

Tudományos Diákköri Dolgozat

Lengyel Tamás
Taki Sarah Suzanne



Nemzeti Közzolgálati egyetem
Víz tudományi kar

A Duna vízminőségének vizsgálata árvizes időszakban

Konzulens:
Kiss János

2024 Baja

Tartalom

1.	BEVEZETÉS.....	3
2.	ÁRVÍZI JELENSÉGEK, ÁRHULLÁMOK TULAJDONSÁGAI MAGYARORSZÁGI FOLYÓKON	4
1.1.	Közvetlen gazdasági hatások.....	5
1.2.	Közvetett gazdasági hatások	6
1.3.	Fel nem mérhető hatások	6
2.	MINTAVÉTEL, ELMÉLETI HÁTTÉR	10
3.	VIZSGÁLT MÓDSZEREK	12
3.1.	Helyszíni vizsgálatok.....	13
3.1.1.	Vezetőképesség:.....	13
3.1.2.	Hőmérséklet:.....	13
3.1.3.	Oldott oxigén (DO):	13
3.1.4.	pH:.....	14
3.2.	Laboratóriumi vizsgálatok	14
3.2.1.	Összes lebegőanyag tartalom (TSS):	14
3.2.2.	Mikrobiális szennyezettség vizsgálata:	14
3.2.3.	Tápanyagtartalom meghatározása (Foszfor):	14
3.2.4.	Tápanyagtartalom meghatározása (Nitrogén):	15
3.2.5.	Kémiai oxigénigény (KOI):	15
3.2.6.	Biológiai oxigénigény (BOI):	15
3.2.7.	Adenozin-trifoszfát szint mérése (ATP):	15
4.	HIPOTÉZISEK	16
5.	MÉRÉSI EREDÉMYNEK	17
5.1	Helyszíni mérések eredményei.....	17
5.2	Laboratóriumi vizsgálatok eredményei	19
5.2.1	Kémiai és biokémiai oxigén igény (KOI, BOI)	19
5.2.2	Növényi tápanyagformák (nitrogén és foszfor)	21
5.2.3.	Mikrobiális jellemzők (ATP és összcsíraszám).....	22
6.	KÖVETKEZTETÉS	25
7.	ÖSSZEFOGLALÁS	Hiba! A könyvjelző nem létezik.
8.	IRODALOMJEGYZÉK.....	26

1. BEVEZETÉS

Az árvízi események alatt a folyók vízminősége jelentősen megváltozik, amely több környezeti és közegészségügyi kockázatot hordoz magában. Ilyenkor a víz kifolyva medréből előnti a környező területeket és magával sodorhat olyan káros anyagokat, mint az ipari hulladékok, mezőgazdasági vegyszerek, szennyvíz. Ezek alapvetően változtatják meg egy vízfolyás fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságait, ezért is fontos megvizsgálni a vízminőségi-paramétereket egy árvíz levonulási időszakban. Az ilyen paraméterek vizsgálata, mint például a vezetőképesség, oldott-oxigéntartalom, lebegőanyag koncentráció, mikrobiális szennyezettség és tápanyagterhelés elengedhetetlen az ivóvízbázisok biztosításához, de még az öntözővíz minőségére nézve is, valamint a természetes ökoszisztémákra tekintve is fontos szerepet tölt be. Jelen kutatás középpontjában a Duna, mint Közép-Európa legnagyobb folyója, és a Sugovica a Duna egyik mellékága áll. A Duna jelentős gazdasági és ökológiai szempontból, a Sugovica pedig a környező területek és a fő víztest között fontos átmeneti szakaszt képvisel.

Az állandó ellenőrzés és monitorozás teszi lehetővé, hogy a hatóságok gyorsan reagáljanak és hatékony intézkedéseket rendeljenek el, szükség esetén értesítsék a lakosságot a lehetséges veszélyekről. Különösen fontos a vízminőség folyamatos nyomon követése a katasztrófavédelemnek, amihez elengedhetetlen a megfelelő monitorozás és vizsgálatok elvégzése.

A klímaváltozással járó szélsőséges időjárási események növekvő gyakorisága tovább fokozza a vízminőség-vizsgálatok jelentőségét, hiszen a heves esőzések és árvizek várhatóan egyre nagyobb kockázatot jelentenek mind az emberi egészségre, mind a környezetre. (Hrdinka, 2011; Tockner & Stanford, 2002)

Jelen dolgozat célja a Duna és a Sugovica vízminőségi változásainak nyomon követése a 2024. szeptemberi árvíz idején és az után, valamint a potenciális kockázatok azonosítása. Ehhez a vízminőség paraméterek ingadozásaira és azok lehetséges következményeire helyezzük a fő hangsúlyt, hogy átfogó képet kapjunk a vízminőségi problémák mértékéről és természetéről.

2. ÁRVÍZI JELENSÉGEK, ÁRHULLÁMOK TULAJDONSÁGAI MAGYAARORSZÁGI FOLYÓKON

Magyarországon az éghajlati és domborzati sajátosságok következtében gyakoriak az árvizek. A folyók többsége – kivéve a Zagyvát – külföldön ered, majd a Duna vagy a Tisza vizéhez csatlakozik. Az országban található folyók hossza összesen 2822 km, vízgyűjtő területük pedig szinte Magyarország teljes területét lefedi, ami körülbelül 93 000 km². Az ország határain belépő folyók mintegy 290 000 km²-es területről gyűjtik össze vizeiket, ami Magyarország területének több mint háromszorosa. Ezért a folyók vízszintjét és vízhozamát elsősorban nem a hazai csapadékmennyiség, hanem a szomszédos országok vízgyűjtő területein kialakuló vízmozgások határozzák meg.(Szlávik, 2020)

Magyarország vízrendszere két fő részre osztható: a Duna és a Tisza vízgyűjtő rendszerére. A Duna magyarországi szakaszának vízjárását elsősorban a fölötte elhelyezkedő vízgyűjtő terület hidrológiai viszonyai határozzák meg. A Duna hazai szakaszán kétféle árvíz típus jellemző: az egyik a kora tavaszi árhullám, amely az alacsonyabb területek hóolvadásából származik, a másik pedig a nyári árvíz, amely az Alpok magasabb régióiban lehulló csapadékból ered. A magyarországi szakasz vízszintjét az előző szakasz vízjárása szabja meg, mivel a magyar mellékfolyók hatása itt már nem jelentős, így két jellegzetes árhullám alakul ki: egy tavaszi és egy nyári.(Szlávik, 2020)

Éghajlati és természetföldrajzi adottságaink következtében Magyarországon az árvizek nem csak a jellemző tavaszi és nyári időszakban fordulhatnak elő, hanem bármely évszakban kialakulhatnak, ahogyan azt már több alkalommal tapasztaltuk. A tavaszi és nyári árvizek a leggyakoribbak, de bizonyos folyókon különösen veszélyes jeges árvizekkel is számolnunk kell. Ezek az árvizek a hirtelen hőmérsékletváltozások vagy erős csapadéktevékenység miatt alakulnak ki, és komoly kockázatot jelentenek a környezetre, valamint a folyó menti településekre.(Szlávik, 2020)

Az árvízi veszélyeztetettség és az árvizek elleni védekezés szervezése szempontjából különös figyelmet kell fordítani a síkvidéki területeken egyszerre fellépő árhullámok előfordulási gyakoriságára. Különösen fontos az árhullámok találkozása a fő- és mellékfolyókon, hiszen ez a találkozás jelentősen növelheti az árhullám magasságát, amely növeli a védelem alatt álló területek kiterjedését. Ilyen esetekben az erők és eszközök optimális csoportosítása létfontosságú, mivel az árhullámok találkozása meghatározza a védekezés kiterjedését és a szükséges erőforrások mennyiségét. Az ilyen előrejelzések és a helyes csoportosítás nemcsak

hatékonyabbá, hanem gyorsabbá és pontosabbá is teheti a védelmi intézkedéseket, minimalizálva az árvizek okozta károkat.(Szlávik, 2020)

Az ország folyóvölgyi árterületeinek 21 200 km²-ből 97%-át már ármentesítették, míg a fennmaradó 700 km² nagyrészt olyan szűk völgyekben található, amelyeket gazdaságosan nem lehet ármentesíteni. Ezen a területen csupán az árterületen fekvő vagy oda benyúló települések védelmét lehet megoldani, elsősorban az érintett felek közreműködésével. A védelmi intézkedések célja a lakosság és az ingatlanok biztonságának biztosítása, mivel a megmaradt árterületek gyakran ki vannak téve a környezeti hatásoknak és az árvizeknek.(Szlávik, 2020)

A mai Magyarország földrajzi adottságai miatt az ármentesítés egyik leghatékonyabb módszere, az árvizek hegyvidéki vízgyűjtőkben, tározókban való visszatartása nem kivitelezhető, mivel ezek a vízgyűjtők túlnyomórészt az ország határain kívül helyezkednek el. Az árvíz megelőzés érdekében alkalmazható hegyvidéki völgyzárógátas tározók létesítése csupán a kisebb vízfolyások, mint például a Zagyva és a Tarna esetében lehetséges. Ezek a tározók segíthetnek a víz mennyiségének szabályozásában, így csökkenthetik a potenciális árvizek hatását a környező területekre.(Szlávik, 2020)

Árvízkárnak minősülnek azok a hatások, amelyek egy adott területen átfolyó vizek vízszintemelkedése és a medrekből való kilépése következtében lépnek fel. Ezek a hatások előre pontosan meg nem határozható időben és mértékben következnek be, és jelentős következményekkel járnak a vagyontárgyak használhatóságára nézve, amelyek csökkenését vagy teljes megsemmisülését okozhatják. Az árvíz károk hátráltathatják vagy akár meg is akadályozhatják a termelési és szükséglet-kielégítési tevékenységeket. A károk forrásai lehetnek a folyók által a környező területek közvetlen elöntése, valamint az átszivárgás útján történő nedvesítés, továbbá helyenként fakadó vizek is hozzájárulhatnak a problémákhoz.

Az árvíz gazdasági hatásai három fő csoportba sorolhatók:

2.1.Közvetlen gazdasági hatások

Ezek közvetlenül az árvíz bekövetkeztével kapcsolatos következmények:

- **Vagyontárgyak károsodása:** A víz hatására tönkremehetnek vagy megrongálódhatnak a személyi, üzleti és közvagyontárgyak.
- **Bevételi veszteségek:** Az árvíz miatt elöntött létesítmények csökkent forgalma miatti bevételkiesés.

- Védekezési intézkedések költségei: Költségek, amelyek a védekezéssel, mentéssel, kiürítéssel, tisztítással, fertőtlenítéssel és járványmentesítéssel járnak.

2.2. Közvetett gazdasági hatások

Ezek a hatások a gazdaság különböző szereplői közötti kölcsönhatások következményei, amelyek az elöntés által közvetlenül nem érintett, de a forgalom kiesése vagy csökkenése miatt hátrányosan érintettek.

2.3. Fel nem mérhető hatások

Ezek olyan hatások, amelyek nem rendelhetők hozzá konkrét pénzügyi mutatókhoz, de valóságosak:

- Emberi egészséget és biztonságot érintő hatások: Ide tartozik az árvíz következtében bekövetkezett elhalálozás, személyi sérülések, valamint az egészségügyi intézményekben okozott károk miatt fellépő ellátási zavarok.
- Érzelmi trauma: Az árvíz által kiváltott pszichológiai hatások.

A közvetlen gazdasági hatások részletesebb csoportosítása

A lehetséges árvízkárok meghatározásakor a közvetlen gazdasági hatásokra helyezik a hangsúlyt, a legjellemzőbbeket az alábbiak szerint részletezve:

- Nemzeti vagyontárgyak károsodása: A vízzel való érintkezés és az árvízvédekezési tevékenység következtében bekövetkező károk, beleértve a mentési és anyagszállítási útvonalak, valamint a védvonalak rongálódását.
- Termeléseszközök csökkenéséből származó károk: A védekezéshez átcsoportosított munkaerő és eszközök miatt felmerülő költségek, valamint az üzleti tevékenységek elöntése miatt kiesett termelési érték és az elmaradt haszon.
- Árvízvédekezés költségei: A védmű állékonysági paraméterei alapján szükséges műszaki ráfordítások, beleértve a lokalizáló létesítmények védekezésre történő felkészítését és a károk helyreállításának költségeit.
- Mentés és kiürítés költségei: A kitelepítettek befogadása, elhelyezése és ellátása, az egészségügyi és közellátás többletköltségei, valamint a víz visszavezetését követően végzett takarítási, tisztítási, fertőtlenítési és járványmentesítési munkák költségei.

Árhullám, mint fogalom a következőket jelenti: A folyók és vízfolyások időszakos, jelentős vízszintemelkedése, amikor a vízhozam és a vízállás meghaladja a megszokott szintet. Az árvíz

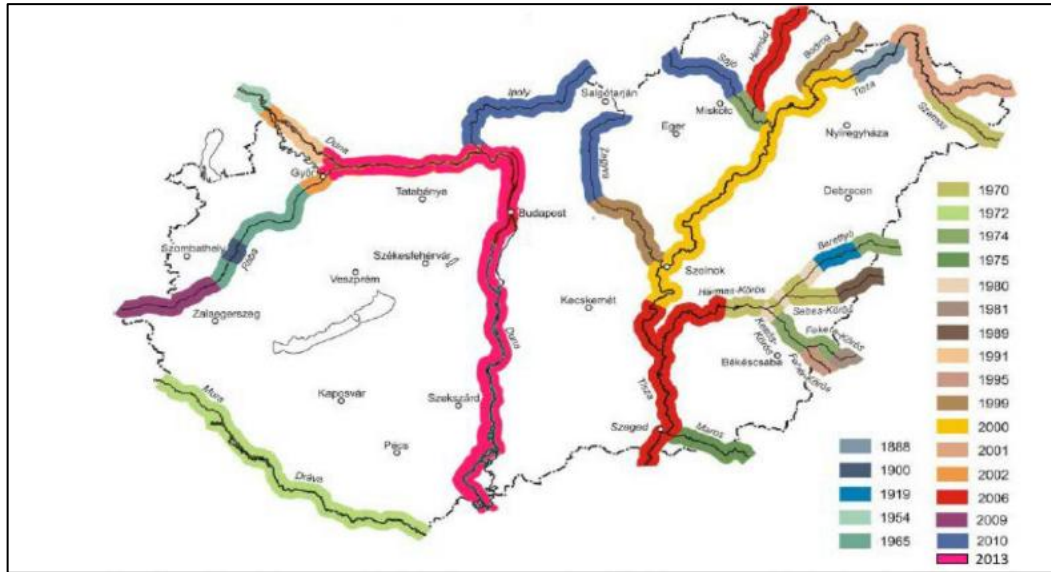
kialakulása akkor következik be, amikor a vízszint túllépi a középvízi meder partvonalát, és a víz kilép a mederből, így nagyobb területeket önt el. Az árhullám a természetes vízfolyások meghatározott keresztmetszetében a vízszint (vagy vízhozam) emelkedésével kezdődik, amelyet tetőzés követ, majd a szint fokozatosan csökken, visszatérve normál állapotába. E folyamat során az áradás lefolyási sebességét és mértékét számos tényező – mint a csapadék, hóolvadás, talajtelítettség, és a meder sajátosságai – befolyásolja, amely mind meghatározó az áradás dinamikájában és kiterjedésében.(Petró, 2017)

Továbbá beszélhetünk árhullám ellapulásról, árhullámképről és árhullám-sebességről

Árhullám-ellapulás: Az árhullám-ellapulás a folyó alsóbb szakaszain jelentkezik, amikor a tetőző vízhozam és a vízszint fokozatosan csökken. Ez akkor történik, ha az árhullám egy olyan mederszakaszra ér, ahol nincs jelentős mellékfolyó vagy egyéb vízforrás, ami megnövelné a vízszintet. Az áradó víznek először a folyó következő hullámtereit és mederszakaszait kell megtöltenie, így az alsóbb részekre lassabban jut el az árhullám, és a víz szintje fokozatosan simul ki. Ezen a folyamaton az árhullám időbeli eloszlása laposabbá válik, ami azt eredményezi, hogy a folyó alsóbb szakaszai általában nyugodtabb vízjárást mutatnak a heves felső szakaszokhoz képest.(Petró, 2017)

Árhullámkép: Az árhullámkép a vízszint vagy vízhozam időbeni változásainak grafikus ábrázolása. Az árhullám első felfelé ívelő szakasza, amely a vízszint növekedését mutatja, az „áradó ág”, míg a tetőzéstől kezdődően a vízszint csökkenését ábrázoló szakasz az „apadó ág”. Ezen grafikonon megfigyelhető az árhullám kezdete, csúcspontja és visszaesése, és segít megérteni, hogyan változik a folyó vízállása az idő előrehaladtával.

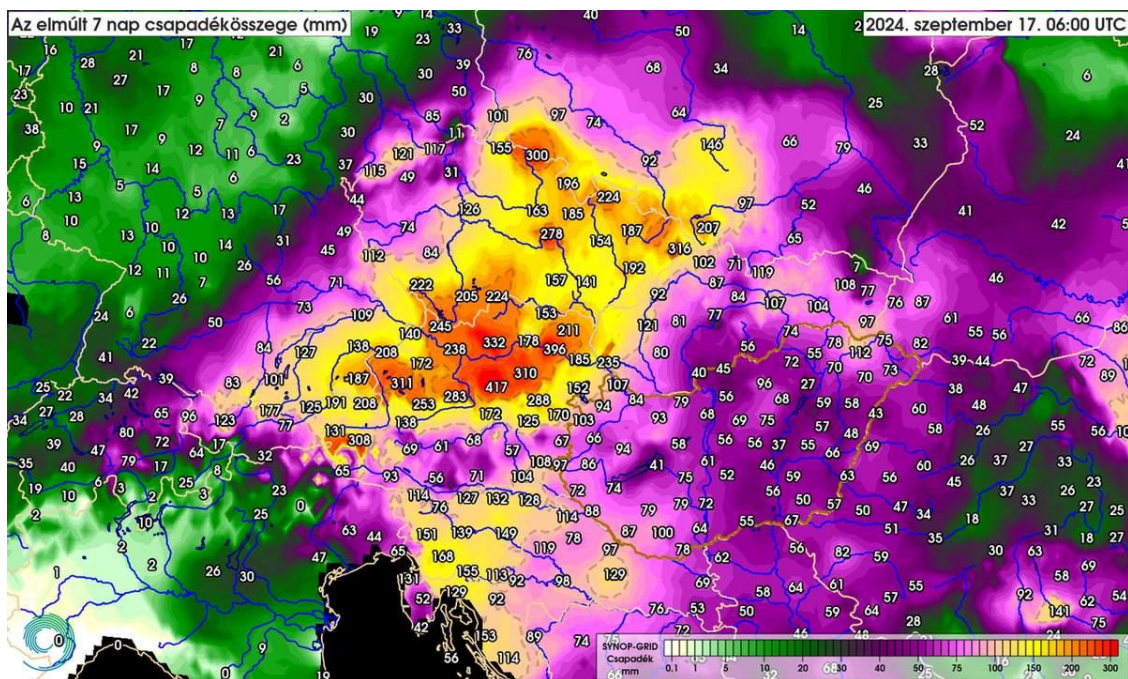
Hazánk jelentősebb folyóin a klímaváltozás hatására egyre többször a korábbi mértékadó árvízszinteket meghaladó vízállásokat regisztrálunk (1. ábra), ez intő jel a vízgazdálkodási szakemberek számára, amely alapján folyamatosan fejleszteni kell a hazai árvízvédelmi műtárgyakat és védműveket.



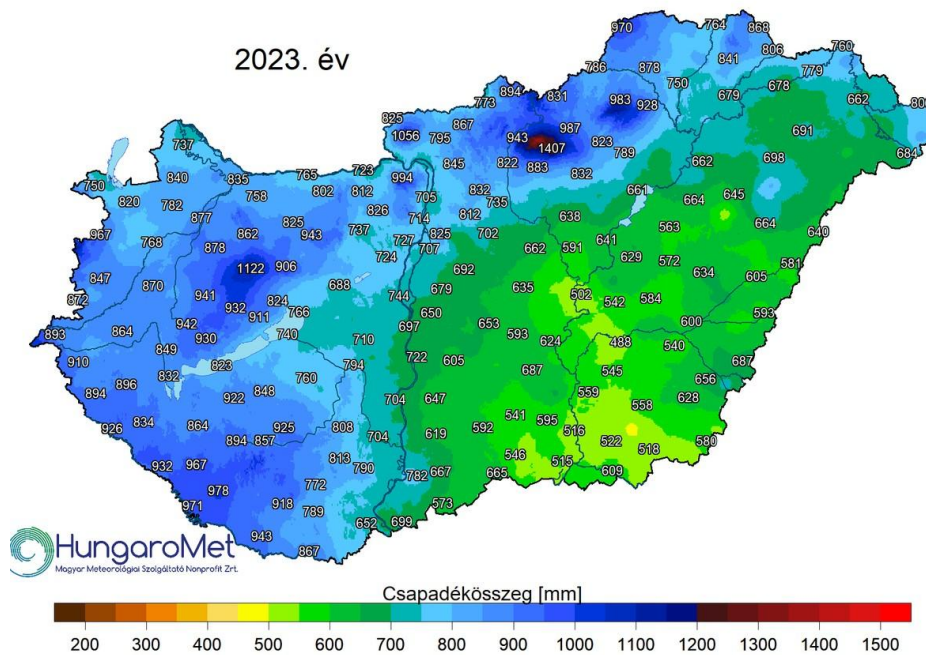
1. ábra Hazánk nagyobb folyóin tapasztalt eddigi legmagasabb árvízszint időpontok szerint (Petró, 2017)

2.4. A 2024-es árhullám

Az idei évben érzékelhető árhullám első közelítésére nem tartozik a klasszikus nyári árvizek közé azonban kiváltó oka egyértelműen a Duna alpesi vízgyűjtőjére lehullott nagy mennyiségű csapadék. A Boris ciklon okozta rendkívüli időjárási körülmények, valamint az ezt megelőző rendkívül száraz és csapadékmentes nyár együttesen tehetők felelőssé a korábbi 2013-as szintet megközelítő áradásért. A ciklon jelenség közel egy hétig működött a térségben, mely során egyes helyeken a 2023-as évi magyarországi csapadékösszeg közel felének megfelelő csapadék hullott le (2.és 3..ábra).

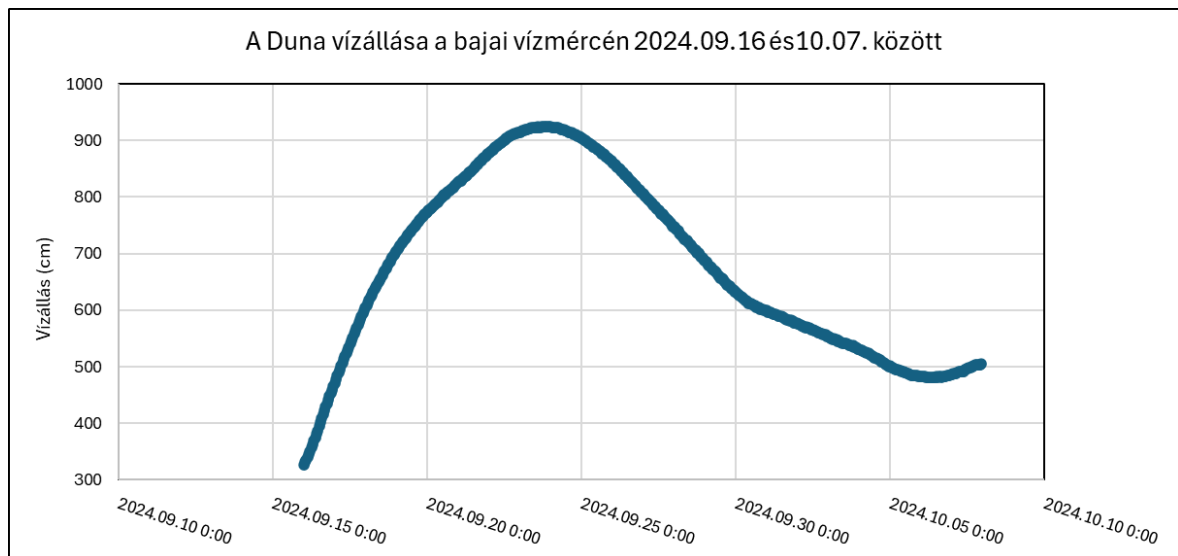


2. ábra: 7 napos csapadékösszegek (forrás: Hungaromet)



3. ábra: 2023 évi magyarországi csapadékösszegek (forrás: Hungaromet)

A 2013-as mértékadó LNV értékeket végül nem haladta meg az árhullám azonban sok esetben megközelítette. Szükségessé vált a Lajta szükségtározójának megnyitása, valamint a Dunán az egész országban harmadik árvízvédelmi fokozatot kellett elrendelni. A tetőzéskor Budapesten 830 cm vízállás és 8202 m³/s vízhozam volt mérhető, míg Baján 925 cm-es vízállás és 7325 m³/s vízhozam (4.ábra).



4. A Duna vízállása Bajánál a 2024-es árhullám idején (Forrás: OVF, saját szerkesztés)

3. MINTAVÉTEL, ELMÉLETI HÁTTÉR

A mintavételek jogszabályban meghatározott fogalom, melynek alapkövetelményei vannak. Munkánk során az MSZ ISO 5667-4 és MSZ ISO 5667-6 szabványokat követve jártunk el. Egy vízminta esetében nemcsak a vizsgálat és kiértékelés fontos, hanem a mintavétel, a minta megőrzése és előkészítése is lényeges lépés. A víz- és szennyvízelemzések során, a vizsgálat céljától függően, pontminták, időbeli és térbeli átlagminták gyűjtése is szükséges lehet. A mintákat különböző forrásokból lehet venni, például folyókból, tavakból, tározókból, szabadtéri műtárgyakból, tározó medencékből, illetve zárt vagy nyomás alatti rendszerekből, mint csővezetékekből. A vízmintavétel során különös figyelmet kell fordítani a 10/2010. (VIII. 18.) VM rendelet által meghatározott szabályokra, amelyek a felszíni vizek kémiai és ökológiai állapotának javítását célozzák meg. Ez a rendelet előírja a mintavételezés és a minta feldolgozásának részleteit, amelyek biztosítják, hogy a vizsgálati eredmények megbízhatóak és a szabályozásoknak megfelelőek legyenek. Továbbá táblázatba foglalja a különböző vízminőségi határértékeket vízfolyásokra (5.ábra)

Külön jogszabály előírásai szerint meghatározott víztest típus									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Fizikai-kémiai jellemzők	Hegyvidéki és dombvidéki kisvízfolyások felső szakaszai (1, 2, 4, 8 típusok)	Hegyvidéki és dombvidéki kisvízfolyások (3, 5, 9 típusok)	Dombvidéki közepes vízfolyások és nagy folyók (6, 7, 10 típusok)	Síkvidéki kisvízfolyások (11, 12, 15, 18 típusok)	Síkvidéki közepes és nagy folyók (13, 14, 19, 20 típusok)	Síkvidéki, pangó vizű vízfolyások (16, 17 típusok)	Síkvidéki, szerves mederanyagú vízfolyások (21, 22 típusok)	Duna hazai szakasza (23, 24, 25 típusok)
2	pH	Szilikátos: 6–8; Meszes: 6,5–9	6,5–9	6,5–9	6,5–9	6,5–9	6,5–9	6,5–9	6,5–8,5
3	Vezetőképesség ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Szilikátos: <500 Meszes: <900	<900	<700	<1000	<900	<1200	<1000	<700
4	Klorid (mg/l)	<50	<50	<50	<60	<60	<60	<60	<40
5	Oxigéntelítettség (%)	85–90	80–110	70–120	60–130	70–120	50–130	60–130	70–120
6	Oldott oxigén (mg/l)	>8	>7	>7	>6	>7	>5	>6	>7
7	BOI_5 (mg/l)	<3	<3,5	<4	<4	<4	<4	<4	<3
8	KOl_{cr} (mg/l)	<15	<20	<25	<30	<25	<40	<40	<15
9	$\text{NH}_4\text{-N}$ (mg/l)	<0,1	<0,2	<0,3	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,2
10	$\text{NO}_2\text{-N}$ (mg/l)	<0,04	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06	<0,03
11	$\text{NO}_3\text{-N}$ (mg/l)	<3*	<3*	<3	<2	<2	<1	<2	<2
12	Összes N (mg/l)	<4*	<4*	<4	<3	<3	<3	<3	<3
13	$\text{PO}_4\text{-P}$ (mg/m^3)	<30** >80*	<50** <100*	<50** 50–100	<200	<120	<100	<150	<80
14	Összes P (mg/m^3)	<80** >150*	<100** <200*	<100 <200	<400	<250	<200	<300	<150

5. ábra: részlet a 10/2010. (VIII. 18.) VM rendeletről

A vízmintavételnek nemcsak alapkövetelményei vannak, hanem általános szabályokat is követni kell. Egy tipikus vízmintavételnél az alábbi szempontokat szükséges figyelembe venni:

1. A mintát előírászerűen, jól záródó üveg- vagy műanyag edényben kell gyűjteni: merítéssel, vízszugárból való feltöltéssel vagy speciális mintavevő eszközzel.
2. A mintavétel mindig áramló vízből történjen.

3. Zárt rendszerből történő mintavételnél a mintavételi csapat legalább 5 percig folytatni kell, mielőtt a mintát begyűjtjük.
4. Mintavétel előtt a gyűjtőedényt a vizsgálandó vízzel át kell öblíteni.
5. A mintavételi helyen külön kell mintát venni a következő vizsgálatokhoz: fizikai és kémiai elemzés (különös tekintettel a tartósításra szoruló komponensekre), biológiai elemzés, valamint bakteriológiai vizsgálat.
6. A mintavételi edényeket egyértelmű és tartós jelöléssel kell ellátni.
7. A mintavételi jegyzőkönyv tartalmazza a mintavétel helyét, a körülményeket, a helyszíni megfigyeléseket, a mintavétel pontos idejét (év, hónap, nap, óra), a helyszíni vizsgálatok eredményeit, és felszíni vizek esetén az aktuális és szükség esetén az előző napi időjárási viszonyokat.

Munkánk során szerettünk volna átfogó képet kapni a Duna bajai szakaszán kialakuló körülményekről árvíz idején így a mintavételi pontok kijelölésekor elsődleges szempont volt, hogy a főmederből, valamint a Kamarás – Duna/Sugovica mellékágából is végezzünk mintavételt. A mellékág több sajátos tulajdonsággal is bír, ebből az egyik legfontosabb, hogy „átjárhatósága” alacsony vízállások alkalmával a déli végen korlátozódik a felgyülemlett hordaléktól így a bekerülő szennyezések a főmedertől eltérő módon érzékelhetőek.

A mintavétel helyszínének kiválasztása fontos szerepet tölt be a vízminőség-vizsgálatok során, mivel az egyes helyszínek más és más hatásoknak lehetnek kitéve az árvíz idején és utána. Az árhullámok hatásainak vizsgálatához a Duna és a Sugovica három stratégiai pontját választottuk ki, amelyek különböző környezeti hatások alatt állnak ezek a 6. ábrán láthatóak.

Első ilyen pontnak a bajai Türr híd dunai hídfőjét vettük, ami a Duna főágában helyezkedik el, közvetlenül érzékelve az árhullám hatását, így reprezentatív képet ad a fő víztestben bekövetkezett változásokról. Az itt vett minták segítségével a Duna szennyezettségének fő forrásai azonosíthatók, különösen árvízi időszakban.

A Türr kilátó a Duna és a Sugovica közötti átmeneti szakaszon található, közvetítő szerepet játszva a fő víztest és a mellékág között, így tökéletes szerepet tölt be második mintavételi pontként. A minták elemzése ebben a szakaszban segíthet megérteni, hogyan befolyásolják az árhullámok a Sugovica mellékág vízminőségét.

A harmadik a Türr átvágásnál lévő pont a Sugovica alsó szakaszán található, amely kevésbé van közvetlen hatással a Duna árhullámára, viszont érzékeny a Duna irányából érkező vízminőségváltozásokra. Itt a vízminőség célja annak feltárása, hogy a Duna árvízi hatásai hogyan jelennek meg a mellékágban.



6. ábra Mintavétel helyszínei (saját szerkesztés)

4. VIZSGÁLT MÓDSZEREK

A munkánk során egyes vizsgálatokat a mintavételt követően, közvetlen a helyszínen végeztük el, de vannak olyan mérések, ahol elengedhetetlen a laboratóriumi vizsgálat. A helyszíni mérésekhez a Hach HQ40D műszert használtuk (7. ábra), amely a vízminőség gyors és pontos helyszíni értékelését teszi lehetővé. Ez a hordozható többparaméteres műszer különböző intelligens szondák csatlakoztatásával alkalmas olyan kulcsfontosságú paraméterek mérésére, mint a pH, vezetőképesség, oldott oxigén (DO), és hőmérséklet. A laboratóriumi elemzések

során különböző spektrofotometriás és gravimetriai módszereket alkalmaztunk. Az alábbiakban részletesen bemutatásra kerül az egyes paraméterek mérési eljárásai.



7. ábra: HQ40D hordozható digitális vezetőképesség mérő szondával (Forrás: Hach)

4.1. Helyszíni vizsgálatok

4.1.1. Vezetőképesség:

A vezetőképesség mérése során a vízben oldott ionok koncentrációját határoztuk meg. Ez az érték a víz só- és iontartalmát jelzi, amely az ipari, mezőgazdasági vagy kommunális szennyező forrásokra utalhat. (Szűcs, 2009)

4.1.2. Hőmérséklet:

A hőmérséklet változásai jelentős hatást gyakorolnak az oldott oxigén szintjére, mivel melegebb vízben csökken az oxigén oldhatósága. Ezért a hőmérséklet fontos indikátora lehet a szennyezés jelenlétének, és közvetlen hatással van a vízi ökoszisztémák egyensúlyára. (Szűcs, 2009)

4.1.3. Oldott oxigén (DO):

Az oldott oxigén szintjét terepi körülmények között mértük hasonlóan a vezetőképességhez, mivel ez alapvető mutatója a víz oxigénellátottságának, amely kritikus fontosságú a vízi élővilág számára. A DO szintet befolyásolja a víz hőmérséklete, az áramlás intenzitása és a vízben lévő szennyező anyagok mennyisége. Az oldott oxigén koncentrációja közvetlen kapcsolatban áll a vízminőséggel, és segít meghatározni a víz ökológiai állapotát. A mért adatok lehetővé teszik a vízminőség pontos értékelését, figyelembe véve a helyszíni körülményeket. (Szűcs, 2009)

4.1.4. pH:

A pH érték a hidrogénion-koncentráció logaritmikus mértéke, amely azt mutatja meg, hogy egy oldat savas, semleges vagy lúgos. Meghatározása azért fontos, mert számos kémiai, biológiai és környezeti folyamatot befolyásol, például az élőlények túlélését, a vízminőséget és az ipari folyamatok hatékonyságát. (Szűcs, 2009)

4.2. Laboratóriumi vizsgálatok

4.2.1. Összes lebegőanyag tartalom (TSS):

A lebegőanyag tartalom meghatározásához a vízmintát 0,45 µm pórusú szűrőmembránon átszűrtük, hogy a mintában lévő szilárd részecskéket leválasszuk. A szűrőpapírt ezután megszárazítottuk, és a szárítás előtti és utáni tömegekből kiszámítottuk a lebegőanyag mennyiségét. Az így meghatározott TSS (Total Suspended Solids) az összes szuszpendált szilárd anyag mennyiségét jelenti a vízben, amely fontos mutatója a vízminőségnek.

4.2.2. Mikrobiális szennyezettség vizsgálata:

A mikrobiális szennyezettség, különösen az összkoliformok és összcsíraszám meghatározása laboratóriumban tenyésztési alapú módszerekkel történt. A vízmintákat szűrés után agaron kerültek tenyésztésre, ahol a baktériumok kolóniákat képeztek. Az összkoliformok és összcsíraszám meghatározását az egyes kolóniák számának összegzésével történt, majd az eredményeket a megfelelő számításokkal dolgoztuk fel.

A vizsgálatok során az összcsíraszám meghatározását klasszikus táptalajon míg a koliformokat szelektív agaron történő tenyésztéssel végeztük. Mindkét esetben membránszűrési módszert alkalmaztak.

4.2.3. Tápanyagtartalom meghatározása (Foszfor):

Felszíni vizekben a foszfor leginkább szerves foszfor valamint ortofoszfát ion (PO_4^{3-}) formájában van jelen. Jelenléte limitáló a növényi fejlődése így mennyisége kritikus az eutrofizációs folyamatok esetén. Méréseink során a Hach LCK 349 küvetta teszteket alkalmaztuk melyek 0,05 – 1,5 mg $\text{PO}_4\text{-P}$ tartalmat képesek meghatározni. A módszer alapja, hogy a foszfátionok savas oldatban molibdát és antimónium ionjaival reagáltatva antimonilfoszformolibdát komplexet képeznek, amely aszkorbinsavval redukálva kék színű foszformolibdént eredményez. (Hach, 2024)

4.2.4. Tápanyagtartalom meghatározása (Nitrogén):

Felszíni víztestek nitrogéntartalma a levegő jelenléte miatt az alapvető ammónia, nitrit, nitrát vegyületekből a legtöbb esetben csak nitrit és nitrát szennyezés formájában mérhető. Jelenlétük hozzájárul az eutrofizációs folyamatokhoz, valamint veszélyeztetik a parti szűrésű vízbázis. Ezt egészítik ki a biológiai folyamatok során keletkező szerves nitrogén vegyületek. Vizsgálatainkhoz a Hach LCK 138 Laton összes nitrogén meghatározására alkalmas küvetta tesztet alkalmaztuk. A módszer alapja, hogy peroxo-diszulfát jelenlétében történő roncsolással a nitrogénformákat nitráttá oxidáljuk. Ezt követően a nitrát ionok 2,6-dimetilfenollal reagálnak kénsavas – foszforsavas közegben nitrofenolt képezve.

4.2.5. Kémiai oxigénigény (KOI):

A kémiai oxigén igény a vízben található oxidálható szerves és szervesetlen anyagok mennyiségéről ad képet számunkra. Meghatározása történhet kálium-permanganát oldat segítségével (KOI_{ps}) valamint kálium-dikromáttal is (KOI_k) Vizsgálatainkat a Hach LCI 400 küvetta tesztekkel végeztük melyek ISO 15705 alapján kálium dikromátos módszerrel 0 – 1000 mg/l között képes oxidálható anyag mennyiségének meghatározására.

4.2.6. Biológiai oxigénigény (BOI):

A biológiai oxigénigény olyan vízminőségi paraméter, amely azt mutatja meg, hogy a vízben lévő mikroorganizmusok mennyi oxigént használnak fel a szervesanyagok lebontása során. A BOI mérése a szervesanyagok biológiai lebomlásának sebességét jelzi, amely fontos indikátora a víz szennyezettségi szintjének. A méréshez az Oxitop mérőrendszert alkalmaztuk, amely az EN 1899-2 szabvány szerint lett kifejlesztve. A rendszer manometrikus elvet alkalmaz, azaz a biológiai lebontás során keletkező szén-dioxid gáz hatására fellépő nyomásváltozást mérjük. A nyomáscsökkenés közvetlenül arányos a biológiai oxigénigénnyel, mivel a szén-dioxid abszorpciója csökkenti a rendszerben lévő nyomást. A mintát először nitrifikációt gátló oldattal kezeljük, majd a nátrium-hidroxid pasztillákkal rögzítjük a keletkező szén-dioxidot. Az Oxitop műszer az infravörös jelátvitellel rögzíti a nyomásváltozásokat, amelyeket az adatgyűjtő rendszer öt nap alatt feldolgoz, és táblázatos formában exportálja az eredményeket.

4.2.7. Adenozin-trifoszfát szint mérése (ATP):

Az ATP (adenozin-trifoszfát) egy olyan molekula, amely az élő sejtek energiatermelésében fontos szerepet játszik. Az ATP meghatározása könnyen elvégezhető, köszönhetően az ATP luciferáz enzimmel végbemenő reakciónak, amely során a molekula fény kibocsátása mellett bomlik le. A második generációs ATP tesztek lehetővé teszik az összes, valamint az intra- és extracelluláris ATP mérését. A vizsgálat során a Luminultra által gyártott második generációs

ATP kitékkel dolgoztunk (8.ábra). A mérések előtt elengedhetetlen az enzim aktivitásának vizsgálata, amelyet UltraCheck1 oldattal végeztünk el. A szennyvízminták előkészítése során a homogenizálás után a mintát az extrakciós csőbe helyeztük, amelyben az ATP-tartalom mérhetővé válik. Az így kapott fény kibocsátását luminométer segítségével mértük, és a minta ATP koncentrációját a RLU (relative light unit) érték alapján számoltuk ki. A mérés során az oldott ATP meghatározásához külön eljárást alkalmaztunk, amely szintén a luminométerrel végzett fény kibocsátás mérésére épít. Az ATP méréseket követően az AVSS és BSI indexek is kiszámíthatóak, amelyek a biomassza aktivitásáról és állapotáról nyújtanak információt. A mérések során az ATP mennyiségéből, valamint az ennek megfelelő mikrobiológiai egyenértékkel (ME/ml) a szennyeződés mértéke is meghatározható.



8.ábra: Luminultra PhotonMaster típusú luminométer és terepi ATP mérő kit (Forrás: Luminultra)

5. HIPOTÉZISEK

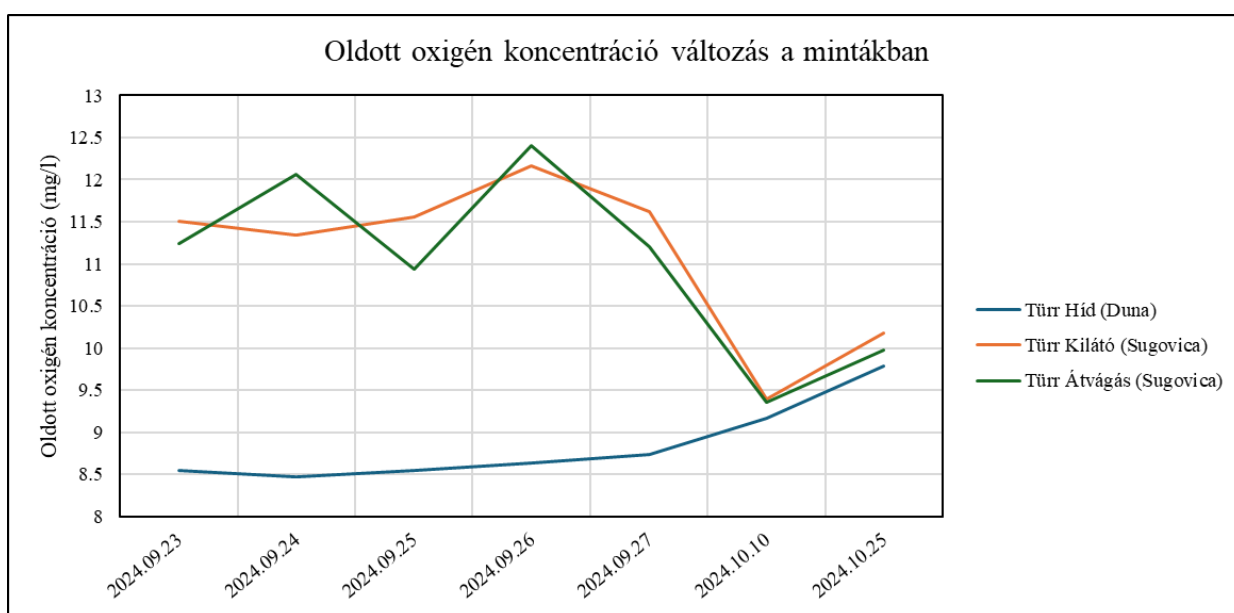
Vizsgálatink során hipotéziseket állítottunk fel az árvízi jelenség vízminőségre gyakorolt hatásairól

- a) Hipotézis: Az árvízi jelenség során a hullámtérben található szennyezések hatására jelentősen megemelkedik a víztest szervesanyagterhelése
- b) Hipotézis: A Sugovica sajátos hidrodinamikai tulajdonságainak köszönhetően a főmederhez képest lassabban csökkennek a szennyezésre utaló vízminőség paraméterek

5. MÉRÉSI EREDÉMYNEK

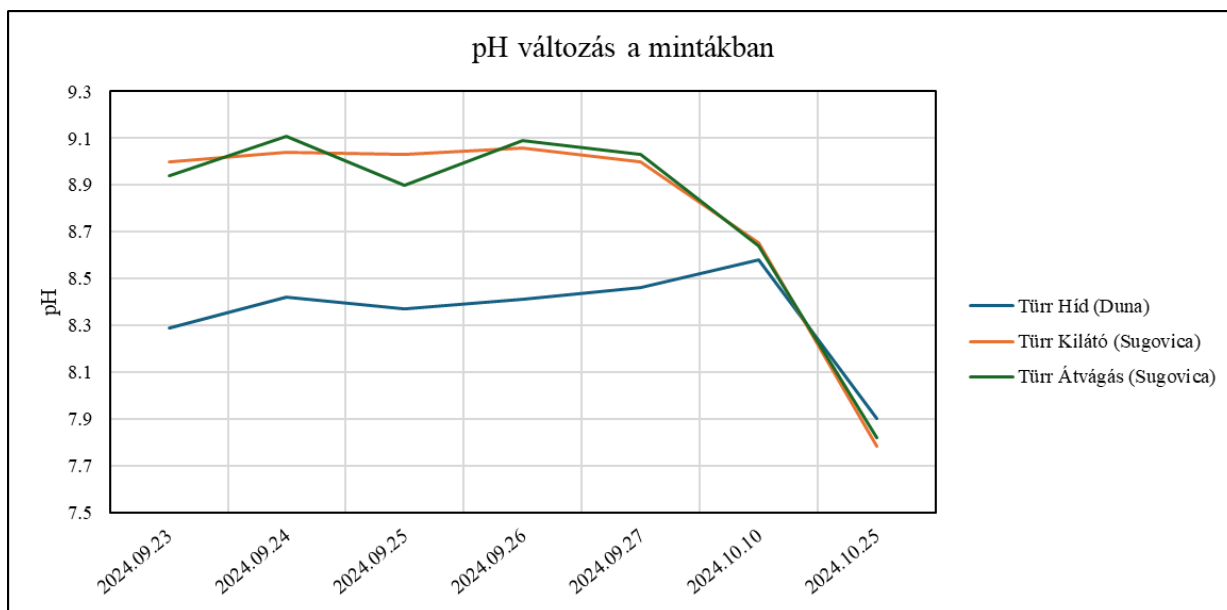
5.1 Helyszíni mérések eredményei

Az oldott oxigén koncentrációjának változásait az 9. ábra mutatja. A Türr Átvágás ponton a DO értékek magasabbak voltak, különösen a 4. napon vett mintánál, ahol csúcsot értek el, meghaladva a 13 mg / L-t. Ezzel szemben a Türr Híd mérési ponton az oldott oxigén értékek a legalacsonyabbak voltak, stabilan 8-10 mg / L között. A kontroll mintában a Sugovicában jelentős csökkenés figyelhető meg, ami az oxigénfogyasztás növekedésére utalhat, például szerves anyagok lebomlása következtében.



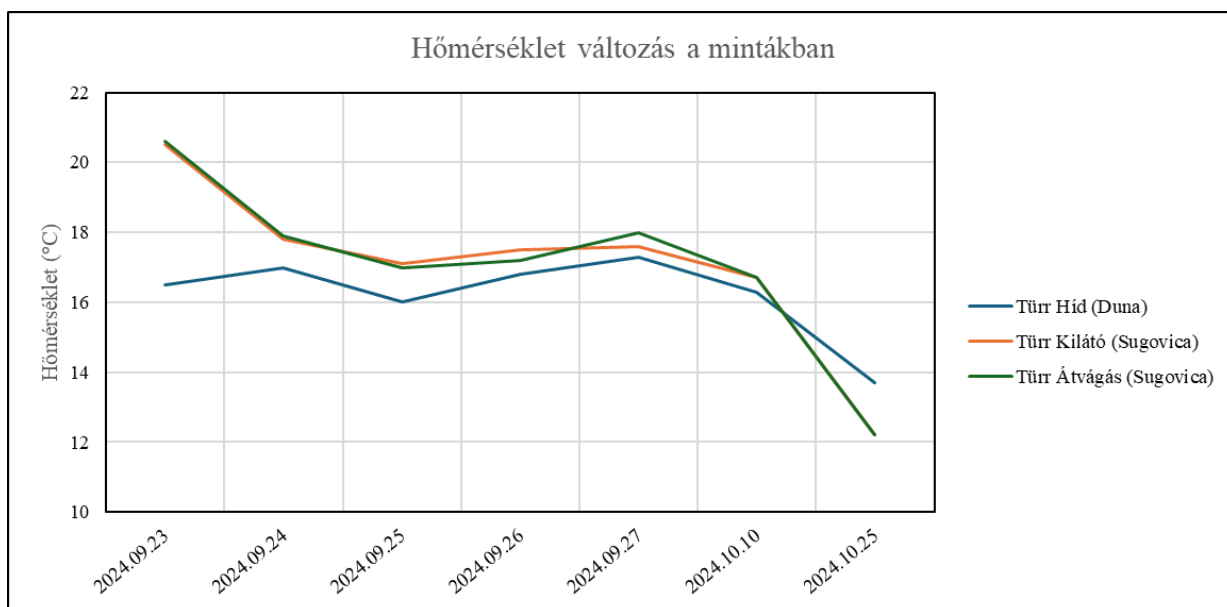
9.ábra: Oldott oxigén koncentráció

A pH változásait a 10. ábra szemlélteti. A Türr Átvágás és Türr Kilátó mérési pontokon a pH értékek kezdetben 9 körül alakultak, míg a Türr Hídnál alacsonyabb, 8-8,5 közötti értékeket figyeltek meg. A kontroll mintákban minden mérési ponton csökkenést tapasztaltak, ami savasodási folyamatokra, például mikrobiális aktivitásra vagy a vízbe kerülő szennyezőanyagokra utalhat.



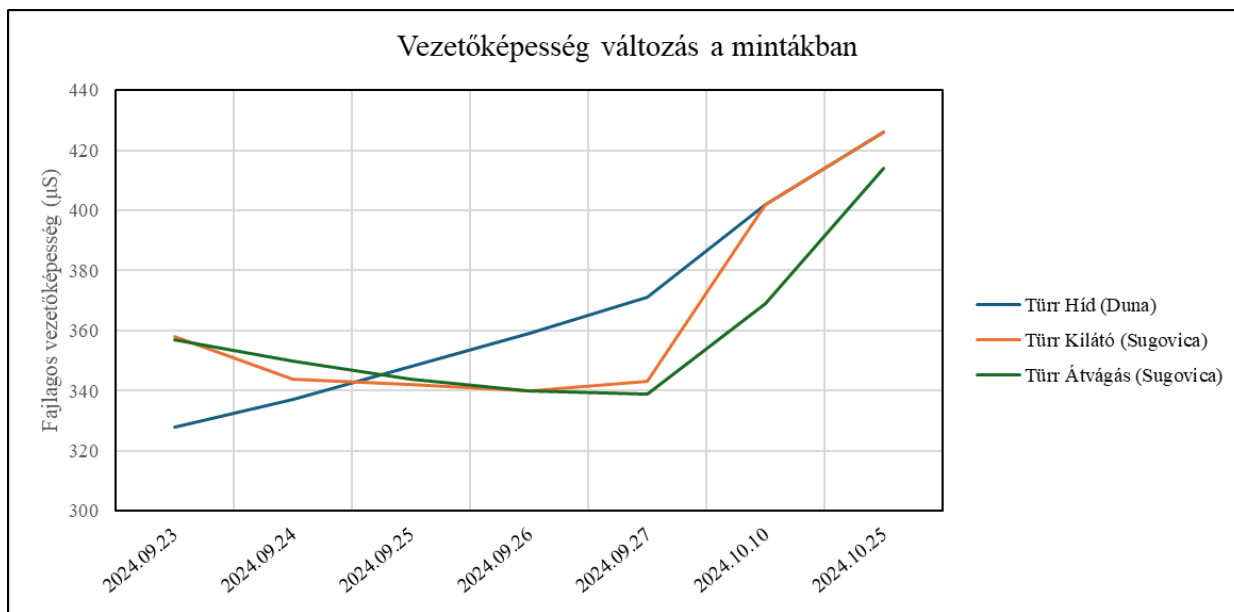
10. ábra: pH értékek

A hőmérsékleti változásokat a 11. ábra mutatja be. A Türr Átvágás mérési pontnál a kezdeti értékek meghaladták a 20 °C-ot, azonban az idő előrehaladtával jelentős csökkenés figyelhető meg. Ezzel szemben a Türr Hídnál és Türr Kilátónál az induló hőmérsékletek alacsonyabbak voltak, 16-18 °C között, de a mintavételezés során a különbségek fokozatosan kiegyenlítődték. Ezek a változások valószínűleg a napsugárzás, az áramlás és a keveredési folyamatok eredményei.



11. ábra: Hőmérséklet alakulása

A fajlagos vezetőképesség eredményei a 12. ábrán láthatók. A Türr Híd mérési ponton végig magasabb értékeket figyeltek meg, különösen a kontroll mintában, ahol a vezetőképesség 410 $\mu\text{S}/\text{cm}$ -re emelkedett. A Türr Kilátó és Türr Átvágás pontokon az értékek a mérések elején alacsonyabbak voltak (330-350 $\mu\text{S}/\text{cm}$ között), de a kontroll mintában ezek is jelentős növekedést mutattak. Ez a változás a vízbe kerülő oldott ionok koncentrációjának növekedésére utalhat, amelyet szennyezőanyagok vagy felszíni víz utánpótlás okozhat.



12. ábra: Fajlagos vezetőképesség

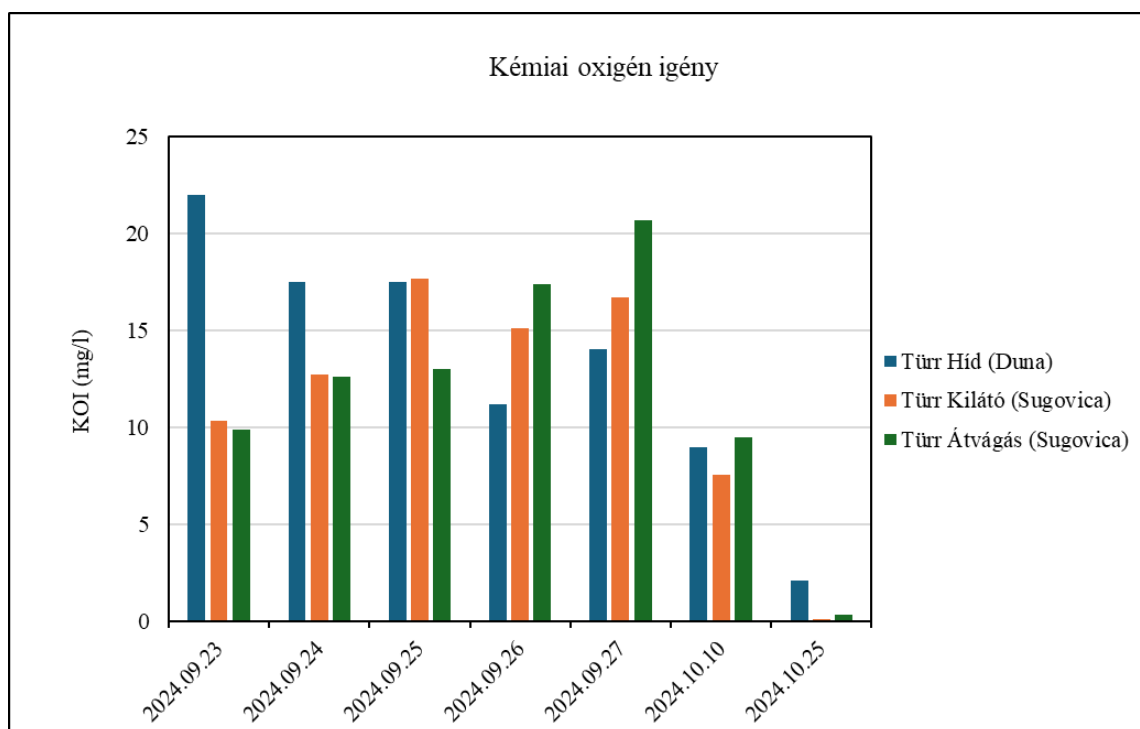
Az elemzések alapján a helyszínek közötti eltérések jól láthatók. A Türr Átvágás mérési pontnál magasabb oldott oxigén és hőmérsékleti értékek figyelhetők meg (6. és 8. ábra), míg a Türr Hídnál alacsonyabb DO és pH értékek (9. és 10. ábra), valamint stabilabb fajlagos vezetőképesség dominál (12. ábra). A kontroll mintákban tapasztalt változások valószínűleg a megváltozott vízhozam, az antropogén és természetes folyamatokra utalnak, amelyek az áramlási viszonyok, szerves anyagok lebomlása és ionkoncentrációk változásából eredhetnek.

5.2 Laboratóriumi vizsgálatok eredményei

5.2.1 Kémiai és biokémiai oxigén igény (KOI, BOI)

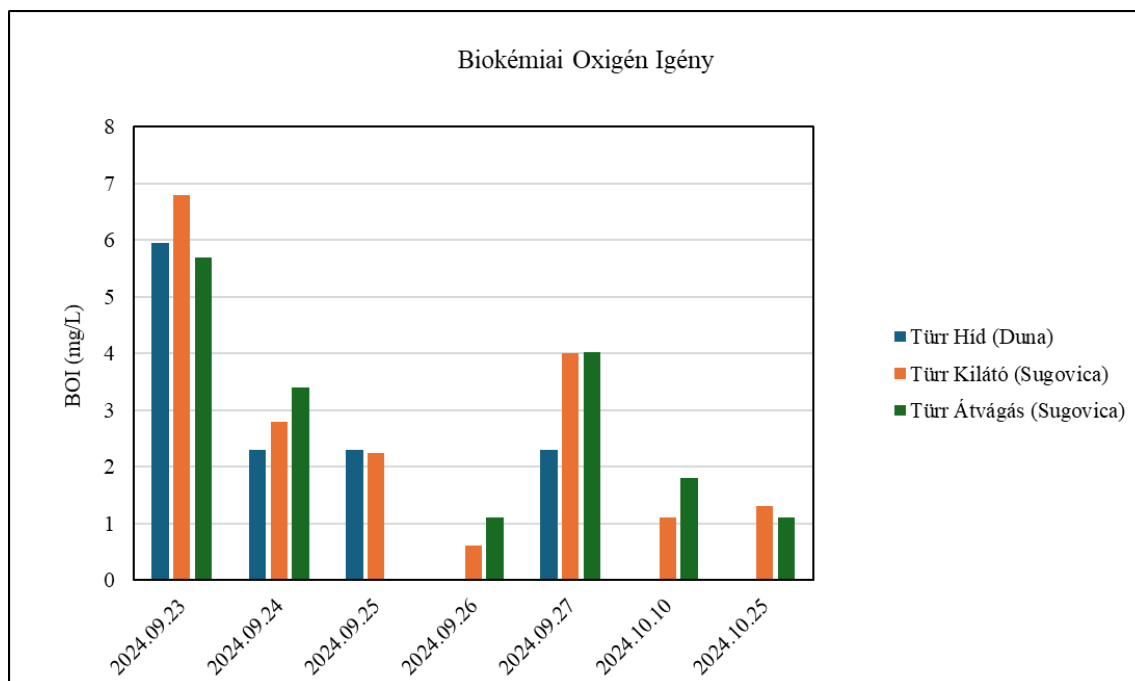
A KOI és BOI mérések alapvető szerepet játszanak a víz szervesanyag-terhelésének értékelésében. Alapvető eltérés azonban közöttük, hogy a KOI az kálium-dikromáttal oxidálható szervesanyagokat is méri, míg a BOI csak a mikroorganizmusok által hozzáférhető szerves anyagokat méri. A KOI és BOI értékek összehasonlítása és együttes vizsgálata segíthet azonosítani a víz szennyezésének mértékét és a szerves anyagok biológiai

lebontásának hatékonyságát. Az adatok alapján megfigyelhetjük, hogy a különböző mintavételi helyek között jelentős eltérések mutatkoznak a KOI és BOI értékekben, ami a szennyezés forrásaira és a biológiai aktivitás különbségeire utalhat.



13. ábra: Kémiai oxigénigény grafikonja

Az első grafikon (13.ábra) a KOI alakulását mutatja három különböző mintavételi helyen. Magasabb KOI-értékek a Duna mintavételeinél, szeptember 23-án a Türr Hídnál mért KOI (20 mg/L) kiemelkedően magasabb volt a Sugovica többi pontjához képest. Ez valószínűsíthetően egy szennyeződési hullám vagy szerves anyag utánpótlás jele. A Sugovicánál a KOI általában alacsonyabb, de a 27-ei mérések során a Türr Kilátónál és Átvágásnál is magasabb értékek figyelhetők meg. A kontrollminta szinte mindig a legalacsonyabb KOI-értéket mutatja (5-10 mg/L), ami azt jelzi, hogy a szervesanyag tartalom lecsökken, a pontos értékek azonban ilyen alacsony tartományban megbízhatatlanok. A tendenciákból jól látszik, hogy a főmederben történő árhullám levonulásához képest a mellékágban jóval később indul meg a szerves anyagok eltűnése.



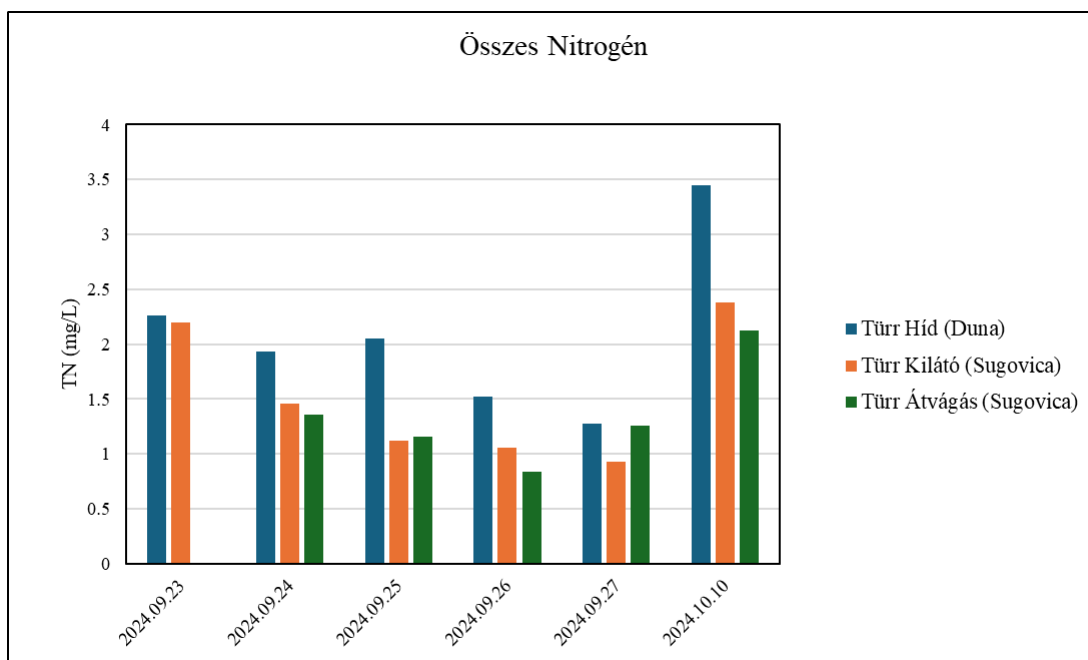
14. ábra: Biológiai oxigénigény grafikonja

A második grafikon (14.ábra) a BOI alakulását ábrázolja. Magas BOI a Sugovicánál: Szeptember 23-án és 24-én a Türr Kilátónál kiemelkedően magas értékek jelentkeznek (6-7 mg/L), ami lokális szennyezésre vagy nagyobb szervesanyag-terhelésre utal. A Duna mért pontjain (Türr Híd) a BOI alacsonyabb, és 26-27-e között kifejezetten csökken. Csökkenő trend az idővel mindhárom ponton megfigyelhető, hogy szeptember végére a BOI értékei fokozatosan csökkennek, jelezve a vízminőség javulását vagy a szerves anyagok lebomlását és stabilan a 4,0 mg/l-es kifogásolhatósági érték alatt maradnak (KSH). Hasonlóan a KOI-hoz, a kontrollminta BOI értékei is alacsonyabbak és stabilabbak, ami a kevesebb szennyeződés jelenlétét mutatja, azonban a nagyon alacsony tartományban itt is kellő fenntartással kell kezelni az eredmények pontos értékeit.

5.2.2 Növényi tápanyagformák (nitrogén és foszfor)

Az összes nitrogén (TN) koncentrációjának időbeli alakulását az 15. ábra szemlélteti. A Türr Híd (Duna) mérési ponton a nitrogénkoncentráció végig magasabb értékeket mutatott a többi helyszínhez képest, különösen a kontroll mintában, ahol elérte a 3,5 mg / L-t. A Türr Kilátó (Sugovica) és Türr Átvágás (Sugovica) pontokon alacsonyabb, 1-2 mg / L közötti értékek figyelhetők meg, amelyek kisebb mértékű változást mutattak az idő során. A mérések alapján a nitrogénkoncentráció a főmederben magasabb volt, ami valószínűleg a nagyobb vízhozam, valamint a közvetlen környezeti vagy antropogén hatások következménye (Schilling &

Jacobson, 2012). A Sugovica helyszínein a stabilabb, alacsonyabb nitrogénszintek a lassabb vízmozgásból és kisebb terhelésből adódhatnak.

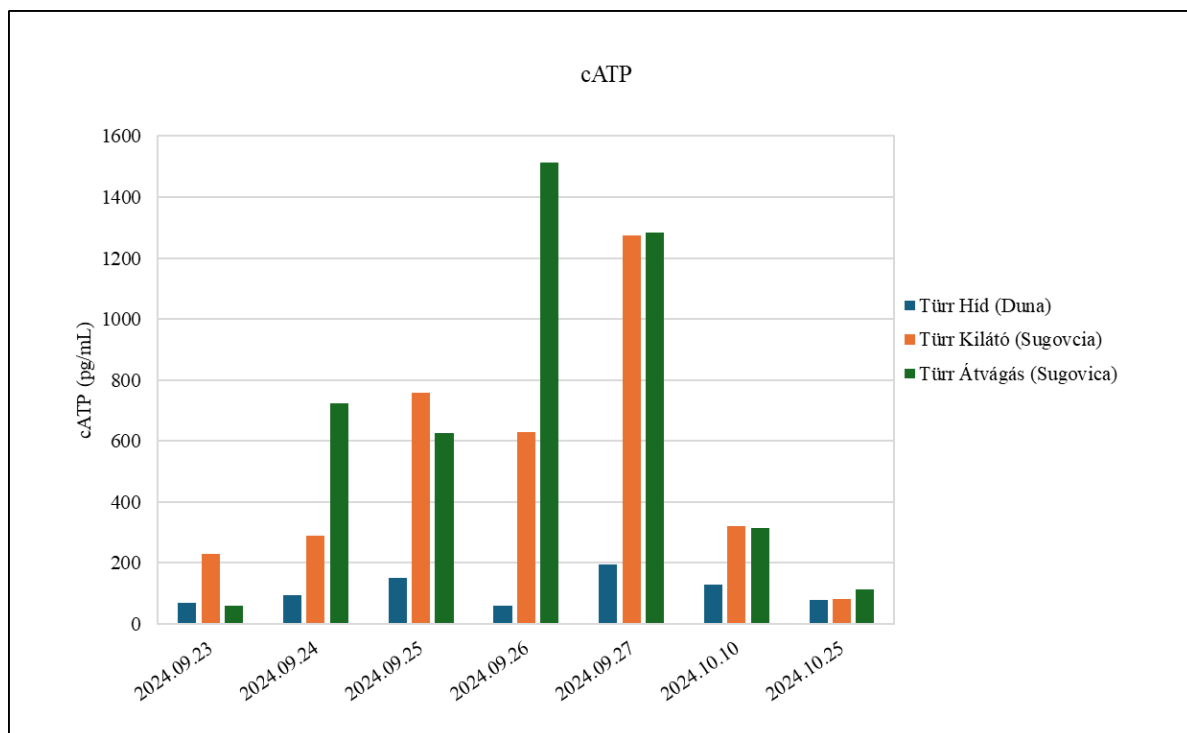


15. ábra: Összes nitrogén

Az összes foszfor tartalom végig a módszer mérési határa alatt maradt (0,05 mg/l). Ez alapján kijelenthető, hogy a foszforterhelés a mérési időtartam során elhanyagolható mértékű volt.

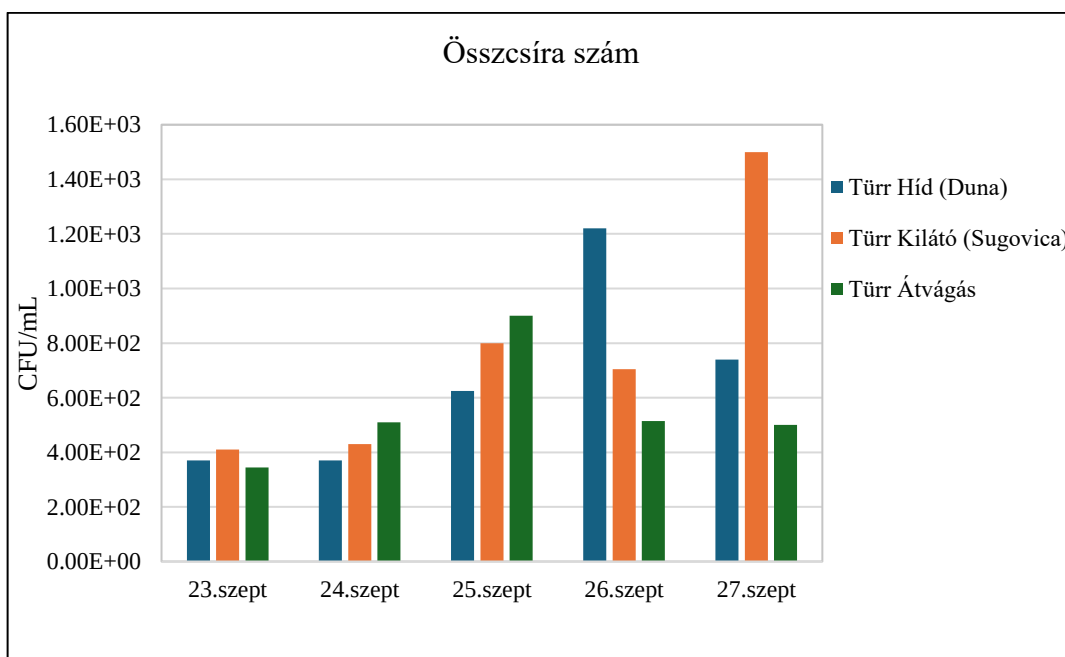
5.2.3. Mikrobiális jellemzők (ATP és összcsíraszám)

Az ATP koncentrációjának alakulását a 16. ábra mutatja be. A Türr Átvágás (Sugovica) ponton az ATP koncentrációja kimagasló volt, különösen a szeptember 26-i mintában, ahol elérte az 1500 pg / mL-t. Ezzel szemben a Türr Híd (Duna) ponton az ATP koncentráció jelentősen alacsonyabb volt az összes mérés során, 200 pg / mL körüli értékkel. A Türr Kilátó (Sugovica) mérési ponton az értékek közepes szinten mozogtak, nagyobb ingadozásokkal.



16. ábra: cATP eredmények

Az ATP koncentrációk alapján a Türr Átvágás ponton intenzívebb biológiai aktivitás mutatkozott, ami valószínűleg a lassabb vízmozgásnak és a gazdagabb tápanyagtartalomnak, valamint a magasabb hőmérsékletnek és oldott oxigén tartalomnak köszönhető. A Duna (Türr Híd) esetében az alacsony ATP-szint az aktív mikrobiális közösség korlátozott jelenlétére utal.



17. ábra: Összcóraszám

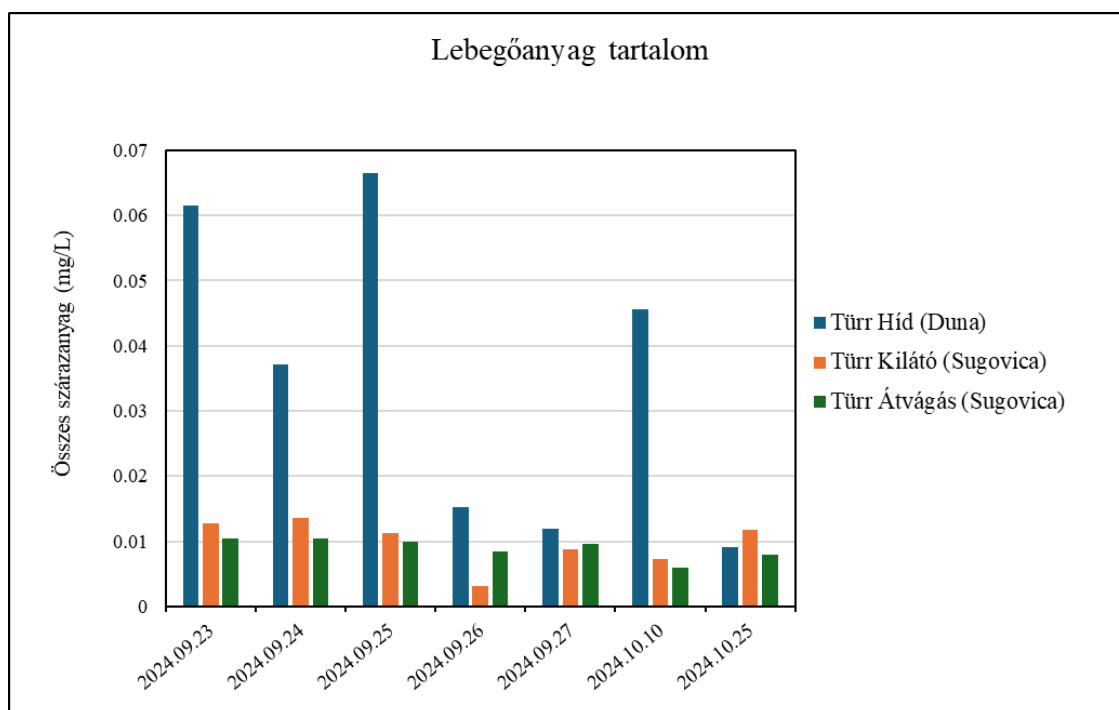
Az összcsíraszám alakulását a 17. ábra mutatja. A legmagasabb csíraszámot a Türr Kilátó mérési ponton mérték szeptember 27-én, amely meghaladta az 1400 CFU/mL-t. A Türr Híd és a Türr Átvágás értékei alacsonyabbak voltak és kisebb mértékű változásokat mutattak az mintavételek során. A Türr Kilátó ponton magasabb csíraszám jelentősebb mikrobiális terhelésre utalhat, amelyet helyi szerves anyagok bomlása vagy emberi tevékenységek okozhattak.

A Türr Híd alacsonyabb értékei ismét a Duna nagyobb hígulási kapacitására utalnak, amely csökkenti a mikrobák koncentrációját.

A cATP és az összcsíraszám eredményei alapján a Sugovica helyszíneken magasabb biológiai aktivitás tapasztalható, különösen a Türr Átvágás ponton. A Duna mintavételi pont (Türr Híd) alacsonyabb értékei a gyorsabb vízmozgás és a hígulási hatás következményei lehetnek. A mérések kiemelik a Sugovica víztest mikrobiális életének dinamizmusát, amely az adott terület tápanyagellátottságának és hidrológiai viszonyainak eredménye.

5.2.4. Lebegőanyag tartalom

A minták lebegőanyag tartalmát a 18. ábra mutatja részletesen. Az vizsgálatok alapján elmondható, hogy a főmederben jelentősebb hordalékszállítás valósul meg a magasabb vízhozamnak köszönhetően. A mellékág mintáiban a lebegőanyag tartalom a mintavételek során végig kiegyenlített jelentős változás nem figyelhető meg.



Eredmények összegzése:

- Késleltetett árhullám hatás: A mérések alapján a Sugovica helyszínein a KOI és BOI értékek időben elnyújtott csúcsokat mutattak, amelyek arra utalnak, hogy a szervesanyagok lassabb áramlással és tartósabb jelenléttel haladnak át ezen a víztesten, tehát van egyfajta szervesanyag visszatartó hatása.
- Lebegőanyag-tartalom szerepe: A TSS értékek alapján a Sugovicában nagyobb a lebegő részecskék ülepedésének esélye, amely szintén lassítja a szervesanyagok lefolyását és elősegíti a helyi mikrobiális aktivitást.

6. KÖVETKEZTETÉS

A dolgozatban vizsgált vízminőségi paraméterek alapján megállapítható, hogy az árhullám különböző módon hatott a Duna és a Sugovica víztestjeire.

A mérések alátámasztották a hipotézist, miszerint a Sugovicán a szerves anyagok levonulása lassabb, késleltetett módon történik. A lassú vízmozgás és a helyi környezeti tényezők lehetővé teszik a lebegő szerves anyagok ülepedését és részleges lebontását, amely magasabb és tartósabb KOI, BOI és TSS értékekben nyilvánul meg. Ezzel szemben a Dunán a gyorsabb áramlás miatt a szervesanyag-terhelés csúcsai hamarabb jelentkeznek és gyorsabban le is csökkennek, jelezve a szennyezőanyagok gyorsabb hígulását és lefolyását. Ezek az eredmények hangsúlyozzák a két víztest eltérő hidrodinamikai viselkedését és annak vízminőségre gyakorolt hatását.

Azt a hipotézisünket mely szerint az árvíz hatására a szervesanyag terhelése jelentősen megemelkedik csak részben tudtuk igazolni. A mérés időtartama alatt jelentős csökkenés figyelhető meg azonban az árhullám tetőzés előtti adatai nélkül felelőtlenség lenne jellemezni a szervesanyag terhelés mértékét. Fontos azonban megjegyezni, hogy a tetőzéskor magasan a kifogásolható határ felett volt a főmeder szervesanyag tartalma.

7. IRODALOMJEGYZÉK

Hach. (2024). <https://hu.hach.com/lck>

Hrdinka, T. (2011). Possible impacts of floods and droughts on water quality. *Journal of Hydro-environment Research*.

Petró. (2017). *A magyarországi árvízvédelmi fejlesztések, a kapcsolódó lakosságvédelmi feladatrendszer újszerű megközelítése*

Schilling, K. E., & Jacobson, P. (2012). SPATIAL RELATIONS OF TOPOGRAPHY, LITHOLOGY AND WATER QUALITY IN A LARGE RIVER FLOODPLAIN. *River Research and Applications*, 28(9), 1417-1427.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/rra.1531>

Szlávik. (2020). *Árvízvédelmi ismeretek*.

Szücs, S., Zákányi, Madarász. (2009). *VÍZKÉSZLETVÉDELEM: A vízminőség-védelem aktuális kérdései*.

Tockner, K., & Stanford, J. A. (2002). Riverine flood plains: present state and future trends. *Environmental Conservation*, 29(3), 308-330.
<https://doi.org/10.1017/S037689290200022X>