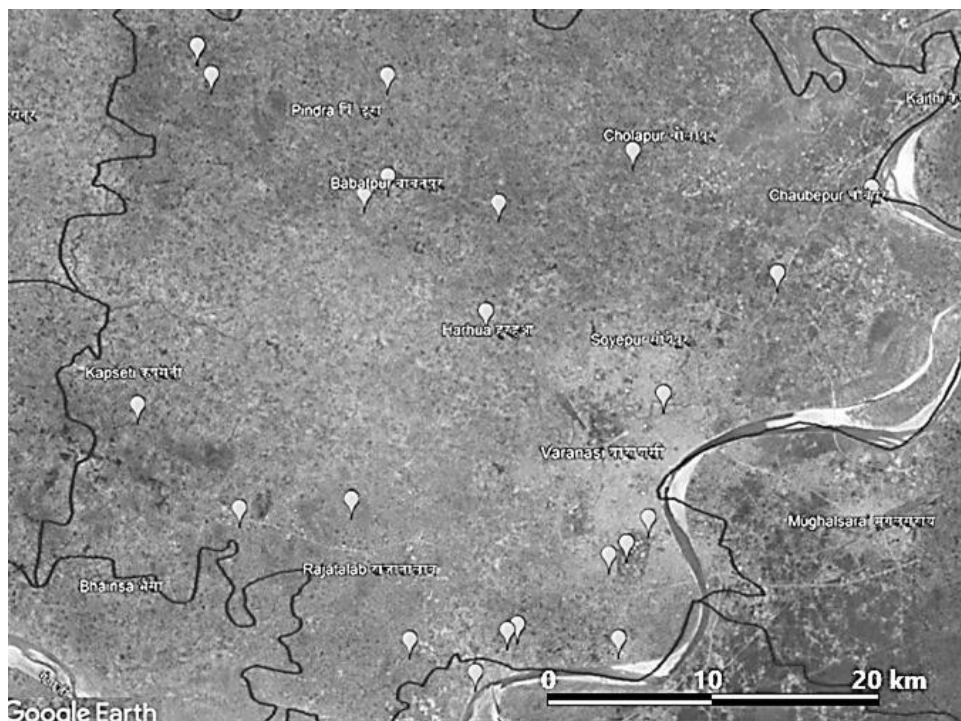
A világon India használja a felszín alatti vízkészleteket a legnagyobb mértékben, megelőzve Kínát, Pakisztánt és az USA-t is. Jelenleg a fő problémát a felszín alatti vízforrások kimerülése jelenti India észak-nyugati területein, ami a nem fenntartható vízkivételezés következménye. Ahogy a talajvíz szintje lecsökken, az emberek mélyebb víztározó rétegekbe fúrnak, hogy kielégítsék vízigényüket, így a mélyebb rétegekből kinyert víz válik a Gangesz vízgyűjtőjének legfontosabb (édes) vízforrásává. Varanasi szűkebb környezetének sekély vízadói beszivárgási viszonyainak kutatása volt a célunk, mely során izotóphidrológiai módszereket használtunk. A felső agyagos talajréteg (~10-20 m) alatt lévő sekély és egy néhány méteres agyagos záróréteg alatti mélyebb víztestet vizsgáltunk. A fúrt kutak vizét ivóvízként, valamint a monszun előtt és után öntözésre használják. A fő cél az volt, hogy kiderítsük, milyenek a víz beszivárgási körülményei, azaz mi táplálja felszín alatti víztesteket: a Gangesz, a mellékfolyók vagy a csapadék közvetlenül? A Gangesz víz-állása vajon mennyire befolyásolja a betáplálást, a Gangesz vize vajon közvetlenül táplálja-e a sekély vagy a mélyebb víztartót.

Egy magyar-indiai kétoldalú közös kutatás során 24 mintavételi helyről vízmin-tákat vetünk kormeghatározás és egyéb izotópos vizsgálatok céljából 2023 novemberében (1. táblázat). A mintázott kutak között volt ásott kút, vízműkút, és fúrt kút is. A mintavételi pontok elhelyezkedését az 1. ábra mutatja. A tanulmány az izotóphidrológiai eredményeket és az azokból levonható következtetéseket mutatja be.

*1. táblázat. A mintázott kutak adatai és a vizek terepen mért paraméterei.*

	Lat	Long	Kút- mélység (m)	pH	EC ( $\mu$ S/cm)	T (°C)	Megjegyzések
<b>TW-1</b>	25,264	82,987	137	7,02	750	25,7	EWSS, Banaras Hindu University (BHU)
<b>TW-2</b>	25,276	82,999	137	6,86	910	26,7	MCH, BHU
<b>SP-1</b>	25,258	82,977	91	7,85	490		Friends House, Bobby, Susuwahi
<b>TW-14</b>	25,285	82,836	152	7,78	620	27,0	Mehendiganj
<b>TW-15</b>	25,216	82,868	137	6,70	750	27,0	Bahranpur
<b>TW-8</b>	25,439	83,121	198	7,45	950	27,7	Tankeshwar Mahadev Mandir, Jal Nigam Tanki, Muridpur
<b>TW-9</b>	25,216	82,983	152	7,10	500	28,0	Tikri, Sudhanshu

	Lat	Long	Kút- mélység (m)	pH	EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	Megjegyzések
DW-1	25,221	82,922	15	7,32	780	27,8	Betawar
TW-10	25,223	82,927	137	7,23	730	29,2	Betawar
TW-11	25,200	82,904	168	8,14	530	28,0	Just 50 m away from R Ganga (mirzapur)
TW-12	25,281	82,775	91	7,88	930	27,0	Gaugau, Mirzapur
TW-13	25,332	82,719	110	8,04	810	27,5	Purenanda, Sewapuri
SP-10	25,397	83,070	91	7,05	640	26,8	Umraha, Chiraigon, New Hospital in Making
TW-3	25,733	82,649	107	7,00	810	27,0	Jaunpur
SP-4	25,437	82,843	61	7,00	890	27,0	Siswa
TW-5	25,431	82,917	137	7,00	640	27,0	Pauri Kala
TW-6	25,494	82,856	107	7,05	1000	27,7	Ratwar Bedpur, Kanakpur
SP-7	25,509	82,752	85	7,13	640	27,0	Nakti Bhawani Temple
TW-7	25,495	82,759	168	7,07	650	27,0	2 km south of Nakti Bhawani Temple
SP-8	25,444	82,856	49	7,10	780	28,0	Airpot Motor garage
SP-11	25,337	83,007	76	8,21	800	26,4	Dhoripura, Chakaghat
SP-12	25,378	82,910	67	7,95	830	27,8	Koirazpur, Harhua
TW-4	25,436	82,843	183	7,15	730	28,0	Siswa
SP-9	25,457	82,991	110	7,18	610	28,3	Jamuni



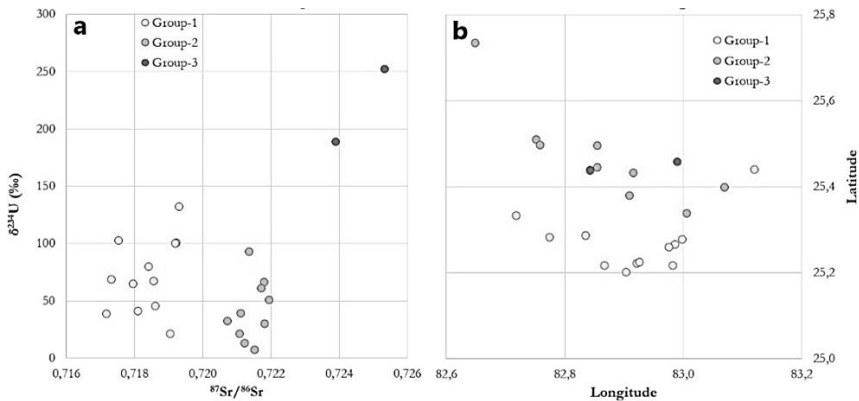
1. ábra. A vizsgált kutak elhelyezkedése Varanasi környékén. A kép jobb alsó felében a Gangesz vonala látható. A folyás iránya észak-kelet felé mutat.

## Módszerek

A 2023 novemberében mintázott vizek többféle izotóp-összetételét vizsgáltuk. A víztestek hasonlóságának vagy elkülönülésének vizsgálata céljából a vízben oldott stroncium  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  arányát, valamint az urán  $\delta^{234}\text{U}$ -ben kifejezett  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  arányát határoztuk meg. A delta-érték ebben az esetben így írható fel:  $\delta^{234}\text{U} = (R_m/R_{\text{seq}} - 1) \cdot 1000\text{‰}$ , ahol  $R_m$  és  $R_{\text{seq}}$  a  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  aránya a mintában, valamint bomlási egyensúly esetén. Értelmszerűen, bomlási egyensúly esetén  $\delta^{234}\text{U} = 0\text{‰}$ . Mindkét elem izotóparányát kémiai előkészítést követően multikollektoros ICP-MS-sel mértük. A stroncium izotóparány-mérés pontossága 0,000016 ( $1\sigma$ ), az uráné 3,5‰ (Horváth, 2024; Kiss, 2024). A vízminták hidrogén és oxigén stabilizotóp-arányát off-axis integrated cavity output spectroscopy technikával mértük. A  $\delta^2\text{H}$  és  $\delta^{18}\text{O}$ -ban kifejezett izotóp-arányok definíciója hasonló a fentebb említett képlethez, csak a referenciaanyag a VMSOW (Vienna Standard Mean Ocean Water). A mérés pontossága hidrogénre 0,5‰, míg oxigénre 0,15‰. A vízben oldott hidrogén-karbonát szén stabilizotóp-összetételét GasBench-II berendezéssel történt foszforsavas feltárást követően Delta-V Plus stabilizotóp-aránymérő tömegspektrométerrel mértük. Az izotóp-összetételt  $\delta^{13}\text{C}$  értékkel fejezzük ki, ahol a referenciaanyag a Vienna Pee Dee Belemnites. A mérés pontossága 0,08‰ (Temovski és munkatársai, 2022). A vízben oldott szerves szén radiokarbon-tartalmát MICADAS gyorsító tömegspektrométerrel határoztuk meg (Molnár és munkatársai, 2013), melynek pontossága 0,3–0,5 pMC (percent Modern Carbon). A vizek tríciumkoncentrációját a  $^3\text{He}$ -ingrowth módszerrel határoztuk meg, melynek kimutatási határa jobb, mint 0,02 TU, és relatív pontossága 1 TU felett 2% (Palcsu és munkatársai, 2010). A beszivárgási hőmérsékletek meghatározásához, valamint a  $^3\text{H}/^3\text{He}$  korok kiszámításához szükséges az összes levegőeredetű nemesgáz koncentrációját, illetve a  $^3\text{He}/^4\text{He}$  izotóparányt mérni (Palcsu és munkatársai, 2021). A hélium koncentrációját és izotóparányát Helix SFT nemesgáz-tömegspektrométerrel mértük. A többi nemesgáz mennyiségét izotóp-hígítással mértük VG5400 nemesgáz-tömegspektrométerrel. A nemesgázmérések relatív pontossága jobb, mint 1,5% (Puskás-Preszner és munkatársai, 2022).

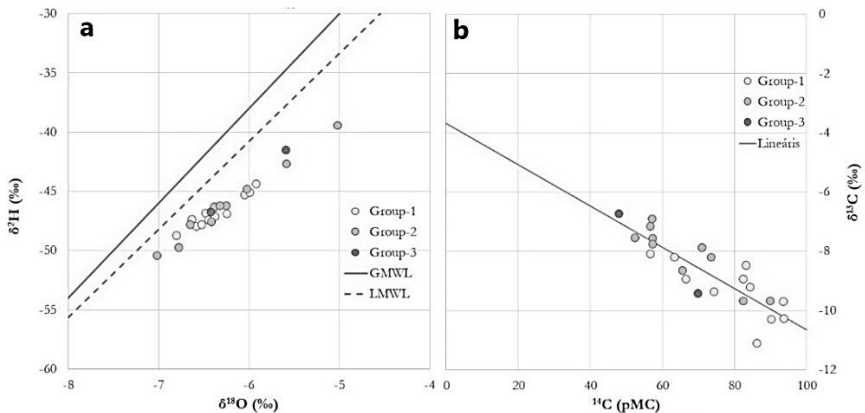
## Eredmények és értelmezés

A vízminták  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  izotóparánya viszonylag széles skálán, 0,7172 és 0,7253 között mozog, ami térben inhomogén befogadó geológiai környezetre utal. Noha a felszín alatti vizek  $\delta^{234}\text{U}$ -ben kifejezett urán izotóparánya több ezres értéket is fel szokott venni, a Varanasi környéki sekély kutakban ez csak 6 és 252 ‰ között változik. A stroncium és az urán izotóparányának közös használata segít abban, hogy a lazább hidrológia kapcsolatban lévő víztesteket elkülönítsük egymástól. Ha a 2.a ábrára tekintünk, akkor három csoportot különíthetünk el. Ez a három csoport földrajzilag is elkülönül (2.b ábra): ahogy haladunk északra, nő a stroncium izotóparánya, miközben a legmagasabb  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  arányú vizek urán izotóparánya is a legmagasabb (Group-3).



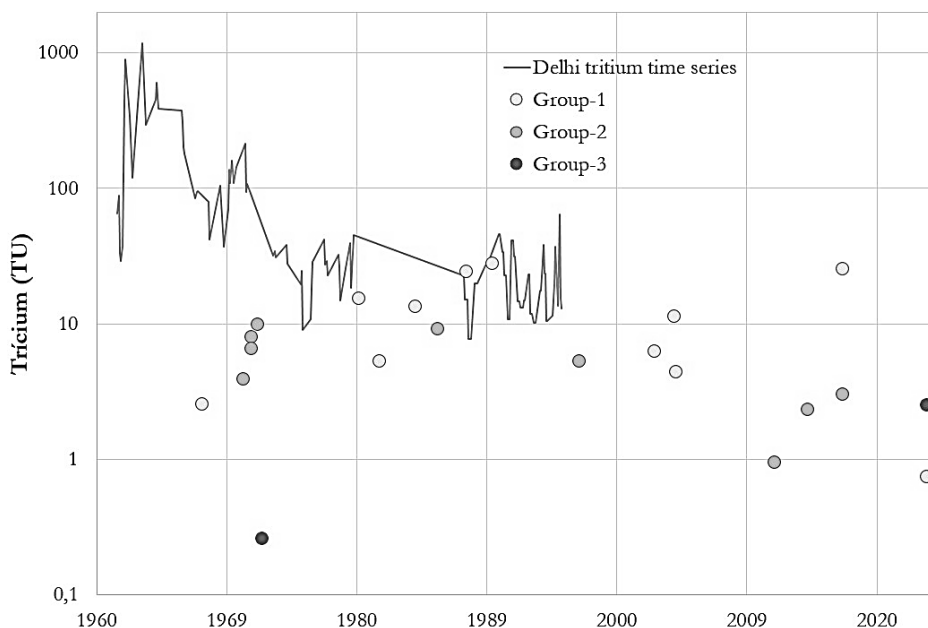
2. ábra. A vízminták csoportosulása a stroncium és az urán izotóparányok alapján (a). A három csoport földrajzi elhelyezkedése (b).

Az egyik fő kérdés, hogy honnan ered a felszín alatti víz, mi a beszivárgási terület. Kézenfekvő lenne az feltevés, hogy a monszun idején több tíz méterrel megemelkedő Gangesz táplálja a felszín alatti víztesteket. Ebben az esetben a felszín alatti víznek tükröznie kellene a Gangesz hidrogén és oxigén stabilizotóp-összetételét. A Gangesz vízének delta-értéke áradáskor negatívabb értéket vesz egyrészt a monszun idején hulló, nehezebb izotópban szegényebb csapadék miatt, másrészt a Himalájában hullott, szintén nehéz izotópban szegény olvadó hó következtében. A Gangesz vízének  $\delta^2\text{H}$  és  $\delta^{18}\text{O}$  értéke  $-9,7\text{‰}$  és  $-4,3\text{‰}$  között változik (Rai és munkatársai, 2021). A magas delta-értékekért a mellékfolyók bepárlódás miatt magasabb értékei felelősek. A mintázott vizek ezzel szemben  $-7$  és  $-5\text{‰}$  között változnak, ráadásul a helyi vízvonalt (LMWL) alatt helyezkednek el (3.a. ábra) (Patel és munkatársai, 2024) egy párolgási vonalon, ami arra utal, hogy beszivárgás előtt bepárlódtak. A Gangesz, noha felszíni víz, kevésbé mutat ilyen jelenséget, a bepárlódási effektus arra utal, hogy felszíni pangó víz táplálja a felszín alatti vizeket, valószínűleg a Varanasitól nyugatra található mellékfolyók és csatornák.



3. ábra. A mintázott vizek hidrogén és oxigén izotóp-összetétele (a). A folytonos és szaggatott vonalak a globális és a helyi vízvonalt jelölik. A vízben oldott szervesen szén stabil és radioaktív izotóp-összetétele (b).

Fontos kérdés, hogy mikor került a víz a felszín alá, ezért különféle kormeghatározási módszereket is alkalmaztunk. Fiatal vizek (<70 év) esetén a tríciumt célszerű használni, idősebb vizek (>500 év) kimutatására pedig a  $^{14}\text{C}$ -et. Keveredés esetén mindkét együttes használata a célszerű. A 3.b. ábra mutatja a vizek szervesetlen szénének radiokarbon-tartalmának függvényében a szén  $\delta^{13}\text{C}$ -ben kifejezett stabilizotóp-arányát. Látható, hogy lineáris az összefüggés, a  $^{14}\text{C}$ -tartalom 48 és 94 pMC között, a  $\delta^{13}\text{C}$  pedig  $-11$  és  $-7$  ‰ között változik. A radiokarbon csökkenése két okra vezethető vissza: 1. radioaktív bomlás, ami az idővel exponenciálisan csökkenő radiokarbon-tartalmat jelent; 2. inaktív, 0 ‰ delta-értékű karbonát beoldódása a befogadó közezből. Mivel a  $^{14}\text{C}$ -  $\delta^{13}\text{C}$  összefüggésre illesztett egyenes az  $\delta^{13}\text{C}$ -tengelyét  $-3,68$  ‰-nél metszi, ezért biztosan állíthatjuk, hogy a radiokarbon-tartalom csökkenésért a radioaktív bomlás is felelős, tehát alacsonyabb radiokarbon idősebb vizet jelent. A radiokarbon-tartalom átváltása vízkorrá azonban legtöbbször bonyolult feladat, mert meg kell becsülni, hogy mennyi a vízbe oldódott inaktív karbonát. Nulladik közelítésként ha a Pearson-módszert használjuk (Clark és Fritz, 2013), akkor a vizek látszólagos kora 0 és 2000 év között mozog.



4. ábra. A mintázott vizek kezdeti tríciumtartalma a beszivárgás évében kifejezett  $^3\text{H}/^3\text{He}$  látszólagos vízkorok függvényében. A folytonos vonal a Delhiben gyűjtött csapadék trícium idősorát jelöli.

Az oldott nemesgázokból számolt beszivárgási hőmérséklet ( $25,0 \pm 2,3$  °C) megegyezik a terület átlagos hőmérsékletével ( $25,6 \pm 0,2$  °C), tehát a mai klímán szivárgott be. Ez utóbbit megerősítik a  $^3\text{H}/^3\text{He}$  korok, amelyek átlagos értéke 31 év (4. ábra). A diagram a mért tríciumkoncentráció és a tríciumból származó  $^3\text{He}$  összegét (ez így a kezdeti tríciumkoncentráció) ábrázolja a beszivárgás évében kifejezett

$^3\text{H}/^3\text{He}$  korok függvényében. Ha a rendszer zárt és nincs keveredés, akkor a számolt értékeknek rajta kell lenniük a helyi trícium idősoron. Látszik, hogy a Varanasi-hoz 600 km-re lévő Delhiben mért trícium idősorhoz képest alacsonyabb tríciumkoncentrációkat tapasztalhatunk főleg a 60-as 70-es évek esetén. Ezen kis tríciumkoncentrációk, valamint a különböző korjelző izotópok mennyisége mindenképpen különböző elérési idejű vizek keveredésére mutat rá. Ez eredhet egyrészt a vízáadó hidrodinamikai tulajdonságaiból, a kutak kiképzéséből, vagy túltermelés következtében.

## Köszönetnyilvánítás

A kutatást támogatta a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal magyar-indiai kétoldalú tudományos és technológiai (TÉT) együttműködés keretén belül a 2021-1.2.4-TÉT-2021-00061 azonosítószámú projektben.

## Irodalom

- Ian D. Clark, Peter Fritz. *Environmental Isotopes in Hydrology*. Taylor and Francis 2013.
- Horváth Anikó. Stroncium és ólom izotóparányok alkalmazása élelmiszeripari termékek és régészeti leletek azonosításában. 2024, PhD értekezés, Debreceni Egyetem.
- Kiss Gabriella. *Oxigén, urán és tórium izotóparányok paleoklimatológiai és hidrológiai kutatásokban*. 2024, PhD értekezés, Debreceni Egyetem.
- Mihály Molnár, Irka Hajdas, Róbert Janovics, László Rinyu, Hans-Arno Synal, Mihály Veres, Lukas Wacker. *C-14 analysis of groundwater down to the millilitre level. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms* (2013) 294, 573–576, <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2012.03.038>.
- Abhinav Patel, Shive Prakash Rai, Nijesh Puthiyottil, Abhinesh Kumar Singh, Jacob Noble, Rajesh Singh, Dharmappa Hagare, U.D. Saravana Kumar, Nachiketa Rai, Kossitse Venyo Akpataku. *Refining aquifer heterogeneity and understanding groundwater recharge sources in an intensively exploited agrarian dominated region of the Ganga Plain*. *Geoscience Frontiers* (2024), 101808.
- Puskás-Preszner, A., Szenász-Fekete, C., László, E. et al. *Comparison of Noble Gas Temperature with Recent Mean Annual Air and Soil Temperature in different regions of Hungary*. *Environmental Processes*. (2022) 9, 4. <https://doi.org/10.1007/s40710-021-00557-5>
- Shive Prakash Rai, Jacob Noble, Dharmaveer Singh, Yadhvir Singh Rawat, Bhishm Kumar. *Spatiotemporal variability in stable isotopes of the Ganga River and factors affecting their distributions*. *Catena* (2021), 204, 05360, <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105360>.
- Temovski, M., Rinyu, L., Futó, I. et al. *Combined use of conventional and clumped carbonate stable isotopes to identify hydrothermal isotopic alteration in cave walls*. *Scientific Reports* (2022) 12, 9202. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-12929-4>.

# A COMPARATIVE REVIEW OF A TRADITIONAL AND AN INNOVATIVE SOIL IMPROVEMENT METHODS: CEMENTATION AND BIOLOGICAL METHOD

Sirine Trabelsi<sup>1,\*</sup>, Andrea Tóth<sup>2,\*\*</sup>, Tamás Kántor<sup>3,\*\*\*</sup>

<sup>1</sup> PhD student, National Laboratory for Water Science and Water Security, University of Miskolc, Faculty of Earth and Environmental Sciences and Engineering, P.O. Box 3515 Miskolc, Egyetem út 1. Hungary

<sup>2</sup> Associate professor, National Laboratory for Water Science and Water Security, University of Miskolc, Faculty of Earth and Environmental Sciences and Engineering

<sup>3</sup> Associate professor, National Laboratory for Water Science and Water Security, University of Miskolc, Faculty of Earth and Environmental Sciences and Engineering

\* *trabelsi.sirine@student.uni-miskolc.hu*, \*\* *andrea.toth@uni-miskolc.hu*,

\*\*\* *tamas.kantor@uni-miskolc.hu*

## Introduction

Increasing demand for usable land for developments necessitates exploring techniques for ground and soil treatment. In construction and civil engineering, stabilizing soil can improve its load-bearing capacity, reduce settlement, and prevent erosion. (Elias et al., 2006) This is vital for constructing buildings, roads, and other infrastructure on a stable foundation. In agriculture, soil improvement methods such as adding organic matter or using cover crops can enhance soil fertility, water retention, and nutrient availability, thus increasing crop yields. It is essential to understand the significance of soil stabilization and improvement. From an environmental perspective, soil stabilization can help to prevent soil erosion, control sediment runoff into water bodies, and mitigate the impact of natural disasters such as landslides. Therefore, the use of soil stabilization and improvement methods is essential for sustainable development, food security, and environmental protection. There are various techniques and materials employed for soil stabilization and improvement. Each of these methods has its own advantages and limitations, and the suitability of a particular method depends on factors such as the soil type, intended use, and environmental considerations. Thus, Soil stabilization is a geotechnical process including mechanical, chemical, or other alternative treatment methods intended to sustain stability, enhance engineering properties, limit water absorption capacity and improve compressibility of the treated soil. (Harris, 2005, Namikawa and Koseki, 2013)

## Traditional methods

One of the most often used methods for treating soil is chemical stabilization. By increasing the grain size of soil material particles, lowering the plasticity index, increasing the possibility for swelling and shrinking, and cementation, chemical stabilization of soils aims to improve soil stability. To stabilize the soil, a certain amount of chemical component is added to the soil. (Augustin et al., 2021) Unbound

materials can be stabilized using cementitious materials (cement, lime, fly ash, bitumen, or a combination of these) through soil stabilization. Compared to the original soil, the stabilized soil materials are stronger, less permeable, and less compressible. (Keller Inc., 2011)

### *Cementation*

The cementation technique has been practiced almost for 100 years. The cement known as Portland cement is a hydraulic binder, adding it water causes it to harden and undergo a chemical reaction. According to reference (Croft, 1967), one of the standard methods for chemical stabilization was mixing soil material and cement to create soil cement.

Compacted to the desired density, soil cement is a mixture of water, soil, and approximate amounts of Portland cement. The cement reacts with water and undergoes a chemical process called hydration, resulting in the formation of a strong and durable material. In this way, the quality of soil can be improved and modified by using Portland cement, which also turns the soil into a cemented mass with increased. As per the study in Reference (Uchikawa and Uchida, 1980), the  $\gamma_{dmax}$  of sand and highly flexible clay is somewhat increased and the  $\gamma_{dmax}$  of silt is decreased when cement treatment is applied. (Kézdi, 1979) This process reduces the permeability and compression of the soil mass, increases its shear strength, and reduces settlement of structures.

One specific application of cementation is Cement Modified Soil (CMS), which focuses on using small amounts of cement to modify existing subgrade soils. (Gross et al., 2020) Unlike full-depth stabilization, CMS does not entirely transform the soil but strategically enhances its properties, such as reducing plasticity, improving moisture resistance, and increasing bearing capacity.

Mechanisms of stabilization that utilize cement can be summarized as follows:

- Cation exchange

Clay makes up most plastic soils, which have a high plasticity index (PI). The main components of clay are silicates of aluminium. Exchangeable positively charged ions, or cations, that are bound together by electrostatic attraction, balance the net negative charges that the clay particles' surfaces bear (**1a Figure**). Certain cations can only create monovalent bonds, which are single bonds. The amount of expansive clay (like montmorillonite) in a soil or aggregate determines its fluidity. The combination of silica and lumina layers in the clay mineral results in the formation of a bonded crystal structure. Cations and water molecules (H<sub>2</sub>O) are attracted to the negatively charged surfaces of this crystal structure because of its negative charge, which is an attempt to make up for the charge deficit. (Gross et al., 2020)

Cation exchange reactions refer to the process in which positively charged ions (cations) are exchanged between soil colloids and the soil solution. Soil colloids, which are negatively charged particles found in the soil, attract and hold cations on their surfaces through electrostatic forces. These cations can include ions such as Al<sup>3+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, H<sup>+</sup>, and Na<sup>+</sup>.

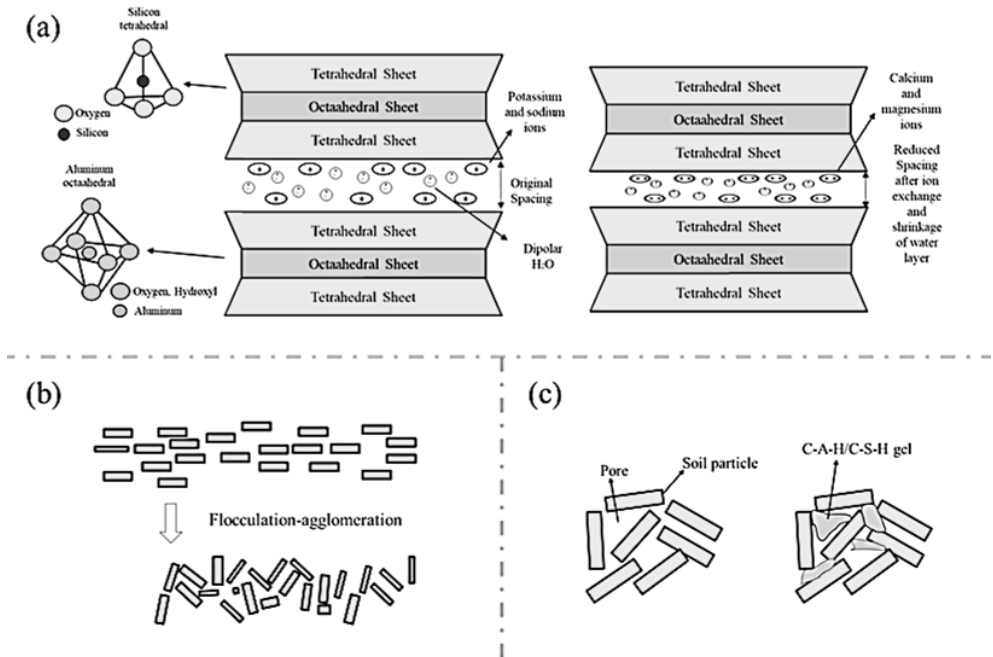


The exchange of cations occurs when a cation from the soil solution replaces a cation that is already adsorbed on the colloid surface. This exchange is reversible and takes place on a charge-for-charge basis. For example, if a hydrogen ion (H+) displaces a sodium ion (Na+) from its adsorbed state on a colloid surface, the reaction can be represented as  $H^+ + Na^+ \leftrightarrow Na^+ + H^+$ . (Brady et al., 2007)

• Pozzolanzation

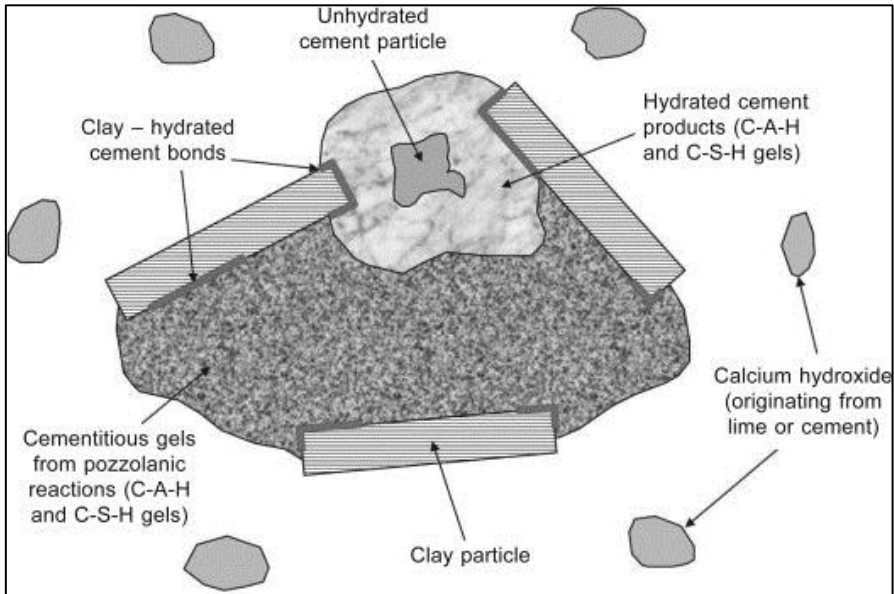
The concept of pozzolanization is crucial in geoenvironmental engineering, geotechnical work, and earthwork as a whole, yet it is not well understood by experts and researchers. Pozzolanization is at the heart of soil stabilization for clayey expansive soils and lateritic soils. Pozzolanas are construction materials with binding characteristics that hold particles together to form a workable mass.

According to standards (BS 8615-1:2019 European standard), pozzolanas are materials containing alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), silica (SiO<sub>2</sub>), and ferrite (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), with the sum of their composition by weight equal to or greater than 70%. Cement, fly ash, ground granulated blast-furnace slag, bitumen, quicklime, hydrated lime, and calcite are conventional binders used in civil engineering and earthworks due to their cementitious properties (**1c Figure**). Ash derived from the combustion of biomass or solid waste materials also possesses similar properties and has been applied to improve soil properties and concrete/asphalt properties (C618 ASTM).



4. Figure. Stabilization mechanism: (a) cation exchange; (b) flocculation-agglomeration; (c) pozzolanic reaction. (Wei et al., 2023)

Clayey soils have the capacity to swell immediately upon contact with moisture. During moisture percolation, the clay minerals become charged with negative ions on the surface and positive ions on the edge. The adsorbed moisture also dissociates into hydrogen ( $H^+$ ) and hydroxyl ( $OH^-$ ) ions, a process called hydration of the clayey soil, where the soil is impregnated with moisture to its optimum content (**2. Figure**). Due to the problematic properties of clayey soil resulting from its erratic behaviour, it is technically important to treat such soils with modifiers or binders that trigger processes leading to agglomeration of the dispersed particles. (Bui Van and Onvelowe, 2018)



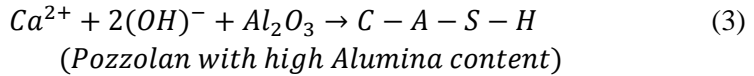
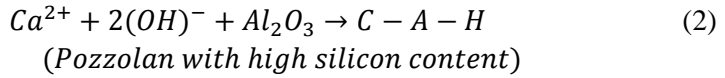
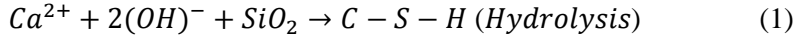
5. Figure. Cementitious bonding products formed during hydration and long-term pozzolanic reactions (Becerra-Duitama et al., 2015)

Conventionally, cement containing calcium oxide ( $CaO$ ) is used during soil stabilization. However, due to the carbon footprint of cement, the utilization of environmentally friendly materials like ash has been on the rise. Ash is an amorphous material known for its high composition of aluminosilicates ( $Al-Si-Fe$ ), which satisfies design standard conditions. These aluminosilicates release ionized metals such as  $Al^{3+}$ ,  $Si^{2+}$ , and  $Fe^{3+}$ , which have been shown to trigger pozzolanic reactions. (Bui Van and Onvelowe, 2018)

When clayey soil particles disperse due to moisture impregnation, they form double diffused layers, which keep them separated to overcome van der Waals intergranular particles. During organic or inorganic additive stabilization, hydration reaction, calcination, and carbonation reactions occur. A replacement reaction between these processes occurs between hydrogen ions and calcium, aluminium, and silicon ions. Since these other metallic ions are higher in the electrochemical series than hydrogen, they tend to displace it within the adsorbed moisture to form flocs.

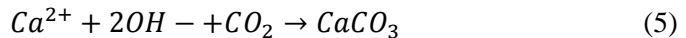
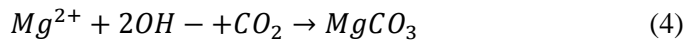
Furthermore, the sodium ion attached to the octahedral and tetrahedral structures of the clay is replaced under the same principle, removing its swelling components from the clayey soil. This entire process is called the pozzolanic reaction. (Onyelowe et al., 2020)

These reactions can be expressed using Equations:



- Carbonation

The carbonation process is essential for achieving the desired strength of stabilized soil. Increased concentrations of Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, and OH<sup>-</sup> ions in soil pore water are the outcome of the volcanic ash reaction. (Boardman et al., 2001) The zeolite reaction involves the penetration of soil pores by CO<sub>2</sub> from the air, which then combines with Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, and OH<sup>-</sup> ions to generate carbonaceous compounds, such as CaCO<sub>3</sub> and MgCO<sub>3</sub>. (Zhou et al., 2019). By filling and binding the soil's intergranular pores, these solid particles cause a process called carbonation, which is represented by Equations (4) and (5) (Wei et al., 2023). For stabilized soil to reach the appropriate strength, the carbonation process must be prolonged.



## **Cementation methods benefits**

The cementation process is the method of choice for stabilizing soil since it offers numerous advantages in geotechnical and construction applications. The notable increase in soil stability and strength is one of the main benefits. Cement-treated soils have higher shear strength and cohesiveness due to the binding of soil particles, which enables them to withstand larger loads without buckling or failing. (Little et al., 2015) For infrastructure like roads, pavements, and foundations—where untreated soils would normally be insufficient—this increased load-bearing capability is essential. (Consoli et al., 2011)

Furthermore, expansive soils, which can experience large volume changes in response to variations in moisture, have a decreased shrink-swell potential when cemented. This decreases the possibility of soil movement causing structural damage, improving the overall stability of constructed structures. (PCA, 2003) Additionally, soils treated with cement show improved resilience and durability against environmental elements such as moisture damage and freeze-thaw cycles. Research has demonstrated that soils modified with cement can stay stable even after being

exposed to severe weather for extended periods of time, with only minor alterations to their characteristics over time (Halsted et al., 2008) Because they stabilize existing soils, cementation techniques also have an economic benefit because they cut down on the expenses of excavating and transporting inappropriate materials. It has been demonstrated that using this strategy will save time and money while increasing project efficiency. (Little and Nair, 2009)

## **Cementation methods Limitations**

Although cementation techniques for stabilizing soil have many benefits, they also have certain drawbacks. The sensitivity to moisture content is one of the main causes for concern, as too much or too little moisture during mixing might weaken the soil and prevent cement from bonding. (Little and Nair, 2009) Furthermore, while cement-treated soils may save money in the long run, the initial costs of cement and mixing equipment may be more than those of alternative stabilization techniques, which could be a financial barrier for projects with limited funding. (Consoli et al., 2011)

Moreover, organic soils or those with a high organic content tend to be less conducive to cement hydration, making cementation less successful there. (PCA, 2003) Another drawback is the possibility of cracking, especially in areas with large temperature swings. (Halsted et al., 2008)

Long-term environmental harm from geotechnical engineering operations could include, but not be limited to, acidification, ozone depletion, global warming, and the usage of water and land. Furthermore, the production of cement is a major cause of climate change, accounting for 1.5% of all carbon dioxide created by humans. (Spaulding, 2008) Finally, although soils treated with cement generally show better durability, environmental factors and mechanical stress may have an impact on their long-term performance, therefore continuous monitoring is necessary to make sure the qualities persist over time.

## **Innovative methods**

Traditional methods of soil stabilization, particularly cementation, have long been the standard approach for enhancing the properties of soils. Nonetheless, there is a growing interest in investigating cutting-edge soil stabilizing strategies that reduce ecological impact while retaining performance, as environmental concerns and sustainability become more and more significant in construction processes. Soil stabilization by biological processes is one such potential method. The principles, advantages, and uses of biological soil stabilization techniques will be discussed in this section. The biochemical reactions of bio-based substances used in soil stabilization include the following:

- Microorganisms
- Bio-Enzymes
- Bio-Polymers (Mayhar and Shalchian, 2023)

## Biological stabilization of soil with micro

Biological soil stabilization methods, including microbial-induced calcium carbonate precipitation (MICP), bioencapsulation, biocrusting, bioclogging, and bioremediation, present innovative and sustainable alternatives to traditional soil stabilization techniques.

### *Biocementation for biological soil stabilization*

Microbial biocementation, also known as microbial-induced calcium carbonate precipitation (MICCP), is a process in which microorganisms, particularly certain types of bacteria, are used to precipitate calcite within soils through biological action. (Mujah, et al., 2017) This process elevates the pH, creating supersaturated conditions, and results in the formation of calcium carbonate, which helps in strengthening the soil. One example of a bacterium involved in this process is *Bacillus pasteurii*, which is an alkalophilic soil bacterium with a highly active urease enzyme. This enzyme consumes urea and decomposes it into carbon dioxide and ammonia.

In the presence of water, ammonia is converted to ammonium ions, and carbon dioxide equilibrates in a pH-dependent manner. The calcium ions subsequently react with the carbonate ions, leading to the precipitation of calcium carbonate at the cell surface, serving as a nucleation site for the crystal formation, which is the initial step in the formation of a crystal from a solution. (Ramadas et al., 2020)

Calcium carbonate is deposited as a result of this ecological process, known as biocementation. Using calcite ( $\text{CaCO}_3$ ), which binds soil particles together and increases soil strength and stiffness, this technique makes use of the metabolic processes of bacteria. The most popular bacteria for the MICP process are *Bacillus pasteurii* or *Sporosarcina pasteurii* because of their high urease activity, which allows them to produce large amounts of precipitates quickly. (Cameselle, 2015)

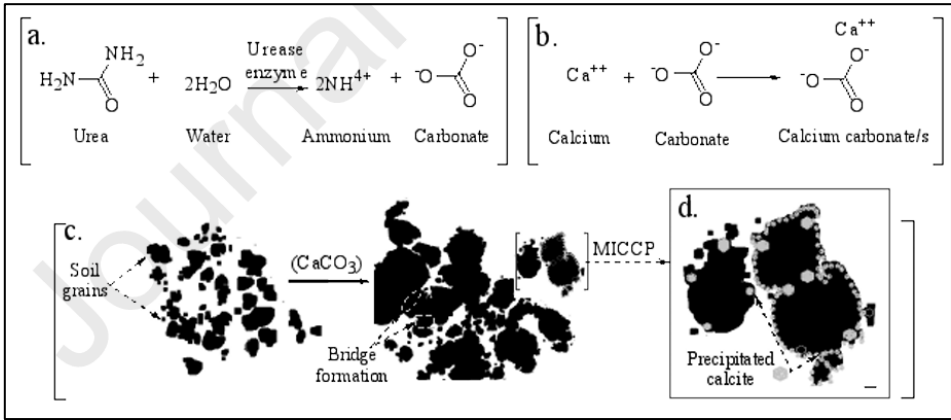
### *Mechanism of MICP in Soil for Biological Stabilization*

When living things produce minerals, the process is known as biomineralization. Biomineralization happens as an unintended by-product of bacterial metabolism. These minerals might be silicates in algae and diatoms, carbonates in invertebrates, and invertebrates.

As a result of ion exchange, carbonate nucleation takes place. Another mechanism uses extracellular macromolecules that can trap calcium ions or occasionally act as growth promoters to control crystallization. The process involves two phases (**3. Figure**):

Phase I: Bacteria ingest nutrients such as sugar, nitrogen, and proteins, leading to the growth of the bacterial population and the production of enzymes. These enzymes hydrolyze urea components in the presence of water to form ammonium and carbonate ions.

Phase II: After the addition of nutrients such as calcium chloride, in the presence of calcium ions and nucleation sites on the soil particles, the carbonate ions react spontaneously with the calcium ions, leading to the formation of calcium carbonate. (Cameselle, 2015)

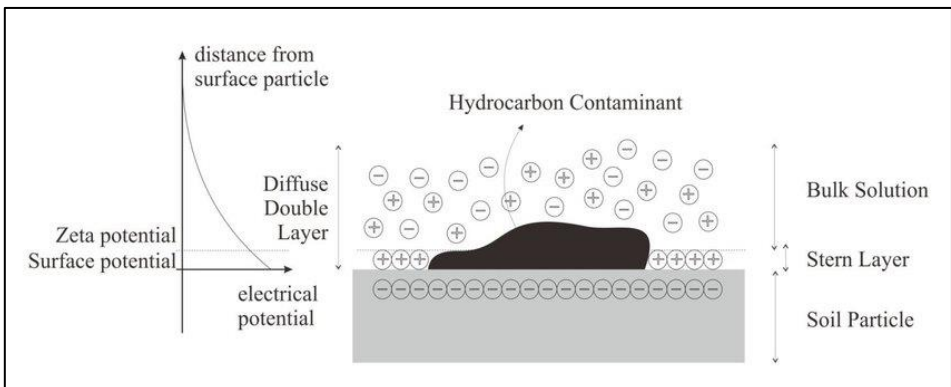


6. Figure. Biocementation process (Ramadas et al., 2020)

### Biological stabilization of soil with bio enzyme

Biological catalysts called Bio-enzymes catalyze chemical interactions in the surface soil, increasing soil density and decreasing water retention and develops a layer that is dense, firm, and water-resistant. For bio-enzymes to function properly, the soil must contain a certain quantity of clay. Bio-enzymes stabilize the soil via the following mechanisms:

- When bio-enzymes are added to the soil, they bind to the clay grid and release cations, reducing the thickness of the diffuse double layer of clay.
- The interaction between soil's small clay particles and large organic molecules is catalyzed by the addition of bio-enzymes. The broad flat surfaces of large organic molecules cover the surfaces of smaller clay particles, neutralizing their negative charges and lowering the hygroscopicity of clay. The soil is prevented from absorbing any more water or losing any more density by this covering effect (4. Figure).



7. Figure. Diffuse double layer in soil particle matrices which occur under low electric field (Cameselle, 2015)

### *Bioenzymes role in construction engineering*

Bioenzymes are proteins that act as catalysts in biochemical reactions. (Ganapathy et al., 2017) Bio-enzymatic stabilization of a soil having poor engineering properties. In construction engineering, bioenzymes are being explored as potential soil stabilizing agents due to their low cost and relatively wide applicability compared to standard chemical stabilizers.

These bioenzymes are proteins made up of a chain of amino acids include peroxidases, phospholipase, cellulase, phytase, lipase, luciferase, and proteases. They are being considered for use in improving the structural properties of soil, such as strength, volume stability, durability, and permeability in road construction applications (Mekonnen et al., 2020, Rafique et al., 2016) The construction industry is exploring the use of these bioenzymes as a sustainable alternative to conventional chemical stabilizers, contributing to the development of environmentally friendly and cost-effective solutions for road construction and soil stabilization. (Ramadas, et al., 2020)

### *Microorganisms used for soil stabilization*

Microorganisms used for soil stabilization include *Pararhodobacter* sp., which has been shown to improve the compressive strength of soil. Additionally, bio-cementation through microbial precipitation (MICP) involves the use of bacteria's metabolic activities to produce calcite precipitation ( $\text{CaCO}_3$ ), resulting in higher soil compressive and shear strength. These microorganisms interact biochemically with soil particles to bind them together, strengthening the soil. Bio-enzymes and biopolymers are also utilized for soil stabilization, providing environmentally friendly alternatives to conventional chemical stabilizers. (DeJong et al., 2010, Achal et al., 2011) The effects of different microorganisms on soil stabilization are as follows:

#### 1. *Bacillus pasteurii*:

- Increases soil's monotonic undrained bearing capacity and shear stiffness.
- Transforms soil behavior into a non-collapsible condition.
- Reduces the dispersion potential of clay.
- Enhances mechanical properties and erosion resistance.
- Influences soil chemical and mechanical properties. (Cameselle, 2015, Ivanov and Chu, 2008)

#### 2. *Bacillus sphaericus*:

- Improves soil improvement parameters.
- Enhances mechanical properties.

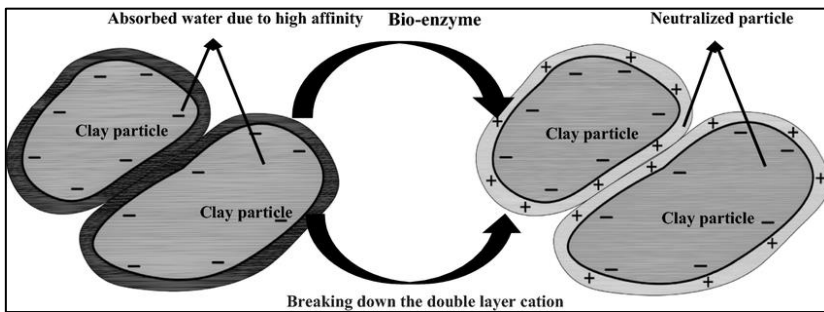
#### 3. *Sporosarcina pasteurii* (*S. pasteurii*):

- Significantly increases strength of soil samples at higher concentrations of calcium carbonate.

These microorganisms contribute to soil stabilization through various mechanisms such as bio-cementation, reduction of soil consolidation, prevention of cracks in the soil matrix, and enhancement of mechanical strength. (Mujah et al., 2017)

### Bioenzymes-soil reactions

Bioenzymes react with soil through a catalytic process known as metal cation exchange mechanism. When certain enzymes are introduced to the soil, they are adsorbed by the clay lattice, leading to a series of reactions. This includes an immediate cation exchange reaction with the clay, resulting in improved soil texture. The enzymes can also be absorbed by colloids, allowing them to be transported through the soil electrolyte media (**5. Figure**). They aid soil bacteria in releasing hydrogen ions, creating pH gradients at the surfaces of clay particles, which assist in breaking down the lattice. This structural change decreases moisture sensitivity and increases the workability and constructability of the soil. Additionally, enzyme activity corresponds with element stabilization, as some enzymes require the presence of specific metal ions for maintaining their stable and active structures. (Ganapathy et al., 2017, Mekkonen et al., 2020)



8. Figure. Mechanism of soil stabilization with bio-enzyme (Mahyar et al., 2017)

### Bio-Polymers for biological soil stabilization

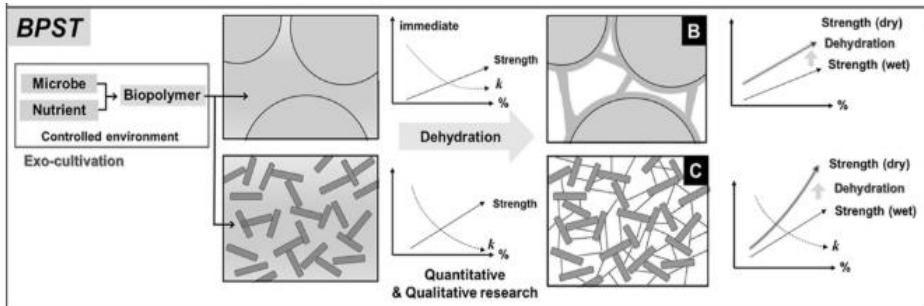
Biopolymer-based soil treatment (BPST) involves the use of biopolymers, which are polymers produced from natural resources such as cellulose, proteins, and microbial products. These biopolymers are environmentally friendly and have been used in various applications, including soil strengthening, soil permeability control, erosion reduction, dust control, and water treatment (**6. Figure**). (Chang et al., 2020)

The mechanism of BPST includes several interactions and effects on soil behavior:

- **Soil Strengthening:** Biopolymers enhance the strength of soils by improving interparticle cohesion, which increases the unconfined compressive strength (UCS) and cohesion of the soil. This is mainly achieved through the formation of bio-polymer hydrogels that alter the soil's consistency and enhance its undrained shear strength.
- **Soil Permeability Control:** Biopolymers can alter the hydraulic conductivity of soils by forming hydrogels that fill pore spaces, reducing fluid permeability even under loose soil density conditions.
- **Erosion Resistance:** BPST significantly reduces soil erosion by enhancing interparticle cohesion and undrained shear strength, thereby providing effective protection against severe surface erosion and land degradation in various environmental conditions.



- Ground Water Control: Hydrophilic biopolymers have high water-holding capacity, which improves the water retention behavior of treated soils. However, the swelling of biopolymer hydrogels can lead to pore clogging, thereby reducing the hydraulic conductivity of the soil.
- Sustainability: BPST is environmentally friendly, with low carbon footprint compared to conventional soil binders. Additionally, it promotes seed germination and the growth of vegetation in soil, contributing to sustainability.



9. Figure. Biopolymer-based soil treatment (BPST) process (Ashmana et al., 2009)

#### Bio-polymers effects on soil stabilization

- Increasing soil density: Bio-polymers can lead to a reduction in inter-particle space, an increase in soil density, and bio-clogging, which ultimately reduces permeability and swelling by up to 40%. (Chang et al., 2020)
- Altering soil characteristics: Bio-polymers can dramatically increase the surface roughness of soil and diminish the liquefaction potential, depending on the dosage and concentration. (Mahyar, et al. 2023)
- Interaction with soil particles: Bio-polymers can form chemical bonds with soil particles through various forces such as electrostatic forces, hydrogen bonds, ionic bonds, or van der Waals bonds, leading to changes in soil properties over time. (Ashmana et al., 2009)
- Biodegradability: Bio-polymers are biodegradable and do not have negative effects on the environment, making them environmentally friendly. (Ramadas et al., 2020)

These effects contribute to the overall stabilization of soil, making it more suitable for construction and road paving.

#### Common biopolymers used in geotechnical engineering

Common biopolymers used in geotechnical engineering research and practices, along with their engineered applications. Some of the common biopolymers and their applications are:

- Agar gum:
  - Extracted from red algae.
  - Application in geotechnical engineering for soil strengthening and erosion control.

- Xanthan gum:
  - Produced by microbial activities.
  - Used for soil strengthening and permeability control.
- Gellan gum:
  - Also produced by microbial activities.
  - Application in soil strengthening and surface erosion resistance.
- Gelatin:
  - Derived from collagen in animal bones and skin.
  - Used for soil strengthening and dust control.
- Casein:
  - Protein derived from milk.
  - Application in soil strengthening and as a substitute for conventional plastics. (Chang et al., 2020)

These biopolymers have been engineered and assessed in laboratory-scale studies for their applications in soil treatment, erosion control, and other geotechnical engineering practices.

## Conclusions

The comparative analysis of innovative biological soil improvement techniques and conventional cementation reveals the unique benefits and drawbacks of each strategy. For a long time, traditional cementation methods like using cement and lime have been used to stabilize soil because they're effective well to increase soil strength, decrease permeability, and increase soil load-bearing capacity. The carbon footprint of cement manufacturing, the possibility of chemical leaching, and the long-term viability of treated soils are some of the environmental issues that these techniques frequently raise.

However, biological methods for improving soil, especially microbial-induced calcite precipitation (MICP), offer an advanced and sustainable substitute. A sustainable means of stabilizing soil with minimal impact on the environment is provided by biological techniques, such as the utilization of bioenzymes, biopolymers, and microbial activity. By using natural processes like cementation, which binds soil particles together and increases strength, these techniques improve soil qualities without heavily relying on chemicals. Additionally, by reducing carbon emissions and enhancing ecosystem health, biological approaches contribute to sustainability.

Despite these benefits, the widespread use of biological approaches is still in the early stages and may encounter difficulties with cost-effectiveness, microbial activity control, and the unpredictability of outcomes in various environmental settings. However, the potential of these techniques is being quickly advanced by continuous research and development, making them a possible future alternative for soil stabilization. Thus, although standard cementation is still a necessary and dependable technology, biological soil development techniques have a big chance of encouraging environmentally friendly building methods. A hybrid strategy that combines conventional and advanced methods to achieve the best outcomes in terms of performance and sustainability may be the way of the future for soil stabilization.

## Acknowledgement

The research presented in the article was carried out within the framework of the Széchenyi Plan Plus program with the support of the RRF 2.3.1 21 2022 00008 project.

## References

- Achal, V., Mukherjee, A., Reddy, M. S. (2011): Microbial concrete: A way to enhance the durability of building structures. *Advances in Applied Microbiology*, 70, 1–28.
- American Standard for Testing and Materials (ASTM) C618, Specification for Pozzolanas*, ASTM International, Philadelphia, PA, USA, 1978.
- Ashmana, M., Hallettb, P., Brookesa, P., Allena, J. (2009): Evaluating soil stabilisation by biological processes using step-wise aggregate fractionation. *Soil & Tillage Research*, 102, 209–215.
- Becerra-Duitama, J. A., Rojas-Avellaneda, D. (2022): *Pozzolans: A review*. 49. 495–504. 10.14456/easr.2022
- Boardman, D., Glendinning, S., Rogers, C. (2001): Development of stabilisation and solidification in lime–clay mixes. *Geotechnique*, 51, p. 533–543
- BS 8615-1, *Specification for Pozzolanic Materials for Use with Portland Cement. Natural Pozzolana and Natural Calcined Pozzolana*, British Standard International, London, UK, 2019
- Cameselle, C. (2015): Enhancement of electro-osmotic flow during the electrokinetic treatment of a contaminated soil. *Electrochimica Acta*, 181, 31–38.
- Chang, I., Lee, M., Tran, A. T. P., Lee, S., Kwon, Y.-M., Im, J., Cho, G.-C. (2020): *Review on biopolymer-based soil treatment (BPST) technology in geotechnical engineering practices*. Transportation Geotechnics.
- Chou, C. W. (2007): *Bioimprovement of geotechnical properties of sandy soils*. M.Sc. thesis, University of Maryland.
- Consoli, N. C. (2011): *Strength and Durability of a Cement-Stabilized Gravel, Soils and Foundations*.
- Croft, J. B. (1967): The influence of soil mineralogical composition on cement stabilization, *Geotechnique*. vol. 17, no. 2, pp. 119–135.1967.
- DeJong, J. T., Mortensen, B. M., Martinez, B. C., Nelson, D. C. (2010): Bio-mediated soil improvement. *Ecological Engineering*, 36(2), 197–210.
- Elias, V., Welsh, J., Warren, J., Lukas, R., Collin, J.G., Berg, G.G (2006): *Ground Improvement Methods*, FHWA NHI-06-020, vol. 2, no. pp. 1056.
- Fondjo, S. A. A., Theron, E., Richard, R. (2021). Stabilization of Expansive Soils Using Mechanical and Chemical Methods: A Comprehensive Review. *Civil Engineering and Architecture*. 9. 1295–1308. 10.13189/cea.2021.090503.
- Ganapathy, G., Ravindran, G. & Akinwumi, I. & Kovendiran, S., Thangaraj, M., Lokesh, N., Muhamed, S., Murugan, R., Yogeswaran, P., Hema, S. (2017): Bio-Enzymatic Stabilization of a Soil Having Poor Engineering Properties. *International Journal of Civil Engineering*. 15. 401-409. 10.1007/s40999-016-0056-8.
- Gross J., Adaska W., Brady, N.C., Weil, R. (2007): Soil colloids: Seat of soil chemical and physical acidity. 311–358.
- Halsted, G.E., Adaska, W.S., McConnel, W.T. (2008): *Guide to Cement-Modified Soils (CMS)*, ISBN 978-0-89312-267-6
- Harris, C.M. (2005): *Dictionary of Architecture and Construction*, ISBN-100071452370

- Ivanov, V., Chu, J. (2008): Applications of microorganisms to geotechnical engineering for bioclogging and biocementation of soil in situ. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 7(2), 139–153.
- Jianhu, W., Jianmeng, W., Qijun, H., Zainal, S., Iqbal, S. M., Zhenjie, Z. (2023): Mechanism and Engineering Characteristics of Expansive Soil Reinforced by Industrial Solid Waste: A Review. *Buildings*. 13. 1001. 10.3390/buildings13041001. Adapted from Prusinski, J.R.; Bhattacharja, S. Effectiveness of Portland cement and lime in stabilizing clay soils. *Transp. Res. Rec.* 1999, 1652, 215–227.
- Keller Inc., (2011): *Improvement of Weak Soils by the Deep Soil Mixing Method. Keller Brochure*, 32-01E: <http://keller-foundations.co.uk/technique/deep-dry-soilmixing>
- Kézdi, Á. (1979): *Chemical Soil Stabilization, Stabilized Earth Roads Developments in Geotechnical*, Engg Elsevier, vol.19, 1979. London.
- Little, D.N., Nair, S. (2009): *Recommended Practice for Stabilization of Subgrade Soils and Base Materials*
- Mahyar, A., Shalchian, M. (2023): A review of the use of bio-based substances in soil stabilization. *Environment, Development and Sustainability*, 1–53.
- Mekonnen, E., Kebede, A., Tafesse, T., Tafesse, M. (2020): Application of microbial bio-enzymes in soil stabilization. *International Journal of Microbiology*, 2020.
- Mujah, D., Shahin, M. A., Cheng, L. (2017): State-of-the-art review of biocementation by microbially induced calcite precipitation (MICP) for soil stabilization. *Geomicrobiology Journal*, 34(6), 524–537.
- Namikawa, T., Koseki, J. (2013): Effects of spatial correlation on the compression behavior of a cement-treated column, *J. Geotech. Geoenviron. Eng.* 139 (8) 1346–1359.
- Onyelowe, K. C., Salahudeen, A. B., Eberemu, A. O., Ezugwu, C. (2020): *Oxides of carbon entrapment for environmentally friendly geomaterials ash derivation*, in Recent Thoughts in Geoenvironmental Engineering, SSIGE, Cairo, Egypt, 2020.
- Rafique, U., Nasreen, S., Naveed, R., Ashraf, M. A. (2016): *Application of bioenzymatic soil stabilization in comparison to macadam in the construction of transport infrastructure*. *Journal of Environmental Biology*, 37, 1209.
- Ramdas, V., Mandree, P., Ramchuran, S., Lalloo, R., Mgangira, M., Mukaratirwa, S. (2020): *Review of current and future bio-based stabilisation products (enzymatic and polymeric) for road construction materials*. *Transportation Geotechnics*.
- Spaulding, C., Masse, F., LaBrozzi, J. (2008): Ground improvement technologies for a sustainable world, *Civ. Eng. Mag. Arch.* 78 (2008) 54–59, <https://doi.org/10.1061/CIEGAG.0000168>.
- Uchikawa, H., Uchida, S. (1980): *Influence of pozzolana on the hydration of C3A*, In Proceedings of the 7th Int Congress on the Chemistry of Cement, Sub-Theme IV, Paris, France, pp. 24–29, July 1980.
- Van, D. B., Onyelowe, K. C. (2018): Adsorbed complex and laboratory geotechnics of Quarry Dust (QD) stabilized lateritic soils,” *Environmental Technology and Innovation*, vol. 10, pp. 355–368
- Zhou, S., Zhou, D., Zhang, Y., Wang, W. (2019): *Study on Physical-Mechanical Properties and Microstructure of Expansive Soil Stabilized with Fly Ash and Lime*. *Adv. Civ. Eng.* 2019, 4693757

# EVALUATING ATTERBERG LIMITS OF HYDROCARBON-CONTAMINATED CLAY SOILS: A COMPARATIVE STUDY OF LITERATURE DATA AND NEW EXPERIMENTAL FINDINGS

Noémi Szász<sup>1</sup>, Andrea Tóth<sup>2</sup>

<sup>1</sup> PhD student, National Laboratory for Water Science and Water Security, University of Miskolc, Faculty of Earth and Environmental Sciences and Engineering, P.O. Box 3515 Miskolc, Egyetem út 1., Hungary

<sup>2</sup> Associate professor, National Laboratory for Water Science and Water Security, University of Miskolc, Faculty of Earth and Environmental Sciences and Engineering

\* *noemi.szasz@uni-miskolc.hu*, \*\* *andrea.toth@uni-miskolc.hu*

## Introduction

Environmental contaminants encompass physical, chemical, biological, or radiological substances that adversely affect air, water, soil, or living organisms. (D’Surney and Smith, 2005) In certain situations, environmental contamination is straightforward to identify; however, in others, it is subject to individual interpretation. For example, toxic organochlorine solvent residues infiltrating water supplies from a hazardous waste site are universally acknowledged as pollutants. Conversely, the classification of a substance as a pollutant can vary depending on temporal and contextual factors. The phosphate removed from wastewater by a sewage treatment plant operator is chemically identical to the phosphate a nearby farmer purchases at a high cost for fertilizer. A pollutant can be defined as a substance that, due to human activity, is present in concentrations higher than normal and has a detrimental impact on the environment or valuable entities within it. Contaminants, while not considered pollutants unless they cause harm, still alter the natural composition of an environment. Contamination refers to the natural or artificial presence of harmful substances in the ecosystem, leading to temporary or long-term negative effects. It can be categorized into several major types, including air pollution, water pollution, plastic pollution, noise pollution, light pollution, visual pollution, thermal pollution, littering, radioactive contamination, and soil contamination. Among these, soil contamination—a key aspect of land degradation—is a significant environmental concern. It can occur through various processes, with substances such as hydrocarbons, heavy metals, herbicides, and pesticides acting as contaminants. (Rajabi and Sharifipour, 2018)

Soil contamination is a critical global issue for environmentalists, agricultural experts, and scientists, as it adversely affects soil microbiota and disrupts ecosystem stability and function. (Shah and Ahmed, 2023) Globally, soils are contaminated to varying degrees due to local, regional, and global pollution sources. This contamination often arises from both human activities and natural processes, typically

involving the direct introduction of pollutants into the soil environment. (McKone, 2005) Soil contamination represents a significant environmental issue in both industrialized and developing nations, posing serious ecological and public health risks. (Haghsheno and Arabani, 2022)

Petroleum hydrocarbons (PHCs) are vital energy sources for numerous industries and daily applications. The rapid expansion of industrial, agricultural, and municipal sectors, along with the unprecedented growth in the global population, has driven a significant rise in the demand for petroleum production. (Mekonnen et al., 2024) Global oil demand growth is expected to speed up from 840 kb/d in 2024 to 1.1 mb/d in 2025, pushing consumption to 103.9 mb/d. The growth in both years will be primarily driven by petrochemical feedstocks, while demand for transportation fuels will remain limited due to behavioral shifts and technological advancements. Although the demand growth in non-OECD countries, particularly in China, has significantly slowed, emerging Asia will continue to lead the increase in demand during 2024 and 2025. (iea.org)

In urban and industrial areas where crude oil is handled, soil contamination from PHC spills is a common issue. Whether resulting from industrial accidents or human activities, the release of these pollutants has become a significant factor in soil degradation. (Daâssi and Qabil Almaghribi, 2022)

S/N	Location	Source Name	Quantity (Tonnes)	Date
1.	Kuwait	700 oil wells	71,428,571	10 March 1991
2.	Kuwait	Min al Ahmadi Terminal	857,143	20 January 1991
3.	Russia	Oil wells	700,000	3 August 2000
4.	United States	Deepwater Horizon	686,000	20 April 2010 *
5.	Mexico	Ixtoc I well	476,190	3 June 1979
6.	Iraq	Bahra oil fields	377,537	1 February 1991
7.	Uzbekistan	Oil well	299,320	2 March 1990
8.	Trinidad/Tobago	TN Atlantic Express	286,354	19 July 1979
9.	Russia	Kharyaga-Usink Pipeline	285,714	25 October 1994
10.	Iran	No. 3 Well (Nowruz)	272,109	4 February 1983
11.	South Africa	TN Castillo de Bellver	267,007	6 August 1983
12.	France	TN Amoco Cadiz	233,565	16 March 1978
13.	Canada	TN Odyssey	146,599	10 November 1988
14.	Italy	TN Haven	144,000	11 April 1991
15.	Libya	D-103 concession well	142,857	1 August 1980
16.	Nigeria	Pipeline	142,857	6 January 2001
17.	Kuwait	TN Al Qadasiyah	139,690	19 January 1991
18.	Kuwait	TN Hileen	139,690	19 January 1991
19.	United Kingdom	TN Torrey Canyon	129,857	18 March 1967
20.	Oman	TN Sea Star	128,891	19 December 1972

10. Table. The 20 most significant oil spills in history based on volume (Johnoson, et al., 2019)

Hydrocarbon contamination in soils originates from various sources and can impact the environment through both direct and indirect mechanisms. The ecological consequences of hydrocarbon pollution have been well-documented, leading to the development of regulatory protocols aimed at mitigating both immediate and long-term effects. Additionally, soil plays a crucial role in the construction industry, making it essential to assess the impact of hydrocarbon contamination on its engineering properties. The performance of soil as a foundation material remains a key area of research, focusing on evaluating and enhancing its stability and efficiency under diverse conditions. (Rajabi and Sharifipour, 2018)

This article presents a comprehensive review of existing research on the geotechnical behavior of hydrocarbon-contaminated soils. In addition to summarizing previous studies and their findings, it incorporates the author's own research on the subject, providing a comparative analysis of the results in relation to existing literature.

## **Hydrocarbon-contaminated soils and microstructural changes**

Existing research suggests that hydrocarbon compounds can induce substantial modifications in interparticle forces, grain size distribution, and the fabric structure of fine-grained soils. For fine-grained soils, hydrocarbon-induced alterations in microscale properties can be attributed to multiple factors, including diffuse-double-layer changes, physicochemical interactions, and microstructural conditions. (Izdebska-Mucha, et al., 2011) The extent of these alterations is highly contingent upon the specific properties of both the hydrocarbons and the soil, varying significantly across different scenarios. Given the diverse range of hydrocarbon compounds that may be present in fine-grained soils, it is essential to conduct quantitative morphometric analyses tailored to each specific case, followed by appropriate evaluation. Hydrocarbon compounds adhering to clay particle surfaces in fine-grained soils can transform the hydrophilic nature of clean clay particles into a hydrophobic state. Additionally, hydrocarbons can significantly increase interparticle adhesion and diminish electromagnetic repulsive forces between particles. Consequently, the dispersed arrangement of particles in uncontaminated fine-grained soils may transition into a flocculated structure due to the presence of hydrocarbon compounds within the soil matrix. (Izdebska-Mucha and Trzcíński, 2021)

The effect of pollutants on clay soils has been a long-standing area of study, initially explored in Hungary by Járay in 1962 and later internationally by Sullivan in 1938. Sullivan's research highlighted that changes in soil plasticity could be linked to the Hofmeister series (Hofmeister, 1888). According to Hofmeister, the chemical nature and hydration of ions play a significant role in influencing the electrokinetic potential and surface conductivity of soil colloids. Less hydrated ions tend to adsorb to the soil surface more readily than hydrated ions, leading to higher accumulation in the Stern layer, which is the double-diffuse layer of soil colloids. This increased accumulation can lower the electrokinetic potential and surface

conductivity of the soil particles (Manilo et al., 2020). The lyotropic series (Voet, 1937) further explains that the concentration of the soil solution significantly affects the amount of ions adsorbed onto soil colloid surfaces. According to this series, ions that adsorb a thin, viscous water film—whose thickness increases as the chemical value of the cation decreases—are particularly influential. As a result, it has been found that clays containing Na and Li ions tend to exhibit high plasticity and reduced shear strength due to the expansion caused by the formation of the water film layer.

### **Geotechnical impacts of soil pollution on Atterberg Limits**

Understanding and addressing the geotechnical effects of soil pollution is crucial for ensuring the stability and safety of construction projects while preserving soil health. This requires thorough site evaluations, soil testing, and the implementation of effective remediation measures. (Szász and Tóth, 2025) The Atterberg limits -comprising the Liquid Limit (LL), Plastic Limit (PL), and Plasticity Index (PI)-are key parameters used to assess the consistency and plasticity of fine-grained soils, especially clays. These limits provide valuable insights into soil behavior under varying moisture conditions and are essential in both geotechnical and soil science applications. (Knapett and Craig, 2012) Soil pollution can significantly impact the Atterberg limits by altering the soil's water retention capacity, structural properties, and texture. These changes can affect the soil's behavior, stability, and suitability for engineering and agricultural purposes. A comprehensive understanding of how pollutants influence soil properties is essential for effective soil management and remediation strategies.

Studies have shown that an increase in ionic valency results in a reduction of the Liquid Limit (LL), with this effect being further amplified by an increase in the concentration of the pore fluid. Additionally, an increase in the dielectric constant of the pore fluid has been observed to enhance the Liquid Limit of highly plastic clays (Szabó and Tóth, 2019). The introduction of contaminants induces an expansion of the diffuse double layer of soil colloids, leading to a decrease in electrostatic attraction and an increase in repulsive forces. Conversely, a reduction in the thickness of the diffuse double layer shifts the dominant interparticle forces toward Van der Waals attractions, reinforcing soil aggregation. A decrease in repulsive forces subsequently results in a lower Liquid Limit, whereas an increase in repulsive forces leads to an elevated Liquid Limit. These phenomena extend beyond the Liquid Limit and are similarly reflected in variations of the Plasticity Index, demonstrating the broader implications of electrochemical interactions on soil plasticity.

## **Results and discussion**

The literature review examines studies that have analyzed the effects of hydrocarbon contamination on the Atterberg limits of soils. **2. Table** presents a comprehensive summary of these findings. To facilitate comparison, our study is also included in this table.



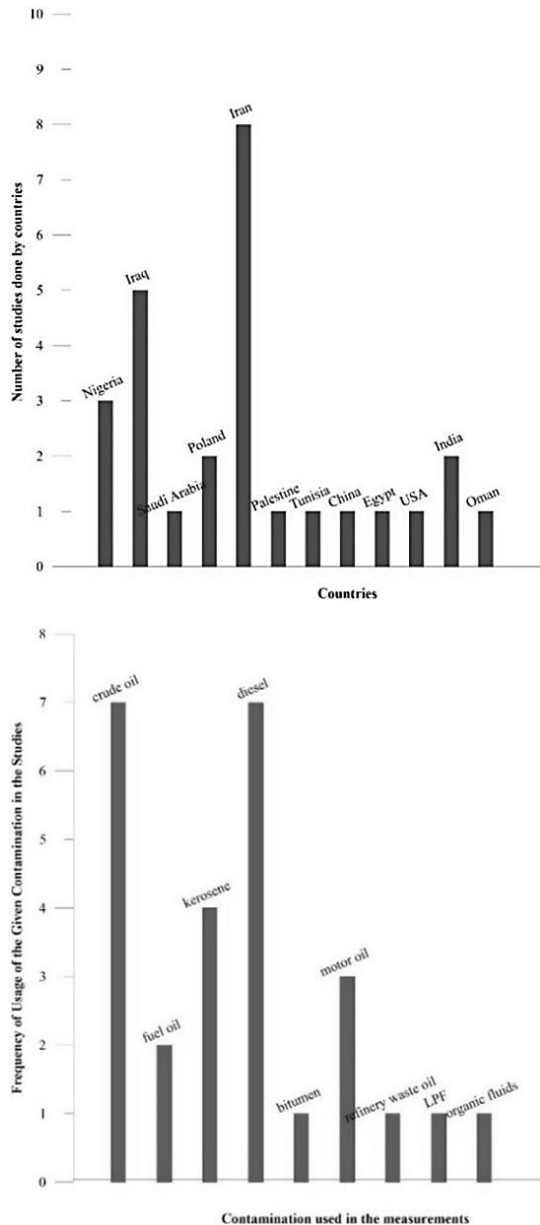
2. Table. Summary of Previous Studies on the Geotechnical Properties of Hydrocarbon-Contaminated Soils with Atterberg Limits Measurements  
 (\*Measurements made by the authors of this study)

Reference	Soil type	Contamination	Concentration (wt%)
Hewayde et al. (2019) Nigeria	low-plasticity organic silts and silty clays	motor oil	0, 5, 10, 15
Karpuczu, et al. (2019) Iraq	lean clay	refinery waste oil	0, 5, 10, 15, 20
Noori, et al. (2014) Iraq	poorly graded sand, silty sand	kerosene and diesel	0, 3, 5, 7.5
Habib, et al. (2007) Saudi Arabia	clay	crude oil	N/A
Izdebska-Mucha, et al. (2021) Poland	clay	liquid petroleum-based fuel (LPF)	N/A
Jia, et al. (2011) Iran	clayey, silty soil	crude oil	0, 2, 4,8, 12, 16
Ijimdiya (2012) Nigeria	clay	motor oil	0,2,4
Kaya, et al. (2000) Palestine	kaolinitic-bentonitic soil	organic liquids	N/A
Khosravi, et al. (2013) Iran	kaolinite	diesel	0,2,4,6,12,16,20
Liu, et al. (2015) China	kaolinite	diesel	0,4,8,12,16,20
Nasehi, et al. (2015) Iran	sand, silt, clay	diesel	0,3,6,9
Nazir (2011) Egypt	clay with montmorillonite	motor oil	N/A
Salimnezhad, et al. (2020) Iran	yellow marl	crude oil	0,4,8,12
Vipulanandan, et al. (2008) USA	sand, kaolinite and mulch mixture	kerosene	0,2,5,5,7,5
Zahermand et al. (2020) Iran	silty sand and low plasticity clay	TPH	~12

Reference	Soil type	Contamination	Concentration (wt%)
George et al. (2015) India	clayey, silty, sandy soil	diesel	0,4,8,12
Khamehchiyan et al. (2007) Iran	silty sand, poorly graded sand, lean clay	crude oil	0,4,8,12,16
Kermani et al (2012) Iran	lean clay	crude oil	0,2,4,6
Tiwari et al. (2003) India	lean clay	fuel oil	7-10
Karkush et al. (2017) Iraq	silty clay	fuel oil	0,10,20
Karkush (2013) Iraq	silty clay with high plasticity	kerosene	0,10,25
Al-Adhamii et al. (2020) Iraq	gypsiferous soil	crude oil	0,3,6,9
Al-Aghbari et al. (2013) Oman	sand	diesel	0,5,10
Choura et al. (2009) Tunisia	sand	crude oil	0,5,15
Karkush et al. (2020) Iraq	clay	kerosene	0,5,10,20,30,40,50
Yazdi et al. (2021) Iran	sandy-silty loam	diesel	0,3,6,9,12
S.A. Ola (1991) Nigeria	tar sand	bitumen	0,3,5,13,16
*Szász and Tóth (2025) Hungary	clay, clayey-silt, sandy-clay, Na-bentonite-sand mixture soil	break-oil	0,2,4,8,12,16,20

The earliest studies on the impact of hydrocarbon contamination on soils date back to the 90's. A significant portion of this research has been conducted in the Middle East (**1. Figure**), likely due to the region's substantial hydrocarbon contamination, particularly in areas associated with oil extraction and transportation. Such activities frequently lead to the contamination of soil, as demonstrated by incidents like in the Kuwaiti oil fields, which highlight the environmental challenges posed by hydrocarbon release into the soil (also see **1. Table**) It is important to note that in all the studies referenced, contamination was conducted under controlled laboratory conditions, and the soils used were not sourced from contaminated sites.

Furthermore, it is important to acknowledge that the collected literature is not exhaustive and does not comprehensively represent all research and findings on the subject.



1. Figure. Analysis of Research Distribution by Country and Pollutant Type (without our research)

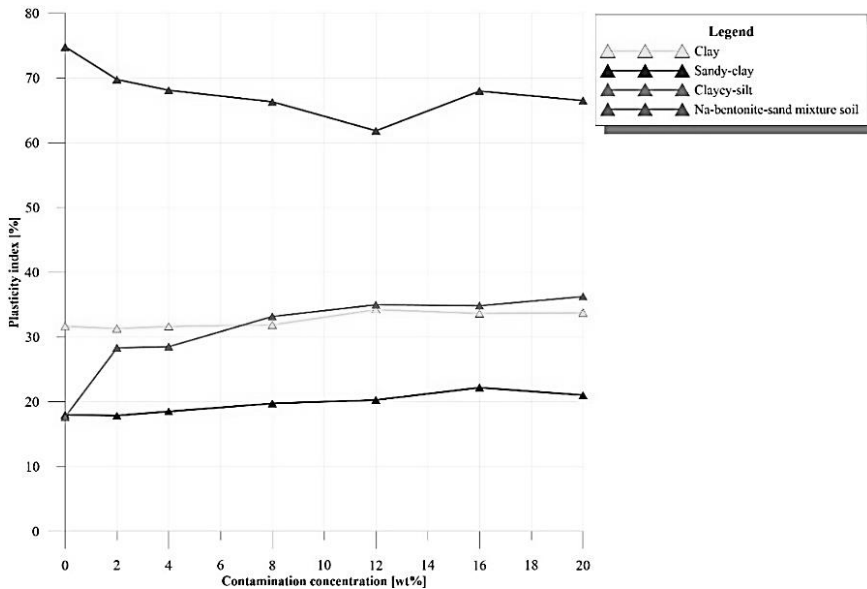
As evidenced by the table, the studies have examined various soil types and contaminants at different concentrations, which poses challenges for direct comparison.

3. Table. Trends in the Variation of Atterberg Limits in the Studies  
 (Note: Not all studies reported changes in all three values.  
 Our own measurements are marked with darker grey lines.)

Liquid Limit		Plastic Limit		Plasticity Index	
Increased	Decreased	Increased	Decreased	Increased	Decreased
–	×	×	–	×	
×	–	×	–	–	×
×	–	×	–	–	×
×	–	×	–	×	
–	×	–	×	–	×
–	–	–	–	–	×
×	–	×	–	×	–
–	×	–	–	–	–
×	–	–	×	×	–
–	×	–	×	–	×
×	–	×	–	–	–
–	×	–	×	–	–
×	–	×	–	×	–
–	×	–	×	–	×
×	–	×	–	–	×
–	×	×	–	–	–
×	–	×	–	–	–
×	–	×	–	–	–
–	–	–	×	–	–
×	–	–	×	×	–
–	×	–	×	×	–
×	–	–	×	×	–
–	×	–	×	–	×

Based on the results presented in the **3. Table**, the liquid and plastic limit values exhibit an overall increasing trend, whereas the plasticity index demonstrates a more pronounced decreasing trend. However, these results do not permit a precise quantification of the effects of hydrocarbons. In many instances, the values exhibit variability at specific pollutants and their concentration. ((Karpuczu, et al. 2019, Kaya, et al. 2000, Khosravi, et al. 2013, Nasehi, et al. 2015) As a representative example, the **1. Figure** presents the observed variations in the plastic index based on our measurements.

It is essential to recognize that this phenomenon is significantly influenced by the Diffuse Double Layer, as the behavior of clays is primarily dictated by its thickness. Since most hydrocarbon compounds are nonpolar fluids, they are immiscible in water and form distinct phases (or one dispersed within another), inhibiting their ability to bond with clay particles. Additionally, it is important to note that the thickness of the Diffuse Double Layer (DDL) can be influenced by various properties of the pore fluid. Notably, the thickness decreases with an increase in valency and is also significantly impacted by viscosity.



**3. Figure.** The evolution of the plasticity index trend under the influence of hydrocarbon contamination across different soil types is presented. It can be observed that, except for the bentonite mixture, there is a slight increase in the plasticity index between the uncontaminated (0 wt%) and the highest contamination level (20 wt%). However, the intermediate concentrations exhibit variable behavior. In the case of bentonite, a more pronounced increase followed by a decrease is observed between 8 wt% and 16 wt%.

When hydrocarbon compounds are introduced to fine-grained soils, they may alter the viscosity of the pore fluid, consequently affecting the thickness of the DDL. In general, these factors may prevent the expansion of diffuse double layers around clay particles in the presence of hydrocarbon compounds. As a result, soil plasticity

will occur with varying amounts of water compared to uncontaminated soils, leading to changes in the plastic limit (PL). However, in hydrocarbon-contaminated soils, the formation of thin viscous layers around clay particles by hydrocarbon molecules causes alterations in the liquid limit (LL). Furthermore, it is important to consider the effects of the weathering process on soil plasticity assessments, as the physicochemical properties of hydrocarbon compounds may be influenced by weathering, which is likely to occur under various environmental conditions. (Rajabi and Sharifipour, 2018) Furthermore, several factors are taken into account, including particle size, hydrocarbon-induced adhesion, and cohesion.

## Conclusions

This study investigates the effects of hydrocarbon contamination on the Atterberg limits of clayey soils. It aims to analyze the changes observed in these limits and provide explanations for their underlying causes through a combination of literature review and original experimental measurements. While this study presents numerous examples of such measurements, definitive conclusions regarding the impact of pollution on the Atterberg limits cannot be drawn. The conclusions and hypotheses derived from previous studies and literature reviews emphasize correlations, causal factors, and the relationships between the measurement results and the chemical and crystallographic properties of the samples. Although the Atterberg limit test results do not fully clarify the underlying processes at the crystalline level, such as changes in grain surface or pore fluid properties, insights from this study can help aid in understanding the effects of contamination. Studies have shown that increased ionic valency and pore fluid concentration reduce the Liquid Limit (LL), while a higher dielectric constant of the pore fluid increases the LL in highly plastic clays. The introduction of contaminants expands the diffuse double layer of soil colloids, decreasing electrostatic attraction and increasing repulsive forces, which raises the LL. Conversely, a thinner diffuse double layer enhances Van der Waals attractions, reducing the LL. These effects also influence the Plasticity Index, highlighting the role of electrochemical interactions in soil plasticity.

## Acknowledgement

The research presented in the article was carried out within the framework of the Széchenyi Plan Plus program with the support of the RRF 2.3.1 21 2022 00008 project.

## References

- A. J. Al-Adhamii, R., Y. Fattah, M., Th. Al-Hadidi, M. (2018): Crude Oil Effect on the Clayey Soil Mechanical and Physical Properties. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4.20), 453–458. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.20.26242>
- Al-Aghbari, M., Dutta, R., Mohamedzeini, Y. (2011): Effect of diesel and gasoline on the properties of sands — a comparative study. *International Journal of Geotechnical Engineering*, 5(1), pp. 61–68., <https://doi.org/10.3328/ijge.2011.05.01.61-68>

- Choura, M., Salhi, S., Cherif, F. (2009): Mechanical behaviour study of soil polluted by crude oil: case of Sidi El Itayem oilfield, Sfax, Tunisia. *Environmental Earth Sciences*, 59(3), 573–580. <https://doi.org/10.1007/s12665-009-0055-z>
- D'Surney, S. J., Smith, M. D. (2005): Chemicals of Environmental Concern, Encyclopedia of Toxicology (Second Edition), Elsevier, 2005, Pages 526–530, ISBN 9780123694003, <https://doi.org/10.1016/B0-12-369400-0/00206-4>.
- Daâssi, D., Qabil Almaghribi, F. (2022). *Petroleum-contaminated soil: environmental occurrence and remediation strategies*. 3 Biotech, 12(6), 139. <https://doi.org/10.1007/s13205-022-03198-z>
- George, S., Aswathy, EA., Sabu, B., Krishnaprabha, NP., George, M. (2014): Study on Geotechnical properties of diesel contaminated soil, *International Journal of Civil and Structural Engineering Research*, ISSN 2348-7607, Vol. 2, Issue 2, pp: (113–117)
- Habib-ur-Rehman, A., Abduljawwad, S.N., Akram, T. (2007): *Geotechnical behavior of oil-contaminated fine-grained soils*. Electronic Journal of Geotechnical Engineering. 12.
- Haghsheno, H., Arabani, M. (2022): Geotechnical properties of oil-polluted soil: a review, *Environmental Science and Pollution Research* (2022) 29:32670–32701, <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19418-1>
- Hewayde, E., Abbas, M., & Kubba, Z. (2019): Influence of engine oil on geotechnical properties of cohesive soil. *International Journal of Engineering Research and Technology*, ISSN 0974-3154, Volume 12, Number 1 (2019), pp. 33–41.
- Hofmeister, F. (1888): Zur Lehre von der Wirkung der Salze. Archiv f. experiment. Pathol. u. Pharmakol 25, 1–30 (1888). <https://doi.org/10.1007/BF01838161>, <https://doi.org/10.4186/ej.2017.21.4.127>
- IEA (2024), Oil Market Report - December 2024, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/oil-market-report-december-2024>
- Ijimdiya, T. S. (2011): Effect of Oil Contamination on Particle Size Distribution and Plasticity Characteristics of Lateritic Soil. *Advanced Materials Research*, 367, 19–25. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/am>
- Izdebska-Mucha, D., Trzciński, J., Żbik, M. S., & Frost, R. L. (2011): Influence of hydrocarbon contamination on clay soil microstructure. *Clay Minerals*, 46(01), 47–58. <https://doi.org/10.1180/claymin.2011.046.1.47>
- Izdebska-Mucha, D., Trzciński, J., Żbik, M. S., Frost, R. L. (2011): Influence of hydrocarbon contamination on clay soil microstructure. *Clay Minerals*, 46(01), 47–58, <https://doi.org/10.1180/claymin.2011.046.1.47>
- Izdebska-Mucha, D., Trzciński, J. (2021): Clay soil behaviour due to long-term contamination by liquid petroleum fuels: microstructure and geotechnical properties. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 80(4), 3193–3206. <https://doi.org/10.1007/s10064-020-02084-3>
- Izdebska-Mucha, D., Trzciński, J. (2021): Clay soil behaviour due to long-term contamination by liquid petroleum fuels: microstructure and geotechnical properties. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 80(4), 3193–3206. <https://doi.org/10.1007/s10064-020-02084-3>
- Járay, J., Bidló, G. (1962): Relationship between soil physical properties and soil composition (Összefüggés a talajfizikai jellemzők és a talaj összetétele között), *Földtani kutatás*. 10. évfolyam, 1. szám, Magyar Bányászati és Földtani hivatal pp.21.
- Jia, Y. G., Wu, Q., Shang, H., Yang, Z. N., & Shan, H. X. (2011): The influence of oil contamination on the geotechnical properties of coastal sediments in the Yellow River Delta, China. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 70(3), 517–525 <https://doi.org/10.1007/s10064-011-0349>

- Johnson, O., Lambert, R., Sakrabani, R. (2019): *Understanding the Impacts of Crude Oil and its Induced Abiotic Stresses on Agrifood Production: A Review*. Horticulturae. 5. 47. <https://doi.org/10.3390/horticulturae5020047>.
- Karkush, M. O., Jihad, A. G. (2020): *Studying the Geotechnical Properties of Clayey Soil Contaminated by Kerosene*. Key Engineering Materials, 857, 383–393. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.857.383>
- Karkush, M., Hussein, H.M. (2013): *Studying the effects of contamination on the geotechnical properties of clayey soil*, Coupled Phenomena in Environmental Geotechnics – Manassero et al (Eds) London, ISBN 978 1 138 00060 5
- Karkush, M.O., Kareem, Z.A. (2017): Investigation the Impacts of Fuel Oil on the Geotechnical Properties of Cohesive Soil, *ENGINEERING JOURNAL* Volume 21 Issue 4, pp.127–137
- Karpuzcu, M., Arbili, M., Ghaffoori, F., Cabalar, A. (2018): *AN ASSESSMENT OF THE EFFECTS OF LIGHT CRUDE OIL ON THE GEOTECHNICAL PROPERTIES OF A SOIL*. International Journal of Advances in Mechanical and Civil Engineering, ISSN: 2394-2827 Volume-5, Issue-5, Oct.-2018
- Kaya, A., Fang, H.-Y. (2000): The effects of organic fluids on physicochemical parameters of fine-grained soils. *Canadian Geotechnical Journal*, 37(5), 943–950. <https://doi.org/10.1139/t00-023>
- Kermani, M., Ebadi, T. (2012): *The Effect of Oil Contamination on the Geotechnical Properties of Fine-Grained Soils, Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, 21:5, 655–671, <https://doi.org/10.1080/15320383.2012.672486>
- Khamehchiyan, M., Charkhabi, A.H., Tajik, M. (2007): Effects of crude oil contamination on geotechnical properties of clayey and sandy soils, *Engineering Geology* 89 (2007), 220-229., <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2006.10.009>
- Khosravi, E., Ghasemzadeh, H., Sabour, M. R., Yazdani, H. (2013): *Geotechnical properties of gas oil-contaminated kaolinite*. *Engineering Geology*, 166, 11–16. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2013.08.004>
- Knapett, J.A., Craig, R.F (2012): *Soil mechanics, 8th edition*, Spoon press, p. 124., ISBN: 978-0-415-56125-9
- Liu, Z., Liu, S., Cai, Y. (2015): *Engineering property test of kaolin clay contaminated by diesel oil*. *Journal of Central South University*, 22(12), 4837–4843. <https://doi.org/10.1007/s11771-015-3035-3>.
- Manilo, M., Mészáros, Lebovka, R., Ny., Bárány, S. (2020): *Electrical surface properties of liophilic and lyophobic colloidal dispersions: validity of liotropic lines* (Liofil és liofób kolloidok diszperziók elektromos felületi tulajdonságai: a liotróp sorok érvényessége), *Magyar Kémiai Folyóirat* 27 126. évfolyam, 1. szám, 2020. <https://doi.org/10.24100/MKF.2020.01.27>
- McKone, T.E. (2005): *Pollution, Soil, Encyclopedia of Toxicology* (Second Edition), Elsevier, 2005, Pages 489–496, ISBN 9780123694003, <https://doi.org/10.1016/B0-12-369400-0/00781-X>.
- Mekonnen, B. A., Aragaw, T. A., Genet, M.B. (2024): *Bioremediation of petroleum hydrocarbon contaminated soil: a review on principles, degradation mechanisms, and advancements*, *Front. Environ. Sci.*, 22 February 2024, Sec. Soil Processes Volume 12 - 2024 | <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1354422>
- Nasehi, S. A., Uromeihy, A., Nikudel, M. R., & Morsali, A. (2015): *Influence of Gas Oil Contamination on Geotechnical Properties of Fine and Coarse-Grained Soils*. *Geotechnical and Geological Engineering*, 34(1), 333–345. <https://doi.org/10.1007/s10706-015-9948-7>



- Nazir, A. K. (2011): *Effect of motor oil contamination on geotechnical properties of over consolidated clay*. Alexandria Engineering Journal, 50(4), 331–335. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2011.05.002>
- Noori, Z. Ahmed, F., Hamed, Jassim, H. (2014): *Effect of crude oil products on the geotechnical properties of soil*. WIT Transactions on Ecology and the Environment. 186. 353–362. <https://doi.org/10.2495/ESUS140301>
- Ola, S. A. (1991). *Geotechnical properties and behaviour of Nigerian tar sand*. Engineering Geology, 30(3-4), 325–336. [https://doi.org/10.1016/0013-7952\(91\)90066-t](https://doi.org/10.1016/0013-7952(91)90066-t)
- Rajabi, H., & Sharifipour, M. (2018): *Geotechnical properties of hydrocarbon-contaminated soils: A comprehensive review*. Bulletin of Engineering Geology and the Environment. <https://doi:10.1007/s10064-018-1343-1>
- Rajabi, H., Sharifipour, M. (2017): *Geotechnical properties of hydrocarbon-contaminated soils: a comprehensive review*, Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2018, Bulletin of Engineering Geology and the Environment, <https://doi.org/10.1007/s10064-018-1343-1>
- Salimnezhad, A., Soltani-Jigheh, H., & Soorki, A. A. (2021): *Effects of oil contamination and bioremediation on geotechnical properties of highly plastic clayey soil*. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2020.11.011>
- Shah, M., Ahmed, S., (2023): *Bioremediation potential of rhizosphere microbes—current perspectives*, Microbiome Research in Plants and Soil, Rhizobiome, Academic Press, 2023, Pages 81–94, ISBN 9780443160301, <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-16030-1.00019-5>
- Sullivan, J.D., Graham, R.P. (1938): *Critical study of methods of determining exchangeable bases in clays*, *Journal of the American Ceramic Society*, Vol. 21. 1938. p.176.
- Szabó, I., Tóth, A.K. (2019): *Környezetvédelmi geotechnika*, Miskolci Egyetem-GEON System Kft., p.124. ISBN 978-963-358-188-9
- Szász, N., Tóth, A. (2025): *Analysis of Atterberg limits of clayey soils exposed to pollutants*. *Rudarsko-geološko-Naftni Zbornik*, 40(1), 97–108. <https://doi.org/10.17794/rgn.2025.1.8>
- Tiwari, K., Ramakrishnan, D. (2003): *Stabilization of fuel oil contaminated soil—A case study*, *Geotechnical and Geological Engineering*, <https://doi.org/10.1023/B:GEGE.0000006052.61830.1a>, 414–427
- Vipulanandan, C., & Elesvwarapu, P. (2008): *Index Properties and Compaction Characteristics of Kerosene Contaminated Clayey Soil*. GeoCongress 2008. [https://doi.org/10.1061/40970\(309\)101](https://doi.org/10.1061/40970(309)101)
- Voet, A. (1937): *Quantitative Lyotropy*. Chemical Reviews, 20(2), 169–179.
- Yazdi, A., & Sharifi Teshnizi, E. (2021): *Effects of contamination with gasoline on engineering properties of fine-grained silty soils with an emphasis on the duration of exposure*. SN Applied Sciences, 3(7). <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04637-x>
- Zahermand, S., Vafaeian, M., & Bazyar, M. H. (2020): *Analysis of the physical and chemical properties of soil contaminated with oily (petroleum) hydrocarbons*. Earth Sciences Research Journal, 24(2), 163–168. <https://doi.org/10.15446/esrj.v24n2.76217>

TÁMOGATÓK

SPONSORS



IDEA+PLUS