

Híresatorna

A MAGYAR VÍZ- ÉS SZENNYVÍZTECHNIKAI SZÖVETSÉG LAPJA
2021/4. szám



**EGYÜTTMŰKÖDÉS
AZ OKTATÁSBAN**

ÉRJE EL HIRDETÉSÉVEL SZAKEMBEREK SZÁZAIT!

A Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség a kor követelményeinek megfelelő, elektronikus formában megjelenő szakmai lapját, a Hírcsatornát **AZ ÁGAZAT 1000 SZAKEMBERE KAPJA KÖZVETLENÜL KÉZHEZ** kéthavonta.

Ennél talán még fontosabb, hogy – statisztikáink alapján – átlagosan mintegy **750 ALKALOMMAL MEGTEKINTÉSRE IS KERÜL** minden lapszám.

A Hírcsatorna széles körben történő terjesztésével, így a Hírcsatorna több száz, a **TELEPÜLÉSI VÍZGAZDÁLKODÁS SZÉLESKÖRŰ SZAKEMBER CSOPORTJÁT** érheti el hirdetésével hatékonyan!

- a víziközmű üzemeltetők
- tervezők, kivitelezők
- ipari vízfelhasználók
- oktatási intézmények
- minisztériumok és kormányzati szervek
- önkormányzatok



Az elektronikus formának köszönhetően hirdetéseiben aktív tartalmak megjelentetésére is lehetőség van, így **KÖZVETLEN LINKEK, VIDEÓK, ANIMÁCIÓK** tehetik még vonzóbbá és informatívabb hirdetését.

Kedvezményes árainkról az alábbi **linken** tájékozódhat!

Reméljük, Ön is meglátja lehetőséget a Hírcsatornában!

IMPRESSZUM

A Magyar Víz –és Szennyvíztechnikai Szövetség online folyóirata

1046 Budapest, Kiss Ernő u. 3/A 419.

www.maszesz.hu

Kiadó: MaSzeSz

Kiadásért felel: Sinka Attila –főtitkár

Főszerkesztő: dr. Papp Mária

Szerkesztő: Lehócz Anita

Szerkesztőbizottság tagjai: Csörnyei Géza, Géczi Ágnes, Dr. Jobbágy Andrea, Dr. Karches Tamás, Dr. Kárpáti Árpád, Kiss Katalin, Dr. Licskó István, Laky Dóra, Makó Magdolna, Madarász Emese, Vadkerti Edit

Megjelenik negyedévente

Grafika és tördelés: Zsiráf Kreatív Ügynökség

TARTALOM

Beköszöntő	4
SZAKMAI - TUDOMÁNYOS ROVAT	
Mit tehetünk, ha nincs pénzünk negyedik tisztítási fokozat kialakítására - Bezsenyi Anikó, Makó Magdolna, Takács Erzsébet	5
Példaértékű összefogás a hallgatói innovációért az Óbudai Egyetemen - Bodáné Dr. Kendrovics Rita, Szilágyi Ákos	18
Hidrobiológus mesterképzés a Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Karán - Dr. Nagy Sándor Alex, Dr. Antal László, Dr. Grigorszky István	31
MASZESZ HÍREK, AKTIVITÁSOK	
Küldetésünk a tudás	41
Jurta hírek	43
Búcsúzunk - Emlékezés dr. Orbán Veronikára	45
ÁGAZATI HÍREK	
2021.évi III. lapszám 80. oldal - helyreigazítás	49
NEMZETKÖZI KITEKINTÉS	
Szilárd anyagok és finom részecskék az utcai lefolyásokban	50
TÖRTÉNETI VISSZATEKINTÉS	
Koszorúzás Órbottyánban - Fejér László	69
Wallandt Ernő és a Vaskapu szabályozása	71
KÉPZÉSI AJÁNLÓ	
TTK Nyári Tábor középiskolásoknak a Debreceni Egyetemen - Dr. Berta Csaba, Dr. Gyulai István	78
Képzési ajánló	85

A megjelentetésre szánt írásművek, hirdetések, csak nyílt (nem minősített) információkat és adatokat tartalmazhatnak. Ezek minősített voltát a Szerkesztő Bizottság nem vizsgálja, ennek felelőssége a cikk szerzőjét, valamint a hirdetőt terheli.

BEKÖSZÖNTŐ

KEDVES OLVASÓKI!



Eljött az év utolsó hónapja és elérkeztünk a Hírcsatorna ez évi utolsó számához. Úgy gondolom, hogy ebben az évben is sikerült a kollégákkal, a szakma képviselőivel sok érdekes, hasznos információt továbbítani az olvasók felé.

A bevezető cikkben a Fővárosi Csatornázási Műveknél megvalósuló kezdeményezésről olvashatunk, amikor **a mikro szennyezők eltávolítása** eleveniszapos eljárás segítségével történik, megfelelő körülmények között. A szerző részletesen elemzi, hogy miként lehet takarékoskodni a helyesen megválasztott üzemeltetési technológiával.

A mostani szám másik fő témája **a fiatalok részvétele a szakmában**, együttműködés az oktatók és diákok között. Ennek sikeres, szép példájáról olvashatunk, hogy az egyetem hogyan és miként vonja be diákjait a kutatásba.

Az Óbudai Egyetemen egy tudományos projekt keretén belül a tanárok és a diákok dolgoztak együtt. Igazi csapat munkát végeztek 2020. decemberében a Ráckevei (Soroksár) Duna ágon (RSD) történt szennyezés során

Elengedhetetlen, hogy a szakmában a hidrobiológiaihoz értő kollégák is dolgozzanak. **A Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Karán** ennek a képzésnek nagy hagyományai vannak. Az itt folyó magas színvonalú oktatásba kapunk betekintést.

A MaSzeSz ez évi sikeres webinárium sorozatáról egy színvonalas összefoglaló készült.

A Junior Tagozat már készül a jövő évi **Dulovics Junior Szimpóziumra**. Még nincs pontos időpont, de el lehet kezdeni a felkészülést.

Szomorú szívvel búcsúzunk dr. Orbán Veronikától, aki a szakma egyik kiemelkedő személyisége volt, sokan szerették, tisztelték.

A nemzetközi kitekintés rovat nagyon érdekes témával jelentkezik **„Szilárd anyagok és részecskék az utcai lefolyókban”**

Befejezésként a történeti visszatekintés rovatban olvashatunk, a **Dunai Vaskapu** építéséről, ahol a magyar szakemberek tudása, tapasztalata, önzetlensége megkérdőjelezhetetlen.

Az oktatás, képzés rovatunk továbbra is sok hasznos információt tartalmaz, valamint olvashatunk egy jó példát arra is, miként kell már **középiskolában megszerettetni a gyerekekkel a szakmát**.

Remélem ebben az évben is növekedett a Hírcsatorna olvasóinak a száma, melyet a jövőben is továbbra szeretnénk bővíteni színvonalas szakmai cikkekkel, információkkal.

Minden kedves olvasónak kellemes ünnepeket és boldog újévet kívánok kollégáimmal együtt!

Dr. Papp Mária
főszerkesztő

MIT TEHETÜNK, HA NINCS PÉNZÜNK NEGYEDIK TISZTÍTÁSI FOKOZAT KIALAKÍTÁSÁRA?

BEZSENYI ANIKÓ,

FŐVÁROSI CSATORNÁZÁSI MŰVEK ZRT; ÓBUDAI EGYETEM, ANYAGTUDOMÁNYOK ÉS TECHNOLOGIÁK DOKTORI ISKOLA

MAKÓ MAGDOLNA,

FŐVÁROSI CSATORNÁZÁSI MŰVEK ZRT

TAKÁCS ERZSÉBET,

MTA ENERGIATUDOMÁNYI KUTATÓKÖZPONT (MTA EK)

A szennyvíztisztításban a környezeti és egészségügyi kockázatot hordozó szerves mikroszennyezők egyre nagyobb figyelmet kapnak. Biológiai nehezen bonthatók, így gyakran változatlan formában jutnak keresztül a hagyományos szennyvíztisztító rendszereken. Káros hatással lehetnek a bioszféra elemeire: toxikusak, vagy rezisztens kórokozók kialakulását indukálhatják (antibiotikumok). Az elmúlt évtizedekben számos technológiai újítás jelent meg az eltávolításukra szabva, de ezek főként egy negyedik tisztítási fokozat kiépítésével alkalmazhatók, amelyek beruházási és üzemeltetési költsége magas. A szennyvíztisztító telepek többségében csak az eleveniszapos egység áll rendelkezésre. Az eleveniszapos technológia számos mikroszennyező szignifikáns eltávolítására képes lehet megfelelő körülmények között és a legnagyobb biodegradációs hatékonyság elérése alapvető célkitűzés minden üzemeltetőnek. Az ún. kometabolikus folyamatok során a baktériumok enzimei véletlenszerűen képesek megváltoztatni bonyolult szerkezetű molekulák (pl. gyógyszerek) szerkezetét. Ezt a természetes folyamatot kihasználva segíthetjük a gyógyszer-molekulák biológiai átalakulását a szennyvíztisztítás során.

1. BEVEZETÉS, IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Azon lehet vitatkozni, hogy a szennyvízben és az antibiotikumok kiemelt jelentőségűek mikro, a felszíni vizekben megjelenő gyógyszer-mennyiség közvetlen fiziológiai kárt okoz-e a vízi környezetben élő szervezetekben, azonban illetve nanomennyiségük ellenére is. Az antibiotikum-rezisztencia akkor alakul ki, ha egy kórokozó ellenállóvá válik egy olyan antimikrobiális

szerrel szemben, melynek hatására korábban még elpusztult volna. A baktériumok gyakran multirezisztensek, vagyis több antibiotikummal szemben is ellenállóak. A szennyvízben literenként ng, illetve µg koncentrációban megjelenő antibiotikumok mennyisége ahhoz esetleg kevés, hogy a szennyvíz baktériumait elpusztítsa vagy gátolja, de a rezisztencia kialakulásához pont elegendő lehet. Ezért a kórházak mellett a szennyvíztisztító telepek is forró pontjai az ún. multirezisztens törzsek kialakulásának. Ráadásul rengeteg baktérium van egy helyen és egymásnak át tudják adni a rezisztencia géneket az ún. horizontális géntranszfer (génátadás, génáramlás) segítségével.^[1] Tehát nem is kell közvetlenül találkozni az antibiotikumnak és a baktériumnak. A szennyvíz úgy működik, mint egy nagy piac a baktériumok számára. Sok messziről jött idegen értékes portékával összegyűlik és csereberélnek. Ennek a genetikai csereberének annál nagyobb a valószínűsége, minél több baktérium gyűlik össze egyhelyen.

Az ún. Cameron jelentés szerint, amely a megrendelője, David Cameron volt brit miniszterelnök után kapta a nevét, az antibiotikum-rezisztencia-következtében évente 10 millió ember halhat meg 2050-től. Ez azt jelenti, hogy minden harmadik másodpercben ez okozza egy ember halálát, illetve többen halnak meg antibiotikum-rezisztencia következtében, mint rákban és közúti balesetekben együtt. Ma a világon évente 700 ezer ember halálát okozza, ebből 50 ezren Európában és az Egyesült Államokban hunynak el.^[2]

A szerves mikroszennyező anyagok hatékony eltávolítása szennyvízből negyedik tisztítási fokozatok kiépítésével érhető el. Jelen tudásunk szerint erre a legalkalmasabbak a nagyhatékonyságú oxidációs eljárások (ahol a képződő

reaktív gyökök bontják meg a szerves molekulák szerkezetét), bizonyos membrántechnológiák (mikroszűrés, reverz ozmózis), valamint az aktív-szenes szűrésformák. Azonban ezek nagyrészt költséges technológiák. Nem csak a kiépítésük, hanem az üzemeltetésük is. Ezen a területen Svájc és Németország jár élen, ahol a hagyományos biológiai szennyvíztisztítási technológiát követően, azt kiegészítve, első alkalommal 2014-ben illetve 2015-ben helyeztek üzembe negyedik tisztítási fokozatot. A 2016-ban elkészült új vízügyi szabályozásnak megfelelően Svájcban 2040-ig 650-ből 120-130 szennyvíztisztító (azaz a teljes szennyvízmennyiség ~50 %-a) esetén építik ki a mikro-szennyezők eltávolítási fokozatát. Elsődleges cél az érzékeny víztestek és az ivóvízbázisok megóvása a mikroszennyezőktől. Várható növekmény a szennyvíztisztítás költségeiben kisebb szennyvíztisztítók esetén 10-20 %, nagyobbaknál 20-50 %.^[3] Jelenleg még nagy beruházási, de viszonylag alacsony üzemeltetési költséggel működnek elektrongyorsítók pár helyen Ázsiában. Ilyen üzemel a dél-kínai Jiangmen városban és napi 30 ezerm³ textilipari szennyvíz tisztítására alkalmas. Ehhez a kapacitáshoz a Guanhua Knitting Factory üzeme 7 elektrongyorsító egységet telepített.^[4]

Mielőtt nagyobb beruházásokba fognánk, talán érdemes megvizsgálni, hogy a biológiai szennyvíztisztítás mire képes a mikroszennyezőkkel kapcsolatban. A szennyvíztisztító telepek többségében eleveniszapos technológia áll az üzemeltetők rendelkezésére és ezzel kell hosszútávon gazdálkodniuk.

A lebontást végző mikroorganizmusok enzimszere a természetes úton kialakult kémiai vegyületekhez szokott hozzá, így a mesterségesen előállított szerves mikroszennyezőket nem

tudják közvetlenül lebontani, anyagcsereútjaiknak idegenek ezek a vegyületek (xenobiotikumok). Az anyagcsere folyamatai, útvonalai az evolúció során változnak, képlékenyek. Azonban ezek a szintetikus molekulák, mint a gyógyszerek is, nagyrészt az utóbbi évtizedekben jelentek meg, így a mikroorganizmusok korábban nem találkoztak ezekkel. Akadnak olyan baktériumtörzsek is, amelyek az anyagcseréjükbe képesek bevonni bizonyos gyógyszereket, de ez ritka. Ráadásul ezek alkalmazása a szennyvíztisztítási technológiában nehézkes és költséges, hiszen egy speciális törzset kell felszaporítani. Szerencsére azonban a kémiai anyagot átalakítását segítő enzimek kellőképpen rugalmasak. Az enzim által irányított biokémiai átalakulás kiindulási vegyületét szubsztrátnak nevezik, ennek a molekulának változik meg a szerkezet, ezen fejt ki az enzim a hatását. Az enzimek egyrésze nem hűséges teljesen a szubsztrát partneréhez és véletlenszerűen más, a szubsztráthoz hasonló szerkezetű molekulát is átalakít. Ez tulajdonképpen működési hibának tekinthető, de evolúciós szempontból kedvező, mert az enzim későbbi repertoárja kiszélesedhet. Ez az emberiség szerencséje is, hiszen a mikroszennyezők esetében is működhet ez a véletlenszerű átalakítás, a molekula szerkezetének „hasítása”, ha úgy tetszik.

A kometabolizmus során egy bonyolult szerkezetű molekulát (pl. gyógyszer) képes megbontani a baktérium, ha egy egyszerű, könnyen bontható szubsztrát is a rendelkezésre áll. Egy olyan bonyolult molekulát, amelyet normál esetben nem képes bontani, mert nem idomult hozzá az enzimrendszere. Tulajdonképpen itt arról van szó, hogy az egyszerű szubsztráttal megdolgoztatjuk az enzimjét és ez az enzim véletlenszerűen a bonyolult molekulát is bontja. Itt természetesen nem teljes lebontásról beszélünk, hanem csak

a molekula szerkezetét változtatja meg egy ponton az enzim. Amikor az enzim a saját szubsztrátját bontja, akkor végső soron a szubsztrát az anyagcserébe bekapcsolva szén- vagy energiaforrásként szolgálhat. A kometabolizmus, a véletlenszerű átalakítás nem jár energiatermeléssel vagy egyéb hasznosítással. Mégis a molekula elindul a biokémiai átalakulás útján.

A kometabolikus biodegradációra nem csak szerves anyag fogyasztó (heterotróf) szervezetek képesek, hanem ún. autotrófok is, például a nitrógéneltávolítási ciklusból jól ismert nitrifikálók. Ez utóbbival a szakirodalom részletesen foglalkozik és szerepük a gyógyszerek kometabolikus folyamataiban jól ismert.^{[5][6]} Mi a kutatásainkban a heterotróf mikroorganizmusok kometabolizmusával foglalkozunk és a szennyvíztisztításban betöltött szerepüket térképezzük fel. Kifejezetten a gyógyszermaradványokra koncentrálnak, hiszen komoly közegészségügyi kockázatot hordoznak.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

A kísérletekhez a következő gyógyszereket használtuk: eritromicin (ERY), oxacillin (OXA), trimetoprim (TMP), piperacillin (PIP), kloxacillin (CLX), tetraciklin (TCN), oxitetra-ciklin (OTC), klórtetraciklin (CTC), doxiciklin (DOX), szulfametoxazol (SMX), diclofenák (DCF), ibuprofen (IBP), klofibrinsav (CFA), karbamezepin (CBZ). Kiemelten kezeltük a szulfametoxazolt, a diclofenákot és a karbamezepint, amelyeket a szakirodalmi adatok alapján a biológiailag legnehezebben transzformálható gyógyszerek közé tartoznak. Szubsztrátként (GS = growth substrate) a következő egyszerű szerves vegyületeket alkalmaztuk: metanol, etanol, hangyasav, ecetsav, propionsav, vajsav, valeriánsav, kapronsav, tejsav, etilén-glikol.

A gyógyszerek biológiai bonthatóságát légzésintenzitás vizsgálatokon keresztül követtük nyomon, amely az oxigénfelvételi rátával (OxygenUptake-Rate, OUR) számszerűsíthető és a biomassza metabolikus aktivitását tükrözi. A vizsgálatokhoz ún. mosott iszapot használtunk, amelyet az eleveniszap, illetve a biofilm biomassza háromszoros dekantálásával nyertünk. 300 mL térfogatú Karlsruhe palackokban, folyamatos keverés mellett, 20 °C-on határoztuk meg az eleveniszappal oltott minták oldott oxigén koncentrációjának változását (DissolvedOxygen, D.O.). Az adatokat 15 percenként rögzítettük az oxigén teljes elfogyasztásáig, de legfeljebb 3 órán keresztül. Az eredményeket $\text{mg O}_2 \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ formában adtuk

meg. A keverékek 25 mg biomassza szárazanyagot, 0,05 mM gyógyszert (végső koncentráció) és 150 KOI-ekvivalens szubsztrátot (metanol vagy illósavkeverék) tartalmaztak.

Az előülepített szennyvizet és a csurgalékvizeket (gravitációs sűrítő csurgalék, centrifuga csurgalék) desztilláltuk a légzéstechnikákhoz, mivel a minták eredendően sok baktériumot tartalmaznak és ezek önálló légzése egyrészt túlzottan megnöveli az oxigénfogyasztást, másrészt a minták könnyen bontható illósvartartalmát tárolás (4 °C) közben is jelentősen csökkenti. Desztillációt követően a minta hosszú időn keresztül tárolható. Felhasználás előtt a pH-értéket 0,1/1N/40%



1. ábra. A minireaktorok felépítése

NaOH oldatokkal állítottuk be a biológiai vizsgálatokhoz optimális $7,2 \pm 0,2$ értékre. A kémiai oxigénigényvizsgálatot az MSZ ISO 6060:1991 szabvány alapján végeztük.

Az illós összetétel meghatározására szolgáló vizsgálatokat Agilent 6890N típusú gázkromatográf készüléken végeztük. A mintákat (vizes oldatok) hangyasavas savanyítás (és belső standard hozzáadása) után folyadékinjektálással mértük, polietilén-glikol (DB-Wax, 30 m hossz, 0,32 mm belső átmérő, 0,25 μm filmvastagság) állófázisú kapilláris kolonnán, lángionizációs detektorral. Az injektált mennyiség 1 μl (kézi injektálás, split arány 1:10) volt, injektor hőmérséklete 250 °C.

A minireaktoros kísérleteket 1000 mL főzőpoharakban állítottuk össze. Az edény aljára 8 cm-es, saját anyagból készült talpakon álló acél dróthálót helyeztünk, amely egyrészt a biofilm hordozóanyagát tartotta, másrészt helyet biztosított az edény alján a levegőztető habkő zavartalan működéséhez (1. ábra). Minden reaktorban 200 g töltet volt átlagosan 4,6 g metanolhoz szokott denitrifikáló biomasszával. 800 mL folyadékszintet tartottunk. A biomasszát naponta makroelemekkel (0,8 mL $22,5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{ H}_2\text{O}$, 1 mL $27,5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \text{CaCl}_2$, 1 mL $0,25 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{ H}_2\text{O}$, foszfátpuffer pH 7,2) és nitrogénforrással (4 g KNO_3) láttuk el. Szubsztrátként naponta 660 μL metanoladagoltunk. A reaktorokat állandó hőmérséklet (20 ± 1 °C) folyamatosan levegőztettük 3 napon keresztül. Kontrollként metanoladagolás nélküli reaktort használtunk, amelyekben így kizárható a kometabolizmus. A harmadik napon a reaktorokat szétszedtük és a folyadékfázist szűrtük MN 715 zsírintes szűrőpapíron, majd fagyasztva tároltuk.

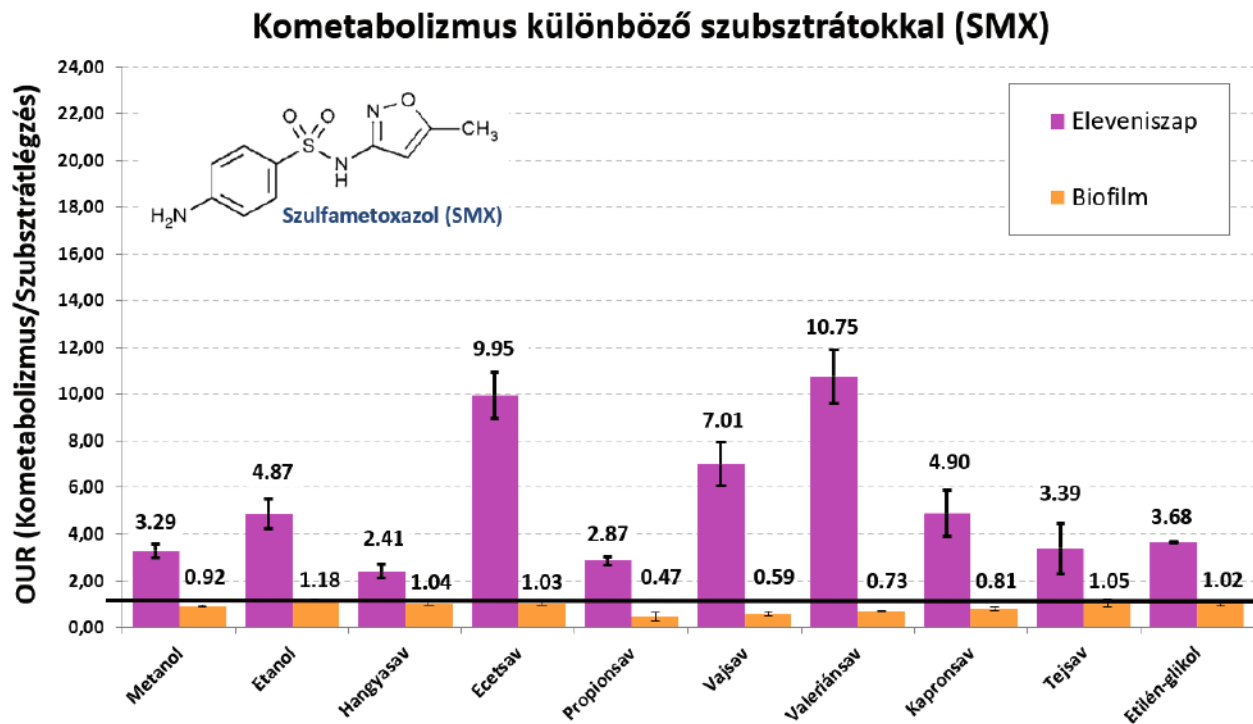
A minireaktoros kísérleteknél a diklofenák koncentrációját nagyhatékonyságú folyadékkromatográfia (HPLC) vizsgálatokkal határozta meg a Bálint Analitika Mérnöki Kutató és Szolgáltató Kft., amely a NAH által NAH-1-1666/2019 számon akkreditált vizsgálólaboratórium. A gyógyszervegyületek koncentrációjának meghatározását az EPA 1694:2007 módszer alapján mérték HPLC-MS/MS készülékkel. Az módszer alsó méréshatára folyadékok esetében 0,005-20 $\mu\text{g/L}$.

3. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A kometabolizmus hatékonyságának felmérése egyszerű szerves szubsztrátokkal

A heterotróf kometabolizmus elvi lehetősége adott, de nem tudjuk, hogy a gyakorlatban mennyire elterjedt ez a jelenség. Korábbi kísérleteink során az SMX és a DCF esetében végeztünk légzéstezteszteket. Szubsztrátként (GS = growth substrate) a következő egyszerű szerves vegyületeket alkalmaztuk: metanol, etanol, hangyasav, ecetsav, propionsav, vajsav, valeriansav, kapronsav, tejsav, etilén-glikol. Az eredmények a 2. ábrán és a 3. ábrán láthatók.

Az oxigénfelvételi rátát (Oxygen Uptake Rate, OUR) egy hányados formájában adtuk meg, amely azt mutatja, hogy a gyógyszervegyület adagolása milyen arányban növeli meg az egyszerű szerves molekula fogyasztása során mérhető szubsztrátlégzést. Kometabolizmusról >1 értékek esetében beszélhetünk. Az ábra értelmezését az 1-es értéknél húzott vastag, fekete vonal segíti. Az SMX kometabolizmusa csak eleveniszappal működött, de minden vizsgált szubsztrát esetében. A DCF szerkezetét mindkét oltóanyag képes volt megbontani



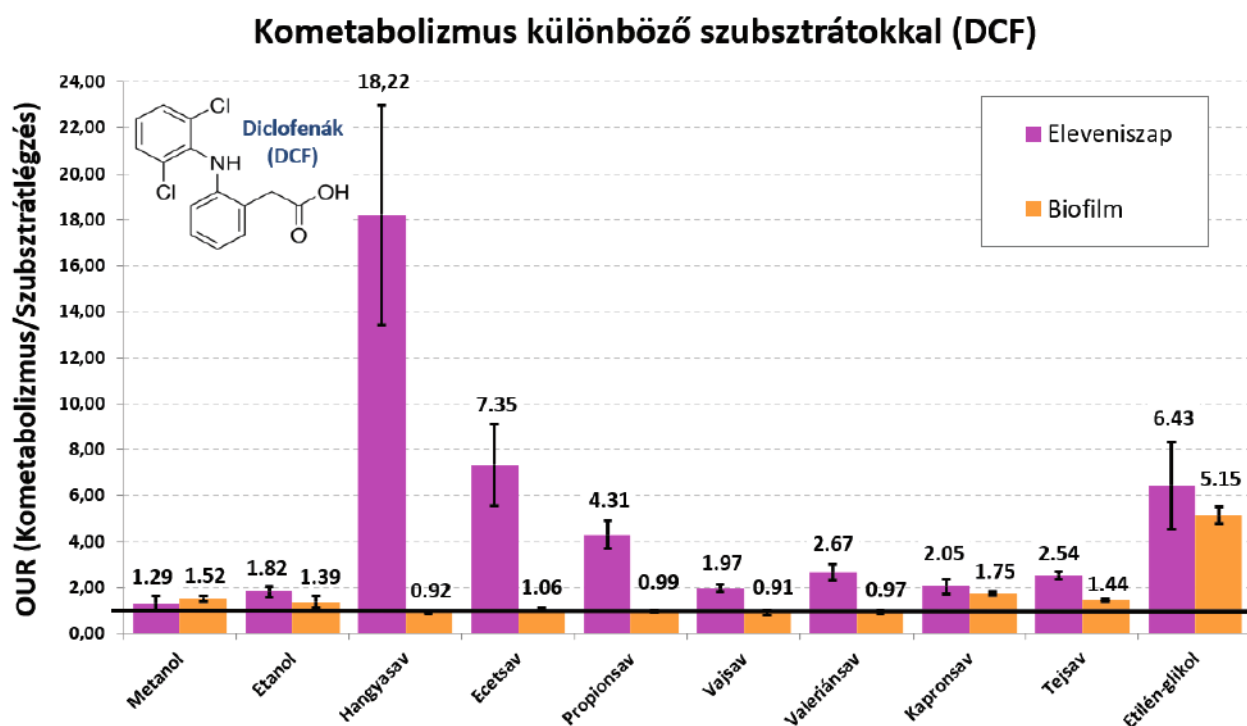
2. ábra. A kometabolizmus vizsgálata SMX esetében 10 könnyen bontható szubsztrát adagolásával, eleveniszap és denitrifikáló biofilm oltóanyaggal.

több szubsztrát segítségével, bár nagyon eltérő mértékben. A méréseket többször megismételtük és az ismétlések alapján azt is rögzíthető, hogy az oltóanyagok időben is változnak, így egyes szubsztrátok hozzájárulása a kometabolizmus jelenségéhez ugyancsak változik. Például a metanol a későbbi ismétlések során komolyabb hatást gyakorolt mindkét gyógyszer biotranszformációjára a biofilmes rendszerénél. A kétféle oltóanyag között az a lényeges különbség, hogy ugyan mindkettő szerves anyag fogyasztó, heterotróf kultúra, de a denitrifikáló biofilm fajkészlete valószínűleg beszűkült. A biomassza forrásul szolgáló denitrifikáló töltetek a második biológiai fokozat (nitrifikáló és denitrifikáló bioszűrő) részét képezik a Dél-pesti Szennyvíztisztító Telepen.^[7] Külső szénforrásként metanolt adagolnak a rendszerhez, így a tölteteken megtelepedő baktériumkultúrát

speciálisan szelektálják. A metanoladagolás a közösség egyoldalú táplálását jelenti. Emiatt azok a mikroorganizmusok szaporodnak el a biofilmben, amelyek ezt a szénforrást értékesíteni tudják. A metanol hasznosítására az ún. metilotróf mikroorganizmusok képesek. Érdeemes megjegyezni, hogy a metilotróf mikroorganizmusok specifikus enzime, a metán monooxygenáz (MMO) enzimképesek kis molekulású, halogénezett szénhidrogének bontására kometabolizmussal.^[1]

A kometabolizmus hatékonyságának felmérése szennyvízzel és csurgalékvizekkel

A kísérletekben alkalmazott egyszerű szerves szubsztrátok a szennyvíztisztítás során is képződnek minden olyan műtárgyban, ahol az oxidációs-redukációs körülmények ezt lehetővé

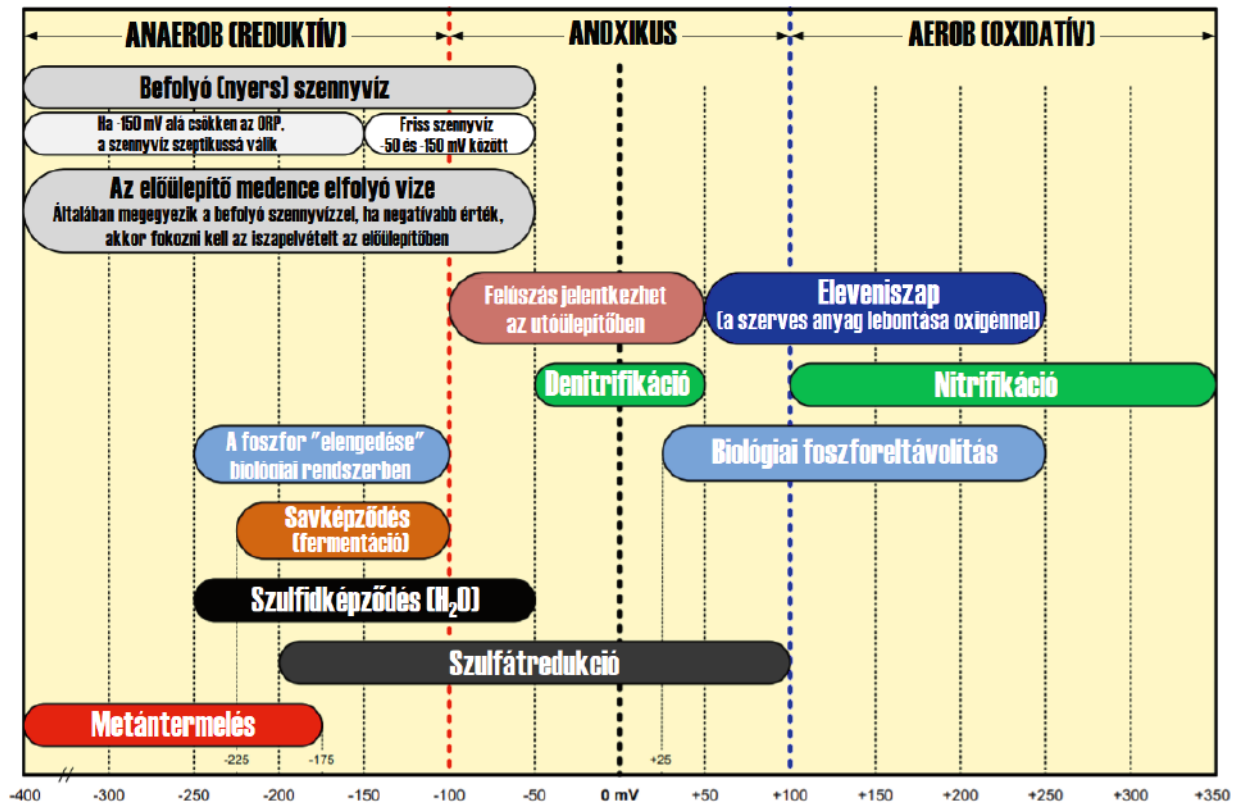


3. ábra. A kometabolizmus vizsgálata DCF esetében 10 könnyen bontható szubsztrát adagolásával, eleveniszap és denitrifikáló biofilm oltóanyaggal.

teszik. Képződésükhöz teljesen oxigényhiányos (anaerob) környezet szükséges. A baktériumok elektronátvitellel állítanak előenergiát. Eközben az egyik molekuláris résztvevő oxidálódik, a másik redukálódik. Ezek egymáshoz viszonyított mértéket az ún. oxidációs-redukációs potenciál (redox-potenciál, ORP) fejezi ki. Tehát a környezet redox-állapota a benne zajló biológiai folyamatok indikátora. A szennyvíztisztítás kiemelt biológiai fázisai, folyamatai és a hozzájuk köthető redox-intervallumok a 4. ábráról olvashatók le. A savképződés (fermentáció) -100 és -250 mV értékek között zajlik, vagyis jellemzően a kifejezetten anaerob műtárgyakban, egységeken (előüleptető, gravitációs sűrítő stb.). Így a rothasztókban és a különböző csurgalékvizekben is megjelennek ezek a szerves savak, alkoholok.

Jellemző fermentációs termékek: szén-dioxid, szén-monoxid, hidrogén, ammónia, kén-hidrogén, metanol, metil-amin, etanol, hangyásav, ecetsav, propionsav, vajsav, valeriánsav, kapronsav, borostyánkősav, tejsav, butanol, fumársav, almasav, ornitin, citrulin, piroszőlősavak (indol-piroszőlősav), metil-merkaptán, vajsavak (α -keto-vajsav, α - és β -metil-vajsav), glutaminsav, formamid, δ -amino-valeriánsav, acetaldehid, alaninsav, glicin, indol-propionsav, indol, fenol, p-krezol, p-hidroxi-fenil-ecetsav, p-hidroxi-fenil-akrilsav, p-hidroxi-fenil-tejsavak stb.^{[1][8]}

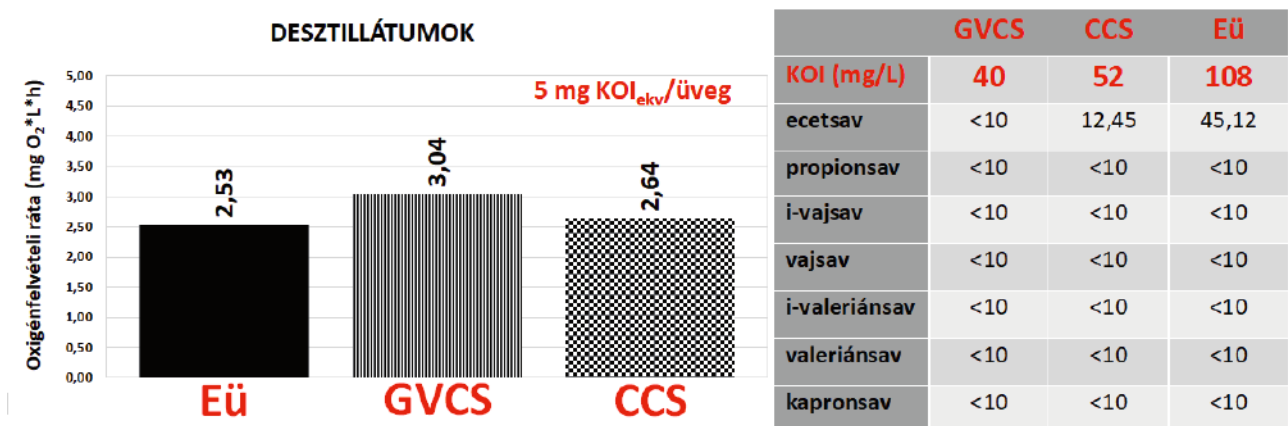
A fentiek értelmében a szennyvíztelep anaerob fázisait, mint egyszerű szerves szubsztrátforrásokat is megvizsgáltuk. Egy külön mérésorozatban az SMX kometabolizmusát összevettük kétféle csurgalékvíz (GVCS = gravitációs sűrítő csurgalék;



4. ábra. Az oxidációs-redukciós potenciál (ORP) és a hozzá kapcsolható biológiai folyamatok a szennyvíztisztítás során

CCS = centrifuga csurgalék) és az előületített szennyvíz esetében (Eü). Oltóanyagként eleveniszapot használtunk. Mivel ezek a minták önmagukban is aktívak biológiailag (számtalan baktériumot tartalmaznak), ledesztilláltuk mindhármát és az az illósvartartalmukat használtuk

fel közvetlenül. A desztillátumok szerves anyag tartalma (Izd. Kémiai Oxigénigény (KOI) értékek a 5. ábrán) és illósvösszetétele is különbözött, bár nagyrészt ecetsavat tartalmaznak. A KOI-értékük Eü (108) > CCS (52) > GVCS (40) sorrendben változott.



5. ábra. Az előületített szennyvíz és a csurgalékvizek desztillátumainak adatsorai (OUR, KOI és illósvösszetétel)

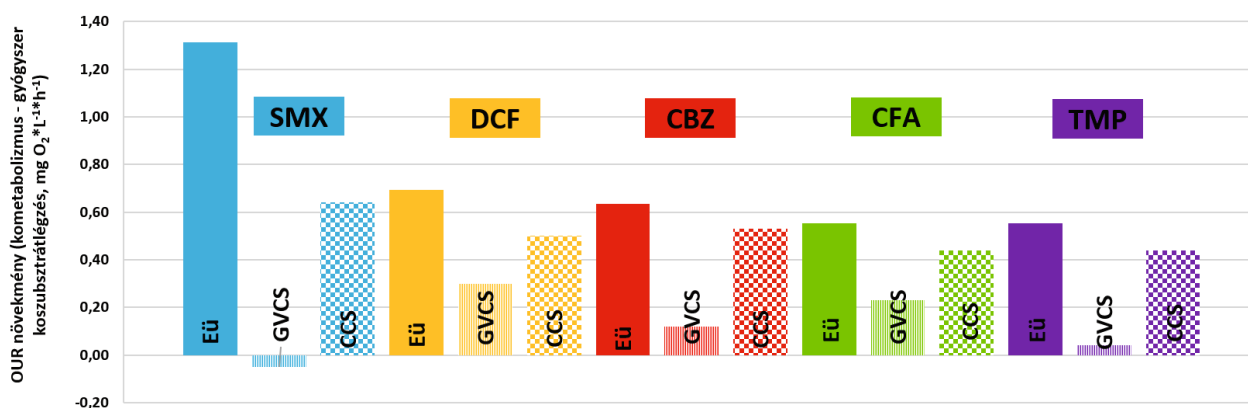
A légzésesztetek során nem egyenlő térfogatban adagoltuk a szennyvíz desztillátumokat, bár bizonyos szempontból az is megfelelő összehasonlítási alap lenne, hanem azonos terhelési értékeket alkalmaztunk. Ez azt jelenti, hogy minden üvegben ugyanannyi iszap volt, ugyanannyi szerves anyag terheléssel (=5 mg KOlekV). Ez az eljárás is az illósvartalom közötti minőségi különbséget mutatja biológiai oldalról. Jobban bontható (nagyobb légzésintenzitás) a kedvezőbb illósvösszetételű forrás. Így olyan különbségeket is láthatunk, amelyet a gázkromatográfia (5. ábra, illósvösszetétel) a méréshatár limitáció miatt nem mutat ki. A 5. ábra grafikonja alapján is leolvasható, hogy önmagában a GVCS illósvösszetétele a legkedvezőbb ($3,04 \text{ mg O}_2^* \text{L}^{-1} \text{h}^{-1}$), a másik két mintáé közel azonos (Eü: $2,53$; CCS: $2,64 \text{ mg O}_2^* \text{L}^{-1} \text{h}^{-1}$).

A kometabolizmus kísérletek során, amikor a gyógyszervegyületet (SMX) is adagoltunk az illósvak mellé, az Eüdesztillátum mutatkozott a legkedvezőbb összetételűnek. Öt gyógyszert teszteltünk (SMX, DCF, CBZ, CFA, TMP) eleveniszap oltóanyaggal és mind az öt alkalommal

az Eü adagolás eredményezte a legnagyobb légzésintenzitásváltozást. Az 6. ábra foglaltuk össze az eredményeket, ahol már kometabolizmus hatására mérhető légzésintenzitásnövekmény olvasható le közvetlenül.

A további kísérleteket eleveniszappal és Eüdesztillátummal folytattuk. 14 gyógyszer (OXA, CLX, PIP, DOX, ERY, TCN, OTC, CTC, SMX, TMP, IBP, DCF, CBZ, CFA) esetében vizsgáltuk a kometabolizmus elterjedtségét. A kometabolizmus minden vizsgált gyógyszer esetében működött eltérő hatékonysággal. A 7. ábra szemlélteti az eredményeket. Az azonos színű, de eltérő mintázatú oszlopok tartoznak egy gyógyszerhez. A vonalazott oszlop a gyógyszer önálló bonthatóságát mutatja, míg a telített oszlopok az illósv hatására fellépő kometabolizmussal mérhető légzésintenzitást. Természetesen ez utóbbit az illósvas szubsztrát légzéssel korigáltuk, így a grafikonon már a nettó érték látható, amely a gyógyszer bontására vonatkozó érték. A vonalazott és telített oszlop különbsége mutatja, hogy a gyógyszermolekula nagyobb biológiai átalakuláson megy át, mint önállóan, kometabolizmus nélkül. Bizonyos

KOMETABOLIZMUS DESZTILLÁTUMOKKAL (= ILLÓSAV)

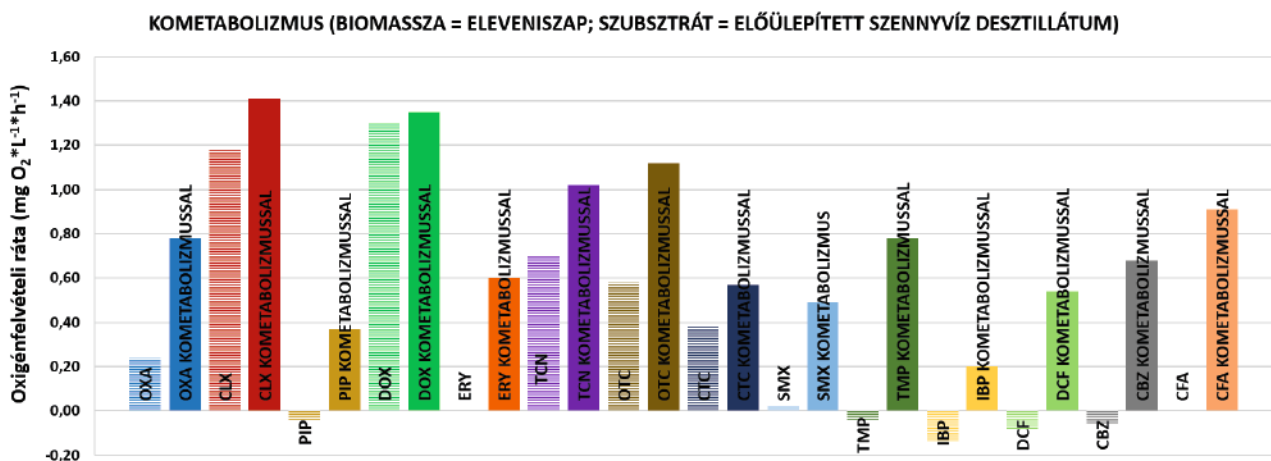


6. ábra. A kometabolizmus desztillátumokkal és eleveniszap oltóanyaggal. Jelölések: előülepitett szennyvíz (Eü), gravitációs sűrítő csurgalék (GVCS), centrifuga csurgalék (CCS), szulfametoxazol (SMX), diclofenák (DCF), karbamezepin (CBZ), klofibrinsav (CFA), trimethoprim (TMP).

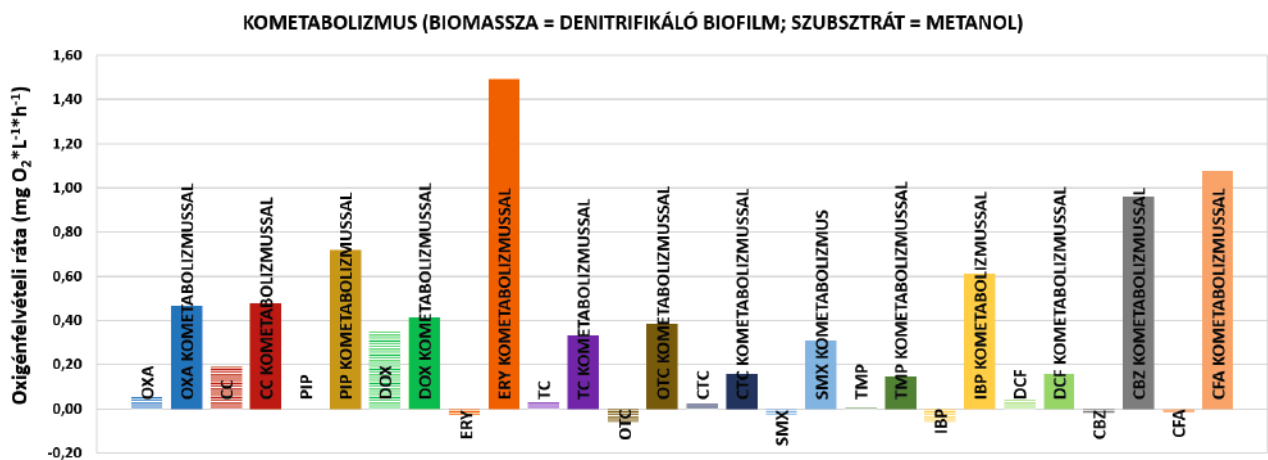
gyógyszerek esetében (ERY, OTC, SMX, IBP, CBZ, CFA) negatív értékek jelennek meg az önálló bonthatóságnál. Ez nem feltétlenül jelenti azt, hogy a gyógyszer toxikus, hiszen hibahatáron belüli értékek is lehetnek.

A kísérleteket megismételtük a denitrifikálóbiofilmmel is. Ebben az esetben nem desztillátumokat használtunk, hanem metanolt szubsztrátként.

Ezt a beszűkültebb, metilotróf kultúra kényesebb ízlése miatt alakítottuk így. Az eleveniszapos kísérlethez hasonló eredményeket kaptunk, mely szerint a kometabolizmus minden vizsgált gyógyszer esetében működött eltérő hatékonysággal. Az eredményeket a 8. ábrán foglaltuk össze. Nem feltétlenül ugyanazon a gyógyszerek esetében működik jól a kometabolizmus és egymáshoz az viszonyított hatékonyság is eltérő.



7. ábra A kometabolizmus elterjedtsége eleveniszap esetében. Szubsztrátként előülepitett szennyvizet használtunk. Jelölések: eritromicin (ERY), oxacillin (OXA), trimethoprim (TMP), piperacillin (PIP), kloxacillin (CLX), tetraciklin (TCN), oxitetraciklin (OTC), klórtetraciklin (CTC), doxiciklin (DOX), szulfametoxazol (SMX), diclofenák (DCF), ibuprofen (IBP), klofibrinsav (CFA), karbamezepin (CBZ).



8. ábra A kometabolizmus desztillátumokkal és eleveniszap oltóanyaggal. Jelölések: előülepitett szennyvíz (Eü), gravitációs sűrítő csurgalék (GVCS), centrifuga csurgalék (CCS), szulfametoxazol (SMX), diclofenák (DCF), karbamezepin (CBZ), klofibrinsav (CFA), trimethoprim (TMP).

A kometabolizmus hatékonyságának felmérése HPLC vizsgálatokkal

Az alábbi kísérletekben számszerűsítettük is a kometabolizmus hatékonyságát. Ehhez a vizsgált gyógyszer koncentrációját HPLC vizsgálatokkal határoztuk meg. A szerves anyag fogyasztó heterotróf mikroorganizmusok közül metilotrófokkal foglalkoztunk, hiszen – mint azt fentebb már említettük – az MMO (metán-monooxygenáz) enzimmel kapcsolatban ismert a kometabolizmus jelentősége. Ezért a metilotróf dominanciájú denitrifikálóbiofilm-kultúrát vizsgáltuk. Korábbi kísérletek alapján tudtuk, hogy a DCF lebontásában ez a kultúra hatékonyabb, mint az eleveniszap. Feltételezhető, hogy az MMO enzimnek van jelentős szerepe a diclofenackometabolizmusában. Ez a biofilm kultúra a metanolt jól hasznosítja, így megfelelő hajtóerő lehet a diclofenackometabolizmusához. Ugyanez a kultúra az etilén-glikolt is hasznosítani tudja. Ez volt a másik kísérleti szubsztrátunk. Azt vizsgáltuk, hogy metanol, vagy etilén-glikol jelenlétében bomlik-e a DCF, mert önállóan ez a kultúra nem tudta bontani a gyógyszert.

A kometabolizmus hatékonyságát a légzés-tesztek lezárása (szűrés 0,45 µm-es szűrőpapírral, majd fagyasztás) után HPLC vizsgálatokkal ellenőriztük, amellyel a kiindulási és a végső DCF koncentrációt mértük.

A légzésintenzitásértékeket is regisztráltuk. Az oxigénkoncentráció korlátozott volt, az átalakulás ennek kimerüléséig tartott (1-2 óra). Az eredményeket a 1. táblázatban foglaltuk össze. A táblázatban feltüntetett oxigénfogyasztás a DCF molekula által indukált nettó érték, azaz a metanol/etilén-glikolszubsztrát légzését már levontuk.

A mért oxigénfogyasztás és a gyógyszerfogyás arányából kiolvasható, hogy az oxidáció nem teljes, ami nem meglepő, mert a kometabolizmus valóban csak részleges bontást jelent. Mivel a légzéseszközök során az oxigénkoncentráció limitált, így a gyógyszerek kometabolizmusának hatékonysága csak korlátozottan értékelhető. A fellevegőztetett folyadékban az oxigénkoncentráció 7,6 mg/l (20°C) körüli érték, amely gyorsan nullára csökken az aerob biológiai folyamatok következtében. Ezért folyamatos levegőztetés mellett is megismételtük a méréseinket, amelyhez minireaktorokat állítottunk össze. Ugyancsak biofilmes kultúrát használtunk metanoladagolással. A kiindulási DCF koncentráció 34,3 mg*L⁻¹ volt, a végső 26,9 ±1,5 mg*L⁻¹. A kometabolizmus hatékonysága 420±100 µg DCF*g⁻¹ biomassza*nap⁻¹. A DCF 0,001 - 94,2µg*L⁻¹koncentrációban van jelen a nyers szennyvízben.^[5]

ÖSSZEÁLLÍTÁS	GYÓGYSZER FOGYÁS (mg/L)	O ₂ FOGYÁS (mg/L)	O ₂ /DCF
DCF + metanol	2,10	1,25 (1h alatt)	0,59 (2,32 = teljes oxidáció)
DCF + etilén-glikol	1,15	0,6 (2h alatt)	0,52 (2,34 = teljes oxidáció)

1. táblázat A légzéseszközök és a HPLC mérések eredményeinek kiértékelése

4. ÖSSZEFOGLALÁS ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

A tartózkodási idő jótékony hatását a mikro-szennyezők eltávolítására több cikk és tanulmány is jelzi. ^[5]A nitrifikáló baktériumok lassan szaporodnak és növekednek, ráadásul gyenge helyképzők, így gyorsan kimosódhatnak az eleveniszapos rendszerből alacsony iszapkor/rövid tartózkodási idő (sludgeretentiontime, SRT) esetén. Ha nitrifikáló rendszert szeretnénk fenntartani, akkor a legalább 8 napos iszapkor ajánlott.^[10] Tehát a hosszú tartózkodási idő / magas iszapkor valójában a nitrifikálók biomasszáját növeli és a kometabolizmuson keresztül gyakorolt jótékony hatást a mikro-szennyezők eltávolítására.

A jóval rövidebb tartózkodási időt igénylő, szerves anyag fogyasztó (heterotróf) baktériumok is képesek kometabolizmusra, így belső és külső szénforrások alkalmazása mindenképpen segítheti a mikroszennyezők eltávolítását. Belső szénforrásként a különböző illósavtartalmú csurgalékvizek és ülepitett szennyvíz használható, esetükben a kometabolizmusigazolható. A denitrifikáció segítésére alkalmazott külső szénforrások (pl. metanol) is segítik a gyógyszerek átalakulását. A kometabolizmus hatékonysága egy metanolhoz szokott denitrifikáló rendszer esetében akár $420 \pm 100 \mu\text{g DCF} \cdot \text{g}^{-1} \text{biomassza} \cdot \text{nap}^{-1}$ is lehet. Általánosságban elmondható, hogy amikor a denitrifikációt segítjük egyszerű szerves anyagokkal, akkor a kometabolizmust, így a gyógyszerek eltávolítását is segítjük.

Fontos kiemelni, hogy véletlenszerű enzimatikus folyamat lévén, a kometabolizmus valószínűségét akkor növeljük, ha az enzimeket megdolgoztatjuk (intenzív lebontási folyamatok, nitrifikáció, denitrifikáció). Minél változatosabb a lebontást végző kultúra (fajgazdag eleveniszap), annál nagyobb valószínűséggel akad olyan enzim, amely véletlenszerűen megbontja egy gyógyszermolekula szerkezetét.

A nyers szennyvíz körülbelül literenként 400-600 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ szerves anyaggal érkezik a szennyvíztisztító telepre. A gyógyszerek koncentrációja ugyanebben a szennyvízben egyenként ng, illetve $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$. Ahhoz, hogy a kometabolizmus minél hatékonyabb legyen, meg kell növelnünk az enzimek és a gyógyszerek találkozási valószínűségét. Ezt nemcsak az enzimek megdolgoztatásával érhetjük el, hanem akkor is, ha az alacsonyabb szerves anyag tartalmú, már részben tisztított szennyvízhez kötjük be a külső/belső szénforrást.

Összességében az az eleveniszapos rendszer, amelyik jól denitrifikál és nitrifikál, valószínűleg a gyógyszereltávolításhoz maximálisan hozzájárul azzal, hogy a speciális biológiai folyamatoknak teret enged és időt hagy. Jelenleg – határértékek nélkül – ennyit tehetünk. Határértékek, tehát végső soron környezetpolitika kérdése, hogy a negyedik fokozat bevezetése szükségesség válik-e a későbbiekben és ha igen, mely szennyvíztelepeken.

SZERZŐ:



Bezsényi Anikó: 2007 óta dolgozik a Fővárosi Csatornázási Művek Zrt-nél biológus-mérnökként. 2017-től az Óbudai Egyetem Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskolájának PhD-hallgatója. Témája a „Mikroszennyezők eltávolítása szennyvízből”. Szakértőként és oktatóként több országban képviselte a céget (Bukarest - 2011. július-október és 2013. április; Szófia - 2013. július; Zágráb - 2017. január; Nur-Szultan - 2019. július). 2012-ben a bajai Eötvös József Főiskola és az EMVIR Nonprofit Kft. közös rendezésében meghirdetett 'Települési biológiai szennyvíztisztító telepek működés-optimalizációja' szakmai tanfolyamon oktatóként vett részt. A szennyvízkezelés, rothasztás és komposztálás biológiai optimalizálásával, problémamegoldással, fejlesztési feladatokkal széleskörűen foglalkozik.



PÉLDAÉRTÉKŰ ÖSSZEFOGÁS A HALLGATÓI INNOVÁCIÓÉRT AZ ÓBUDAI EGYETEMEN

BODÁNÉ DR. KENDROVICS RITA

ÓBUDAI EGYETEM REJTŐ SÁNDOR KÖNNYŰIPARI ÉS KÖRNYEZETMÉRNÖKI KAR KÖRNYEZETMÉRNÖKI INTÉZET,

SZILÁGYI ÁKOS

ÓBUDAI EGYETEM REJTŐ SÁNDOR KÖNNYŰIPARI ÉS KÖRNYEZETMÉRNÖKI KAR; EGYETEMI KUTATÓ ÉS INNOVÁCIÓS KÖZPONT

Kulcsszavak: *környezetmérnök képzés, projektmunka, olajszennyezés, kármentesítés, kutatás-fejlesztés, monitoring*

BEVEZETÉS

Az Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar környezetmérnök alapképzésének legfőbb célja a multidiszciplináris ismeretekkel rendelkező, a környezet irányában elkötelezett és etikus magatartású környezetmérnökök képzése. A BSc képzésben az alaptanulmányok elvégzését követően a hallgatók Zöldenergia, Környezetirányítási rendszerek, Környezetvédelem a közigazgatásban és 2021 tanévtől a Települési vízgazdálkodás specializációkon szerezhetnek mélyebb szakmai ismereteket, miközben legfőbb célunk a képzés során, hogy a hallgatók az ok-okozati összefüggéseket lássák meg és ezek birtokában tudjanak javaslatot tenni a problémák megoldására. Ehhez magas óraszámban elsősorban gyakorlati tevékenység, terepi munka és hatékony oktatási módszerek szükségesek.

E cél a Fokozatváltás a felsőoktatásban középtávú szakpolitikai stratégia is meghatározta a műszaki képzési terület számára, így az Egyetem minden képzésén, elsőként 2012-ben a környezetmérnök képzés Vízminőségvédelem tantárgy oktatásában bevezettük a 4-5 fős csoportok tevékenységén alapuló projekt munkát. Az azóta szerzett tapasztalatok egyértelműen igazolják a módszer nem csak szakmai ismeretek átadása, hanem a kompetenciák fejlesztése területén is hatékony.

A projektoktatás során célunk, hogy a hallgatót a probléma megfogalmazásától a megoldásáig egy olyan tanítási-tanulási folyamaton vezessük végig, melynek eredményeként létrejövő produktum bizonyítja az összefüggések megértését, a problémamegoldó képesség fejlődését,

kialakulását. További célunk, hogy felkészítsen a környezettudatos, felelős életvitelre, melyhez valóságos élethelyzetekre, tapasztalatokra van szükség.

A vízminőségvédelmi projektek központi probléma felvetése a felszíni vizek szennyezettsége, melynek kapcsán a hallgatók hazai kisvízfolyások állapotértékelésén keresztül tárják fel a problémákat, végeznek terepi és labor méréseket, fedezik fel és tanulmányozzák az adott kisvízfolyások vízgyűjtő területét és a tapasztalatok, mért adatok értékelése alapján vonják le következtetéseiket, adnak javaslatot a felmerült probléma megoldására. Projektjeikben általában megállapítják, hogy az emberi tevékenységek során a különböző vízhasználatokon keresztül közvetlenül is számtalan módon járulunk hozzá vízkészleteink szennyezéséhez. Egy ilyen konkrét esemény – 2020 decemberében a Ráckevei (Soroksári)-Dunaágon (RSD) történt olajszenyezés – felderítésére és kárelhárításának nyomon követésére alakult egy projektcsapat a 2020/21 tanév első félévének végén, melynek tagjai a helyszínen tapasztaltak alapján az ehhez hasonló káresemények elkerülésére egy vízminőség ellenőrzésére alkalmas monitoring berendezés megalkotásán dolgoznak. A projekt ötletgazdája és a projektcsoport hallgatói vezetője a projektmunka alatt figyeltek fel az Egyetemen meghirdetett Proof of Concept pályázatra, melynek keretei között lehetőség nyílt arra, hogy az Egyetem különböző képzésein – környezetmérnök, villamosmérnök, ipari termék-és formatervező mérnök, informatikai mérnök – tanuló hallgatók egy újabb projektet hozhassanak létre. Az egyes szakterületeket összekapcsolva, igazi csapatmunkát példázva dolgoznak egy olyan innovatív megoldáson, mellyel elkerülhetők, vagy legalábbis csökkenthetők a vízszennyezések hatásai.

RSD PROJEKT

Egy valós életből származó komplex probléma megoldása, mely a projektoktatás központi eleme, a környezetmérnök képzésben oktatott tantárgyak integrációját, ezáltal a multidiszciplináris ismeretek megszerzését és a rendszerben való gondolkodás kialakulását, fejlesztését szolgálja. A probléma, melynek megoldásán dolgoznak a projektben a hallgatók vagy irányítottan a képző intézménnyel együttműködésben lévő ipari képviselőktől, vagy a hallgatók által kiválasztottak lehetnek, mint például az RSD projekt esetében.

2020 decemberében az olajszenyezés megdöbbentő híre kapcsán a hallgatók kezdeményezésére indult az olajszenyezés okozta károk felmérésére a projektmunka, két hónappal megelőzve a mintatanterv szerinti tavaszi féléves projekt tárgy indulását. Ez már erős motiváltságra utalt a hallgatók részéről és ez az egész félév alatt jellemző volt a projektcsoport tagjaira: Csuzi Henrik IV. évf. villamosmérnök szak (projekt ötletgazdája), Szilágyi Ákos III. évf. környezetmérnök hallgató (projektcsoport vezetője), Galántai Csilla, Molnár Rebeka, Pácsonyi Diána, III. évf., Ponauer Anna Szimonetta IV. évf. környezetmérnök hallgatók, a projektcsoport tagjai, valamint mentorként Virga Szabolcs végzett környezetmérnök, jelenleg a Corvinus Egyetem Vezetés és szervezés I. évf MSc hallgatója. A projektmunka oktatói vezetője Bodáné Dr. Kendrovics Rita (Óbudai Egyetem, egyetemi docens), szakmai vezetője Szendőfi Balázs (halkutató, természetfilmes) volt.

A projekt megvalósításában nagy nehézséget jelentett az éppen fennálló veszélyhelyzet, melynek kapcsán a személyes kapcsolattartásra nem volt lehetőség, a megbeszéléseket

az Egyetem MS Teams online rendszerében tartottuk, a hallgatók terepi látogatása és labor munkája során szigorú feltételeknek kellett megfelelniük. Az éppen zajló „online” világban szinte lehetetlen küldetésnek tűnt egy ilyen horderejű projekt megvalósítása, sikeres befejezése a projektet támogató külső résztvevőkkel való együttműködésnek köszönhető.

A projektcsoport megalakulását követően az első terepbejárás során a terület éppen aktuális állapotának megismerésében Szendőfi Balázs halkutató és természetfilmes segítette a hallgatókat, aki ebben az időben forgatta az RSD – A marasztalt folyó című nagy sikerű természetfilmjét. Az ő közbenjárásával a Duna-Ipoly Nemzeti Park polgári természetőre és a Ráckevei-Dunaági Horgász Szövetség halőre, Pfeifer Rikárd is csatlakozott a projekthez és mutatta be az érintett területet. A projekt munka során a terepi mintavételezésben és a laboratóriumi munkákban a Bálint Analitika Mérnöki Kutató és Szolgáltató Kft. volt segítségünkre, mely nagy segítséget jelentett, mivel az Egyetem területére hallgatók a járványhelyzet miatt nem léphettek be. Az Envirotis Holding Zrt.-től kaptunk engedélyt és szakmai vezetést a terület megtekintéséhez a kármentesítés alatt is. A Duna-Ipoly Nemzeti Park, a Közép-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság és a MOL Nyrt. és az Országos Vízügyi Főigazgatóság az általuk elvégzett vizsgálatok eredményeinek és következtetéseinek megosztásával segítette a szakmai munkát.

Az RSD-projekt az elvégzett szakmai munka mellett jó példát mutatott az ipar és oktatás együttműködésére is, segítve a szakemberképzést, melynek folyamodványaként az Envirotis Holding Zrt.-vel azóta szakmai gyakorlat elvégzésére is kiterjesztett együttműködési

megállapodás jött létre. Az egyes cégekkel való kapcsolat létrehozásában nagy segítséget nyújtott a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség.

Az ilyen jellegű szakmai együttműködés ad lehetőséget arra, hogy az egyetemi képzés az ipar igényeit is figyelembe véve tudja kialakítani képzési portfólióját, tudja az ipari résztvevők véleménye alapján tervezni speciális oktatott kurzusait, így biztosítva a naprakész tudással rendelkező fiatal szakembereket a munkaadók számára.

RSD OLAJSZENNYEZÉS

2020. december 12-én a Közép-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatósághoz bejelentés érkezett, hogy a Ráckevei (Soroksári)-Dunaág szigetszentmiklósi szakaszába torkolló egyik csatornakivezetésnél nagymennyiségű szénhidrogénszennyezésre utaló anyag jutott a többszörösen környezetvédelmi oltalom alatt álló Natura 2000 területként nyilvántartott és ex lege védett lápos területre. Az olajjal szennyezett terület nagysága



1. kép Sűrű, pakuraszerű szénhidrogén-szennyezés az RSD szigetszentmiklósi szakaszán (Pfeifer Rikárd, 2020.12.13.)

a pontos mérések szerint 1836 m² volt. (1. ábra) Azonnal elrendelték a III. fokú készütséget és még aznap felfújható merülőfallal lokalizálták a szennyezést, majd megkezdték az azonnali kárelhárítást. Ennek során az olaj felitatására, fölözőkkel, valamint vákuumszivattyúkkal történő leszívására és az olajjal szennyezett vízínövényzet eltávolítására került sor. Megkezdték a kármentesítő út létrehozását és közben elkészült a kármentesítési terv.

Az olajos növényzet kitermelése, valamint a szennyezett víz vákuumszivattyúzása több napon keresztül zajlott, 24 óra alatt mintegy 3000 liter szennyezett olajos vizet szivattyúztak ki. A vízminőségi vizsgálat 2020. december 16-án megállapította, hogy a szennyezőanyag nagyobb mértékben motorolajat, kisebb mennyiségben pedig gázolajat tartalmazott. A helyszínen ekkorra több, mint 10.000 liternyi olajos emulziót tároltak már tartályokban. Az egyéb olajjal szennyezett anyagokat, mint például az olaj felitatására szolgáló anyagokat konténerben helyezték el. 2020. december 17-én kezdte meg a már levágott, olajos vízínövényzet és szennyezett iszap eltávolítását a Közép-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság kotrógépe. A talajmintavételt követő vizsgálat a gyors beavatkozásnak köszönhetően csak a felszín közelében mutatott szennyezést.

2020. december 20-ig 418 440 kg veszélyes hulladékot szállítottak el és 14 000 l olajos szennyeződést szivattyúztak le, majd 2020. december 23-án a kárelhárítás első fázisa befejeződött és megszüntették a III. fokú készütséget, amit 2020. december 30-án újra visszaállítottak, mivel újabb olajszennyezést észleltek. Az ipari búvárok a szennyezés pontos forrását a Határ úti átemelő fogadó aknában azonosították. Rögtön

megkezdték a már meglévő homokzsákokból alkotott gát magasságának megemelését, továbbá még egy sor homokzsákkal kialakítottak egy kisebb tárolóteret a csatornakivezetésből érkező víz fogadására. Folyamatos mintavételezéssel és vizsgálattal figyelték az olaj kijutását a Duna-ágba.

2021. március 4-ig a veszélyes hulladékká vált maradék szennyezett talajt kitermelték, elszállították, majd megkezdődött a terület helyreállítása. Nagyjából 70-80 cm mélyen kikotorva, 613 tonna olajos nádat és iszapot termeltek ki és szállítottak el, továbbá kivágták a parti fáállományt is. A kotrást követően feltöltötték a területet a főmederből hozott iszappal, mederanyaggal. Három patkó alakú kavics szigetet hoztak létre (2. ábra), melyek tetején tözeget és nádtorzsákat helyeztek el. Ezeknek a szigeteknek elsősorban egy újabb szennyezés elleni védekezésben van fontos szerepe. A kármentesítés során kivágott fák rönkjét bedöntötték a vízbe, pihenőhelyként szolgálva a teknősöknek, a partot pedig beültették fűzfákkal és égerekkel. A szigetek között nyíltvíz terül el, ezzel megnyitva a környező lápok közötti területet.



2. kép A terület képe a helyreállítási munkálatok végén. (Pfeifer Rikárd, 2021.03.30.)

A Ráckevei Dunaág Hókonyánál érintett területe gyakorlatilag teljesen átalakult. Az ott élő vegetáció teljes mértékben elpusztult az iszapban telelő hullók, kételtűek és halak mellett. Az egykori lápos terület vegetációját helyreállítani már nem lehet, az idő folyamán nádas, gyékényes élőhely fog kialakulni.

Az iszap kotrását és a tájseb (3. ábra) kezelését április 1-re befejezték még a regenerációs és a nyári öntözési időszak előtt.



3. kép Ráckevei (Soroksári)- Dunaágon keletkezett tájseb felső nézetből (Szendőfi Balázs, 2021.04.12.)

Az olajszennyezés legnagyobb károsultja a lápos terület és élővilága volt. A területen nagy mennyiségben előfordult a védett tőzgepáfrány (*T. palustris*), továbbá a szintén védett lápi vagy más néven kúszó csalán (*U. kioviensis*) és a mocsári csorbóka (*Sonchus palustris*), menedéket nyújtva számtalan védett állatfajnak. A flórán túl a fauna is komoly károkat szenvedett. Hullók közül előfordult a mocsári teknős (4. ábra), a vízi-, kockás- és rézsikló, illetve a zöld gyík. A területen az RSD halállományát a szivárványos ökle és a réticsík képviselte, potenciálisan előfordulhatott a lápi élőhelyeket preferáló széles kárász és a lápi póc is.

A még nagyobb környezeti katasztrófát több tényező együttes jelenléte akadályozta meg. Elsősorban a Közép-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság gyors és hatékony intézkedése a lakossági bejelentéseket követően. Másrésről az a jelenség, hogy a csapadécsatorna kivezetése alatt kialakuló hordalékkúp, mintegy övzátóny megakadályozta a csatornából kifolyó olaj felszíni vízbe való kijutását, amit tovább segített az is, hogy a téli időszakban a Duna-ág vízszintje 20 cm-el alacsonyabb volt a nyári



4. kép Mentett mocsári teknősök (Pfeifer Rikárd, 2020.12.19.)

vízszintnél, így az övzátóny mint természetes lokalizáló tudott működni. A kárelhárítási munkálatok zökkenőmentes kivitelezés és magas szakmai színvonal mellett valósultak meg. Minden érintett, érdekelt résztvevő nagy energiát fordított az összehangolt, egymás munkáját segítő tevékenységre.

RSD PROJEKT TANULSÁGAI

A projektcsoport tagjai a teljes kárelhárítás folyamatát nyomon követhették, megannyi tanulságot levonva az eseményekből. Közvetlenül

tapasztalhatták meg, hogy a nagyobb környezeti katasztrófa elsősorban a gyors reagálással előzhető meg és nem nélkülözheti az összefogást, egyetértést és a jó párbeszédet az érintett szereplők között. Bár a szándékosan elkövetett károkozás fájdalmasan sújtotta a terület élővilágát, az az összefogás, amivel ezt a havária helyzetet kezelték mindenképpen példaértékű, iránymutatót ad bármilyen hasonló káresemény kezeléséhez.

A Bálint Analitika Mérnöki Kutató és Szolgáltató Kft. akkreditált laborjában végzett munka lehetőséget teremtett az egyetemi tanulmányok során szerzett elméleti ismeretek gyakorlati alkalmazására. A vizsgálatokat megelőző mintavételi eljárásokat a labor munkatársai mutatták be a helyszínen. Szakemberektől tanulhatták meg a mintavételezési, mintaelőkészítési fázisoktól egészen az elemzési és kiértékelési teendőket, ezáltal olyan tapasztalathoz juttatva a hallgatókat, melyeket közvetlenül hasznosítani tudnak majd munkájukban. Nagyszerű kezdeményezés és példaállítás a cég részéről, hogy így támogatja a szakemberképzést.

A projekt legfőbb tanulsága, hogy a csatornavezetéseknel történő szennyezések megelőzhetők, vagy legalábbis mérsékelhetők lennének azonnali idejű adattovábbításra képes IoT monitoring rendszerek alkalmazásával. Használtuk elsősorban természetvédelmi területeken található csatornavezetéseknel lenne indokolt. Ezek a berendezések alkalmasak lehetnének arra, hogy egy esetleges szennyezés során már a környezetbe kerülés előtt jelzést adjanak a hatóságok számára a határérték feletti szennyezésekről. Segítségével pontosabban lokalizálhatóvá válhatna a szennyezés forrása térben, valamint időben, amivel a szennyező

forrás felderítése, akár az esetleges elkövető kézre kerítése is könnyebbé válhatna.

MONITORING BERENDEZÉS FEJLESZTÉSE

A szennyezés megelőzését célzó monitoring eszköz megvalósítására egy újabb projekt munka keretében az Óbudai Egyetem által meghirdetett Proof of Concept pályázat adott lehetőséget. Egy olyan IoT eszköz fejlesztése kezdődött, mely a tervek szerint valós időben képes monitorozni a különböző szennyezőanyagokat szennyvíz-, valamint csatornarendszerekben, ipari területeken, illetve a befogadókban, élő vizekben.

A cél egy olyan első sorban megújuló energiát használó, azaz napelemes tápellátásról működő, mikrokontroller által vezérelt eszköz létrehozása, amely képes valós idejű adatokat továbbítani a csatornarendszerekben, szennyvízhálózatokban áramló közegben, illetve a befogadóba érkező tisztított szennyvízben, csatornavízben. A moduláris rendszerhez különféle érzékelőket lehet csatlakoztatni. A tápellátás villamos hálózatról és/vagy akkumulátorról biztosítható. Az akkumulátor töltése történhet a külsőleg csatlakoztatott napelem panel beiktatásával, ugyan akkor 230 V elektromos hálózatról is működtethető az eszköz. A mért adatok továbbítását jelenleg egy beépített GSM modul végzi. A továbbított adat egy távoli eszközön (PC-n, okostelefonon, jelzőfényen, kijelzőn) fogadható. Szélsőséges értékek esetén a rendszer visszajelzést küld a hozzárendelt eszközre.

A koncepció kidolgozásához szükséges irodalmi kutatások, piac elemzés és az eszközbeszerzések alternatíváinak felderítése tartoztak az első feladatok közé. Ezek ismeretében összeállított pályázat sikeresnek bizonyult és a projekt megvalósítására 300.000 Ft összeget nyert a csoport ösztöndíj formájában, melynek felhasználásával elkészült a prototípus.

Fontos célkitűzés volt, hogy eszköz minél alacsonyabb költségvetésből készüljön, vagyis sok kompromisszumot igényelt. A tervek kidolgozása, a kódsorok megírása, az eszközbeszerzések, a technológiai megvalósítás, a kommunikáció megteremtése a távoli eszközök irányába, az adatsávok megjelenítése távoli eszközön igazi kihívást jelentett a pályázat folyamán rendelkezésre álló szűk időtartományban.

A pályázat első fordulójának végére (5. ábra) elkészült egy olyan prototípus (YETI-LM100), amely pH, redoxpotenciál, oldott ásványi só, elektromos vezetőképesség, valamint hőmérséklet érzékelőkből érkező adatokat egy távoli eszköz irányába képes volt továbbítani, és azokat ott megjeleníteni. (5. ábra)

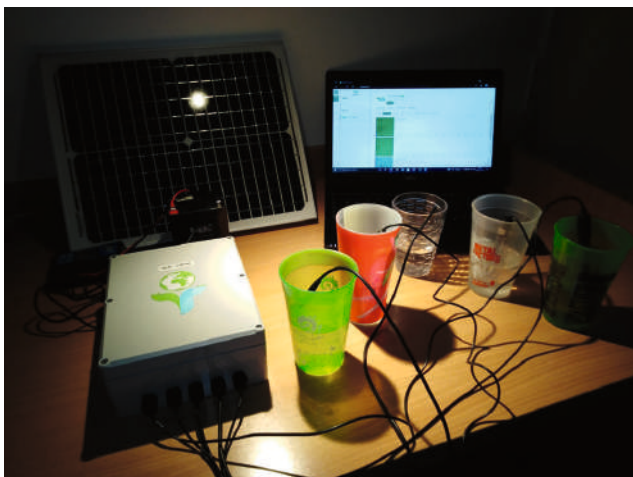


5. kép A YETI LM100 monitoring eszköz prototípusát bemutatja Csuzi Henrik (bal) és Szilágyi Ákos (jobb) a pályázat 2. fordulójában (2021.06.25.)

A szenzorok kalibrációjára azonban sajnos nem maradt elég idő, a bírálókat szerint több projekttagra lett volna szükség a második forduló sikeres teljesítéséhez. Így a csapat nem jutott tovább, de az addig elért eredmények további munkára sarkallták a YETI (Young Eco Team Innovation) nevet felvett projektcsoporthoz. A tagok száma növekedett: Berecz Norbert mérnök tanár MSc III. évf., Csuzi Henrik villamosmérnök BSc VI. évf., Dr. Eigner György Biomatika és Alkalmazott Mesterséges Intelligencia Intézet intézetigazgató, Galántai Csilla környezetmérnök BSc, Kovács Richárd környezetmérnök, MSc minőségbiztosítás szakirány, Pál Marcell villamosmérnök MSc, Szilágyi Ákos, III. évf. környezetmérnök hallgató, Viktor Patrik katonai műszaki tudományok PhD hallgató, valamint folyamatban van egy ipari formatervező MSc és egy mérnökinformatikus BSc III. évf. hallgató csapatba integrálása is.

Létrehozták önálló website-jukat – <http://yeti.org.hu/> – ahol információkat osztanak meg a projektről, valamint általában a fenntarthatóságról, környezetvédelemről. Korábban az adatvizualizáció megjelenítésére egy instant webes felületet használtak, jelenleg ebből a célból egy saját frontend felület fejlesztését kezdték el. A kezdetleges prototípus koncepciója alapján elkészült egy stabil hardware, ami már alkalmas arra, hogy akár terepi méréseket lehessen végezni vele. A kitartó munkának, az egyetemi karok közötti együttműködésnek és K+F+I támogatói háttérnek köszönhető, hogy prototípus (6. ábra) szoftveres finomhangolása, emellett természetesen a kalibrációja is megvalósult, az eszköz alkalmas terepi kipróbálásra.

Az eszközfejlesztés jelenlegi szakaszában a további fejlesztési irányok meghatározásához



6. kép YETI LM 100 monitoring eszköz prototípus (Szilágyi Ákos, 2021.09.24.)

az eszköz használatában esetlegesen érdekelt cégekkel zajlanak a megbeszélések, melyek kapcsán a hallgatók visszajelzést kapnak eddig elvégzett munkájukról, hiányosságokról, lehetőségekről. Példamutató a cégek – Érd és Térsége Csatorna-szolgáltató Kft. Zemléni Vízmű Zrt., Gyömrő önkormányzata stb.– és a felkeresett szakemberek segítőkészsége, akik meghallgatva a projektet saját szakáguknak megfelelő tapasztalataikkal segítik a hallgatókat. Ezekből a beszélgetésekből építkezve tudják meghatározni mely vízminőségi paraméterek vizsgálatára mutatkozik a legnagyobb igény, milyen irányban kell az eszköz érzékelőinek bővítését tervezni. Terveik között szerepel az is, hogy a mélyrehatóbb adatelemzések, adatkezelések céljából a mesterséges intelligenciát is segítségül hívják. Laboratóriumi összehasonlító méréseket végeznek, folytatják a hardver, az arra írt szoftver, az adatbázis és a frontend fejlesztését. Fontos fejlesztési irány a szenzorok fizikai, kémiai behatásoktól való védelmének ellátása, ezáltal a mérési pontosság javítása. Továbbra is fontos szempont, hogy minél alacsonyabb költségekkel legyen megvalósítható az eszköz létrehozása, hogy minél versenyképesebb

lehesse piaci körülmények között, ezáltal alkalmazhatóvá váljon olyan helyszíneken is, ahol arra jelenleg nincs lehetőség.

Sikeres megvalósítás esetén a YETI LM100 alkalmas lesz azonos időben, több ponton való mérésre. Így lehetővé teszi az azonnali értesítést a szennyezésről, felgyorsítva ezáltal a beavatkozást, csökkentve a kár és helyreállítási költségeket. Segíti a folyamatos csatornahálózat ellenőrzést, ezáltal a csatornahálózatok megóvását, továbbá lehetővé teszi a csatornahálózatokra történő illegális rákötések felderítését is. Lehetőséget nyújt a mért adatok tárolására, elemzésére. Mindezekkel a legfőbb cél az élővizek minőségének megóvása így illeszkedve a Víz Keretirányelvhez és a hazai Vízügy- és vízgazdálkodási Tervhez.

A projekt céljának eléréséhez azonban szükség volna újabb pályázati lehetőségre, támogatásra, mivel a tagok saját költségen finanszírozzák az eszközök beszerzését, mely egyelőre komoly gátat szab annak, hogy megfelelő dinamikával történhessenek a fejlesztések. Bár az eszközfejlesztés során a modularitás fontos célkitűzésként fogalmazódott meg már induláskor és jelenleg is ebbe az irányba mutatnak a törekvések, számos paraméter van, melyek mérésére jelenleg nem nyílik lehetőség. Ilyenek pl. a spektroszkópiai elven működő szenzorok által mért értékek, melyek mérésére szolgáló érzékelők kifejezetten költségesek. Olyan alternatívákat kell találni, melyekkel széles körű precíziós adatokat lehet gyűjteni elérhető áron, illetve a magas költségen beszerzett szenzorok is beépíthetővé válnak a már kifejlesztett eszközbe.

Az iparág szereplőivel való együttműködés szükséges ahhoz, hogy a további kutatások

és ezáltal ötletek megvalósulhassanak mindez annak a legfőbb célnak az eléréséhez, hogy minél nagyobb arányban legyenek elkerülhetők az olyan káresemények, mint amilyen az Ráckevei (Soroksári)-Dunaágnál történt sajnálatos olajszennyezése is volt.

ÖSSZEFOGLALÁS

A felsőoktatás feladatköre mára kibővült és a szakmai tudás mellett elvárás a kompetenciák fejlesztése is. Ehhez magasabb óraszámú gyakorlati képzés és a külső ipari résztvevőkkel való szorosabb kapcsolattartás és együttműködés szükséges. Ezek mentén valósulhat meg, hogy olyan tudástartalom és készségfejlesztés jelenjen meg a képzés során, melyre az iparnak szüksége van. Az oktatástól ez folyamatos megújulást vár el és változatos pedagógiai módszerek alkalmazását. Az Óbudai Egyetemen több éve sikeresen alkalmazzuk a projektoktatást, mely a valós életből származó komplex probléma megoldásán keresztül nyújt lehetőséget a gyakorlatorientált, kompetencia alapú képzésre. A környezetmérnök alapképzésben a Vízminőségvédelem tantárgy keretei között készítjük fel a hallgatókat a projekt alapú tanulásra. Az itt szerzett ismeretek, tapasztalatok segítették azt a hallgatói projektcsoporthoz, akik a 2020 decemberében a Ráckevei (Soroksári)- Dunaág szigetszentmiklósi szakaszán bekövetkezett olajszennyezés történetét és kármentesítési munkafolyamatait követték nyomon. A természeti katasztrófa személyes átélése egy olyan innovatív ötletet generált, mely újabb projektmunkában teljesedett ki. A hasonló jellegű károkozások megelőzésére, enyhítésére a hallgatói csoport egy IoT monitoring eszköz létrehozását célozta meg, mely képes valós idejű mért adatokat továbbítani és

egy távoli eszközön megjeleníteni, megújuló energiával (napelem) működtethető és többféle vízminőségi paraméter egyidejű mérésére alkalmas. A YETI LM100 eszköz prototípusát az Egyetem Proof of Concept pályázatán elnyert összegből hozták létre, ami jelenleg pH, fajlagos vezetőképesség, hőmérséklet, oldott ásványi só és redoxpotenciál mérésre alkalmas. Az eszköz kalibrálása laboratóriumi körülmények között megtörtént, terepi használatra alkalmas. Jelenleg a hallgatók saját maguk finanszírozzák a berendezés fejlesztési munkáit, céljuk, hogy olyan megoldáson dolgozzanak, mely elérhetővé teszi, hogy a vízbázisok megóvása modern technológia felhasználásával valósulhasson meg, mindez elérhető áron, és azokon a helyeken, ahol valóban indokolt. Felismerve a korlátokat a piac résztvevőivel folytatnak interjúkat, hogy a fejlesztési irányokat annak megfelelően tudják meghatározni, figyelembe véve a felmerült igényeket, illetve tapasztalatokat. Az eszköz akár 15 szenzor befogadására is alkalmas, jelenleg viszont saját erőből nincs lehetőségük olyan szenzorok beszerzésére, ami a szénhidrogén szennyezést detektálná. Ez további vízminőségi paraméterekkel, pl. oldott oxigén, nitrit, nitrát, ammónia stb. együtt elengedhetetlen az eszköztől elvárt cél eléréséhez. Az eddig beüzemelt szenzorok védelemmel való ellátása időtállóságuk, precizitásuk tekintetében fontos további fejlesztési feladat, melyhez a szükséges kompetenciák a különböző karokon tanuló hallgatók projektcsoporthoz való együttműködésével, összefogásával valósítható meg.

A projekt további megvalósításához elsősorban olyan támogatókra lenne szükség, akik egyrészt információkkal segítik a hallgatókat, vagy rendelkeznek szenzorokkal és szívesen kipróbálnák azokat, illetve szeretnének együttműködni

a projektcsapattal abból a célból, hogy a közös munka eredményeként újabb, innovatív megoldások jöhessenek létre a valós idejű IoT vízminőségi monitoringhoz kapcsolódóan, élő vizeink védelme érdekében.

▶ IRODALOMJEGYZÉK

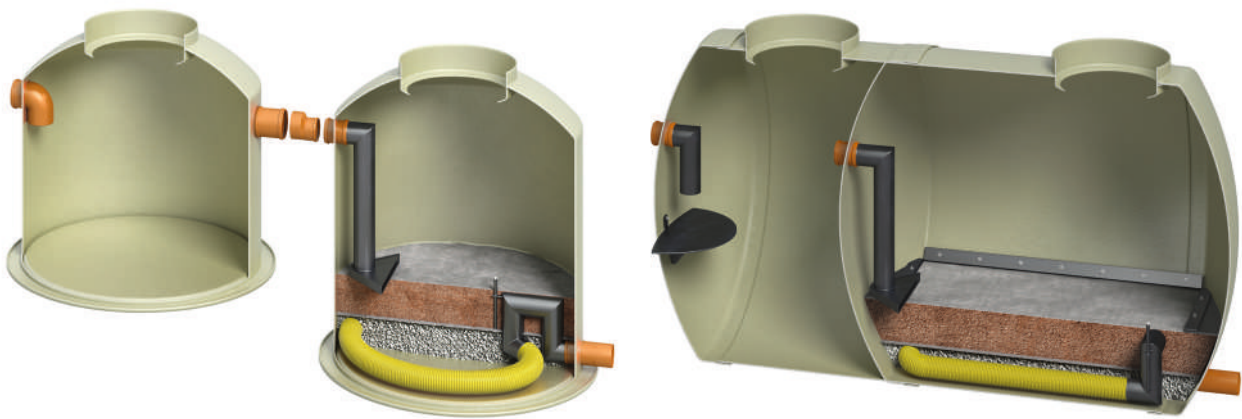
SZERZŐK:



Bodáné Dr. Kendrovics Rita: A cikk szerzője 1991-ben szerzett gépészmérnök diplomát a Budapesti Műszaki Egyetemen, műszaki tanári diplomát és környezeti szakmérnök végzettséget a Bánki Donát Gépipari Műszaki Főiskolán. 2012-ben a Nyugat-magyarországi Egyetem Kitaibel Pál Környezettudományi Doktori Iskolában doktori fokozatot szerzett, majd 2017-ben települési szennyvízgyártó és szennyvízkezelési szakmérnök szakon szerzett speciális szakmai ismereteket. Az Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar egyetemi docenseként elsősorban vízminőségvédelem és szennyvíztisztítási technológiák tantárgyakat oktat és alapozó mérnöki ismereteket. Irányítja a Környezetmérnöki és Természtudományi Intézet szakmai és oktatási munkáját, mint intézetigazgató, valamint a Kar oktatási dékánhelyettese. Főbb kutatási területe a víz és szennyvízgyártó és szennyvízkezelés, ezen belül elsősorban a szennyvíz újrahasznosítás, valamint a kompetencia alapú oktatás fejlesztése.



Szilágyi Ákos: A cikk társszerzője 2019-ben kezdte meg egyetemi tanulmányait az Óbudai Egyetem Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki kar Környezetmérnök szakán. 2020-2021 között a kar Hallgatói Önkormányzatában Érdekvédelmi Felelősként tevékenykedett, ugyan ebben az időszakban az Academy of Creative Engineers diákszervezet tagja, majd társelnöke, jelenleg kommunikációért felelős vezetője. 2021-ben az RSD Olajszennykezelés projektcsoporthoz vezetője, a YETI (Young Eco Team Innovation) egyik alapító tagja. A Jánossy Ferenc Szakkollégium és az Integrált Tudományok Szakkollégiumának rendes tagja. 2021 novemberétől az Egyetemi Kutató és Innovációs Központ innovációs referens asszisztense.



ACO STORMCLEAN TECHNIKAI SZŰRŐ

VILÁGÚJDONSÁG A CSAPADÉKVÍZ TELJESKÖRŰ MEGTISZTÍTÁSÁRA

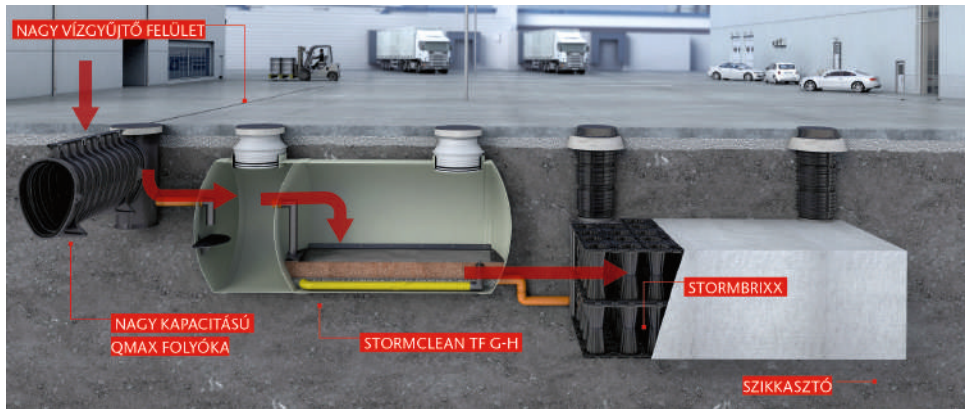
Ipari területeken, benzinkutakon, autómosókban vagy akár bevásárlóközpontokban is fennáll annak a veszélye, hogy nem csak olaj, hanem nehézfémek, lebegőanyagok, valamint üledékanyagok is kerülhetnek a csapadékvízbe. Korábban egyszerűen olajleválasztóval igyekeztek ezeket a csapadékvizeket előtisztítani, de a jövő igényei ezen már túlmutatnak. Gumiabroncsokról, fékekből, illetve elektromos üzemelésű járművek használata során jelentős mennyiségű nehézfém és lebegő anyag szennyezheti az utak felületét. Az ACO számára az ilyen szennyező anyagokkal terhelt csapadékvíz tisztítása nem jelent gondot, az újdonságként bemutatkozó Stormclean Technikai szűrő (Stormclean TF) alkalmazásával. Üvegszál erősített műanyagból készül, így szállítása és telepítése is egyszerű feladat.



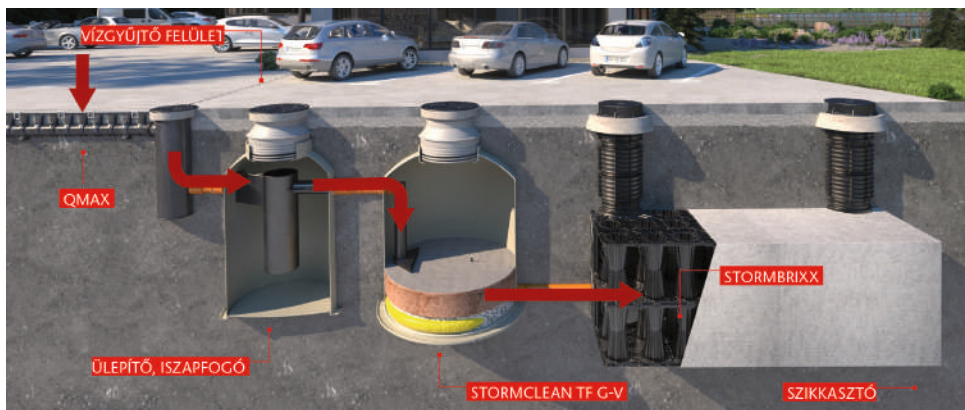
Az ACO Stormclean TF a 63 mikronnál kisebb részecskéket is kiszűri

Összegyűjtés, tisztítás, tározás és visszajuttatás – az ACO így foglalja össze a felszíni vizek kezelésének folyamatát. A rendszerlánc második elemében jutnak fontos szerephez az olajleválasztók. Az olajleválasztók megtisztítják az összegyűjtött felszíni vizet a belekerülő szennyeződésektől, olajtól, nehézfémektől, egyéb anyagoktól mielőtt az eljutna a csatornarendszerbe vagy

visszajutna a természetbe. A hagyományos olajleválasztók esetében bizonyos korlátokkal kell számolni. A csapadékvízbe kerülő nehézfémek olyan lebegő szilárd anyagokhoz kötődnek, melyek szemcsemérete kisebb 63 mikronnál. Ezeket a részecskéket az egyszerű olajleválasztásos, azaz gravitációs technikával nem lehet eltávolítani. Ebben az esetben biztosít megoldást az ACO Stormclean Technikai szűrő, amely reaktív szűrőanyagával megköti még a legkisebb részecskéket is, így megvédi a felszín alatti vizeket a szennyeződéstől. Egy négyzetméter szűrőanyagfelület képes 250 négyzetméter felület csapadékvizét megtisztítani. Előre tekintve az ACO rendszerláncában, a Stormclean TF a rendszerlánc harmadik lépcsőjébe, az ACO Stormbrixx szikkasztórendszerbe kerülő víz előkezelését végzi.



Az ACO rendszerlánc fekvő tartályos Stormclean Technikai szűrővel logisztikai területen

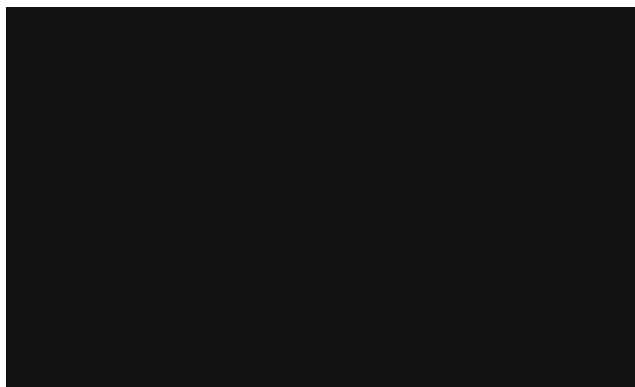


Az ACO rendszerlánc függőleges tartálykialakítású Stormclean Technikai szűrővel parkolóban

Erős, mint a beton, könnyű, mint a műanyag

A Stormclean TF másik előnyét alapanyaga jelenti. A hagyományos, betonból készült olajleválasztók helyett itt ugyanis üvegszál erősítésű műanyagot (GFK) használ a gyár. Az alapanyagnak köszönhetően a tartályok olyan erősek és ellenállóak, mint a beton, ugyanakkor olyan könnyűek, mint a műanyag. Nem véletlen, hogy számos iparág, köztük a repülőgép-, autó- és hajógyártás is használja. „A GFK egyik legnagyobb előnye a súlya, ugyanis nagyon könnyű anyagról beszélünk. Ez lehetővé teszi a költséghatékony szállítást, valamint az építkezéseken a kisebb költséggel történő beépítést, mert a mozgatásához nincs szükség nehézgépekre.”

– mondta Dobos István, az ACO Kereskedelmi Kft. SWM menedzsere. A GFK nagy mértékben ellenáll a statikus és dinamikus terhelésnek és egyéb külső tényezőknek, mint például az időjárásnak, az UV-sugárzásnak és a kémiai hatásoknak. „Mindemellett a Stormclean TF függőleges, valamint fekvő tartálykialakításban is rendelhető, igény szerint egyedi méretben is kérhető. A fekvő tartály 3in1 funkcióval rendelkezik, ugyanis az iszapfogó, technikai szűrő és a mintavételi egység egy tartályban helyezkedik el.” – tette hozzá Dobos István. A szűrő és a GFK tartályok együttesen biztosítják, hogy a rendszer jellemzően nehézáru-forgalomnak kitett területen is gond nélkül üzemelhesen.



Műszaki adatok: Az ACO Stormclean TF részletes műszaki adatai weboldalunkon itt érhetők el: <https://www.aco.hu/termek/csapadekviz-kezeles/stormclean-csapadekviz-tisztitas>



HIDROBIOLÓGUS MESTERKÉPZÉS A DEBRECENI EGYETEM TERMÉSZETTUDOMÁNYI ÉS TECHNOLÓGIAI KARÁN

DR. NAGY SÁNDOR ALEX, DR. ANTAL LÁSZLÓ, DR. GRIGORSZKY ISTVÁN

DEBRECENI EGYETEM, TERMÉSZETTUDOMÁNYI ÉS TECHNOLÓGIAI KAR, HIDROBIOLÓGIAI TANSZÉK

ELŐZMÉNYEK

A hidrobiológusok olyan alapvetően biológus képzettségű szakemberek, akik jól ismerik a víz fizikai és kémiai jellemzőit, a vízi élőlénycsoportokat, képesek a vizekben zajló biológiai, ökológiai folyamatok értelmezésére, a vizek minőségi állapotának leírására, a vízminőség-változások nyomon követésére, valamint vízminőség-javító cselekvési programok és módszerek kidolgozására.

A hidrobiológiához értő szakemberek képzésének a DE TTK-n nagy hagyományai vannak, ugyanis az ilyen képesítéssel rendelkező szakemberek kibocsátásának szükségessége Debrecenben már 1962-ben megfogalmazódott, aminek eredményeként – Dr. Woynárovich Elek kezdeményezésére – egyetemünk egyik jogelődjében (Kossuth Lajos Tudományegyetem) 1966-tól lehetőség volt hidrobiológus irányba szakosodni. A szakosodás hivatalos elismerését jelentette a Művelődési Miniszter 173/1969, /M.K.18/ MM sz. és 110092/1969 sz. tantervi utasítása, amelyek értelmében egyetemünk „Okleveles biológia szakos középiskolai tanár és hidrobiológus” diploma kiadására nyert jogot, amit a hidrobiológus mesterszak közvetlen történeti előzményének

tekintünk. A képzés ebben a formában tíz éven keresztül folyt. Ennek az állapotnak az önálló biológus szak 1975-ös debreceni indítása vetett véget, amikor a hidrobiológia iránt érdeklődő hallgatók az egységes biológus képzés keretei között végezheték tanulmányaikat. Ebben az időszakban a hazánkban dolgozó hidrobiológusok, ill. hidrobiológiai ismereteket feltételező munkakörökben tevékenykedő más szakemberek rendszerint a tudományegyetemek biológus szakjairól kerültek ki.



1. kép Nyílt nap az Agóra Természettudományos élményközpontban



2. kép 2021 Tiszaamogyorós, egy hetes Hidrobiológus MSc terepgyakorlat

Miután a felsőoktatás korszerűsítésének igénye – az Európai Felsőoktatási Térséghez való csatlakozás szellemében – lehetővé tette a társadalmi-gazdasági szempontból fontos szakterületeken mesterszakok létesítését, elérkezettnek láttuk az időt arra, hogy a hidrobiológus képzés – mesterdiploma formájában – ismét megjelenjen a hazai munkaerőpiacon. Ezzel egy olyan képzés valósult meg, ami lehetővé tette, hogy a vízzel – mint a természeti javak közül a legveszélyeztetettebb és legkorlátozottabb mértékben rendelkezésre álló elemmel – ill. a vizek fizikai, kémiai és biológiai sajátosságaival speciálisan képzett, az egyre szigorodó nemzetközi követelmények teljesítéséhez értő szakemberek foglalkozhassanak. Ennek szervezeti keretét a karon 2003-ban megalakult önálló Hidrobiológiai Tanszék adta. A Hidrobiológiai Tanszék feladatának tekinti a hidrobiológia tudományának művelését a tudományos kutatásban, valamint a hidrobiológiai ismeretek átadását az oktatás minden szintjén (graduális képzés, posztgraduális képzés, doktori képzés, ismeretterjesztés) magyar és angol nyelven.

A Hidrobiológiai Tanszék működése eddigi legnagyobb sikerének tartjuk, hogy a Magyar Felsőoktatási Akkreditációs Bizottság, a 2007/10/

XII/2/2. számú határozatában, a Debreceni Egyetem vezetett konzorcium kérésére engedélyezte hazánkban a Hidrobiológus mesterképzési szak létesítését. A MAB 2008. január 25-én tartott ülésén hozott 2008/1/XI/1/6. számú határozatában pedig támogatta a Debreceni Egyetem által beadott Hidrobiológus MSc szakindítási kérelmet is. Ennek megfelelően 2009 szeptemberében a Debreceni Egyetemen – a Természettudományi és Technológiai Kar gondozásában – Hidrobiológus mesterképzési szak (MSc) indult, amit 2017 szeptemberében a szak angol nyelven – Water Quality Management – történő indítása követett.

A KÉPZÉS SZÜKSÉGESSÉGE, PIACI IGÉNYEK

A Debreceni Egyetem a Hidrobiológus MSc képzés akkreditációjával és indításával egy olyan kínálattal jelent meg a szakemberpiacon, amelynek megfelelő végzettség, ill. szakképzettség az addigi képzési rendszer struktúrájában nem volt. A vizekkel foglalkozó felsőfokú képzettségű szakemberek képzése műszaki oldalról már nagy hagyományokkal rendelkezett – elsősorban a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, valamint a Közszerződési Egyetem

Víztudományi Kar (Korábban Bajai Főiskola, ill. Egyetem) mérnökképzései révén – de a vizekkel és a vízi élőlényekkel speciálisan foglalkozó biológusok (hidrobiológusok) szervezett képzése hiányzott a hazai felsőoktatási palettáról.

A Hidrobiológus MSc hazánkban nem csupán az új típusú képzési szerkezetre való áttérés miatt jelentett újdonságot, hanem a kiadott diploma okán is (Oklevelés hidrobiológus). Ezzel felzárkóztunk azon országok mellé, akik már előttünk felismerték a hidrobiológus szakemberek képzésének igényét. Európa országai közül a Hidrobiológus MSc képzés tekintetében kiemelkedik Finnország és Anglia. Finnországban (University of Turku, University of Helsinki) általános hidrobiológus-képzés folyik, hasonlóan az angliai Manchester-ben zajlóhoz (University of Salford.). Hidrobiológus és limnológus képzés van a finnországi University of Jyväskylä-n, alkalmazott hidrobiológus MSc az University of London-ban, s a klasszikus hidrobiológiát is magába foglaló „vízi erőforrás menedzsment” MSc a King's College Londonban. Európa más országait tekintve akkreditált hidrobiológus MSc képzéssel rendelkeznek a következő intézmények (University of Porto,

Portugália; University of Warsaw, Lengyelország; University of Tartu, Észtország; Plovdiv University, Bulgária; University of Sofia, Bulgária. Alkalmazott hidrobiológus MSc képzést ad az University of Wales, Wales és

az University of Cardiff, Wales. A hollandiai Agricultural University Wageningen, a hidrobiológus MSc diplomát szakirányként adja az entomológia és népegészségügy szakirányok mellett. Az európai felsőoktatási térségből kitekintve is találunk már olyan felsőoktatási intézményeket, amelyek hidrobiológus MSc diplomát adnak, mint például Oroszországban a Lomonosov Moscow State University és a Kazan State University, az arab világban a Basrah University (Irak), míg az afrikai kontinensen az Obafemi Awololo University (Nigéria) és az University of Nairobi (Kenya). A képzések szerkezete természetesen nem egységes, de mindenütt fő kritériumként jelenik meg a laboratóriumi és terepi készségek fokozott elsajátítása és a tudományos igényességre való nevelés. Ebből a felsorolásból kitűnik, hogy a képzés indításával a Debreceni Egyetem felzárkózott – egy egyenlőre még elég szűk – de jövőbe mutató szakemberképzési formához.



3. kép Folyók és folyamok áramlás- és mederprofil mérő műszere



5. kép Bentofluoriméter



4. kép DIC-vel ellátott Olympus IX-70-es fénymikroszkóp

A víz természeti és társadalmi jelentősége közismert, ugyanakkor mind Európában, mind szerte a világban tapasztalható a rendelkezésre álló vízkészletek fogyása és drasztikus mértékű minőségromlása, mely veszélyhelyzetekhez egyre inkább hozzásorolhatók a klímaváltozás okozta egyre nyilvánvalóbb változások is. E veszélyeket felismerve született meg az Európai Unió Víz Keretirányelve, ami fő célkitűzésként a vizek jó ökológiai állapotának megőrzését, ill. annak visszaállítását fogalmazta meg a tagországok felé, állapotfelmérő és monitorozó tevékenységek kötelező elvégzésének hozzárendelésével. Mindez illeszkedik más nagy nemzetközi programokhoz, mint a Natura 2000, vagy a vizes élőhelyek védelmét szolgáló Ramsari Egyezmény. Mindazon túl, hogy ezek a nemzetközi programok szigorúan ellenőrzött konkrét feladatokat jelentenek a vizek minőségével foglalkozók számára, hosszú távú hazai – jelentős feladatokat adó – programként említhető, a „Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése”, vagy a „Nemzeti Vízstratégia” (Kvassay Jenő Terv) is. A vizeket veszélyeztető tendenciák hazánkban

fokozottan érvényesülnek, hiszen un. „alvízi országként” egyszerre jelentkezik nálunk az árvíz, s az aszály. Vizeinket folyamatosan veszélyeztetik a külföldről érkező, s az országon belül keletkező vízszennyezések legkülönbözőbb formái, melyeknek nem csupán ellenőrzése és detektálása lehet a hidrobiológiával foglalkozók egyik fontos feladata, hanem megelőzése is, különös tekintettel az egyre szigorodó jogszabályi környezetre a társadalom fokozódó érzékenysége és az egyre inkább tapasztalható környezettudatos magatartás, mint életforma előretörésére. Meggyőződésünk, hogy a hidrobiológia az egyik olyan stratégiai diszciplína, amely hozzájárulhat a környezetrombolás, a felszíni és felszín alatti ivóvízkészlet szennyeződése, a vízszennyezések, az élőhelyek degradálódása, az élővilág elszegényedése és a biodiverzitás csökkenésének megakadályozásához, valamint a klímaváltozás vizeinket érintő hatásainak nyomon követéséhez és kivédéséhez.



6. kép Vízmintavétel a Rakamaz-Tiszanagyfalui Nagy-morotván



7. kép Mintavétel, elektromos halászat

A hidrobiológus mesterszak elvégzésével megszerzett ismeretanyag hasznosítható minden olyan vizekkel kapcsolatos tevékenység esetében, ahol a vízi élőlényeknek, a vízi ökológiai rendszereknek, ill. az azokra való hatásoknak a víz, vagy a felhasználók szempontjából jelentősége van. A hidrobiológus MSc diploma legfontosabb hasznosítási területei a következők lehetnek. A hallgatók tovább léphetnek doktori (PhD) képzési programokba, hiszen a felsőoktatási intézményekben és kutatóintézetekben fontos a kvalifikált (PhD fokozattal rendelkező) személyi állomány folyamatos fenntartása, de ma már egyre több vizekkel foglalkozó cég is arra törekszik, hogy vezető munkatársainak doktori (PhD) minősítése legyen. A megszerzett ismeretanyag birtokában a hallgatók olyan speciális – felsőfokú szakirányú (korábban szakmérnöki) – képzésekbe léphetnek be, amelyek önálló MSc formájában várhatóan nem fognak megjelenni (pl. Halászati szakmérnöki szakirányú továbbképzés). A Hidrobiológus MSc diplomával rendelkező fiatalokat alkalmazhatják az MTA, a minisztériumok, s a civil szervezetek által fenntartott kutatóhelyeken. Fontos alkalmazási területekként prognosztizálhatók az ökológiai és környezetvédelmi hálózatok, a vízügyi szervek, a természetvédelem, a katasztrófavédelem, a vadgazdálkodás, a halászat,



8. kép Makrovegetáció vizsgálata

horgászat, ökoturizmus, rekreáció, a múzeumok, a civil szervezetek, az ÁNTSZ, ill a Nébih hálózata. Munkáltató lehet minden olyan vízfelhasználó és/vagy vízkibocsátó ipari tevékenységet folytató vállalkozás, amelyek elsősorban a környezetipar (vízszolgáltatás, környezetvédelem és hulladékgazdálkodás, szennyvíztisztítás), a high-tech innováció, a gyógyszeripar, a biotechnológiai ipar, az egészségipar és a kereskedelem (gyógyszer, vegyszer) területén fejtenek ki aktivitást. A mezőgazdaság és élelmiszeripar területén elsősorban a halászat, a növénytermelés, az állattenyésztés, a hús- és halfeldolgozás, a termékfejlesztés és a minőségellenőrzés területén számítunk Hidrobiológus MSc-vel rendelkezők elhelyezkedésére. Vízszennyezések, vízbázis védelmi kérdések, ökológiai vízigény biztosítása körüli vitás kérdések eldöntésénél hatósági, kormányzati és bírósági, valamint egyéb szakértői munkák elvégzésénél a megszerzett képesítés kiválóan használható. A Debreceni Egyetem által kiadott diplomákkal rendelkező szakembereket már az eddigiekben is szívesen alkalmazták külföldi (EU és EU-n kívüli) egyetemek és kutatóintézetek kutatói álláshelyeken, ösztöndíjakon vagy PhD hallgatóként, ill. magánvállalkozások alkalmazottként, így a képzettség külföldön történő hasznosításának is van realitása.

A KÉPZÉS SZERKEZETE, A VÉGZETT HALLGATÓK KOMPETENCIÁJA

A képzés színvonala szempontjából rendkívül fontos a stabil és színvonalas tudományegyetemi környezet. A Debreceni Egyetem 2000. január 1-én jött létre a Debreceni Agrártudományi Egyetem, a Debreceni Orvostudományi Egyetem, a Kossuth Lajos Tudományegyetem és a Hajdúböszörményi Wargha István Pedagógiai Főiskola integrációjával. Az egyetemet 2021. augusztus 1. napjától kezdődően – nevének megtartása mellett – a Gróf Tisza István Debreceni Egyetemért Alapítvány működteti. A Debreceni Egyetemnek közel 30 000 hallgatója van, 14 karral, nyolc campuson működik. A 72 alapszakkal, 84 mesterszakkal, 6 osztatlan képzési szakkal, 223 szakirányú továbbképzési szakkal, 14 felsőoktatási szakképzéssel, 69 idegennyelvű képzéssel, 24 tudományágban 24 doktori iskolával, 73 doktori programmal az egyik legszélesebb képzési palettával rendelkező hazai egyetem. A Debreceni Egyetem a régió meghatározó tudásközpontja, a hazai tudományos kutatás-fejlesztés egyik legfontosabb bázisa, mely az alap- és alkalmazott kutatások nemzetközi színvonalú művelésének fejlesztésére, a hazai és nemzetközi hálózati kapcsolatokban rejlő lehetőségek kihasználására törekszik. Kiemelt kutatási területei: orvos- és egészségtudomány, gyógyszeripar, élelmiszeripar, természettudományok, sporttudomány, valamint elektronika és informatika. Olyan oktatási-kutatási potenciált képvisel és követel meg az egyes szakokat működtető egységektől, ami minden tekintetben garanciát jelent a kibocsátott hallgatók szakmai felkészültségét illetően. A hidrobiológus képzés minőségbiztosításának alapja, hogy minden októnak tudományos minősítése (PhD) van, valamint – különböző pályázatok révén – XXI. századi színvonalú terepi és laboratóriumi, műszer és eszközparkkal rendelkezünk.

A hidrobiológus szak követelményrendszere a korábbi egységes biológus szakéval összevetve annyiban azonos, hogy az egyetemi szintű diploma megszerzéséhez a korábbiakhoz hasonlóan 300 kreditet kell teljesíteniük a hallgatóknak. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a BSc szintről hozott 180 kredithez MSc szinten minimálisan további 120 kredit teljesítése szükséges. Lényeges különbség van azonban két szempontból: egyrészt a szak alapításának személyi és tárgyi feltételrendszere lényegesen szigorúbb volt, ami minőségi garanciát biztosított, másrészt a hidrobiológus MSc az oktatott szaktárgyait tekintve a hidrobiológia tudományának olyan aktuális, a jelen kor kihívásainak megfelelően rendszerezett ismeretanyagát közvetíti a hallgatók felé, amit eddig ilyen koncentrált szerkezetben nem lehetett megszerezni. A szak tantárgyi anyagának összeállításánál szem előtt tartottuk mind a hidrobiológiai tudomány fejlődésének legújabb irányzatait és ismeretanyagát, mind a lehetséges alkalmazók által igényelt speciális ismereteket. A mesterképzésre jelentkező hallgatók teljes kreditérték beszámításával léphetnek be a biológia alapképzési szakról. Meghatározott kreditek teljesítésével beléphetnek a környezet-tan, földrajz, földtudományi, a kémia alapképzési szakokról, továbbá az agrártudományi képzési területen a természetvédelmi mérnöki, a mezőgazdasági mérnöki, az állattenyésztő mérnöki alapképzési szak, a műszaki képzési területen a biomérnöki, a környezetmérnöki alapképzési szak végzett hallgatói. A felsőoktatásról szóló 1993. évi LXXX. törvény szerint a szak Képzési és Kimeneti Követelményei 9.4. pontban meghatározott kreditek teljesítésével vehetők figyelembe továbbá a belépést illetően azok az alapképzési

és mesterképzési szakok, amelyeket a kredit megállapításának alapjául szolgáló ismeretek összevetése alapján a felsőoktatási intézmény kreditátviteli bizottsága elfogad. Az oktatott tárgyak struktúrájának kialakítása során következő szempontokat tartottunk szem előtt.

A szak oktatott tárgyai során az egyetlen szintre hozó kurzus (Hidrobiológia alapjai) kivételével csak olyan új információk átadása történik, aminek korábbi tanulmányaik során a hallgatók nem juthattak hozzá.

A képzés kötelezően elsajátítandó ismereteit négy kurzuscsoportba soroltuk: A képzéshez kapcsolódó természettudományos ismeretek; Általános szakmai ismeretek; Szakspecifikus szakmai ismeretek; Kötelezően választható differenciált szakmai ismeretek. (A mesterképzési szak részletes programja, szaktárgyi szerkezete, órarendje megtekinthető a Hidrobiológiai Tanszék honlapján (biology.unideb.hu/bemutakozas-hidrobiologjai-tanszek), a tanszék működésének aktualitásai pedig a facebook oldalunkon követhetők (www.facebook.com/hidrobiologjaitanszek).

Az elsajátított ismeretek gyakorlatban történő alkalmazása érdekében a képzési program egyetemen tartott gyakorlatain túl a hallgatóknak teljesíteniük kell egy egész hetes intenzív terepgyakorlatot, aminek helyszíne rendszerint a Felső-Tisza-vidéke és a Zemplén. A diploma megszerzésének további feltétele egy hat hetes nyári gyakorlat teljesítése is, aminek a helyszínét a hallgatók választhatják meg, érdeklődési körüknek megfelelően.

A végzés feltétele szintén egy olyan magas szakmai színvonalú diplomamunka megírása is, ami a hallgató önálló munkáján alapul,

természetesen témavezetői felügyelet mellett. A nyári gyakorlat rendszerének köszönhetően a diplomamunkák jelentő része külső helyszínen végzett gyakorlati munkán alapul, nem ritka az, amikor ez a helyszín a diplomát szerzett hallgató első munkahelyévé is válik.



9. kép Laboratóriumi munka

A végzett hallgatók kompetenciáját vizsgálva elmondható, hogy a Hidrobiológus MSc diplomával rendelkező szakemberek természet tudományos, mezőgazdasági, matematikai és informatikai alapismereteik felhasználásával képesek a hidrobiológia legfontosabb fogalmainak, alapvető összefüggéseinek és a szakirányok szerinti speciális ismereteinek alkalmazására, valamint a kísérleti és a terepi munka során nyert eredmények kritikus elemzésére. A hidrobiológus MSc diplomával rendelkezők önállóan képesek új hidrobiológiai

ismeretek megszerzésére és szintetizálására, ismerik tudományterületükön a legfontosabb kutatási módszereket és azokat a lehetőségeket, amelyek alkalmazásával tudásuk továbbfejleszhető. Birtokában vannak továbbá olyan gyakorlati, terepi és laboratóriumi készségeknek, amelyekkel alkalmassá válnak kutatási és fejlesztési célú feladatok megtervezésére, megoldására és értékelésére.

A képzésben részt vett szakemberek egyrészt alkalmasak arra, hogy a kutatói életpályára felkészítő doktori iskolai képzésben részt vegyenek, másrészt felkészültek a munka világába lépni olyan képességekkel, amik az alkalmazotti szinttől a középvezetői szinten át, felső vezetői feladatok ellátására is képessé teszi őket. Szakirányú képzettségüknek megfelelően különösen alkalmasak az adott részdiszciplína magas szintű művelésére, önálló munkavégzésre.

A hidrobiológus mesterképzést eleve nem szántuk tömegképzésnek, inkább a vizes szakma elitképzéseként tartjuk nyilván. A képzés első diplomásainak kibocsátását követően (2010) eddig összesen 148 oklevelés hidrobiológus diplomát adott ki az egyetem, jelenleg 21 hallgató folytat ez irányú tanulmányokat, ami éves szinten mintegy 14 fő/év átlagos hallgatói létszámot jelent. Az angol nyelvű képzésünkre a 2017-es indulást követően eddig 25 külföldi hallgatót iskoláztunk be, ezekből eddig 14-en már szereztek diplomát.

EGYÜTTMŰKÖDÉSEK, EGYÜTTMŰKÖDÉSI LEHETŐSÉGEK

A DE TTK Hidrobiológiai Tanszéke nagyon intenzív kutatási és pályázati tevékenységet folytat, aminek eredményeként a Debreceni Egyetem ma a hidrobiológia egyik elismert oktatási és kutatási központjának számít mind hazánkban, mind nemzetközi szinten. Mindezek közül csupán két – a hidrobiológus képzés szempontjából kulcsfontosságú – együttműködési formát szeretnénk kiemelni.

Rendelkezünk két kihelyezett tanszékkal. Az egyik – Alkalmazott Hidrobiológia Kihelyezett Tanszék – a Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóságon,

a Regionális Laboratóriumban működik, a másik – Hidrozoológia Kihelyezett Tanszék – Szarvason, mára már a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem keretén belül tevékenykedő Halászati Kutatóintézetben van.

A kihelyezett tanszék – mint együttműködési forma – az egyetemnek azért előnyös, mert mind a hallgatók, mind az oktatók számára jó és szoros kapcsolatot jelent egy-egy részterület gyakorlatával, lehetőséget biztosít gyakorlóhelyként, vagy diplomamunka készítésének helyszínéül a hallgatóink számára. Az együttműködő partner számára pedig biztosítja azt, hogy az adott szakterület legfrissebb szakmai eredményei, tudományos újdonságai naprakészen és a legrövidebb úton eljussanak hozzájuk.

Szintén fontos megemlíteni azt, hogy részei vagyunk a duális képzési programnak is. Jelenleg három élő duális szerződésünk van (Baranya-megyei Kormányhivatal, BioAqua Pro Kft., Inno-Water Zrt). A duális képzési programba beiskolázott hallgatók a szorgalmi időszak kivételével a velük szerződést kötött munkáltató alkalmazottai, ahol a mindennapi gyakorlatban sajátíthatják el az együttműködő partner által végzett szakmai munka fortélyait. A diploma megszerzése után egyik szerződő felet sem terheli kötelezettség, de számos esetben előfordult, hogy a duális képzésben részt vett hallgató a munkáltató alkalmazottja lett.

A hidrobiológus mesterképzést koordináló DE, TTK, Hidrobiológiai Tanszéke nyitott a szakmánk bármely szegmensét érintő együttműködésre, legyen az bármely – kutatási, pályázati, oktatási (különös tekintettel a duális képzésre) – vonatkozású is.



10. kép Diplomaosztó 2020



11. kép Diplomaosztó 2016

SZERZŐK:



Dr. Nagy Sándor Alex: 1956-ban születtem Tiszaroffon. A Kossuth Lajos Tudományegyetemen szereztem biológus-ökológus diplomát 1981-ben. Öt évig dolgoztam Braziliában hidrobiológus, halbiológus szakértőként. Doktori (PhD) minősítést szereztem 1998-ban, majd „Dr. habil” címet 2005-ben. 2005-től 2019-ig a DE TTK Hidrobiológiai Tanszék vezetője voltam, 2013-tól 2021-ig a DE TTK gazdasági dékánhelyettese. Jelenleg Tudományos főmunkatársként dolgozom a Hidrobiológiai Tanszéken. Vezető szerepet játszottam a Hidrobiológus MSc magyarországi megalapításában és a szak Debreceni Egyetemen történt indításában. 2019-ig a mesterképzés szakfelelőse voltam. Oktatói munkám mellett kutatási tevékenységem a sekély vizek, vízfolyások, valamint sekély víz jellegű mérsékeltövi és trópusi halastavak hidrobiológiai hidroökológiai sajátosságainak feltárása révén, a hidrobiológia, valamint a hal- és halászatbiológia határterületén fejtem ki.



Dr. Antal László: 1984-ben születtem Debrecenben. A Debreceni Egyetemen kaptam biológus-ökológus diplomát 2007-ben. Doktori (PhD) minősítést szereztem 2013-ban, majd „Dr. habil” címet 2020-ban. A DE TTK Hidrobiológiai Tanszékén kezdetem el dolgozni egyetemi tanársegédként 2010-ben. Egyetemi adjunktusként dolgoztam 2014-től, majd egyetemi docensi kinevezést kaptam 2021-ben. 2019-től a Hidrobiológus mesterképzési szak szakkoordinátora vagyok. Részt vettem Hidrobiológus MSc képzési szak felülvizsgálatában, valamint a Water Quality Management angol nyelvű hidrobiológus képzés indításában. Oktatói munkám mellett egy – főként hallgatókból (BSc, Msc, PhD) – álló halas munkacsoport koordinátorként több különböző kutatási témát menedzselek, főként a táplálkozásbiológia, interakciós vizsgálatok, hal alapú vízminősítés, parazitológia, faunisztika, növekedésvizsgálatok, inváziós fajok szerepe/hatása, taxonómia/genetika, nehézfém akkumuláció, témakörökben. Ezek többsége nemzetközi kooperációban valósul meg.



Dr. Grigorszky István: 1967-ben születtem Gyulán. A Debreceni Egyetemen szereztem biológus-ökológus diplomát 1991-ben, majd biológia szakos középiskolai tanár diplomát 1996-ban. Doktori (PhD) minősítést szereztem 1998-ban, majd „Dr. habil” címet 2007-ben. Végzés után előbb a Körös-vidéki Környezetvédelmi Felügyelőség hidrobiológusa voltam, majd tanársegéd, ill. adjunktus a DE TTK Növénytani, majd Hidrobiológiai Tanszékén. 2008-tól egyetemi docensként dolgozom, 2019-től a DE TTK Hidrobiológiai Tanszék vezetője és a Hidrobiológus MSc szakfelelőse vagyok. Vezető szerepet játszottam a Hidrobiológus MSc magyarországi megalapításában és a szak Debreceni Egyetemen történt indításában, valamint a Water Quality Management angol nyelvű hidrobiológus képzés indításában. Oktatói munkám mellett kutatási tevékenységem a sekély vizek, vízfolyások, algológiai, hidrobiológiai, hidroökológiai sajátosságainak megismerésére koncentrálnak, azok mind elméleti, mind gyakorlati aspektusában.

DUGULÁSMENTES JÁRÓKERÉKKEL



Új Amarex a KSB-től – még a nedves törlőkendők sem fognak ki rajta

Az új, dugulásmentes járókerékkel az Amarex szennyvízszivattyú minden eddiginél hatékonyabb, megbízhatóbb és környezetbarátabb lett. Alkalmazható a kommunális- és ipari szennyvíz szállításban, iszapkezelésre és csapadékvíz elvezetésre. Optimalizált hidraulikájának köszönhetően magas szilárdanyag tartalmú közegek szállítását is megbízhatóan teljesíti. Energia- és költséghatékony üzemeltethetősége mellett – újrahajtosítható alkotórészei révén – még környezetbarát is!

[Tudjon meg többet!](#)

► A mi technológiánk. Az Ön sikere.

Szivattyúk • Szerelvények • Szerviz



KÜLDETÉSÜNK A TUDÁS!

15 FÓRUM - 100 ELŐADÁS - 1000 RÉSZTVEVŐ

Szövetségünk kiemelt célja a szakmai tudásmegosztás. Ezért, küldetésünknek megfelelően, 2021-ben is színvonalas fórumot teremtettünk a szakmai képzéseknek, és a legújabb eredmények átadásának. 2021-ben 14 webinárium keretében osztjuk meg a legfrissebb ismereteinket a szakma gyakorlókkal. A Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség havonta, online módon járt körül különleges témákat a szakmaiismertek alapjaitól vízkos városig. Bár hiányzik a személyes kapcsolatok ápolása, de az online fórumok kárpótolnak az intenzív tudás átadással és a visszanezhető tudásbázissal.

2021. márciusában az alapoktól indultunk! Az első három webinárium feltette a kérdést: Biztososan emlékszünk még a tanultakra? A **„VISSZA AZ ALAPOKHOZ”** sorozat keretében az ivóvíztisztítás, a szennyvíztisztítás és a csapadékgazdálkodás témakörében eleveztünk fel a talán már feledésbe merült ismereteinket, kicsi megfűszerezve újdonságokkal!

Az **„OKOS VÍZVEZETÉKHÁLÓZATOK LEHETŐSÉGEI ÉS ELŐNYEI”** fórumon a döntéshozók, a tervezők és a vízipari szakemberek számára mutattuk be, hogy milyen elemekből állnak össze az okos hálózatok, miért érdemes az IoT eszközökkel, smart elemekkel kiépíteni egy okos rendszert.

Az **„ÖNKORMÁNYZATI TELEPÜLÉSI VÍZGAZDÁLKODÁSI FELADATOK”**-at körüljáró fórum kiemelkedő szakmai siker volt. 133 résztvevővel ismertethettük meg az önkormányzati települési vízgazdálkodási feladatok legnagyobb kihívásait.

A **„CSAPADÉKVÍZ RENDSZEREK TERVEZÉSE”** online szakmai rendezvény a korszerű tervezést segítő ismereteket, annak műszaki/szakmai/tudományos háttérét, a korszerű, ökológiai szempontokat is szerepeltető csapadékvíz gazdálkodást mutatta be.

A **„HÁLÓZAT ÉS NYOMÁSMANAGEMENT”** szakmai nap megmutatta, hogy nyomásmgmt bizonyított hasznai mára már túlmutattak a szivárgás alapvető kontrollján, mivel alkalmazása nagy segítséget nyújt a hatékonyság javításában, a költségek csökkentésében és a várható vízhiány enyhítésében.

A **„KITAKARÁS NÉLKÜLI TECHNOLOGIÁK”** - webinárium a jó példák bemutatásán túl útmutatót adott jelenlegi pályázati lehetőségek felhasználására is.

A fenntarthatóság egyik pillére a digitalizáció. „Digitális felzárkózás”, illetve a „Mérés adatgyűjtés

és telekommunikáció” webináriumok bemutat-
ták az alkalmazhatóság széles tárházát!

A „**KÖRFORGÁSOS GAZDASÁG ÚJRA!**” és
a „**VÍZOKOS TELEPÜLÉSEK**” webináriumok
rámutattak: apró lépésekkel ám, de haladnunk
kell a fenntartható vízgazdálkodás felé!

**Köszönjük hallgatóinknak, hogy részt vettek
rendezvényeinken és hálásak vagyunk előadó-
inknak a színvonalad eladásokért!**

Bár a személyes találkozások pótolhatatlanok,
azonban az online webináriumok számos előnyt
kínálnak, így például a visszaneztetőek. Ha valaki

elmulasztott egy-egy webináriumot, azt sem
hagyjuk magára. Ugyanis a részvételi díj utólagos
megfizetése mellett a rendezvényt követően
is megtekinthetőek az online rendezvények
felvételei.

A megrendelés díja a MaSzeSz tagok részére:
10.000 Ft + ÁFA/webinárium, míg a nem ta-
gok részére (teljes árú jegy): 12.000 Ft + ÁFA/
webinárium.

A megrendeléssel, hozzáféréssel kapcsolatban
kérjük, keresse a Titkárságot:

titkarsag@maszesz.hu

Dr. Major Veronika



JURTA HÍREK



2021. szeptember 25-én a MaSzeSz Junior Tagozatának szervezésében Dr. Szabó Krisztina egyetemi adjunktus tartott készségfejlesztő tréninget Tárgyalás és szervezeti konfliktusok témakörökben. Az egész napos rendezvény házigazdája a BME Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszéke volt. A tréningen a következő témák kerültek terítékre: a tárgyalás fogalmának különböző definíciói, a tárgyalás dimenziói, tárgyalóerők, tárgyalási típusok. A délutáni

programban a bértárgyalás fortélyjaival ismerkedhettek meg a résztvevők, továbbá a különböző népek eltérő kultúrájából eredő tárgyalási különbségekkel. A tréning hátralevő részében pedig a csoportgondolkodás és a problémamegoldási képességek fejlesztése, illetve a kooperáció volt a középpontban. Az elméleti részeket jó hangulatban zajló, különböző egyéni és csoportos szerepgyakorlatok egészítették ki.



Decemberben a Planet Budapest 2021 kiállításon december 3-án délután egy másik junior szervezet, a V4SDG közreműködésével egy podcast felvételében veszünk részt, amelyben különböző fenntarthatósági témákat vitatunk meg. A beszélgetést keresd a honlapunkon és a Facebook oldalunkon.

Felhívás: 2022-ben ismét lesz Dulovics Junior Szimpózium! A konferenciára előadóként és résztvevőként várjuk azoknak a 35 évesnél nem idősebb szakembereknek a jelentkezését, akik a vízellátás, csatornázás, szennyvíztisztítás, vagy a települési vízgazdálkodás egyéb területén üzemeltetői, tervezői és/vagy tudományos tevékenységet folytatnak. A konferencia tavasszal kerül megrendezésre, a pontos dátumért figyeld híreinket.

Amennyiben részt vennél programjainkon, vagy segítenéd munkánkat önkéntesként, keress meg minket az alábbi elérhetőségek valamelyikén. A belépési nyilatkozatot és híreinket keresd honlapunkon: www.maszesz.hu/rolunk/junior-tagozat. Kövesd a munkánkat a Facebookon is, ezen a néven találsz meg minket: Maszesz - JUnioR TAgozat JURTA. Ha írnál nekünk, ide tedd: maszeszjurtaelnokseg@gmail.com.

A JUnioR TAgozat Elnöksége nevében kívánunk mindenkinek áldott, békés, szeretetteljes karácsonyi ünnepeket és egészségben, sikerekben gazdag boldog új évet! Jövőre találkozunk! Vízre tesszük a jövőt!

Varga Laura
Junior tagozat elnök

BÚCSÚZUNK

EMLÉKEZÉS DR. ORBÁN VERONIKÁRA



fotó: Mártonfai Dénes

Mély megrendültséggel és fájdalommal tájékoztatjuk mindazokat, akik ismerték és szerették, hogy Dr. Orbán Veronika, nyugdíjas főiskolai docens, az E.R.Ö.V. Víziközmű Zrt. munkatársra, a Magyar Érdemrend lovagkeresztjével kitüntetett vegyész, hosszan tartó betegséget követően, 2021. november 20.-án, életének 82. évében elhunyt.

Orbán Veronika oktatói, kutatói munkája és további számos ágazati tevékenységén túl, a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség

Felügyelőbizottsága tagjaként, derűs személyiségevel, gyakorlatias meglátásaival, szakmai támogatásával segítette a MaSzeSz működését.

Áldozatkész munkája, segítő pártfogása, közvetlen személyisége hiányt hagy maga után a víziközmű ágazatban!

Fájó szívvel búcsúzunk.

TELEPÜLÉSI SZENNYVÍZISZAPOK KEZELÉSE

DR. JUHÁSZ ENDRE

Dr. Juhász Endre által jegyzett Települési Szennyvíziszapok Kezelése c. kézi és egyben a felsőoktatási ismeretek oktatását szolgáló szakkönyv, mely a gyakorlat számára 110 ábrával, 551 színes képpel és 36 táblázattal szolgálja a szennyvíz iszapkezelésben ismeretet szerezni kívánók tájékoztatását. A technológiákat és azok berendezési tárgyait 6 fejezet részletezi, míg az iszap szállítását és a hasznosítására történő előkészítést külön fejezetrész taglalja.

A könyv jellege: **Kézikönyv a szennyvíziszappal közvetlenül vagy közvetve foglalkozók részére** (Tervezők, beruházók, üzemeltetők, hatósági szakemberek), továbbá egyben tankönyv a felsőoktatási intézmények számára.

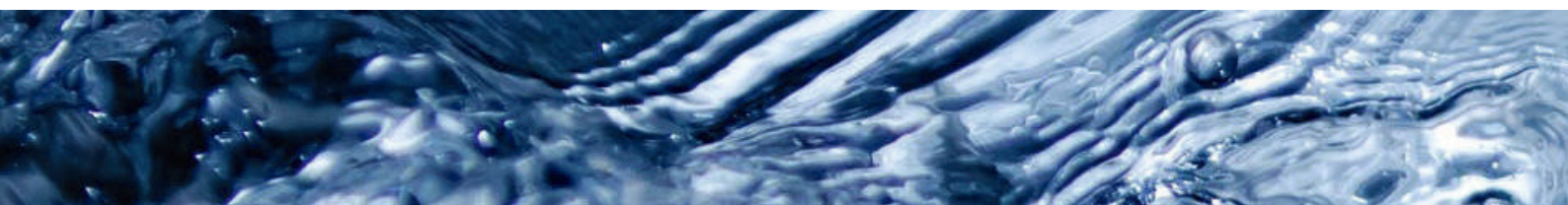
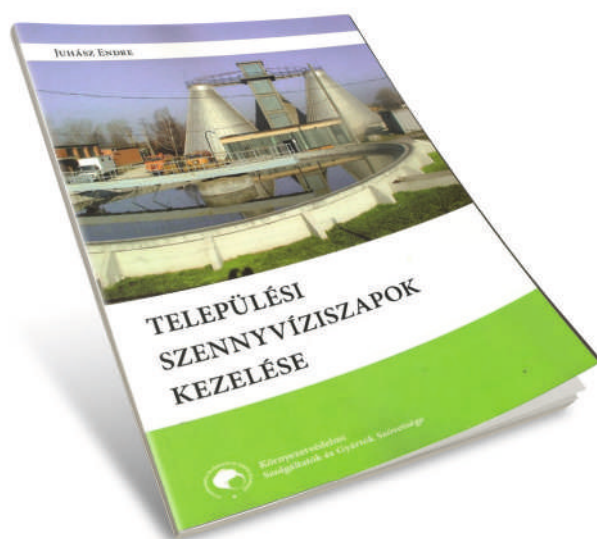
Megrendelhető:

Enqua Kft. Postacím 1016 Budapest Bérc utca 16.

Email: holczbauer.akos@enqua.hu

Holczbauer Ákos Tel.: +36-20-480-2541

Ára: 7500 Ft + Postaköltség



VÍZSZERZÉS, VÍZTISZTÍTÁS

A Vízszerezés, víztisztítás című tankönyv célja a hazai víznyerési és víztisztítási létesítmények és technológiák bemutatása – a vízszerezés módjaitól és műtárgyaitól kezdve a víztisztítási alapfolyamatokon keresztül a víztisztító telepek kialakításáig és üzemeltetéséig.

A tankönyv elsősorban a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Vízudományi Kara vízügyi üzemeltető mérnök alapképzésének oktatási anyagaként szolgál, azonban haszonnal forgathatják a gyakorló „vizes” mérnökök, a vízszerezés, víztisztítás és -szolgáltatás területén dolgozó szakemberek és mindenki, aki elhivatottságot érez, hogy ezzel a területtel foglalkozzon.

A szerzők igyekeztek a témaköröket úgy bemutatni, hogy előképzettség nélkül is könnyen érthetők legyenek, a fejezetek végén ellenőrző kérdések segítik a téma feldolgozását, áttekin-tését és elsajátítását.”





E-learning



**Digitális & offline
kiadványtervezés**



**Online kommunikáció
& e-marketing**



Social media kampányok



**Webdesign
& webfejlesztés**



Online rendezvények



Arculattervezés



Nyomdai anyagok tervezése

k r e a t í v



2021.ÉVI III. LAPSZÁM 80. OLDAL – HELYREIGAZÍTÁS

A MaSzeSz 2021.évi III. lapszámának 80. oldalán - BALATONI SZENNYVÍZTISZTÍTÓK MADÁRTÁV-LATBÓL című, DR. JUHÁSZ ENDRE szerző által közölt szakmai cikkben - olyan tévedések, és társaságunkat hátrányosan érintő megjegyzések szerepelnek, melyek kiigazítást igényelnek az alábbiak szerint:

„Társaságunk számos szakembere immáron 20 éve tervez, épít és üzemeltet anaerob technológiákat, ezek között szennyvíziszap rothasztókat is, melyek nem a hagyományos torony kialakítású reaktorokat tartalmazza. Az alacsonyabb, mint magasabb szennyvíziszap rothasztók – mint amelyet számos helyen terveztünk és építettünk Magyarországon is - világszerte elterjedtek, de mások is építettek hazánkban ilyen nem torony kialakítású szennyvíziszap rothasztót.

Tárgyi tévedés, hogy „Weltec” típusú rothasztók épültek Siófokon. Ott saját fejlesztésű, InwaFerm, szennyvíziszap rothasztására is alkalmas rothasztókat terveztünk és építettünk, melyek nem koracél falazattal, hanem vasbeton falszerkezettel kerültek megvalósításra, belül HDPE borítással a biogénes korrózió megakadályozása céljából.

Tárgyi tévedés az is, hogy a német ipar nem alkalmaz alacsonyabb, mint magasabb rothasztókat, mint ahogyan az, hogy nem használnak ilyen típusokat szennyvíziszapok rothasztására.

Ami az üzemeltetést illeti. A megoldásainkat alkalmazó hazai vízmű üzemeltető szakemberek véleménye alapján (országszerte számos helyről származó) üzemeltetést érintő kárról beszélni egyszerűen megtévesztési kategória, nem megalapozott, tényekkel alá nem támasztott és hitelt romboló. Mindenkor beruházói döntés egy macerátor(ok) vagy szálprés beépítése a szálás anyagok kifogására, mint ahogyan az is, hogy biológiai kéntelenítőt vagy aktív szén kéntelenítőt építenek be a kénhidrogén tartalom csökkentése céljából. Az InwaFerm szennyvíziszap rothasztóink biogáz termelése nem marad el bármely más rothasztó megoldásokhoz képest, eléri az ismert értékek közel maximumát, tehát energetikailag minimum egyenértékűek. Kifejezett előnye pedig az, hogy sokkal nagyobb térfogati terheléssel is működtethető keverési technológiájának köszönhetően. Ami pedig a beruházási költséget és az ebből eredő üzemeltetést terhelő amortizációs költségeket érinti, nos ebben bizonyosan előnyösebbek a megoldásaink. Ne feledkezzünk meg arról, hogy a szennyvíziszap rothasztók közcélú létesítmények, tehát közérdek az, hogy milyen beruházási költséggel és majd évekkel később milyen pótlási költségekkel kell/lehet számolni és hogy egy ugyanakkora InwaFerm „lapos” rothasztó markánsan nagyobb biogáz termelési potenciállal bír kialakításának, technológiájának köszönhetően.”

SZILÁRD ANYAGOK ÉS FINOM RÉSZECSKÉK AZ UTCAI LEFOLYÁSOKBAN

FELTÉRKÉPEZÉS ÉS JELLEMZÉS

**JOACHIM FETTIG, MARTIN OLDENBURG,
VOLKER PICK ÉS KATHARINA PILAR VON PILCHAU (HÖXTER)**

Időben nagy felbontású mintavétel segítségével 2018 és 2020 között 81 csapadékeseményt térképeztek fel lakott területen belül haladó főútvonalon található utcai víznyelőnél. Az AFS63 finom részecskék utcai lefolyásban mért koncentrációja az év során ingadozott, miközben az összes minta mediánértéke 76 mg/l volt. A minták szervesanyag-hányada körülbelül 32% volt, átlagos sűrűségük pedig 1,75 g/cm³. Az összes részecske vonatkozásában az átlagos szemcseátmérő $d_{50} = 31 \mu\text{m}$ volt, az AFS63 frakció hányada pedig 67% mediánértéket adott ki. Ezekkel a paraméterekkel az ülepítőrendszerek alacsony hatásfoka számítással igazolható. Az SBR (sztirol-butadién kaucsuk) paraméterből levezetett gumiabroncs-kopásra a becslésen alapuló mérések 4,4–8%-os hányadot eredményeztek, az összes részecske vonatkozásában. Az anyag azonban nem gumirészecske-formátumban fordult elő, hanem heterogén agglomerátumok alkotórésze volt. Az utcai lefolyás anyagi típusú szennyezettsége és a különböző peremfeltételek közötti lehetséges ok-okozati összefüggések elemzése csak a mindenkor esemény közben mért csapadékmagassággal és maximális lefolyással mutatott jelentős összefüggéseket.

Kulcsszavak: vízelvezető rendszerek, csapadékvíz, utcai lefolyás, közlekedési felület, szilárd anyag, finom részecske, DWA-M 102, AFS63, gumiabroncs-kopás

DOI: 10.3242/kae2021.11.001

Abstract

Solids and fine particles in road runoff Mapping and characterisation

This project mapped 81 rainfall events that happened between 2018 and 2020 using a road gully along an urban main road using sampling with high temporal resolution. The concentration

of fine particles (filterable substances) in road run-off fluctuated during the course of the year, with a median of 76 mg/l recorded across all samples. Its organic content stood at 32 %, and its median density at 1.75 g/cm³. Looking at all particles, the median grain diameter was d₅₀ 5 31 μm, and the proportion of filterable substances was a median of 67%. These parameters help to explain the low efficiency of sedimentation systems from a mathematic perspective. Indicative readings revealed a 4.4– 8% content for tyre abrasion based on the styrene-butadiene-rubber (SBR) parameter, looking at all particles. However, this abrasion did not appear in the form of rubber particles, but was rather a component of heterogenous agglomerations. An analysis of potential cause-and-effect relationships between the pollutants found in road run-off and the various constraints only revealed significant correlations with the amount of precipitation and maximum run-off during the event in question.

Key Words: drainage systems, rainwater, road run-off, traffic area, solids, fine particle, DWA-M 102, filterable substances, tyre abrasion

BEVEZETÉS

1.1 KEZDEMÉNYEZÉS

A közlekedési felületekről származó csapadék-víz-lefolyások kezelésére vonatkozó, decentrális és félig központi ülepítőrendszerekben végzett vizsgálatok azt eredményezték, hogy ezek a rendszerek a részecskeszerű anyagok leválasztása során – gyakorlati körülmények között – csak korlátozott hatékonyságot mutatnak^[1-3]. Ennek okaként egyrészt a részecskék típusa és szemcseméret-eloszlása, másrészt pedig a csapadék-lefolyási események dinamikája tekinthető. A jelen tanulmányban bemutatott projekt célja az utcai lefolyásokban előforduló szűrhető anyagok (abfiltrierbare Stoffe, AFS), különösen a finom részecskék típusára és szemcseméret-eloszlására vonatkozó tudásanyag szintjének növelése. A DWA-A/M 102 munkalap- és útmutató-sorozat alapján ezt a frakciót a továbbiakban „AFS63” névvel jelöljük.

1.2 A KÖZLEKEDÉSI FELÜLETEKRŐL ELFOLYÓ CSAPADÉKVÍZBEN TALÁLHATÓ RÉSZECSE-KE-SZERŰ ANYAGOK

Az utcai lefolyásokban mérhető AFS-koncentrációk értéke 30–700 mg/l között változhat^[4]. Az AFS63-hányadot ugyanakkor csak a legfrissebb tanulmányokban vették figyelembe; így Grotehusmann és Kornmayer^[3] a szakirodalom feldolgozása alapján a következő átlagértékeket adták meg:

cAFS = 160 mg/l, illetve cAFS,63 = 110 mg/l,

amely értékek a 69%-os AFS63/AFS-hányadnak felelnek meg. Rommel és Helmreich^[5] egy müncheni utca vonatkozásában jöllehet, alacsonyabb mediánértékeket határoztak meg:

cAFS = 82 mg/l és cAFS,63 = 73 mg/l,

cserébe azonban a 89%-os értékkel magasabb finomrészecske-hányadot, amely érték az év

folyamán változott, télen volt a legmagasabb. Polukarova et al.^[6] kutatók utcaseprő géppel összegyűjtött utcai por részecskeméret-eloszlását határozták meg, melynek során mindössze 0,9–8,1%-os AFS63/AFS-hányadokat találtak. Vannak azonban arra vonatkozó utalások, hogy az utcatakarítás során frakciókra bontás történik, vagyis a nagyobb méretű részecskék eltávolítása hatékonyabb, mint a nagyon finom részecskéké^[7]. Ezen kívül a gyűjtőtartályban is végbemehetnek agglomerációs folyamatok, így ezek az eredmények nem reprezentatív eredménynek tekintendők. Winston és Hunt^[8] utcai lefolyásokban határozták meg részecskeméret-eloszlásokat, és a 31–144 µm-es tartományban találtak részecskeméreteket $d_{50} = 65$ µm mediánértékkel. Herr és Sansalone^[9] a mediánértéket több mintából határozták meg; számításuk eredménye: $d_{50} = 85$ µm; ± 76 µm standard eltéréssel, valamint Charters et al.^[10] kutatók 12 µm és 103 µm közötti d_{50} -értékeket találtak.

Az úgynevezett „első öblítő hatást”, vagyis a lefolyási esemény kezdetén fellépő magas AFS-koncentrációk fellépését a régebbi szakirodalomban heves viták során tárgyalták^[11]. Ezzel szemben Liu et al.^[12] szerzők öt, átlagosan 149 mg/l AFS-koncentrációt felmutató esemény során jelentős első öblítő hatást figyeltek meg. Grüning és Schmitz^[13] szerzők utcai lefolyások online zavarosságmérések segítségével végzett vizsgálatából származó adatai is hasonló hatás bekövetkeztét erősítették meg. Ahogy azt Dierschke^[4] irodalmi hivatkozások alapján kikövetkeztette, a forgalom intenzitása és a közlekedési felületek anyagi típusú szennyezettsége között összefüggésnek kell lennie; utcai lefolyások ok-okozati összefüggések meghatározása céljával történő szisztematikus vizsgálataira azonban eddig alig került sor^[14].

Az utcai lefolyásokban található részecskék leválasztásával kapcsolatban jelenleg túlnyomórészt ülepitőberendezést alkalmazunk. Különböző csapadékvíz-ülepítő medencék üzemi adataiból az AFS, illetve AFS63 paraméterek vonatkozásában a koncentráció-hatékonyság 50%-os, illetve 37,5%-os mediánértékeit vezették le $q_A = 0,6 - 19$ m³/(m² · h) felületi terhelés mellett^[3]. Rommel és Helmreich^[5] ugyanezt a 37%-os mediánértéket állapították meg az ülepitőrendszerek AFS63-hatásfokával kapcsolatban, ahol a felületi terhelés mindössze $q_A = 0,4$ m³/(m² · h) volt. Decentrális rendszer saját vizsgálatában a $q_A = 1 - 10$ m³/(m² · h) értékkel kapcsolatban 30%-os, a lefolyásértékkel súlyozott átlagos AFS-hatásfokot találtunk, ami jelentősen alacsonyabb volt, mint ahogy az a Millisil W4 vizsgálati közeggel, a DIBt-eljárás szerint végzett laboratóriumi vizsgálatok eredményei alapján várható volt^[2]. Gyakorlati körülmények között a korlátozott hatásfokok oka lehet a részecskék mérete és sűrűsége. Nyström et al.^[15] laboratóriumi kísérletekben kimutatták, hogy az AFS-leválasztás hatásfoka 40%-ról 90% fölé növelhető, ha az utcai lefolyáshoz pelyhesítőszert adagolunk.

1.3 GUMIABRONCS ÉS ÚTKOPÁS

Az UMSICHT Fraunhofer-intézet konzorciumi tanulmánya alapján a gumiabroncs-kopás kb. 101 500 t/a értékével a kereken 330 000 t/a évi mikroműanyag-mennyiség legnagyobb hányadát jelenti; Németországban minden évben ekkora mennyiség kerül környezetbe^[16]. A gumiabroncsok mesterséges és természetes kaucsukból állnak, továbbá 35–40% töltőanyagot (elsősorban korom), ezen kívül ásványolajokat, ként és cinkoxidot tartalmaznak^[17]. A gumi sűrűségével kapcsolatban 1,15–1,18 g/cm³-es

adatok találhatóak^[18], mindenesetre vannak erős arra utaló jelek, hogy a gumiabroncs-kopás igen gyorsan heteroagglomerátumokat képez az úttestből lekopott, illetve az úttesten található egyéb részecskékkel^[19–21]. Ezért Unice et al.^[22] kutatók a gumiabroncs-kopás továbbításának modellszámításai vonatkozásában $1,80 \text{ g/cm}^3$ sűrűség-értéket tételeztek fel, míg Klöckner et al.^[21] a „fiatalabb” agglomerátumokra $< 1,90 \text{ g/cm}^3$ sűrűséget, az idősebb agglomerátumokra pedig $> 1,90 \text{ g/cm}^3$ sűrűséget adtak meg.

Wagner et al.^[23] nyomán a német autópályákon keletkező gumiabroncs-kopás értékének kb. 48 000 t/a körül kell lennie, és a következő összetevőkből áll: útpadkák, felszíni víz (közvetlen lefolyás), utcai víznyelők és levegő (porként való továbbítás). Gumiabroncs-részecskéket már az útpadkában is kimutattak^[19]. A településen belüli területeken, ahol a menetteljesítmény kb. 26%-a német utakon történik, illetve ahol a gumiabroncs-kopás kb. 30%-a kiesik^[23], a gumiabroncs-kopás további csökkentő tényezőjeként az utcatakarítást kell figyelembe venni, melynek hozzájárulásának mértékét azonban nehéz meghatározni, mivel az alkalmazott gépek és a takarítási gyakoriság is fontos szerepet játszik. Unice et al.^[22] itt 14%-os maximális hányadot tételeznek fel, ami az utcai szeméttel eltávolításra kerül. Wik és Dave^[24] áttekintést készítettek a gumiabroncs-kopás utcai lefolyásban mérhető koncentrációiról, amely értékeket különböző jelölőanyagok segítségével határozták meg; az adatok erősen ingadoztak a $12\text{--}179 \text{ mg/l}$ közti tartományban. Egyesített rendszerű csatornahálózattal rendelkező településeken gumiabroncs-kopás elméletileg a szennyvíztisztító telepek hozzáfolyásában is megtalálható, ezt azonban Enfrin et al.^[25] nem tudták megerősíteni.

A gumiabroncs-kopás mellett a fékkopás is részecskék felhalmozódását okozza az útfelületen.

Hillenbrand et al.^[26] nyomán a fékkopás mennyisége Németországban $12\ 350 \text{ t/a}$ körül van. A részecskék összetétele azonban túlnyomórészt szervesanyagokból áll^[18], és a $d < 10 \mu\text{m}$ -es méretük miatt inkább a finom por kategóriájába sorolandók^[27, 28], így a részecskék jelentékeny hányadát a levegőben lehetne továbbítani. Az anyag típusa és az igénybevétel függvényében az úttest felületének kopása is hozzájárul az utcai lefolyás szilárdanyag-terheléséhez. Kulcsparamétert idáig nem azonosítottunk^[29]. Bertling et al.^[16] szerint a bitumenkopás hányada Németországban $18\ 800 \text{ t/a}$. Ntziachristos és Boulter^[30] nyomán az aszfaltutak kopása 5–10%-ban bitumen, 90–95%-ban pedig kőzet. A légköri lerakódással együtt az utak kopása mennyiségi szempontból is partnere a gumiabroncs-kopás heteroagglomerációjának.

Annak a kérdésnek a megválaszolásához, hogy milyen magasak a fajlagos kopásmennyiségek gépkocsi-kilométerenként (Fahrzeugkilometer, Fkm), Gehrke és Bertling^[31] a fajlagos gumiabroncs-kopást személygépkocsi esetén $53\text{--}200 \text{ mg/Fkm}$, nehéz tehergépkocsi esetén pedig 1500 mg/Fkm értékkel tételezik fel. A gumiabroncs-kopás, illetve az azzal képződő heteroagglomerátumok részecskemérete vonatkozásában különböző adatok állnak rendelkezésre: Kole et al.^[18] nyomán az egyik méretkategória a $1\text{--}25 \mu\text{m}$ -es, míg a másik kategória az ultrafinom részecskék kategóriája, ami a $30\text{--}60 \text{ nm}$ -es tartományba esik. Kreider et al.^[32] $5\text{--}120 \mu\text{m}$ -es mérettartományt neveznek meg, $d_{50} = 75 \mu\text{m}$ -es mediánértékkel, Ntziachristos és Boulter^[30] pedig a d_{50} -értékek vonatkozásában a személygépkocsikra $65 \mu\text{m}$, tehergépkocsikra pedig $80 \mu\text{m}$ értéket adnak meg. Ezek az értékek a nagyságrend szempontjából Klöckner et al.^[21] tényállásával egyezik, ennek következtében a gumiabroncs-kopás 60%-os hányada a $> 50 \mu\text{m}$ -es részecskefrakcióban található.

Az utcai lefolyásokban található mikroműanyag elemzésével kapcsolatban eddig alig áll rendelkezésünkre tapasztalat. Újabb publikációk alátámasztják, hogy reflexiós üzemmódban alkalmazott spektroszkópiai módszerek a gumiabroncs-kopás kimutatására alkalmatlanok, mert a gumiban lévő kóromrészecskék az infravörös fényt nagymértékben elnyelik^[33]. Eisentraut et al.^[34] ki tudták mutatni, hogy a gumiabroncs-kopás a termo-extrakció-deszorpció-GC-MS eljárás segítségével egészen 0,23 µg-os alsó érzékenységi határig meghatározható.

2 KÍSÉRLETI VIZSGÁLATOK

2.1 HELYSZÍN ÉS MINTAVÉTEL

A mintavételezéssel érintett közlekedési felület esetén a B 64 út egyik, a Höxter településen átmenő szakaszáról van szó, a Godelheimer utca/Stummrige utca kereszteződésének térségében. A felület mérete $A_{red} = 420 \text{ m}^2$, ami a mért magasságadatok alapján a DWA-A 118 munkalapnak megfelelően a 3-as lejtésosztályba sorolandó. A területhez tartozik egy közlekedési lámpa területe is, tehát a gyorsítási és fékezési folyamatok miatt megnövekedett gumiabroncs-kopással lehet számolni. Az útszakaszon ezen kívül mindkét oldalon bokrok és kisebb fák találhatóak, ezek révén szerves anyag kerül a vizsgált területre.

A mintavétel utcai víznyelőnél történt, melynek koordinátái a következők: jobb oldali érték = 32U 526131; magasságérték = 5735536, az ETRS89 koordinátarendszerben. Két darab, MAX TP 5 típusú automatikus mintavevő készüléket alkalmaztunk, melyek mindegyike 24, darabonként 1 literes mintavevő palackkal van felszerelve. A vezérlés a mennyiséggel arányosan, Q-logger

segítségével történik; a készülék az átfolyási mennyiség minden 20 litere után mintavételi impulzust váltott ki. Így rugalmasan lehetett alkalmazkodni a lefolyási vízmennyiséghez, melyből mintát kívántunk venni. A legnagyobb elérhető időbeli felbontás percenként egy minta volt. Általánosságban arra törekedtünk, hogy az esemény kezdetén nagyobb felbontást érjünk el. A vízminták vételét tömlőkön keresztül végeztük, egy kisebb, kb. 1,2 liter térfogatú köztes tartályból való kiszívással; a tartály az áramlásmérésre szolgáló rendszer fölött volt telepítve. A rendszer működésének rendszeres szemrevételezése alapján megállapítható, hogy ott nem tapasztalható szilárd anyagok leülepedése, így reprezentatív mintavételből indulhatunk ki.

Az áramlásmérő és a mintavevő készülék nagyobb falevelektől való védelmére – melyek dugulást okozhattak volna – az utcai víznyelő lombfogóját hatszögletű dróthálójával szereltük fel. A háló által leválasztott anyag szűrőhatásának csökkentése érdekében a dróthálót minden mintavételi folyamat előtt és után kiürítettük és megtisztítottuk, így az utcai lefolyásban lévő részecskék lehető legnagyobb részét a mintavétel során fogjuk fel. A kivett anyag tömegét 105 °C-on történő szárítás után állapítjuk meg, és szükség esetén hozzárendeljük a mintavételezéssel érintett csapadékeseményhez.

2.2 ADATFELVÉTEL ÉS ELEMZÉS

Csapadék- és meteorológiai adatok

A felhasznált csapadékadatok csapadékmérő készülékből származnak (állomás száma: 422220042), amely mérőkészüléket az Észak-Rajna-Vesztfáliai Állami

Természetvédelmi, Környezetvédelmi és Fogyasztóvédelmi Hivatal (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, LANUV NRW) üzemelteti a Höxteri Műszaki Főiskola területén, ami a vizsgálat helyszínétől kerekén 835 méterre, délnyugati irányban található. Ugyanazon telephely vonatkozásában a meteorológiai megfigyelő-állomás – tíz perces átlagértékek formájában – a következő adatokat is rendelkezésünkre bocsátotta: szélirány és szélesség 10 m-es magasságban (a METEK cég ultrahangos szél-mérő készüléke), valamint a levegő hőmérséklete 2 m-es és 10 m-es magasságban (Pt 100 érzékelő szonda).

Forgalommérés

A forgalmat a vizsgálat helyszínén a wavetec Solutions GmbH cég két wavetec Traffic Counter (WTC) típusú radartechnikai forgalomszámláló készüléke (2., low power változat) segítségével mindkét menetirányban folyamatosan mértük. Mivel a szembejövő forgalmi sáv mért értékei csak akkor pontosak, ha a forgalmi sáv szomszédos oldalán nem halad el jármű, mindkét forgalmi sáv adatainak pontos méréséhez két készülékre volt szükség. A rögzített mérési adatok automatikus kiértékeléséhez négy különböző járműosztályt használtunk, azok mindenkori hosszúság-tartományával.

Csapadék-/lefolyás-szimuláció

Az átfolyó vízmennyiségre vonatkozó mérésekkel párhuzamosan a KOSIM program (itwh, Hannover) segítségével csapadék-/lefolyás-szimulációt végeztünk, hogy egyrészt a Q-logger esetleges meghibásodása esetén pótolni tudjuk az adatfolyam hiányosságait, másrészt pedig hogy a rögzített

lefolyásmérések utólagos (alapvonal-)korrektúrája lehetővé váljon – amire a méréshez használt nedvesiszap-fogóba való túlzott falevél-behullás miatt alkalmanként szükség volt.

Adattárolás és -feldolgozás

A nyers adatok tárolása és kiértékelése céljából több adatbázist készítettünk, melyek címzése vezérlő adatbázison keresztül történik.

Vízminőségre vonatkozó paraméterek

Valamennyi analitikai meghatározást – a mikroműanyagra vonatkozó vizsgálatok kivételével – az Ostwestfalen-Lippe Műszaki Főiskolán végeztük. Minden mintában a következő paramétereket határoztuk meg: pH-érték, vezetőképesség, zavarosság, AFS63 és AFSdurva. A mintáknak az AFS63 paraméter meghatározásához való előkészítését 63 µm-es nemesacél szitára helyezve végeztük (di = 55 mm). A művelet során ügyeltünk az alapos utólagos öblítésre. A szitát megfelel az AFS63 frakciónak, a szitán fennmaradó részecskék az AFSdurva frakciót képviselik. A két frakció összege kiadja az AFSössz paramétert. A kiválasztott mintasorozatokat ezen kívül a Dimatoc 2000 készülék segítségével bevizsgáltuk a TOC-érték (összes szerves széntartalom), illetve 2000 G diszperziós modulával felszerelt Malvern Mastersizer 2000 készülék segítségével végzett lézerdiffrakciós mérés alkalmazásával részecskeméret-eloszlás szempontjából. Ezzel a módszerrel megállapítjuk a térfogati eloszlást, melynél a részecskeméret szabálytalan alakú részecskékénél az azonos diffrakciójú gömb ekvivalens átmérőjének felel meg.

A szemcsesűrűséget több vegyes minta esetében nedves szitálás, majd a visszamaradt anyag

izopropanol felhasználásával, piknométerrel végzett szárítása segítségével határoztuk meg. A folyamat során a következő négy szitavágást vettük figyelembe: $d > 125 \mu\text{m}$, $63 \mu\text{m} < d < 125 \mu\text{m}$, $25 \mu\text{m} < d < 63 \mu\text{m}$, valamint $d < 25 \mu\text{m}$ (szitátal). Ezen kívül mikroszkópiai vizsgálatok segítségével a részecskék szemrevételezéses értékelése is megtörtént, a tiszta gumibroncs-mintákkal összehasonlítva. A mikroszkopikus vizsgálatokhoz képrögzítésre alkalmas rátéttel felszerelt Leica DM 5500 B, valamint Leica DMRB készülékeket használtunk. A mintákat legtöbbször üveg fedőlemez használata nélkül, száraz állapotban, 40-, 50- és 100-szoros nagyítás mellett vizsgáltuk meg mikroszkóppal.

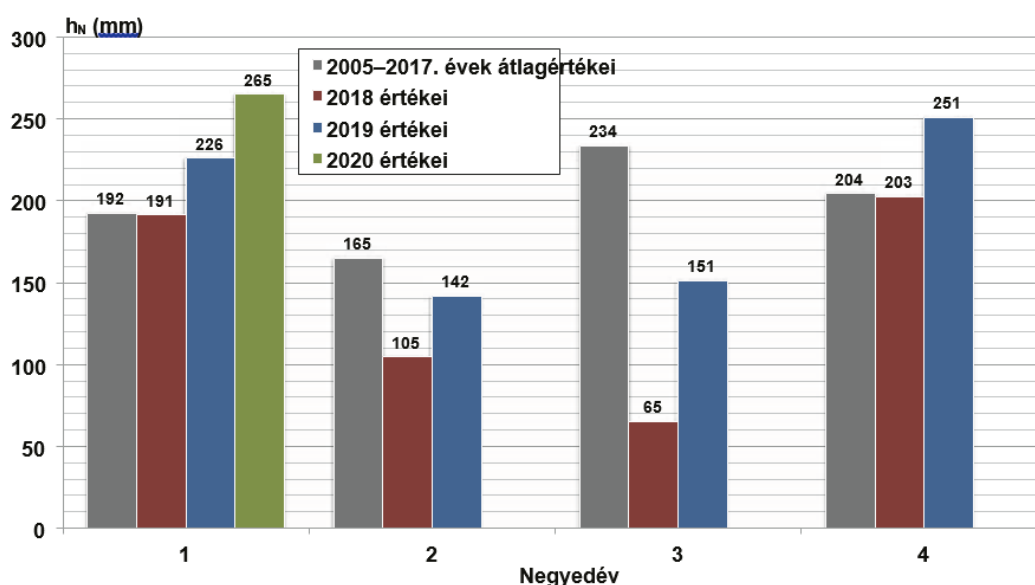
A mikroműanyagra vonatkozó vizsgálatokat a kiválasztott mintákon végeztük el, a Raman-spektroszkópia és a termo-extrakció-deszorpció (TED) GC-MS eljárás használatával. A rüsselsheimi Rajna-Majna Főiskola Környezet- és Eljárástechnikai Intézetében (Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik, IUVT) végzett Raman-spektroszkópiához a tényleges elemzés előtt viszonylag költséges

minta-előkészítésre van szükség, mellyel kapcsolatban kifejlesztettünk egy módszert az utcai lefolyás mátrixához. A (TED)-GC-MS eljárással végzett elemzést Paul Eisentraut, a Szövetségi Anyagvizsgálati Intézet (Bundesanstalt für Materialprüfung, BAM) munkatársa végezte, Dr. Ulrike Braun munkacsoportjában. Ehhez csak arra volt szükség, hogy a vizes mintákból az elemzés előtt elkülönítsük a száraz visszamaradó anyagokat, és mozsárban homogenizáljuk azokat.

2.3 HIDROLÓGIA, HIDRAULIKA ÉS METEOROLÓGIA

Mintavételi mennyiségek

Mivel a mintavevő készülék működésében eseményvezérelt irányítás szerepelt, a tervezés alapjaként először a várható eseménymennyiséget kellett megállapítani. Ehhez a LANUV-nak (Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz, Állami Természetvédelmi, Környezetvédelmi és Fogyasztóvédelmi Hivatal) a helyszín



11. kép A 2018–2020-as időszak csapadékmagasságai negyedéves összegértékeinek (Höxter település) összehasonlítása a sokéves (2005–2017) átlagértékkel

vonatkozásában rendelkezésre álló – 2005 és 2018 közötti – csapadékadatainak statisztikai kiértékelése alapján a lefolyás szempontjából mérvadó térfogatok gyakorisági összegét számítottuk ki. Ennek megfelelően a lefolyási vízmennyiség az események 86%-ában legfeljebb 2 m^3 volt, az események 96%-ában pedig legfeljebb 5 m^3 lefolyási vízmennyiség volt mérhető. A szabványos mintavétel során ezért a vízmennyiséget, melyből mintát kívántunk venni, a $2\text{--}5 \text{ m}^3$ -es tartományra szűkítettük, mivel így az események túlnyomó többsége nagy biztonsággal teljesen rögzíthető volt.

Csapadék és lefolyás

A 2018–2020-as időszak csapadékmagasságainak a 2005–2017-es időszak sokéves átlagértékeivel negyedéves összegértékek formájában történő összehasonlítása az 1. ábrán látható.

Egyértelműen felismerhető a 2018-as év két száraz – második és harmadik – negyedéve. A hozzá tartozó éves csapadékmagasság értéke 564 mm volt, így kereken 30%-kal alacsonyabb volt, mint a 795 mm -es sokéves átlag. A második és harmadik negyedévben lehulló csapadékmennyiség 2019-ben is ugyanilyen alacsony volt. Ezt a hiányt az első és a negyedik negyedév magasabb értékei kiegyenlítették, így a 770 mm -es éves csapadékmagasság majdnem elérte a sokéves átlagot. A vizsgált időszakban összesen 251 darab, a lefolyás szempontjából mérvadó, $hN \geq 0,5 \text{ mm}$ csapadékmagassággal járó csapadékeseményt regisztráltunk.

A csapadékesemények – vizsgált időszakban képviselt – reprezentativitásának megítéléséhez a 2018/07–2020/03-as időszak eseménymennyiségeinek gyakorisági összegét állapítottuk meg, majd állítottuk szembe a sokéves rögzített

Paraméter	Érték
A $hN \geq 0,5 \text{ mm}$ értékű csapadékesemények összes száma	251
hN csapadékmagasság összege	1267 mm
Csapadéktérfogat összege, $A_{\text{red.}} = 420 \text{ m}^2$ területre vonatkoztatva	532 m^3
A lefolyás szempontjából mérvadó térfogatok összege $\Psi = 0,76$ esetén	404 m^3
A mintavételezéssel érintett események száma	81
ebből a teljes egészében mintavételezett események száma	69
Az összes, mintavételezéssel érintett esemény ösztérfogata	151 m^3
A hatékonyan mintavételezett térfogatok hányada	124 m^3

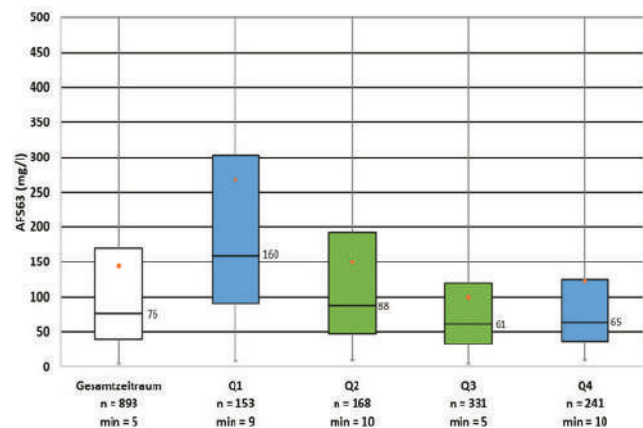
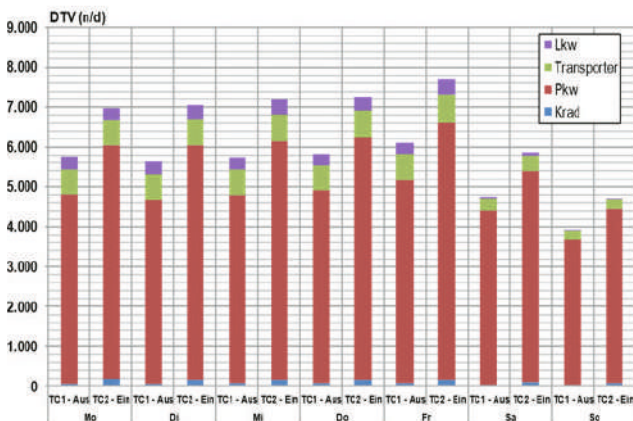
1. táblázat A 2018/07–2020/03-as vizsgált időszak mintavételezéssel érintett csapadékeseményeinek áttekintése

adatokkal. Az egyes mennyiségosztályokban mért eltérések a néhány százalékos nagyságrendben voltak, vagyis a mintavételezéssel érintett események a 2018-as év csapadékban szegény periódusai ellenére az elmúlt 15 év reprezentatív mintájának tekinthetők. A lefolyás szempontjából mérhető 251 esemény közül összesen 81-et több mint 900 egyedi mintával rögzítettünk. A mintavételek döntő hányada 0,5–5,0 m³ lefolyási vízmennyiség mellett történt, ahol a csapadékesemény időtartama legtöbbször 2–8 óra volt. Az 1. táblázat a csapadékeseményeket, valamint a hidrológiai és hidraulikai jellemzőket foglalja össze. A mintavételezéssel érintett 81 esemény közül összesen 69-et rögzítettünk teljes egészében,

valamint a hatékonyan mintavételezett lefolyási vízmennyiség 124 m³-rel a lefolyás szempontjából mérhető teljes csapadékmennyiség (404 m³) kerekén 31%-a körül volt.

Meteorológia

Hat szélosztály szélirányainak tíz perces átlagértékekből számított százalékos megoszlása a dél-északnyugat tartományban uralkodó áramlási irányokat eredményezett, nyugat-dél-nyugat-nyugati súlyponttal. A szélességeknél az összes tíz perces átlagérték kerekén 91%-a a 0–3 m/s-os tartományba esett, csak 9% esetén tapasztaltunk magasabb értékeket.



2. ábra Átlagos napi forgalom nagysága a vizsgált helyszínen mindkét menetirányban, a 2019-es év vonatkozásában

DTV (n/d)	átlagos napi forgalom nagysága	Mo	hétfő
Lkw	tehergépkocsi	Di	kedd
Transporter	mikrobusz	Mi	szerda
Pkw	személygépkocsi	Do	csütörtök
Krad	motorkerékpár	Fr	péntek
Aus	ki	Sa	szombat

3. ábra Az AFS63 paraméter mért értékeinek statisztikai kiértékelése a teljes időszakban és az egyes negyedekben (vonal = medián, pont = átlagérték, doboz = 25%-os és 75%-os százalékos érték)

Gesamtzeitraum	Q1	Q2	Q3	Q4
n = 893	n = 153	n = 168	n = 331	n = 241
min = 5	min = 9	min = 10	min = 5	min = 10
max = 2309	max = 2309	max = 1874	max = 650	max = 987
MW = 144	MW = 268	MW = 150	MW = 100	MW = 123

Teljes időszak	1. negyedév	2. negyedév	3. negyedév	4. negyedév
n = 893	n = 153	n = 168	n = 331	n = 241
min = 5	min = 9	min = 10	min = 5	min = 10
max = 2309	max = 268	max = 1874	max = 650	max = 987
középérték = 144	középérték = 268	középérték = 150	középérték = 100	középérték = 123

2.4 A FORGALOM NAGYSÁGA

Az átlagos napi forgalom nagyságának (durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke, DTV) kiértékeléséhez a 2019-es év feljegyzéseit használtuk, mivel az az év teljes egészében rögzítésre került. A járműcsoportok szerinti összefoglalás a Szövetségi Útügyi Intézet forgalomszámlálási módszerének megfelelően történt [35]. A 2. ábrán a négy járműosztályra vonatkozó átlagos napi személygépkocsi-számok láthatók, menetirány szerinti bontásban, a hét egyes napjai vonatkozásában. Nyilvánvaló, hogy a városba bevezető irányban a forgalom nagysága mindig nagyobb, mint az ellenkező irányban. Ez arra vezethető vissza, hogy a Hannover/Hameln városok felé irányuló megnövekedett átmenő forgalom mellett Hötter város munkahelyi

ingázói és látogatói egyértelműen különböző útvonalat választanak a városba való beutazáshoz és az ellenkező irányba történő utazáshoz. Éves átlagban naponta 12 070 jármű érték adódott, 86,9% személy- és 13,1% áruforgalommal.

2.5 VÍZMINŐSÉGRE VONATKOZÓ PARAMÉTEREK

pH-érték

A teljes időszak vonatkozásában pH = 6,9 mediánértéket határoztunk meg, ahol az évszakos ingadozások alacsonyok voltak (a téli félév Q4 és Q1 negyedévei: pH = 7,0–7,5; a nyári félév Q2 és Q3 negyedévei: pH = 6,6–6,9).

Vezetőképesség

A vezetőképesség mediánértéke a teljes időszakban 129 $\mu\text{S}/\text{cm}$ volt, ezzel jelentősen eltért a 381 $\mu\text{S}/\text{cm}$ -es számtani középértéktől; ennek oka a télen alkalmazott útszóró só, ömragában is szélsőségesen magas vezetőképesség-értékekkel, amely érték akár 23 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ is lehet. A nyári félév során a vezetőképesség értékei kisebb ingadozási tartományban mozogtak.

Zavarosság

A zavarosság értékei határozottan függenek az évszaktól. Az összes minta körülbelül 84 FNU (Formazin Nephelometric Unit, formazin nefelometriás egység) nagyságú mediánértéke a téli negyedévekben 154 FNU, illetve 89 FNU értékekkel magasabb volt, mint nyáron, amikor 58–73 FNU értékeket állapítottunk meg.

AFS63

Ahogy a 3. ábrán látható box-whisker diagram is mutatja, az AFS63-koncentráció teljes időszakra vonatkozó mediánértéke 76 mg/l

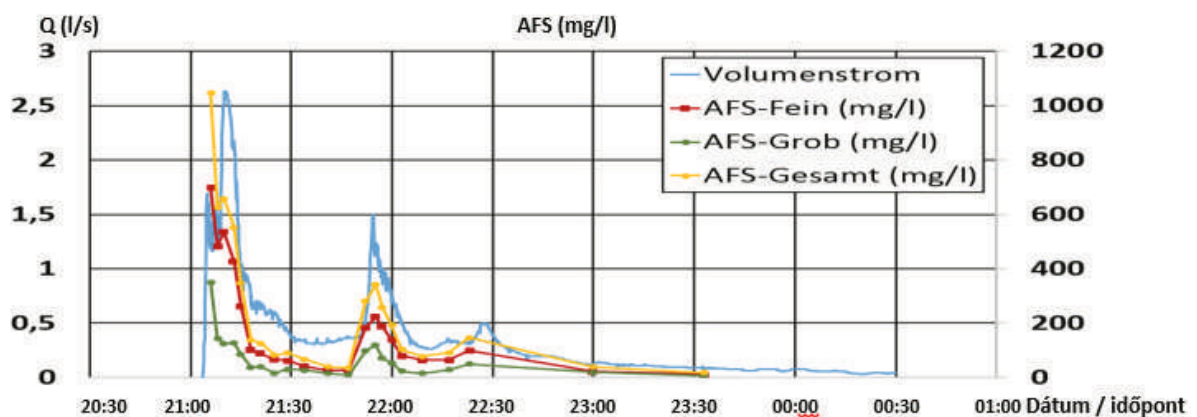
volt, szinte kétszer olyan magas, 144 mg/l-es számtani középérték mellett. Az év folyamán mért legmagasabb koncentrációkat az első negyedévben találtuk, 160 mg/l mediánértékkel. A 88 mg/l értékkel iktatott második negyedév után a mediánérték a Q3 és Q4 negyedévekben 61–65 mg/l-re csökkent.

AFS_{durva}

Az AFS_{durva} frakció vonatkozásában az összes mérésre 39 mg/l mediánértéket állapítottunk meg, ahol a számtani középérték – 83 mg/l-lel – több, mint kétszer akkora értéket eredményezett. A legmagasabb koncentrációkat a második (71 mg/l) és a harmadik negyedévben (43 mg/l) mértük. Ez a durva szervesanyag részecskéknek a nyári félévben gyakrabban előforduló heves csapadékesemények miatt fellépő nagyobb húzóhatására vezethető vissza.

AFS_{össz}

A két paraméter – az AFS63 és az AFS_{durva} – összege (AFS_{össz}) egy jóval a 228 mg/l-es számtani középérték alatt lévő 129 mg/l-es



4. ábra Az AFS63, AFS_{durva} és AFS_{össz} paraméterek alakulása esemény közben

mediánértéket eredményezett. Ezzel a paraméterrel kapcsolatban ugyanúgy határozott éves adatmenetet állapítottunk meg, ahol a legmagasabb koncentrációkat az első negyedévben találtuk, ami különösen az AFS63 frakció magas hányadára vezethető vissza. A mediánérték itt 210 mg/l értéket ért el; amely érték a következő negyedévekben fokozatosan lecsökkent a negyedik negyedévben mért 95 mg/l értékre.

AFS63 tömegkoncentrációs hányad

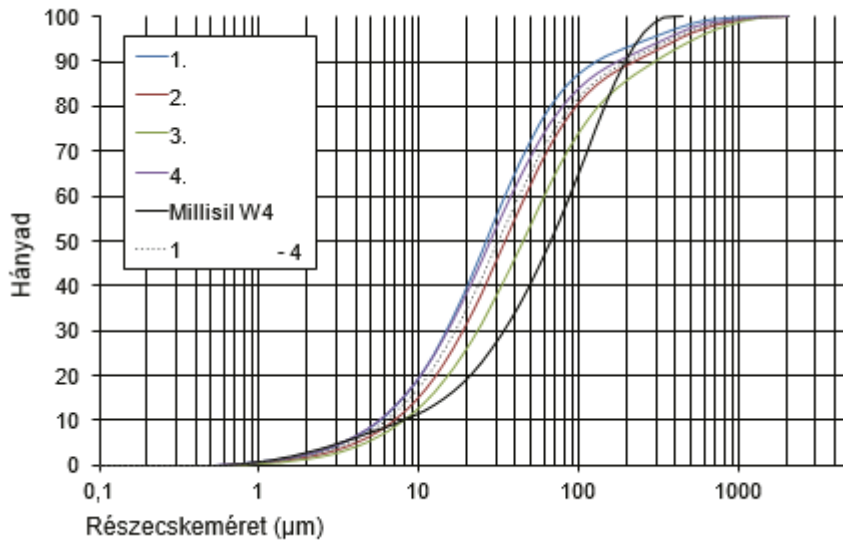
Az AFS63 frakció AFSössz összmennyiséghez viszonyított hányada vonatkozásában 67%-os mediánértéket, illetve 64%-os számtani középértéket határozottunk meg. A téli félév mindkét negyedévében ez az érték 77%-kal (4. negyedév), illetve 79%-kal (1. negyedév) jelentősen magasabb volt, mint a nyári félév adatai (2. negyedév: 56%; 3. negyedév: 53%).

Volumenstrom	Térfogatáram
AFS-Fein (mg/l)	Szűrhető anyagok, finom (mg/l)
AFS-Grob (mg/l)	Szűrhető anyagok, durva (mg/l)
AFS-Gesamt	Szűrhető anyagok, összes (mg/l)

A mintavételezéssel érintett összes esemény döntő hányadával kapcsolatban az AFSössz-szes paraméter vonatkozásában határozott első öblítő hatás volt megfigyelhető, melynél az első lefolyás jóval magasabb szilárdanyag-terhelést mutat, mint a következő lefolyási vízmennyiségek, amennyiben adott a megfelelő minimális lefolyás. A 4. ábrán csapadékesemény példája látható az AFS63, az AFSdurva és az AFSössz koncentrációk alakulásával. Az esemény során az AFS-koncentrációk a térfogatáram alakulását követik. Az esemény kezdetén mért $Q_{max} \approx 2,6$ l/s lefolyás időpontjában a kezdeti AFSössz koncentráció értéke kb. 1000 mg/l. Ez az érték gyorsan lecsökken kb. 35 mg/l-re, majd a második hidraulikus csúcs ($Q \approx 1,5$ l/s) elérésekor ismét kb. 340 mg/l értékre növekszik. A teljes esemény során az AFS63 paraméter koncentrációs görbéje az AFSdurva paraméter görbéje felett halad.

Izzítási veszteség és szerves szárazanyag-tartalom

Az AFS63 frakció izzítási veszteségeinek mediánértéke 32% volt, melynek éves alakulása csak csekély ingadozásokat mutatott (26–37%). Az AFSdurva frakcióval kapcsolatban 50%-os mediánértéket állapítottunk meg, ahol a negyedéves mediánok a téli félév során magasabbak (55%), a nyári félévben pedig alacsonyabbak voltak (42–43%). Az AFSössz paraméter vonatkozásában az egyedi mérések eredményeit az AFS63 és az AFSdurva frakciók tömeghányadával való súlyozással vontuk össze. Az összes mért érték mediánja 36% volt. Az egyes negyedévek során a mediánértékek a 32–41%-os tartományban mozogtak, ahol a medián a legmagasabb értéket a negyedik negyedévben érte el.



5. ábra Átlagos részecskeméret-eloszlások negyedévente, illetve a 2018–2020-as vizsgált időszakban

Összes szerves széntartalom (TOC)

A TOC paraméter meghatározása csak kiválasztott mintákkal kapcsolatban történt; 36 mg/l-es mediánértéket, illetve 50 mg/l-es számtani középértéket állapítottunk meg. Az év folyamán a koncentrációk az első negyedév 61 mg/l-es mediánértékével jóval magasabbak voltak, mint a 2. és 4. negyedévben, amikor az értékek a 28–35 mg/l-es tartományba estek.

Részecskeméret-eloszlás

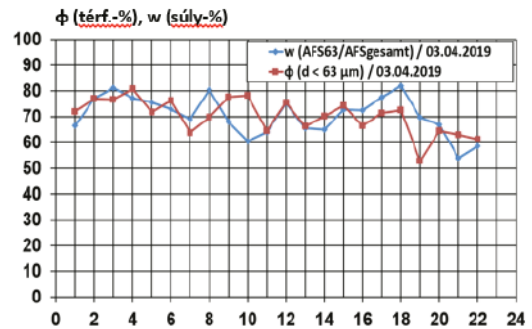
A kiválasztott mintasorozatokban mért részecskeméreteket a d50 szemcseátmérő, a szemcseméret-eloszlás mediánértéke alapján jellemeztük. Az 5. ábrán a negyedévente és a teljes időszak vonatkozásában átlagolt eloszlások láthatók, a Millisil W4 vizsgálati közeg szemcseméret-eloszlásával együtt. Az összes mérés mediánértéke d50 = 31 µm volt. Az egyes negyedévek vizsgálatakor a téli hónapokban alacsonyabb értékeket jegyeztünk fel (4. negyedév: d50 = 28 µm; 1. negyedév: d50 = 29 µm). A nyári hónapokkal kapcsolatban

valamivel magasabb értékeket kaptunk (2. negyedév: d50 = 34 µm; 3. negyedév: d50 = 48 µm), a minták pedig a szemcseméret-eloszlás vonatkozásában kevésbé homogénnek mutatkoztak, mint a téli félévben.

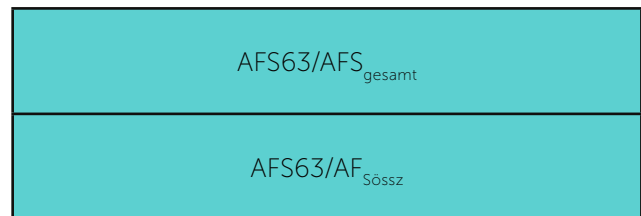
Ezen kívül – a szitálás segítségével megállapított AFS63 paraméterrel való összehasonlításhoz – meghatároztuk a $d < 63 \mu\text{m}$ szemcseátmérőjű részecskék hányadát. A 6. ábrán egy esemény AFS63 és AFSössz frakcióinak tömeghányada és a $d < 63 \mu\text{m}$ méretű részecskék térfogathányada látható. A finomszemcsés frakció hányadaival kapcsolatban mindkét mérési eljárás vonatkozásában nagyon jó egyezés mutatkozik, amely hányadok a csapadékesemény teljes időtartama alatt majdnem folyamatosan a 60 és 80% közötti tartományban voltak. A két meghatározási módszer alapján számított értékek maximális eltérése itt csak mintegy 20%.

Szemcsesűrűség

Kiválasztott vegyes mintákban – nedves szitálás után – meghatároztuk a $d > 125 \mu\text{m}$, $63 < d < 125 \mu\text{m}$, $25 < d < 63 \mu\text{m}$ és $d < 25 \mu\text{m}$ (szitálat) frakciók szemcsesűrűségét. A meghatározásnál minden mintában a $d > 125 \mu\text{m}$ frakció vonatkozásában kaptuk a legnagyobb szemcsesűrűséget, átlagban $\rho = 1,98 \text{ g/cm}^3$ értékkel. A többi három frakcióval kapcsolatban közel állandó, $\rho = 1,72\text{--}1,78 \text{ g/cm}^3$ értékű átlagos szemcsesűrűséget állapítottunk meg. Azt is ki tudtuk mutatni, hogy a szemcsesűrűség a szerves hányadok oxidációja révén $2,55 \text{ g/cm}^3$ értékűre növelhető. Az $1,15 \text{ g/cm}^3$ sűrűségű egyedi részecskéket ezzel szemben a szintetikus gumiabroncs-kopásnak megfelelően nem lehetett azonosítani.



6. ábra A $d < 63 \mu\text{m}$ átmérőjű részecskék AFS63/AFSössz tömeghányadai és térfogathányadai egyedi esemény közben

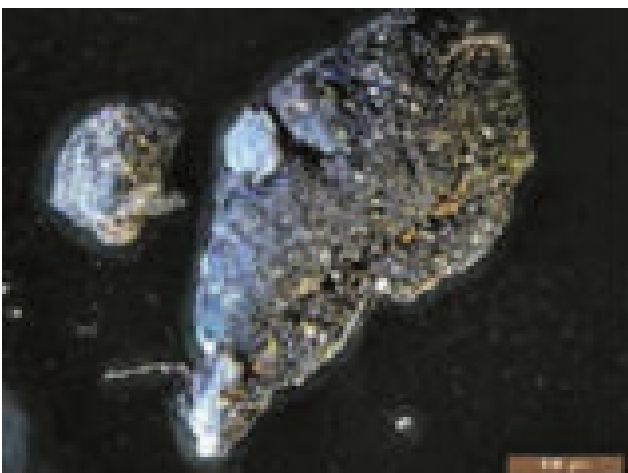


Mikroszkopikus vizsgálatok

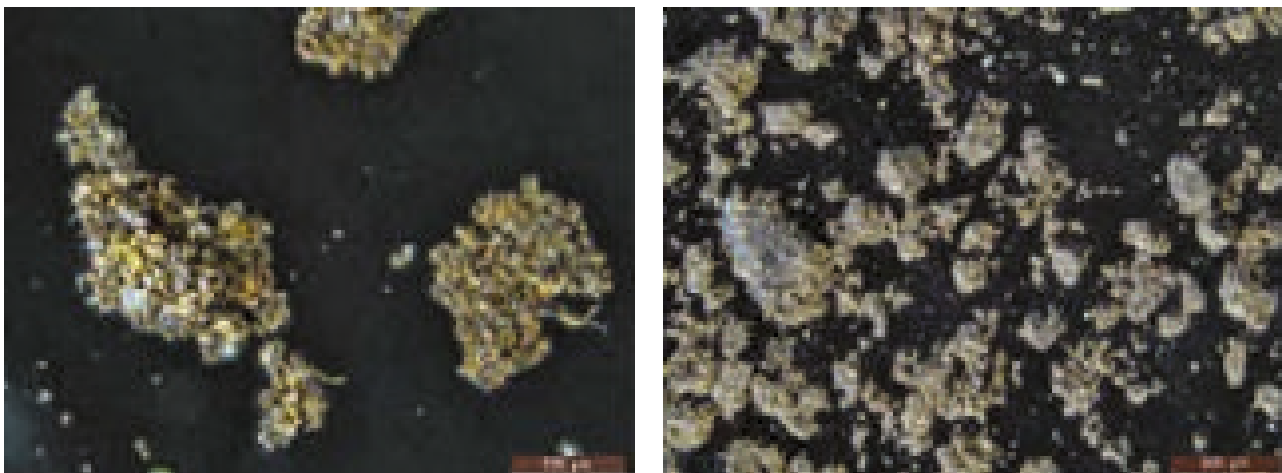
A 7. ábrán útburkolatból, valamint kereskedelemben kapható személygépkocsi-gumiabroncs futófelületéből származó anyagminták láthatók. Jól felismerhető a szerves masszába ágyazott ásványi összetevőkből álló aszfalt összetétele. Feltűnő a futófelület anyagának szabálytalan,

erősen repedezett szerkezete, ami viszonylag nagy fajlagos felülethez csatlakozik.

Az utcai lefolyás nedves szitálásából származó szitált frakciók mikroszkopikus vizsgálatából az derült ki, hogy minden frakcióban, de



7. ábra Anyagminták útburkolatból (baloldalt) és személygépkocsi-gumiabroncs futófelületéből (jobbaldalt); 50-szeres nagyítás; a kép fókuszhalmozás használatával készült



8. ábra Utcai lefolyás nedves szitálásából származó frakciók; baloldalt: $25\ \mu\text{m} < d < 63\ \mu\text{m}$ frakció; jobboldalt: $d < 25\ \mu\text{m}$ -es frakció bepárlási maradéka; 50-szeres nagyítás; a kép fókuszhalmozás használatával készült

különösen a $25\ \mu\text{m} < d < 63\ \mu\text{m}$ -es frakcióban, ásványi szemcsékből és sötét anyagból álló heterogén aggregátumok fordulnak elő. Azt feltételezzük, hogy az utóbbi anyag esetében gumibroncs-kopásról, és/vagy az útfelszínről lekopott bitumenről van szó; ez a 8. ábrából ismerhető fel a $25\ \mu\text{m} < d < 63\ \mu\text{m}$ és a $d < 25\ \mu\text{m}$ frakciók vonatkozásában, a második bepárlási maradék formájában. A $25\ \mu\text{m} < d < 63\ \mu\text{m}$ frakció homokrészecskéinek nagyobb formációkba való aggregációja azt a vizuális benyomást kelti, mintha azok „össze lennének ragadva”. A $d < 25\ \mu\text{m}$ -es frakció bepárlási maradékában szürke, homályos részecskéket – valószínűleg kicsapódott sók – is találtunk.

Mikroműanyag, gumibroncs-kopás

A meglehetősen költséges minta-előkészítés ellenére az alkalmazott Raman-spektroszkópia a rendelkezésre álló mintamátrix vonatkozásában nem bizonyult megfelelőnek. Annak ellenére, hogy a mintákban különböző számú részecskét és szálakat mutattunk ki, kiértékelhető Raman-spektrum készítése a mintákhoz, illetve az antropogén műanyagokhoz

való hozzárendelés nem volt lehetséges. Ez a tényállás megerősíti a Borg Olesen et al. által levont következtetéseket^[33].

Kiválasztott vegyes minták TED GC-MS eljárás segítségével elemzett bepárlási maradékai a természetes kaucsukra (NR) ($1,2\text{--}4\ \mu\text{g}/\text{mg}$ szárazanyag-tartalom) és stírol-butadién kaucsukra (SBR) ($5\text{--}9\ \mu\text{g}/\text{mg}$ szárazanyag-tartalom) vonatkozó adatokat szolgáltatottak. Emellett polietilént (PE) ($2,4\text{--}6,3\ \mu\text{g}/\text{g}$ szárazanyag-tartalom), polipropilént (PP) ($0,3\text{--}2,2\ \mu\text{g}/\text{mg}$ szárazanyag-tartalom) és polisztirolt (PS) ($0,6\text{--}1,5\ \mu\text{g}/\text{mg}$ szárazanyag-tartalom) is kimutattunk, mint mindenütt jelenlévő terhelés. Az SBR paraméterből a^[34] hivatkozásnak megfelelően levezetett gumibroncs-kopás tömeghányada $44\text{--}80\ \mu\text{g}/\text{mg}$ szárazanyag-tartalom volt, így az AFSössz paraméter vonatkozásában $4,4\text{--}8\%$ körüli értéket jelentett. Egy nedves szitálásból származó négy szitavágásból származó száraz visszamaradó anyagokban csökkenő szemcseátmérő mellett a gumibroncs-kopás SBR paraméterből számított tömeghányadának növekedését figyeltük meg ($d > 125\ \mu\text{m}$: $5,9\ \mu\text{g}/\text{mg}$ szárazanyag-tartalom; $d < 25\ \mu\text{m}$: $33,2\ \mu\text{g}/\text{mg}$

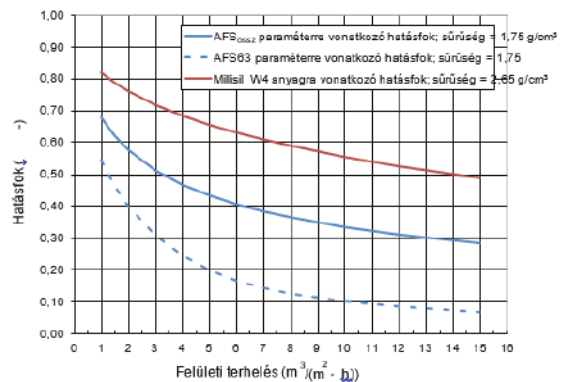
szárazanyag-tartalom). A természetes kaucsuk tömeghányada a $d > 125 \mu\text{m}$ -es durva frakcióban a legcsekélyebb arányt mutatta ($1,65 \mu\text{g}/\text{mg}$ szárazanyag-tartalom), míg a kisebb szemcseosztályokban közel ugyanazon a szinten lévő értékeket ($2,4\text{--}2,8 \mu\text{g}/\text{mg}$ szárazanyag-tartalom) találtuk.

A vegyes minták eredményeiből megbecsültük az utcai lefolyásban mérhető gumiabroncs-kopás-koncentrációkat $c(\text{RA})$. Ezek az értékek $c(\text{RA}) = 32 \text{ mg}/\text{l}$ -es számtani középértékkel a gumiabroncs-kopás átlagos koncentráció-értékének kereken 50%-ánál voltak, amely eredmény a személygépkocsikra alkalmazható $100 \text{ mg}/\text{g}$ gépkocsi-kilométer konzervatív fajlagos értékkel vezethető le a vizsgált útfelületre. A talált értékeket ezért mindenképpen elfogadhatónak kell tekinteni, hiszen a száraz időjárású időszakokban a levegőben történő továbbítás egy további valószínű csökkentő tényezőt jelent, így az utcai víznyelőben nem várható a teljes mennyiség. Annak érdekében, hogy mennyiségi szempontból pontosabb kijelentéseket tehesünk, mindenesetre jóval részletesebb elemzési programot kellett volna véghezvinni ezzel a paraméterrel kapcsolatban.

2.6 FAJLAGOS ANYAGLEHORDÁS

Az útfelületről származó fajlagos anyaglehordás hozzávetőleges becsléséhez a következő három frakció lefolyásértékkel súlyozott koncentrációit átlagoltuk az egyes negyedévek és a teljes vizsgálat időszak vonatkozásában: AFS63, AFSdurva és AFSössz. A kiértékelésben itt a 69 teljes egészében mintavételezett eseményt vettük figyelembe. A kiértékelés során kiderült, hogy az AFS63-koncentráció az első negyedévben $242 \text{ mg}/\text{l}$ értékkel több, mint kétszer akkorának

bizonyult, mint a maradék három negyedévben. A teljes időszak vonatkozásában az AFS63 frakcióra $132 \text{ mg}/\text{l}$, az AFSdurva frakcióra pedig $73 \text{ mg}/\text{l}$ értéket állapítottunk meg, mint lefolyásértékkel súlyozott koncentráció. A lombfogó által visszatartott szilárd anyagok figyelembe vételével – ami $40 \text{ mg}/\text{l}$ -es lefolyásértékkel súlyozott koncentrációnak felel meg – a vizsgált helyszín vonatkozásában $\dot{m}(\text{AFS}) = 1365 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$ fajlagos anyaglehordás adódik. Ha feltételezzük, hogy a lombfogó csak a durva részecskéket választotta le, a fajlagos AFS63-lehordás $735 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$, és ezzel ez az érték a DWA-A 102 munkalapban a II. kategória közlekedési felületei vonatkozásában rögzített értékek felső tartományában van, vagyis a mérsékelt és erős anyagi típusú szennyezettség határán.



9. ábra Ülepítőrendszer számított hatásfokai az AFS, az AFS63 és a Millisil W4 paraméterek vonatkozásában, $10 \text{ }^\circ\text{C}$ esetén

2.7 ÜLEPÍTŐRENDSZEREK TELJESÍTMÉNYHÁTÁRAIRA VONATKOZÓ VÉGKÖVETKEZTETÉSEK

Az utcai lefolyások kezelésére szolgáló ülepítőrendszerek optimalizálása során az itt bemutatott megfigyeléseket figyelembe kell venni. A részecskeméret-eloszlások számított eloszlásával kapcsolatban

a következőképpen végeztük el az ülepedés során várható hatások becslését: Minden méretkategóriára kiszámítottuk a vsed süllyedési sebességet (Stokes nyomán), $1,75 \text{ g/cm}^3$ -es átlagos szemcsesűrűséget alapul véve, és azt összehasonlítottuk a qA felületi terhelésekkel. $vsed/qA \geq 1$ hányados esetén a részecskéket teljesen leválaszthatónak osztályoztuk, $vsed/qA < 1$ hányados esetén csak a mindenkori méretkategória megfelelő hányadát vettük figyelembe. Az összes méretkategória összegzéséből végül megkapjuk a teljes leválasztható anyagmennyiséget, abból pedig – hivatkozással a kiindulási mennyiségre – az összhatásfokot. Az 1. és a 4. negyedév magasabb finomrészecske-hányada alapján a téli félév hatásfokai jóval alacsonyabban voltak, mint a nyári hónapokéi. Ez a hatás gyakorlati vizsgálatokból is ismert^[2]. A $4 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ felületi terhelés az AFSössz paraméterre 40–57%-os, az AFS63 paraméterre pedig 23–28%-os becslést eredményezett.

A teljes időszakra vonatkozó átlagos részecskeméret-eloszlások alapján talált eredményeket – a Millisil W4 vizsgálati közegre vonatkozó megfelelő becsléssel együtt – a 9. ábrán tüntettük fel. Ennek megfelelően az AFSössz határfoka $4 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ értékű felületi terhelés mellett átlagosan 47% körüli érték, míg az AFS63 paraméterre 25%. $10 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ felületi terhelés mellett a határfok 33%-ra, illetve 10%-ra csökken. Ezek a tényállások azt mutatják, hogy az ülepitőrendszerek gyakorlatban megállapított alacsony határfokai az utcai lefolyás részecskéinek finomságára, valamint a jelentősen 2 g/cm^3 alatti szemcsesűrűségekre vezethetők vissza. Ezért a tényleges viszonyok – különösen az AFS63 frakció vonatkozásában – a múltban gyakran alkalmazott Millisil W4 vizsgálati közeggel nem képezhetők le megfelelően.

2.8 AZ UTCAI LEFOLYÁS ANYAGI TÍPUSÚ SZENNYEZETTSÉGÉRE VONATKOZÓ KIVÁLASZTOTT PEREMFELTÉTELEK OKOKOZATI ÖSSZEFÜGGÉSEI

A kérdésselvetést, hogy bizonyos peremfeltételek milyen mértékben befolyásolják az utcai lefolyás anyagi típusú szennyezettségét, a következő paraméterek vizsgálatokor vettük figyelembe:

- csapadékeseményt megelőző száraz időszak időtartama,
- a forgalom nagysága az eseményt megelőző száraz időszak alatt,
- a forgalom nagysága a mintavételezéssel érintett csapadékesemény alatt,
- az esemény csapadékmagassága,
- Q_{max} maximális térfogatáram a Q-logger szerint,
- átlagos szélirány az esemény alatt.

A mintavételezéssel érintett esemény előtti száraz időszak megállapításához a rögzített, 240 perces száraz időszak mellett azt is figyelembe vettük, hogy csak a $hN = 0,5 \text{ mm}$ értékű csapadékmagasság lesz a lefolyás szempontjából mérvadó. A vizsgálandó paraméterek és az alapul veendő adatok magas száma alapján a statisztikai kiértékelést az „R” szoftver segítségével (3.6.3 változat), Kendall-féle rangsor-korrelációs elemzés formájában végeztük el. Az eljárás úgy a normál, mint a nem normál eloszlású adatokhoz megfelelő, és a kiugró értékekkel szemben alacsony érzékenységet mutat.

Az utcai lefolyás anyagi típusú szennyezettsége és a fent említett paraméterek közötti elemzés csak a mindenkori csapadékesemény közben fennálló hidrológiai és a hidraulikai feltételek – vagyis a csapadékmagasság és a maximális térfogatáram – vonatkozásában eredményezett jelentős összefüggéseket. Ennek megfelelően

a magasabb lefolyás-csúcsértékekkel járó hevesebb csapadékesemények eredményeztek magasabb AFS-terheléseket. A forgalom erősségétől és az eseményt megelőző száraz időszak időtartamától való függőségek – ahogy más vizsgálatokban is^[36–38] – a vizsgált helyszínnel kapcsolatban nem voltak levezethetők, noha ezen paraméterek vonatkozásában hosszabb időszakok esetén a lerakódásból, illetve a gumiabroncsok és az útburkolat kopásából származó szilárd anyag megnövekedett mennyiségének hatása lenne várható. Ez azonban a terhelésre vonatkozó szemlélet esetén azt feltételezi, hogy csapadékesemény közben az útfelszínen lerakódott összes szilárd anyag a lefolyásba kerül. Ha viszont a lefolyás ezzel szemben csak a lerakódott anyagok egy részét hordja le, a fennmaradó szilárd anyagok lerakódhatnak az útfelszínen.

A megfigyelés egy bizonyos raktározási hatásra utal, mely szerint az AFS-értékek még hosszabb időtartamú csapadékesemények után is növekedhetnek, ha a lefolyó víz térfogatárama ismét növekszik. Ezért két esemény vonatkozásában a lehordás szempontjából rendelkezésre álló átlagos felületi koncentrációt az AFS-terhelésekből számoltuk vissza. A koncentráció körülbelül 3,8 g AFS/m² útfelület volt, így a Zhao et al.^[39] szerint a különböző érdességű aszfaltozott útfelületnek vonatkozásában megnevezett, 2,5–55 g AFS/m²-es kategória alsó tartományában volt. Tehát nagyon is lehetséges, hogy a B 64 helyszínen mért AFS-felületi koncentráció jóval magasabb, mint 3,8 g AFS/m². Hasonló megfigyelésekről Egodawatta et al.^[40] is beszámolnak. Az ilyen raktárral kapcsolatos pufferhatás megmagyarázná, hogy miért nem volt felismerhető függőség az AFS-terhelés és az eseményt megelőző száraz időszak időtartama és a forgalom nagysága között.

3 ÖSSZEFOGLALÁS ÉS KITEKINTÉS

A kezdeményezés célja az volt, hogy az utcai lefolyásokat és azok anyagi típusú szennyezettségét időben nagy felbontású leírással szemléltessük. A folyamat során összesen 81 csapadékeseményt vizsgáltunk meg, melyek a 2018-as és a 2019-es évek száraz nyarai ellenére reprezentatív mintának tekinthetők. A fontos eredményeket a következőképpen foglalhatjuk össze:

- A pH-érték vonatkozásában pH = 6,9 mediánértéket állapítottunk meg, csekély évszakos ingadozásokkal. A vezetőképesség LF = 129 µS/cm-es mediánértéket eredményezett, télen azonban szélsőségesen magas értékek is előfordultak. A zavarosság a téli negyedévekben jóval magasabb volt, mint a nyári félévben.
- Az AFS63-koncentráció mediánértéke minden minta vonatkozásában 76 mg/l volt. A legmagasabb koncentrációk az első negyedévben fordultak elő (mediánérték: 160 mg/l). Az AFS63 frakció aránya az AFSössz mennyiséghez képest összességében 67% mediánértéket mutatott, ahol az érték télen jóval magasabb volt, mint nyáron. A legtöbb esemény során határozott „első öblítő hatás” volt megfigyelhető.
- Az AFS63 frakcióra vonatkozó izzítási veszteség mediánértéke 32%, míg ugyanez az érték az AFSössz esetén 36% volt. A részecskék szerves hányadának ezt a nagyságrendjét TOC-mérések meg tudták erősíteni.
- A részecskék átlagos szemcseátmérője d₅₀ = 31 µm volt; ez az érték télen valamivel alacsonyabb volt, mint nyáron, és – a szemcseméret-eloszlás szempontjából – a minták is homogénebb

eloszlást mutattak. Az AFS63 frakció arányait az AFSössz mennyiséghez képest a részecskeméret-elemzések eredményei meg tudták erősíteni.

- A $d > 125 \mu\text{m}$ frakció vonatkozásában $1,98 \text{ g/cm}^3$ -es átlagos szemcsesűrűséget állapítottunk meg, míg a szemcsesűrűség a finomabb frakciók esetén körülbelül $1,72\text{--}1,78 \text{ g/cm}^3$ volt. Az $1,15 \text{ g/cm}^3$ sűrűségű egyedi részecskéket a szintetikus gumiabroncs-kopáshoz hasonlóan nem lehetett azonosítani, ugyanakkor mikroszkopikus vizsgálatok azt mutatták, hogy minden frakcióban ásványi szemcsékből és sötét anyagból álló heterogén aggregátumok fordultak elő.
- Az utcai lefolyásokban található gumiabroncs-kopás kimutatására a Raman-spektroszkópia nem megfelelő.
- A termo-extrakció-deszorpció-GC-MS eljárás segítségével végzett elemzések az SBR paraméterből levezetett gumiabroncs-kopás tömeghányadára az AFSössz paraméter vonatkozásában $4,4\text{--}8\%$ -os értéket eredményeztek. Az utcai lefolyásban található gumiabroncs-kopás ebből számított koncentrációi 32 mg/l -es számtani középértékkel az átlagos koncentráció kerekén 50% -ánál voltak, amely eredmény a személygépkocsikra alkalmazható $100 \text{ mg/gépkocsi-kilométer}$ konzervatív fajlagos kopásértékkel vezethető le a vizsgált útfelületre.
- A lefolyásértékkel súlyozott koncentrációkból a helyszín vonatkozásában a következő fajlagos anyaglehordásokat becsültük meg: $\dot{m}(\text{AFSössz}) = 1365 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$, illetve $\dot{m}(\text{AFS63}) = 735 \text{ kg}/(\text{ha} \cdot \text{a})$.
- A lefolyásban talált szemcseméret- és szemcsesűrűség-adatokkal az ülepítőrendszerek gyakran megfigyelt alacsony hatásfoka

számítási úton modellezhető, így az AFS63 frakció $4 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ értékű felületi terhelése esetén csak mintegy 25% -os hatásfok várható.

- Az utcai lefolyás anyagi típusú szennyezett-sége és a különböző peremfeltételek közötti lehetséges ok-okozati összefüggések korrelációs elemzése csak a mindenkori csapadékesemény közben mért hidrológiai és hidraulikai viszonyokkal (csapadékmagasság, maximális lefolyás) mutatott jelentős összefüggéseket. A forgalom erősségétől, az eseményt megelőző száraz időszak időtartamától és további meteorológiai feltételektől való függőségek ezzel szemben nem voltak levezethetők.
- A szilárd anyagok tárolásának és azok útfelületéről való felszabadulásának jobb megértése érdekében célszerű volna további vizsgálatokat elvégezni a lehordási folyamatokkal és az azokat meghatározó paraméterekkel kapcsolatban. Ez a gumiabroncs-kopás heteroagglomerátumokká való összeállásának típusát, valamint azt a kérdést is érinti, hogy az utcai lefolyás – szállítási útvonalként – milyen mértékben van hatással a környezetben való további eloszlásra.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A jelen beszámoló alapjául szolgáló kezdeményezést Észak-Rajna-Vesztfália tartomány Környezetvédelmi, Mezőgazdasági, Természetvédelmi és Fogasztóvédelmi Minisztériuma (Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz, MULNV) támogatta anyagilag az erőforrás-hatékony szennyvízelvezetés NRW (ResA II) program keretében, amely támogatásért a szerzők köszönetüket fejezik ki.



KOSZORÚZÁS ÓRBOTYÁNBAN



A hazai vízügyi szolgálat két kimagasló vezetőjének, Kvassay Jenőnek és Sajó Elemérnek sírjánál a '80-as évektől fogva minden esztendőben koszorúzási ünnepséget szervez a helyi önkormányzat, a Kvassay Jenő Alapítvány és a Magyar Hidrológiai Társaság. A tavalyi megemlékezést a járvány miatt szűkre szabottan a helyi művelődési házban rendezték meg, idén viszont kiszámíthatatlan időjárás kényszerítette a szépszájú közönséget a Kvassay Klubházba.

Az emlékbeszédet Rácz Tibor, az MHT titkára tartotta. Előadásában feltette a kérdést:

Mi volt Kvassay Jenő titka? Mitől lehetett Kvassay Jenő élete ennyire gyümölcsöző? Talán két tényezőt kell nevesíteni. Egyrészt a kort, amelyben felnőtt és kiteljesedhetett, másrészt a személyiségét, amely alkalmassá tette arra, hogy éljen a kor lehetőségeivel.

Magyarország a dualista időszakban lépett olyan pályára, amikor a fejlett európai országokhoz való felzárkózás realitásnak látszott. Noha a politikai élet sok későbbi időszakhoz hasonlóan viszolygást keltő panamáktól visszhangzott – emlékezünk itt Mikszáth írásaira –, a politikusok mintha

mégis tudatában lettek volna az ésszerű fejlesztések szükségességének. Ez a kor támogatta a fejlesztéseket, az ipart, a tudományt és az oktatást. Ez a kor alapozta meg azt az iskolarendszert, amelynek gyümölcse a XX. században, például a Nobel-díjak számával lett mérhető.

Életpályájának sikerét tehát a személyes képességei és az a kor eredményezte, amelyben kibontakozását nem gátolta a politika, nem béklyózta semmiféle ideológia. Emlékezzünk, azóta hányszor kényszerültek mérnökeink, nagyjaink külföldre, vagy itthon szilenciumba, hányan lettek visszaminősítve, félreállítva.

Sajó Elemérről szólva pedig utalt arra: Amikor Kvassay Jenő alakjánál megállunk, nem fedelkezhetünk meg arról, unokaöccséről, Sajó Elemérről sem, aki tehetsége és munkabírása révén folytatója lehetett Kvassay Jenő munkájának. A harmincas évek elején a nagybátyjához hasonlóan, a vízügyi szolgálat vezetője volt. Míg Kvassay Jenő a trianoni béke előtti Magyarország vízgazdálkodását irányította, Sajó Elemér az I. világháború veszteségeit elszenvedő ország vízügyi politikáját formálta.

Kvassay Jenő életműve inspirálta Sajó Elemér életútját. Az utókor emléküket megőrzi. Mára, szimbolikusan, együtt őrzik a Ráckeve-Soroksári-Duna

vizét a Duna-ág két végén: Budapesten a Kvassay-zsilip, Tasson, az idén újjáépített, immár Sajó Elemérről elnevezett zsilip.

Az emlékbeszédet követő műsor után a résztvevők átmentek a Kvassay Jenő Általános Iskola udvarára, s az ott álló mellszobor előtt helyezték el koszorúikat. A vízügyi szervezetek közül az OVF, a KDV-VIZIG, a DMRV és a Duna Múzeum, valamint a Magyar Hidrológiai Társaság, az MHT Borsodi területi szervezete és a Magyar Mérnöki Kamara koszorúzott. Az OVF és a Vízügyi Igazgatóság képviselői (Baross Károly és Szilágyi Attila) – nem rettenve meg az esőre hajló időjárástól – kimentek a temetőbe is, hogy a síroknál kegyeletüket nyilvánítsák.

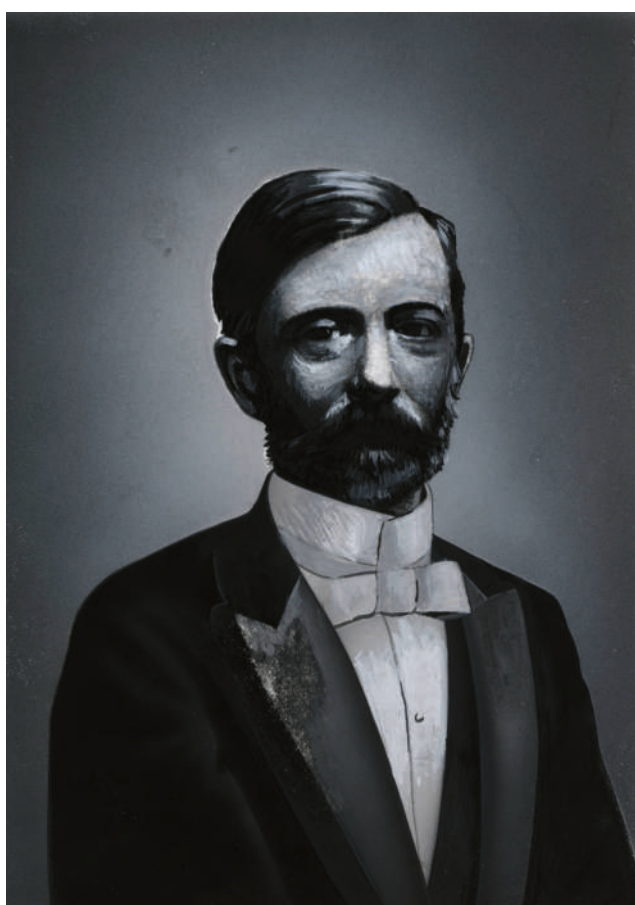
A program végeztével Órbottyán város polgármestere, Szabó István fogadást adott az emlékünnepek résztvevőinek tiszteletére.

Csak bízni lehet abban, hogy jövőre ismét a szokásos formában, június elején az Iskola Kvassay Napjának keretében lesz az ünnepség és a temetőben tartják meg az emlékbeszédet, valamint ott történik a koszorúzás is!

Fejér László

WALLANDT ERNŐ ÉS A VASKAPU SZABÁLYOZÁSA

TANAI ANNA



1. fénykép Wallandt Ernő portréja

Wallandt Ernő 1845-ben született Máriaradnán, mely ma már Lippa városához tartozik. Édesapja mérnök és miniszteri osztálytanácsos volt, 1840-ben ő vezette a Maros hajózási munkálatait. Talán ez ösztönözte Wallandt Ernőt is, hogy a mérnöki pályát válassza. Tanulmányait Máriaradnán kezdte meg, de a gimnáziumot már Nagyváradon és Budán végezte, majd 1867-ben

a József Műszaki Főiskolán szerzett oklevelet. Ezt követően mérnökgyakornokként állami szolgálatba lépett. 1873-tól az al-dunai szabályozásokat előkészítő bizottság tagja lett, és szintén ebben az évben részt vett a bécsi világkiállításon a Közmunka- és Közlekedésügyi Minisztérium képviselőjeként. 1876-tól a sárospataki, 1878-tól pedig a vásárosnaményi folyammérnöki hivatalokat vezette. 1883 és 1889 között a Közmunka- és Közlekedési Minisztériumban dolgozott különféle tisztségekben. 1883-ban bízták meg azzal, hogy készítse elő a Vaskapu-szabályozás terveit. 1889-től a Vaskapu-szabályozás m. kir. művezetőség főnöke és a munkálatok legfőbb felügyelője lett Orsován. (Fejér 2020)

Az al-dunai szakasz hajózhatóvá tétele nem csak a 19. században foglalkoztatta a szakembereket. A Duna mint kereskedelmi útvonal jelentőségét már a rómaiak is felismerték, ezért a 2. század elején hajózási csatornát építettek a folyó jobb partjánál, és fából épült galériáról lóval vontatták kis merülésű hajóikat. A római építmények elpusztulása után a hajózás a középkorban alig működött ezen a szakaszon. Majd az 1800-as évek elején Széchenyi István vetette fel újra a Vaskapu hajózhatóságának gondolatát. A legnagyobb magyar gazdaságpolitikai okokból indítványozta az al-dunai szakasz szabályozását, mivel úgy vélte, hogy a magyar termékeket kiválóan lehetne értékesíteni a balkáni piacon. Ehhez

azonban biztosítani kellett a hajók akadálymentes áthaladását. Széchenyi folyamszabályozási terveket készítettett Vásárhelyi Pállal, aki feltérképezte az al-dunai szakaszt is. Munkájuknak köszönhetően 1833-37 között 2 km hosszú, 3 méter mély hajóút épült meg a Kazán-szorosban, valamint elkészült az Orsova-Báziás közti 122 km-es Széchenyiről elnevezett út, amely kettős célt szolgált: egyrészt hajóvontató út volt, másrészt, alacsony vízállás idején a hajók rakományát szekerekre rakodták át, és ezen az úton juttatták el a szakasz túlsó felén várakozó üres hajóra. Széchenyiéknek köszönhetően a hajózás a szorosban az évi három hónap helyett már öt hónapon át biztonságos volt. Sajnos a szabadságharc után a Vaskapu-szabályozásának terve egy időre lekerült a napirendről.

hivatott berlini kongresszus megbízta az Osztrák-Magyar Monarchiát az Al-Duna szabályozásával. A Monarchián belül Magyarország vállalta magára, hogy elvégzi a szükséges munkálatokat, azzal a feltétellel, hogy hajózási illetéket szedhet egészen addig, amíg a beruházás költségei meg nem térülnek. Wallandt Ernőt 1883-ban kérték fel a szabályozás terveinek elkészítésére, aki munkáját a Vásárhelyi Pál és csapata által készített több ezer kereszt-szelvényre és több száz vízsebesség-mérésre alapozta. Ezen kívül figyelembe vette mindazon szakemberek munkáit, akik korábban már foglalkoztak a Vaskapu szabályozásával, mint például Meusburger és Wex Gusztáv mérnökök, vagy Mac Alpin amerikai mérnök, akit a Dunai Gőzhajózási Társaság kért fel, hogy készítsen



2. fénykép Vaskapu-szabályozás, Széchenyi-út

1856-ban a krími háborút lezáró párizsi béke kimondta a dunai közlekedés szabadságát, azonban az al-dunai zuhatagok továbbra is akadályozták a vízi forgalmat, hiszen a munkálatokkal kapcsolatban az érintett országok között nem született megegyezés. Egészen 1878. július 13-ig, amikor a török uralom alól felszabaduló balkáni területek sorsát rendezni



3. fénykép Az al-dunai Vaskapu-szabályozás m. kir. Művezetőség személyzete (Gonda 1896)

szabályozási terveket. (Gonda 1896) Wallandt terveinek elfogadásakor már Baross Gábor állt a Közmunka- és Közlekedési Minisztérium élén, aki szintén szívügyének tekintette a projektet, így a munkálatok nagyobb lendületet kaptak. Wallandtöt 1889-ben kinevezték az al-dunai Vaskapu-szabályozási m. kir. Művezetőség

élére, helyettese Hoszpótzky Alajos mérnök lett. A kivitelezési munkálatok közvetlen irányítását Rupcsics Györgyre bízták. (Tóry 1972)

A nagyszabású építkezés 1890. szeptember 15-én a Duna medrébe benyúló Grében szikla ünnepélyes felrobbantásával vette kezdetét. A munkálatokat megnyitó rendezvényen többek között részt vett gróf Szapáry Gyula miniszterelnök is, aki a következő beszédet intézte a hallgatóság felé: *„A kir. művezetőség jelentése szerint kezdetét veendik a Vaskapu-szabályozás munkálatai. Örömmel üdvözlöm a megjelent vendégeket, úgy mint a szerb kir. kormány tagjait és a cs. kir. kereskedelemügyi minisztert. Felkérem őket, hogy vegyenek részt e munkának megkezdésében, melynek célja a kereskedelmi összeköttetést az érdekelt államok közt megkönnyíteni. Felkérem a kereskedelemügyi m. kir. miniszter urat, e nagyfontosságú munkálatokat megkezdeni sziveskedjék.”* (Wallandt 1903) Szapáry miniszterelnök úr beszéde után Baross Gábor ünnepélyesen felrobbantotta a Grében Dunába benyúló szirtjében elhelyezett aknát.

Az építkezés során az egyik legnagyobb munkát a víz alatti sziklaeltávolítások jelentették, melyet Hajdú Gyula és Luther Hugó gépgyárosok és a berlini Disconto Társaság mint társvállalkozók végeztek. (Szerződés DM_TK_21.352.1-9) Mivel ilyen nagy volumenű munkát ilyen nehéz körülmények között még nem végeztek hazánkban, azért a vállalat a külföldi példákat vizsgálta meg: egy mérnököt az amerikai Szent-Lőrinc folyóhoz, egy másikat pedig a Szezezi-csatornához küldtek, hogy behatóan vizsgálja meg az ott használt munkagépeket. Ezek után döntöttek arról, hogy a sziklák meglazítására hajóra szerelt fúró- és zúzógépeket, a sziklák eltávolítására pedig vedres kotrókat, kanalas kotrókat és a Priestmann-féle karmos kotrókat fognak alkalmazni. (Gonda 1896)

A szabályozások legfőbb célja az volt, hogy a legalacsonyabb vízálláskor is 2 méter mély merülési mélységet és 60 méternyi hajóútszélességet tudjanak biztosítani. Ezen kívül veszélyt jelentett még a zuhatagos szakaszokon előforduló nagy vízsebesség is, melyet sziklába vajt hajóutakkal és gátakkal kívántak rendezni. Ezek



4. fénykép Grében-hegy a magyar oldal felől



5. fénykép Vaskapu kotróhajó



6. fénykép Az Al-Duna hajózási akadályainak átnézete

segítségével a víz esését hosszabb szakaszokra lehetett osztani, és sikerült mérsékelni a rövid szakaszokon a víz gyors áramlását. Azonban a víz sebessége így is nagyon nagy maradt, ezért a felfelé közlekedő hajók számára egy speciális vontató-berendezést hoztak létre, melyet gőzgép hajtott.

A Vaskapu-zuhatagnál a 2,5 km hosszú hajózási akadályát nem a fősodorban, hanem a jobb part mellett alakították ki, és eltérve a többi sziklába „vájta” hajózási akadályát, száraz területen robbantották: „E célból először a két oldaltöltést készítették el, azután ezeket felső végükön egy ideiglenes keresztgáttal kapcsolták össze. Minthogy a Vaskapu alatti vízszint jelentősen alacsonyabb volt a fölötte levőnél, a töltésekkel elzárt csatornából a víz eltávozott, s a csatorna fenéke így szárazzá válhatott, ennek következtében a felülről érkező vizek az építés időtartamára kétoldalt lettek elvezetve. Ezzel a megoldással jelentős megtakarítást értek el.”

(Ágoston 2002) Az így létrejött hajózási akadály végül 3 méter mély és 75 méter széles lett.

Az Európában is egyedülállónak számító munkálatok nem csak a szakmabelieket vonzották, hanem a nagyközönséget is. Külföldi és hazai előkelőségek egyaránt tiszteletüket tették: 1893 májusában Sándor szerb király és édesanyja, valamint Lukács Béla a magyar kereskedelmi miniszter tekintették meg a szabályozás munkálatait. A következő hónapban pedig József főherceg tette tiszteletét az építkezés helyszínén. A látogatók kényelme érdekében a vasúti kocsikat ideiglenesen személyszállítóvá alakították át, így az építési terület könnyebben bejárhatóvá vált.

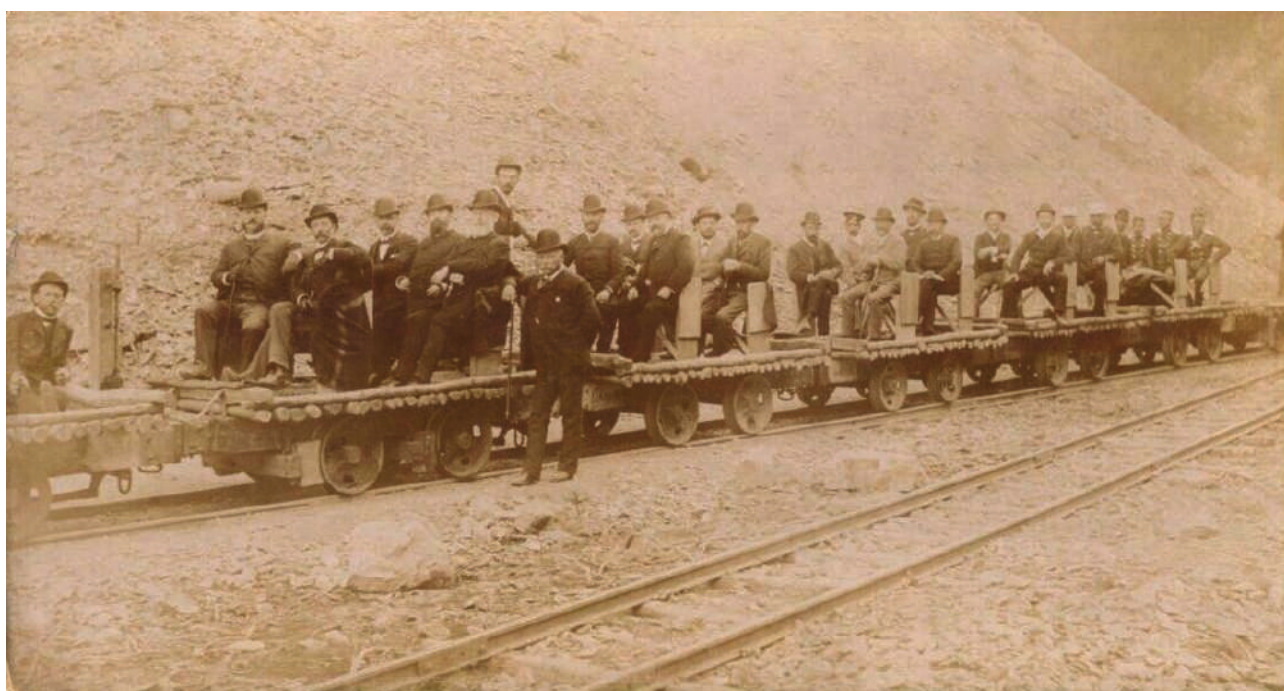
A munkálatok nagyságát mutatja, hogy az építkezést nem sikerült befejezni a tervezett 1895-ös évre. Ennek ellenére 1896-ban, a Millennium alkalmából szeptember 27-én nagyszabású ünnepség keretében megtartották a hivatalos

átadást. Elsőként az osztrák-magyar uralkodórl elnevezett Ferenc József hajó haladt át a Vaskapu-csatornán, fedélzetén I. Ferenc Józseffel, Károly román királlyal, és I. Sándor szerb uralkodóval. Mögötte a többi előkelőséget szállító hajók: a Sofie, a Franz Carl és a Zrínyi. A korabeli sajtóban több cikk is megjelent arról, hogy az ünnepségen a császári, a román és a szerb zászlók mellett alig volt látható a munkálatokból legnagyobb részt vállaló Magyarország zászlója: *„A ki azonban a mai ünnepség szóló színeit, a zászlókat látta, annak ugyan utoljára juthatott eszébe Magyar-ország. A mi piros-fehér-zöld lobogónkat csak a parti árbcok zászlai s a Vaskapu-szabályozási vállalat kis kaláuzhajója hordozta a maga egészében. A három uralkodót vivő Ferenc József hajó főárbcán magyar szín nem látszott, ott volt a kétfejű sasos zászló mellett a román és a szerb lobogó. A magyar színeknek csak a hajó hátulján jutott egy szerény kis szövetdarab, az is a közös kereskedelmi zászlón, a melynek tudvalevőleg*

egyik fele vörös-fehér- vörös, s csak a másik fele vörös-fehér-zöld. Még a magyar országgyűlés tagjait vivő hajón sem volt tiszta magyar lobogó. A szomszédos partok sem nagyon hirdették jó szomszédaink szeretetét, a román parton éppen egyetlenegy magyar zászlót sem lehetett látni, ellenben annál több fekete sárgát.” (Budapest Hírlap 1896.)

Arról is megjelentek cikkek, hogy Ferenc József beszédében meg sem említette hazánkat, csupán a Monarchiát méltatta: *„Egy sóhajtást mégis el nem fojthatunk, hogy’ francia beszédében a király Magyarországot külön egy szóval sem említé, hanem csak Ausztria-Magyarországot hangoztatta, pedig Ausztriának a Vaskapuhoz semmi köze, se munkája, se pénze, se érdeme a nagy műben nincsen.”* (Budapesti Hírlap 1896.)

Az ünnepségen történtek azonban nem szegték kedvét a szabályozásban résztvevőknek, mert



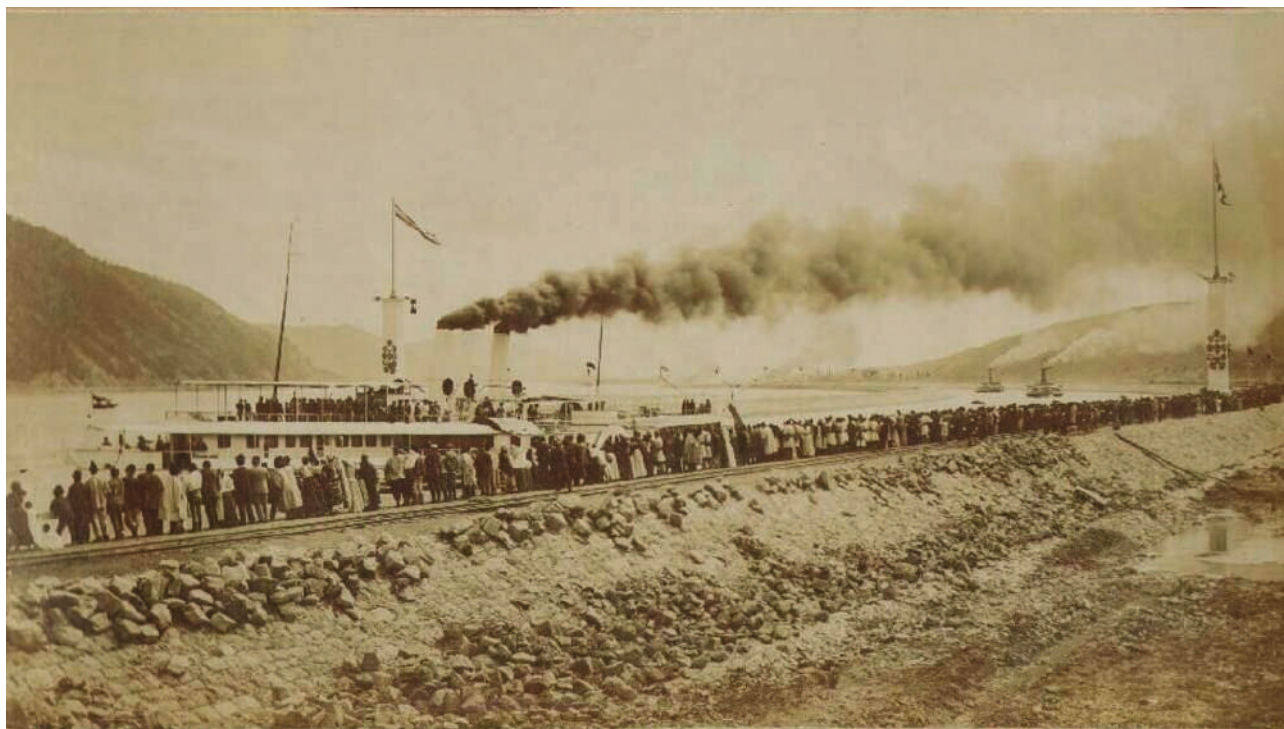
7. fénykép Látogatók a Vaskapu szabályozásánál

a munkálatok nagy erővel folytatódtak. Végül 1898-ban fejezték be az építkezést és helyezték teljesen üzembe az új hajózási útvonalat. A szabályozás költségei az eredeti összeg többszörösére nőttek, azonban a hajózási idényt a korábbi 150 nap helyett 290 napra sikerült kibővíteni. Emellett az Al-Duna szabályozás a magyar vízépítézet kiemelkedő alkotásává vált és *„...a magyar mérnöki technikai munkának nem csak Európában, de az egész világon óriási presztízst, megbecsülést szerzett.”* (Ágoston 2002)

A Vaskapu-csatorna a 20. század második feléig ki tudta szolgálni a dunai hajóforgalmat, azonban a II. világháború után már nem volt elegendő a szoros csekély átbocsátó-képessége. 1972-ben nyitották meg a Vaskapu I. majd később a Vaskapu II. vízerőművet, mely lehetővé tette jóval nagyobb hajók áthaladását, valamint áramot szolgáltatott az épített Románia és Jugoszlávia számára. Az új vízi út létrehozásával sajnos

elpusztult az al-dunai szakasz egyik legszebb része, ugyanis víz alá került a régi Orsova, Ada-Kaleh szigete és további három település is.

Az 1890-ben kezdődött Vaskapu-szabályozás szinte összeforrt Wallandt Ernő nevével, aki szolgálataiért számos elismerésben részesült: 1894-ben megkapta a szerb Takowo-rend tiszti osztályának kitüntetését, majd 1896-ban kiérdemelte a Lipót-rend lovagkeresztjét. Az ezredéves kiállításon Millenniumi Arany Emlékérmét kapott, mivel a szabályozás munkálatait bemutató rész a kiállítás egyik legnépszerűbb pontja volt. 1903-ban megírta a Vaskapu-szabályozás történetéről szóló tanulmányát a Magyar Mérnök- és Építész-Egylet közlönyében. Nyugdíjas főmérnikként kezdeményezte az egylet temesvári osztályának létrehozását, melynek első elnöke is ő lett. (Fejér 2020) Az Al-Duna szabályozását egyik legfőbb művének tekintette, ezt bizonyítja az is, hogy utolsó kívánsága az volt, hogy Orsován temessék el.



8. fénykép A Vaskapu-csatorna ünnepélyes átadása

SZERZŐ:



Tanai Anna: 1992-ben születtem Győrben. 12 évig tanultam a Péterfy Sándor Evangélikus Oktatási Központban, érettségimet 2011-ben szereztem meg. Ezt követően az Eötvös Lorán Tudományegyetem Bölcsészettudományi karán tanultam néprajz alapszakon, ahol 2014-ben szereztem diplomát. Felsőfokú tanulmányaimat az Eszterházy Károly Egyetem, Tanárképzési és Tudástechnológiai karán folytattam, Kulturális örökség tanulmányok szakon. Mesterszakos diplomámat 2017-ben szereztem meg. Még ebben az évben felvételt nyertem a Duna Múzeumba, ahol két évig dolgoztam adattárosként. 2019 óta az pedig intézmény muzeológusi feladatait látom el.



TTK NYÁRI TÁBOR KÖZÉPISKOLÁSOKNAK A DEBRECENI EGYETEMEN

DR. BERTA CSABA

DR. GYULAI ISTVÁN

DEBRECENI EGYETEM, TERMÉSZETTUDOMÁNYI ÉS TECHNOLÓGIAI KAR, HIDROBIOLÓGIAI TANSZÉK

BEVEZETÉS

A Debreceni Egyetem Természettudományi és Technológiai Kara az első középiskolásoknak szánt nyári táborát 2014-ben szervezte meg, mely azóta is töretlen sikerrel kerül megrendezésre minden év nyarán. A tábor főleg olyan középiskolások számára kerül megrendezésre, akik nyitottak a természettudományok iránt és a későbbiekben ezeket a területeket szeretnék szakmájuknak/hivatásuknak választani. Az egy hetes tábor alatt a középiskolás hallgatók betekintést nyerhetnek a kar oktatóinak, kutatóinak és hallgatóinak életébe és részt vehetnek a már folyamatban lévő kutatásokban. Az egy hetes tábor utolsó napján, egy konferencia keretén belül, a hallgatók bemutatják kutatásuk eredményeit egy rövid előadás formájában.

A hallgatók megismerkedhettek a természettudományi és a mérnöki tudományok területén használt fejlesztésekkel, elsajátíthatták azok használatát és érdekes kutatásokban vehettek részt. Ehhez azonban mindenképp elő kellett három dolog. A regisztrációs űrlap kitöltése, egy motivációs levél, melyben a hallgató összefoglalhatta,

hogyan miért érdekli a természettudományok világa és milyen perspektívát lát benne. Végül pedig az adott témakörre vonatkozóan egy szaktanári ajánlás. A pályázatok elbírálása után a leendő táborozók e-mailben kaptak tájékoztatást a további teendőkről.

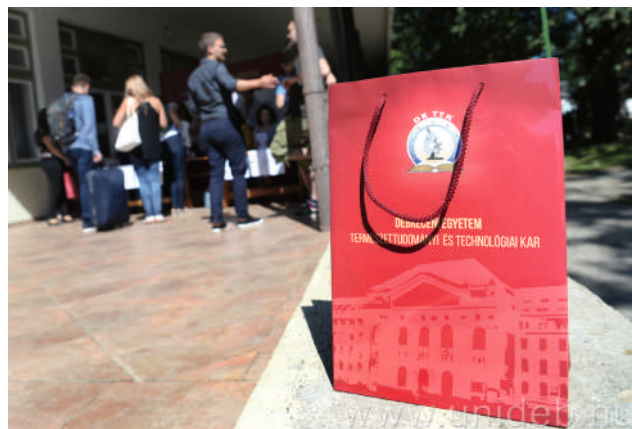
A teljesség igénye nélkül igen színes és széles kutatási témákból választhattak a hallgatók, a Kar gondozásába tartozó hat intézetben, összesen 45 kutatásba kapcsolódhattak be és mélyülhettek el. Egy pár témát említve a következő lehetőségek közül választhattak a Biológiai és Ökológiai Intézet témái közül, mint a „Parti madarak háza táján”, a „Berettyó halközösségének vizsgálata”, „Szöveti vizsgálatok gyógynövényekben” vagy akár a „Felfedezőbbek és bátrabbak-e a városi ízelt-lábúak?”. A Biotechnológiai Intézet kutatásai közül bekapcsolódhattak a „Közeli infravörös time-lapse képalkotás és számítógépes képelemzés az élő rendszerek dinamikájának vizsgálatában” vagy akár a „Takarmányból izolált élesztők vizsgálatába”. A Fizikai Intézetben megismerkedhettek az „e-Üveg-házakkal” vagy a „Nanorészecskék nem a fákon

nőnek, hanem a számítógépben” kutatásokkal. A Földtudományi Intézetben megismerkedhettek a „Megújuló energiaforrásokkal” vagy akár drónnal repülhettek a „Légifénykép-alapú domborzatmodellezés és annak felhasználási területei drónnal készült felvételek alapján” téma vizsgálata során. A Kémiai Intézetben akár a nanovilágot is felfedezhették a „Nanovilág megismerése kémikus és fizikus szemmel” téma keretein belül. Végül pedig nem utolsó sorban a Matematikai Intézetben megpróbálhatták megoldani egy múzeum őreinek megfelelő létszám kiválasztását a „Teremőr probléma” keretei között.

A TÁBOR HETE

Idén a TTK Nyári Tábor augusztus 23. és 28. között került megrendezésre Karunkon, a koronavírus okozta pandémia miatt előírt védekezési intézkedések teljes körű figyelembevételével és alkalmazása mellett. Az elmúlt táborokhoz hasonlóan a szállás, illetve a „bázisunk” a Sport Kollégium és annak területe volt, mely az Egyetem téri Campus mellett található. A hétfő, mint általában minden rendezvényen, a résztvevők megérkezésével és regisztrációjával kezdődött (1. és 2. kép).

Ekkor vehették át a szobák kulcsait, illetve a tábor csomagokat, egy pár a hétre nélkülözhetetlen kiegészítővel, mint jegyzetfüzet és írószerszám. A regisztrációt és a szobák elfoglalását követően Prof. Dr. Kun Ferenc a Természettudományi és Technológiai Kar dékánja köszöntötte a több mint 100 középiskolai hallgatót és jó tanáccsal látta el őket a hétre és a jövőjükre vonatkozóan is. Ezek után előadás keretein belül megismerkedhettek a baleset és munkavédelem fő szempontjaival és szabályaival, amikkel találkozhatnak a hét során. A hétfői nap egyik legjobban várt



1. és 2. kép Hétfő reggeli regisztráció és a konferencia csomag a TTK Nyári Táborban

pillanata következett, ahol is a hallgatók megtudták, kit hova és melyik kutatási témára osztották be. A finom ebéd elfogyasztása után pedig már izgatottan várhatták a Földtudományi Intézet szervezésében megvalósult Reptérlátogatást a Debreceni Nemzetközi Repülőtéren és egy gyalogtúrát az Erdőpuszták ösvényein, ahol egy rövid ízelítőt kaphattak a Debrecen környéki vízrendezés terveiből és megvalósulásából. A tábor területére visszaérve és a vacsorát követően a TTK HÖK szervezésében egy játékos, vetélkedős program keretei között megismerkedhettek meg egymással jobban a hallgatók, ezzel is segítve egy kis közösség kialakulását és a különböző településekről/ középiskolákból érkezők megismerkedését. Kedden a reggelit



3. kép Pillanatkép a munka hevében

követően a hallgatók a tábor segítőivel elindultak az általuk választott kutatási témák helyszínéül szolgáló intézetekbe, ahol egyből fejest ugorhattak a kutatásokba (3. kép). Ki mivel kezdett, de legfontosabb volt egy kis elméleti alapozás majd ezt követően a téma jellegéből adódóan elkezdődhetett a terepi/laboratóriumi/elméleti kutatás és mintabegyűjtés. Mivel a tábor egy konferenciával zárult, ezért a témavezetők és a hallgatók az egész héten folyamatosan készítették és fejlesztették az előadásokat, melyre minden nap egy külön elkülönített időpontban volt lehetőségük, ezzel is biztosítva azt, hogy mindenki megfelelően haladjon és a végén önfeledten adhasson elő. Az ebédet követően a keddi napon a Fizika Intézet bemutatkozása következett. Bemutatásra került a Fizikai Intézet működése, kutatásai és lehetőségei. Előadást

hallgathattak azzal kapcsolatban, hogy hogyan költözzünk a Marsra, és hogy közben hogyan kutassuk az űrt. Az előadásokat követően pedig látványos kísérletekkel is megismerkedhettek a hallgatók. Az esti program keretében kalandozások következtek a Debreceni Egyetemen, körbejárhatták a főépület illusztris tereit és akár a tanácsteremben is helyet foglalhattak, ki tudja kiből lesz a következő egyetemi vezető. Az esti program utána a hallgatók szabad programban élvezhették tovább a tábort és még szorosabb ismereteket és barátságokat köthettek.

A szerdai napon újra belemerülhettek a kutatásba és a minta begyűjtés rejtelmeibe. Azoknál a kutatásoknál melyek kifejezetten laboratóriumi körülményeket kívánnak meg, értelemszerűen a minták kezelése és felhasználásához nem is



4. kép Nem egyszerű, de előbb-utóbb csak elkapja a mikroszkóp alatt

kellett az egyetem területét elhagyni. Ezzel el-
lentétben egy halászati téma esetében a terepi
körülmények megismerése és kipróbálása szinte
kötelező elemként jelent meg a hallgatónak (4.
kép). Az ebédet követően bemutatkozott a Bio-
lógiai és Ökológiai Intézet egy intézeti előadás
keretei között, amiből a hallgatók megtudhatták
az intézetben folyó kutatásokat és a hallgatói
életet. Ezek után pedig 15 fős csapatokat kel-
lett alkotniuk és egy kijelölt kísérő vezetésével
és egy térképpel a kezükben bebarangolták
az Élettudományi, Ökológiai épületeket és
a Botanikus kertet. Ezeken a helyeken vetélke-
dős feladatokat kellett megoldaniuk és minél
több pontot szerezniük a végső győzelem és
az első helyért járó jutalom elnyerése érdeké-
ben. A feladatok között kifoghatták az inváziós
halfajokat a Botanikus kerti tóból, növényeket

határozhattak vagy madarak hangjait kellett
felismerniük. Az eredmények kihirdetése és
a jutalom kiosztása a vacsorát követően került
sorra. Ezután a már ikonikus debreceni „dottóval”
a hallgatók városnézésre indultak az egyetem-
től a belvároson át az Aquaticumon keresztül
vissza a táborig.

A csütörtöki nap is a szokásos reggeli után a ku-
tatómunkával folytatódott. A legtöbb kutatás
területén megtörténtek a terepi minták begyűj-
tése, így szinte már mindenki a laborokban vagy
az előadó termekben foglalatzkodott. Ki épp
a megfogott halakat boncolta, ki az élesztő-
gombák növekedését, ki egy érdekes kémiai
reakció folyamatát követte nyomon. A kutató-
munka befejezése után pedig ismét nekiállhat-
tak az előadások folytatásának. A konferencia



időpontjának közeledésével azért fellelhető volt a hallgatókban az egyre fokozódó izgalom és izgatottság. Köszönhetően annak, hogy bár a konferencia lényege nem a megmérettésen alapul, de attól függetlenül egymás elé kiállni és egy nagyobb közönség előtt bemutatni kutatásukat még egy gyakorlottabb ember számára is kihívást jelenthet. Az ebédet követően a délutáni program keretein belül bemutatkozó előadással kezdett a Matematikai Intézet, mely során betekintést nyerhettek a hallgatókat a matematika érdekes világába. Ezt követően pedig egy érdekes próbatétel következett a hallgatók számára, ugyanis egy telefonos alkalmazás segítségével és QR-kódok segítségével (csoportokban) kellett kihívó és érdekes matematikai feladványokat megoldaniuk egy tanösvény keretein belül a tábor és az egyetem területén. Vacsora után pedig egy néptánc előadást nézhettek végig a középiskolai hallgatók, és nem kis meglepetésükre a táncot irányító páros elkezdte bevonni a hallgatókat és velük együtt közösen folytatódott a mulatozás/táncolás.

Elérkezve péntekre, mely a táborban töltött utolsó este, egyre fokozottabban érződött az izgalom a hallgatókon. A reggelit követően ismét a laborokban (5. kép) és termekben folytathatták a kutatást és véglegesíthették azokat.

Sietni kellett minden kis részlettel, mivel már másnap ezeket az eredményeket kellett egy rövid előadás formájában bemutatniuk. Ebben az volt a kihívás számukra, hogy sokuk még nem tartott sose ilyen előadást. Azért hogy ezeket az akadályokat kicsit oldjuk, szinte minden kutatásba bevont hallgató még a nagy megmérettetés előtt a témavezető segítségével és támogatásával elpróbálta az előadását. Ez olyan szinten folytatódott, hogy még az esti órákban is találtunk olyanokat, akik lázasan próbálták és előadták egymás között, illetve a végleges simításokat végezték az előadásaikon. Az ebédet követően végül, de nem utolsó sorban bemutatkozott a Kémiai Intézet, egy az intézet életét bemutató előadással. Végül pedig a hallgatók látványos és élvezetes kémiai kísérleteket láthattak és próbálhattak ki az intézet dolgozóinak felügyelete mellett. A vacsorát követően pedig egy táborújs mellett élvezhették ki a hallgatók a tábor utolsó estéjét és az együtt töltött időt.

A KONFERENCIA NAPJA

Augusztus 28-a reggelére érve elkövetkezett a záró konferencia napja, a hallgatók összehajoltak és elhagyták a szobáikat, illetve a tábor helyszínét és együtt átsétáltak a Kémiai épületbe, ahol a konferencia került megszervezésre a K/1-es és K/3-as előadó termekben. A beosztások a következőképpen alakultak. Egy szekcióba került a Biológia és Biotechnológia tudományok, míg a másik szekcióba került a Matematika, Fizika, Földrajz és Kémia tudományok előadásai. Az egyes előadások szép sorban haladtak, egyik-másik esetében kettő vagy három fő is megtartotta beszámolóját a héten végzett kutatásáról. Azok felépítéséről, kivitelezéséről, a minták begyűjtéséről, a kísérlet megtervezéséről és végül, de nem utolsó

sorban a kapott eredményeiket is szemléltették. Az első szekcióban a hallgatóság összesen 20 érdekesítő és kiemelkedően jó előadást hallgathatott meg. A teljesség igénye nélkül megtudhattuk milyen eredmény született a Zöld és aposzimbiotikus hidrák regenerációjának vizsgálatában, kiderült, hogy a Városi vagy a városon kívüli területekről származó ízeltlábúak viselkedése miben különbözik, kiderült, hogy mennyi és milyen halak vannak a Berettyóban. Betekintést kaptunk az eltérő élőhelyek Zooplankton közösségébe, kiderült, hogy mekkora egy békalencse króm- és nikkeltoleranciája vagy akár azt is megtudhattuk, hogy milyen egy élesztőhibrid genetikai elemzése.

A második szekcióban összesen 23 előadás készült a héten végzett kutatásokból. Hasonlóan az első szekcióhoz, itt is nagyon szépen helytálltak a hallgatók és igen színvonalas előadásokkal kedveskedtek a maguk és nem utolsósorban a közönség számára. Kiderült, hogy hány óra kell egy múzeum őrzéséhez, megtudtuk azt, hogy lehet egy Zseb-Müon teleszkópot készíteni, drónnal igen is lehet egy fényképből térképet készíteni, kiderült, hogy a sárga arany (méz) mit is rejteget magában és megtudtuk azt is, hogy valóban folyik-e az az anyag vagy sem.

Az előadások végeztével és a hallgatók hallható fellélegzése után Prof. Dr. Kun Ferenc dékán úr egy rövid zárszó keretében megköszönte a hallgatók lelkesedését és hozzáállását az elmúlt egy héten végzett kutatásokhoz. Sok sikert kívánt mindenkinek a további tanulmányokhoz és kutatásokhoz. Külön kiemelte, hogy várunk vissza minden végzős hallgatót, hogy felsőfokú tanulmányait Karunk kezdjék meg, illetve a fiatalabbak számára pedig újra kinyitotta

a kapukat, hogy folytassák érdeklődésüket és találkozzunk újra jövőre.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A tábor az EFOP-3.4.4-16-2017-00023, Az MTMI szakokra való bekerülést elősegítő innovatív programok megvalósítása a Debreceni Egyetem vonzáskörzetében című pályázat keretein belül valósult meg.

Dr. Gyulai István: 1980-ban Debrecenben születtem. Egyetemi tanulmányaimat a Debreceni Egyetemen folytattam és Környezetkutatóként diplomáztam ökológus szakirányon. Ezt követően tanulmányaimat a Juhász-Nagy Pál doktori iskolában folytattam

SZERZŐ:



Dr. Gyulai István: 1980-ban Debrecenben születtem. Egyetemi tanulmányaimat a Debreceni Egyetemen folytattam és Környezetkutatóként diplomáztam ökológus szakirányon. Ezt követően tanulmányaimat a Juhász-Nagy Pál doktori iskolában folytattam, 2010-ben alkalmazásba kerültem az Alkalmazott Ökológiai Tanszéken, majd a tanszék megszűnését követően a Hidrobiológiai Tanszéken folytattam munkámat. 2018-ban szereztem meg PhD fokozatomat és jelenleg is a Debreceni Egyetem Hidrobiológiai Tanszékén vagyok egyetemi adjunktus. 2015-től a Biológiai és Ökológiai Intézet beiskolázási felelőse vagyok, majd 2020-tól a Természettudományi és Technológiai Kar beiskolázási felelőse lettem. A Debreceni Egyetem MTMI nagykövete vagyok 2018 óta.



Dr. Berta Csaba: 1991-ben születtem Debrecenben. Középiskolai tanulmányaim után, 2013-ban szereztem Alkalmazott környezetkutató és monitorozó diplomát, majd 2015-ben Okleveles Hidrobiológus diplomát. Ezt követően a Juhász-Nagy Pál doktori iskolában kezdtem meg tanulmányaimat. 2018-ban alkalmazásba kerültem a Hidrobiológiai Tanszéken, melyen jelenleg, is mint tudományos segédmunkatárs dolgozok. PhD fokozatomat 2020-ban szereztem meg. 2018-óta koordinátori és kapcsolattartói feladatkört töltök be az angol nyelvű Hydrobiology - Water Quality Management mester képzésben.

KÉPZÉSI AJÁNLÓ

A NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM VÍZTUDOMÁNYI KAR

- Építőmérnöki (területi vízgazdálkodási, vízellátás-csatornázás) - 8 félév
- Környezetmérnöki (vízgazdálkodás, víztisztítás-szennyvíztisztítás) - 7 félév
- Vízügyi üzemeltetési mérnöki (vízközmű- üzemeltetés, hidrogeológia-vízbeszerzés, területi vízgazdálkodási) - 6 félév

[HTTPS://VTK.UNI-NKE.HU/OKTATAS/ALAPKEPZES](https://vtk.uni-nke.hu/oktatas/alapkepzes)

ÓBUDAI EGYETEM REJTŐ SÁNDOR KÖNNYŰIPARI ÉS KÖRNYEZETMÉRNÖKI KAR

Települési szennyvízgazdálkodási szakmérnök szakirányú továbbképzési szak

[HTTPS://RKK.UNI-OBUDA.HU/HU/SZAKIRANYU-TOVABBKEPZESEK#3](https://rkk.uni-obuda.hu/hu/szakiranyu-tovabbkepzesek#3)

