

A VELENCEI-TÓ VÍZPÓTLÁSI VÁLTOZATAI. A 2021-2022. ÉVI TÉLI, KÍSÉRLETI VÍZPÓTLÁS

Tóth Sándor, Kravinszkaja Gabriella, Kóbor István

Közép-dunántúli Vízügyi Igazgatóság

1. BEVEZETÉS

Velencei tó hazánk második legnagyobb természetes tava. A Balaton és a Tisza tó mellett a legjelentősebb vízi, turisztikai térség. Az elmúlt évek aszályos időjárása a Velencei-tó vízszintjében és vízminőségében kedvezőtlen változást hozott. Az elmúlt két évben a víztömeg mintegy 49 százaléka eltűnt a mederből. Az rendkívül alacsony vízszint mellett tovább rontotta a közhangulatot, hogy egy jelentős halpusztulás alakult ki a 2021-es év nyárelején. Ez utóbbinak okai között az alacsony vízállás, nem bizonyított, azonban közvélemény szemében a két jelenség ok, okozatként tudatosult. Ezért a tó vízállás alakulása reflektorfénybe került.

Az alacsony vízállás egy sor, a vízhasználathoz kötött problémát vetett fel. A tó turisztikai látványossága mellett a fürdőzés, a sport és személyszállítási hajózás, a horgászat részéről komoly aggályok merültek fel. A tó használata szempontjából mind ezek jogosnak fogadható el.

Az alacsony vízállás kialakulásának a több éve tartó csapadék hiányos időszakok a legfőbb okozói. A tó vízpótlására épített tározók nem tudták be tölteni szerepüket. A Pátkai és Zámolyi tározók vízminősége (magas klorofil szint) oly mértékben leromlott, hogy a bennük tárolt víztömeg a Velencei-tó vízpótlására alkalmatlanná vált.

A kialakult helyzet kezelésére több vízpótlási változat is vizsgálat alá lett vonva. E változatokat 2021-ben először egy kormány előterjesztés, majd az év végén a Kék Bolygó Alapítvány vizsgálta. Ebben a dolgozatban ez utóbbi tanulmány, javaslat vizsgálati eredményeivel foglalkozunk elsősorban.

A tényleges vízpótlási rendszerek üzembehelyezése előtt a KDT Vízügyi Igazgatóság a tó vízrendszerén belül lévő adottságok kihasználásával kísérleti vízeresztést végzett el, elsősorban a tározók vízminőségének alakulására és a tóba vezetés hatásainak tisztázására.

2. VELENCEI-TÓ HIDROLÓGIAI HELYZETE. A VÍZPÓTLÁS SZÜKSÉGESSÉGE

A Velencei-tó vízgyűjtő területe 602,3 km², mely a Vértes-hegység délkeleti lejtőjére, a Mezőföld északi részére és a Velencei-hegységre terjed ki. A terület három fő részre tagolódik. Császár-víz vízgyűjtője: 383 km², melynek felső, kb. 75 km²-nyi nyíltkarsztos területe részben inaktív, Vereb–Pázmándi-vízfolyás, melyhez 105 km²-nyi vízgyűjtő terület tartozik, míg a fennmaradó közvetlen vízgyűjtő terület 114,3 km² nagyságú. A tóba ömlő vízfolyások közül egyedül a Császár-víz állandó vízfolyás.

A tó **vízjárása** alapvetően a csapadéktól, a vízgyűjtő lefolyási viszonyaitól (hozzáfolyás), a tó felszínéről történő párolgástól és a vízszintszabályozási rendtől függ. Az aszályos években a vízgyűjtő terület jelentős részéről csak akkor van lefolyás a tápláló vízfolyásokon, amikor azok medencéjének talajvíztartó rétege feltöltődött.

A csapadék évközi, egyenlőtlen eloszlása szélsőséges vízállásokat eredményez a tó vízjárásában.

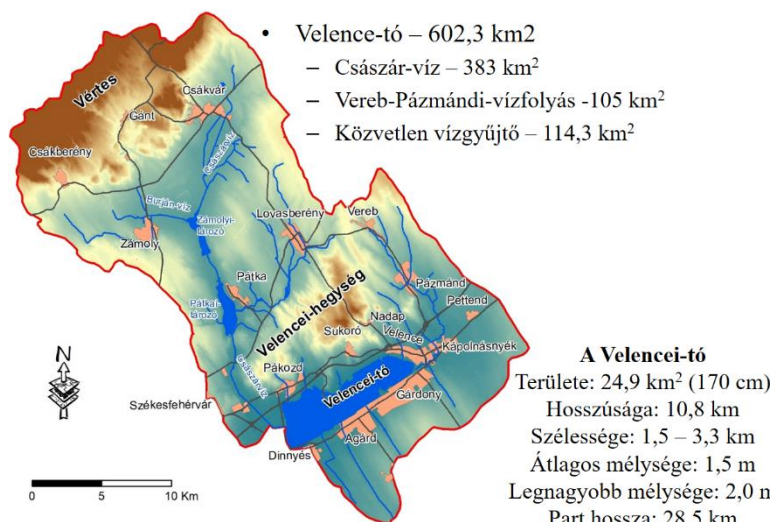
Velencei-tó jellemzői:

- Hosszúsága: 10,8 km, szélessége: 1,5 – 3,3 km, part hossza: 28,5 km
- Felszíni területe 170 centiméteres vízállásnál 24,9 km², egy harmada nádassal borított
- Átlagos mélysége: 1,5 m, legnagyobb mélysége: 2,0 m

- Vízterfogat 170 centiméteres vízállá: 48,18 millió m³
- 1 millió m³ hozzáfolyás 4 cm vízszintemelkedést eredményez
- Tengerszint feletti magassága kb. 100 mBf

A tó vízjárási sajátossága, hogy időnként rendkívül alacsony és magas vízállást produkál. Viszonylag kicsi a vízgyűjtője, (1. ábra) ezért érzékeny a hidrometeorológiai változásokra. A vízhasználati, rekreációs szempontokból fontos a vízállás szabályozása. Erős társadalmi elvárás miatt a vízhiány elkerülése rendkívül fontos szempont.

Jelenleg csak a két tározó szolgálja alacsony vízállás esetében az utánpótlás lehetőségét.



1. ábra A Velencei-tó vízgyűjtő területe

A Velencei-tó vízháztartása:

Az egyes vízháztartási elemek elmúlt két évtizedben bekövetkezett változásait vetítettük a tó vízszint alakulásához.

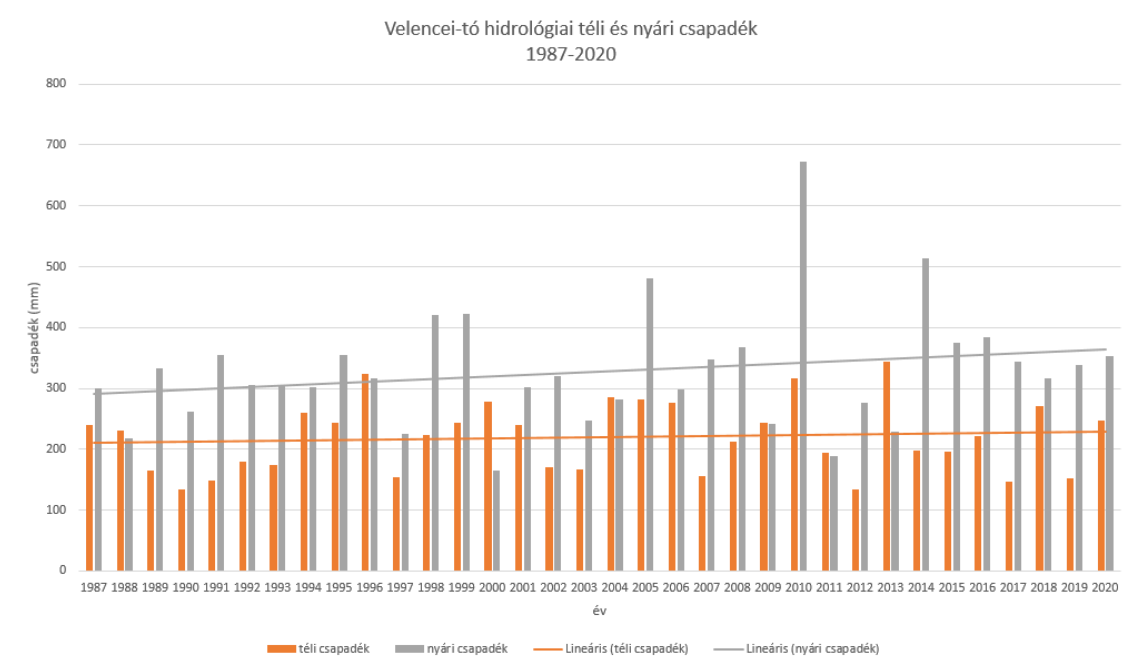
Csapadék és hozzáfolyás

Míg a csapadék területi átlagának trendje télen stagnál, nyáron enyhén emelkedik, addig a hozzáfolyás drasztikus csökkenése regisztrálható. Az adataink alapján a tó közvetlen vízgyűjtőjéről származó hozzáfolyás csökkenő trendet mutat, amit okozhat az emelkedő léghőmérsékleti érték és az ebből származó szárazodás, aszályhajlam-növekedés.

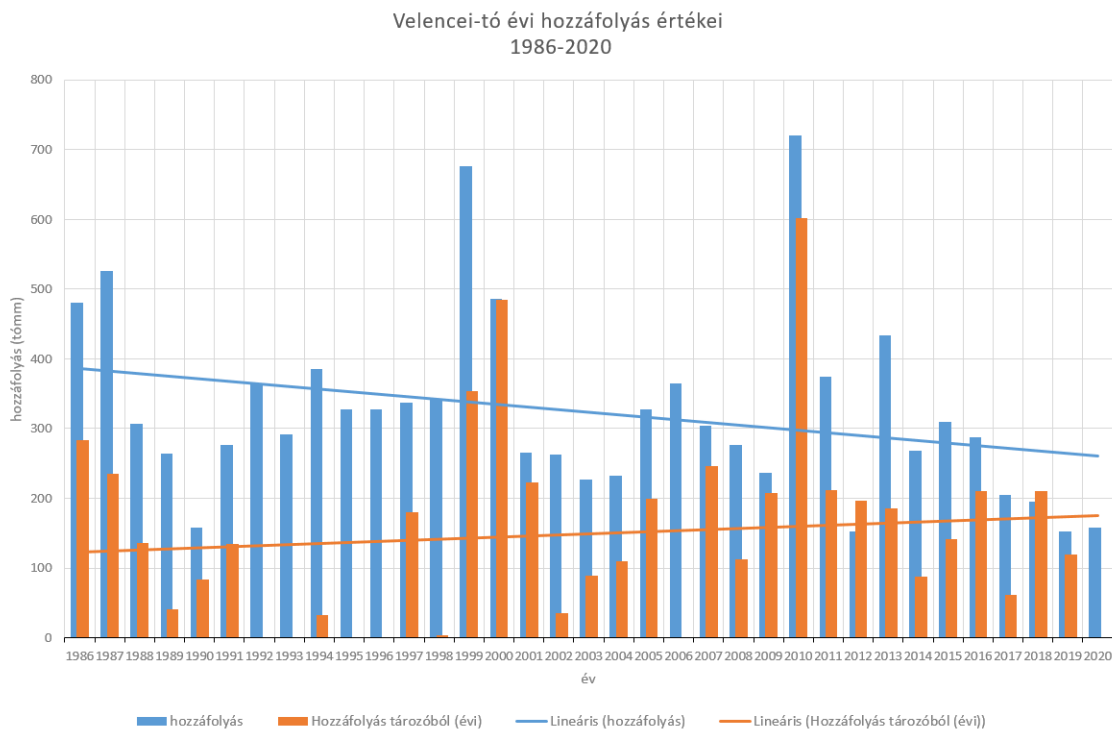
A közvetlen hozzáfolyás csökkenő trendjével szemben felértékelődik a tározókból történő hozzáfolyás – vízpótlás – jelentősége. A tározók vízminőségi problémái viszont 2019 után nem tették lehetővé a vízpótlást. Ez egyben a tó effektív vízgyűjtő területe további csökkenését jelentette. (2., 3. ábra)

A Velencei-tó vízállása az utóbbi 30 évben hatszor mutatott, jóval a szabályozási szint alatti értékeket. Míg háromszor fordult elő rendkívül, kritikus, alacsony vízállás. Ezen időszak alatt egyszer 1993-1995 fordul elő, hogy mesterséges vízpótlást végeztek a tó vízszintjének emelése érdekében. Ekkor a Rákhegyi vízaknából kiemelt bányavíz került vezeték hálózaton keresztül a Császár-vízbe onnan a Velencei-tóba. A mintegy 12 millió m³ víz 50 cm vízszint emelkedést eredményezett. A vízpótlást követő évben a tó vízszintje oly mértékben tovább emelkedett a természetes hozzáfolyások következtében, hogy azt eresztetni kellett. Ez mutatja, hogy a tó természetes vízjárásához hozzátartozik a rendkívülinek mondott alacsony és magas vízállás

egyaránt, illetve a tó képes természetes módon regenerálódni. A tó alacsony és magas vízál-
lásainak periodikus változását a természet jól követi le. A nádas állomány folyamatos megúju-
lásához szinte elengedhetetlen a vízszint ilyen mértékű változása. A tó víz szintje és minősé-
gének alakulása között nincs bizonyított kapcsolat.



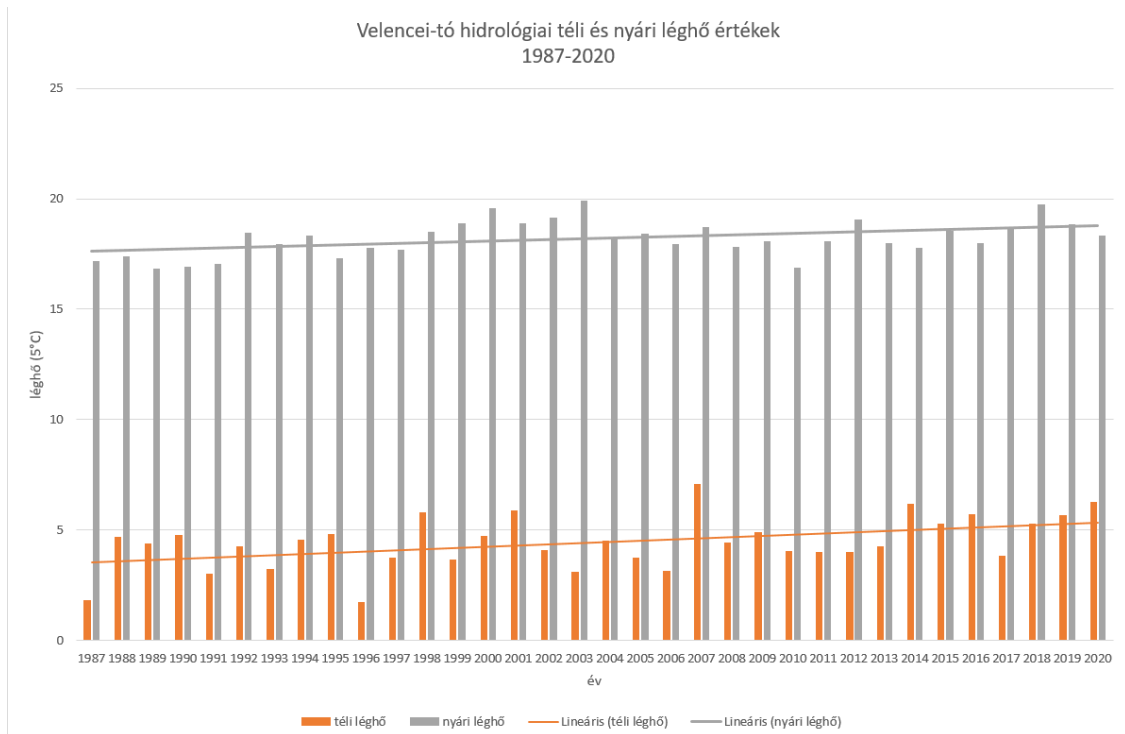
2. ábra A Velencei-tó hidrológiai téli és nyári csapadék 1987-2020



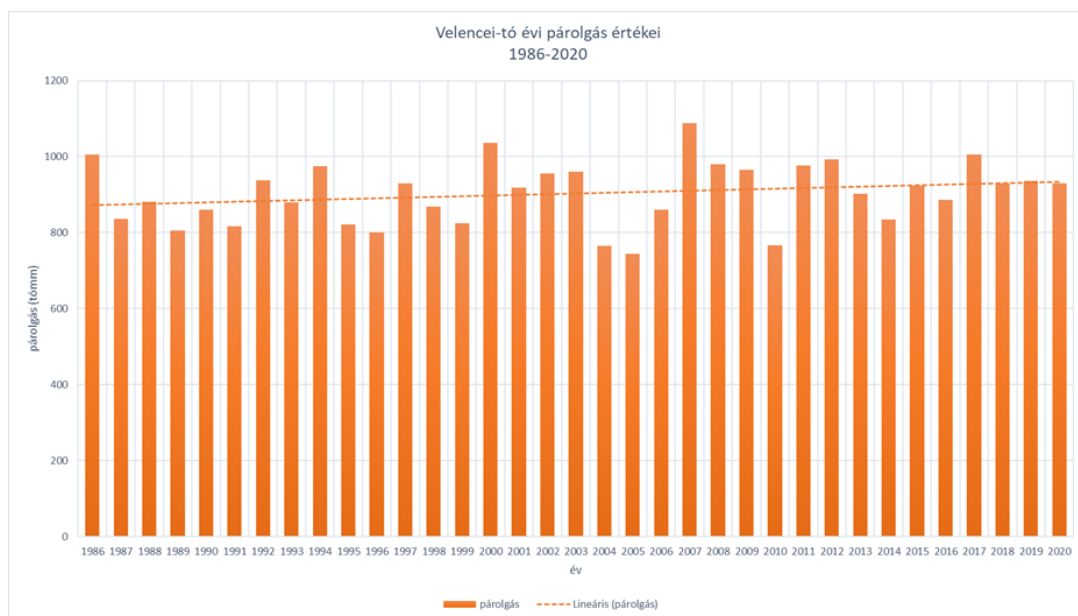
3. ábra Velencei-tó évi Hozzáfolyás értékei 1986-2020

Léghő és párolgás

1986-2020 között az átlaghőmérséklet és a tömm-ben kifejezett évi párolgás is enyhén növekvő trendet mutat. (4. és 5. ábra)

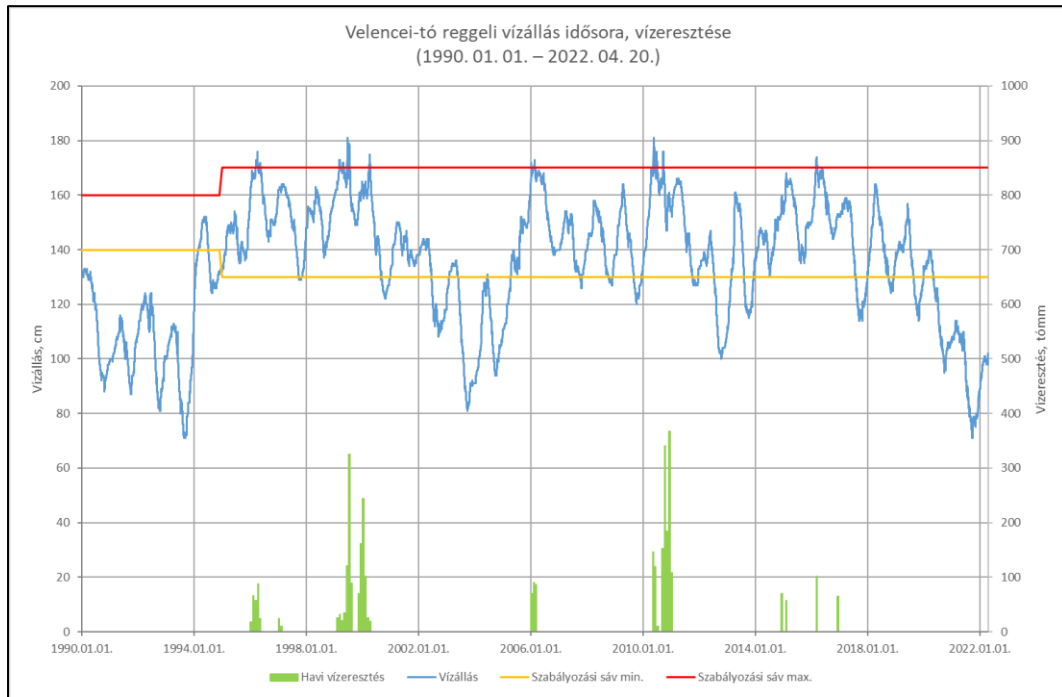


4. ábra Velencei-tó hidrológiai téli és nyári léghő értékek 1987-2020



5. ábra Velencei-tó évi párolgási értékei 1986-2020

A vízgyűjtő terület vízháztartási elemeinek alakulása a következő vízállás értékeket eredményezett (6. ábra):



6. ábra Velencei-tó reggeli vízállás időszora, vízeresztése (1990.01.01.-2020.04.20.)

Tehát vízgazdálkodási és természetvédelmi szempontok miatt az alacsony vízállásban kivetni való nincs. Azonban a vízhasználók és a társadalom elvárásai a tó vízszintjével kapcsolatban az, hogy mindig legyen elégséges víztömeg a tó medrében. A társadalom tolerálása a kis víz tekintetében egy-két év. A második évben kifejezetten megerősödve jelennek meg a kritikai észrevételek.

A tó víz használói szempontjából érthető, elfogadható igény, hogy a szélsőségesen alacsony vízállásokat el kell kerülni. Mivel a tó természetes hozzáfolyása időről időre nem biztosítja a megfelelő víztömeg és ezzel a megfelelő vízállás kialakulását, ezért a hiányzó vízmennyiséget pótolni szükséges.

3. VÍZPÓTLÁSI VÁLTOZATOK

A Velencei-tó vízpótlására 2021 évben számos elképzelés született. Történeti hűség kedvéért le kell írni, hogy június hónapban készült egy kormányelőterjesztés, amely a tó vízpótlása mellett a térség, Székesfehérvár, Velencei-tó ivóvízellátásának fejlesztésével is foglalkozott. Ez utóbbi tétel azonban költségek nagyobb hányadát adta. A magas költségek miatt a javaslat az előterjesztéssel nem foglalkozott, azonban az itt megszületett szakmai elképzelések a későbbi munkákban felhasználásra kerültek.

A **Kék Bolygó Klímavédelmi Alapítvány (KBKA)**, Áder János köztársasági elnök úr kezdeményezésére, 2021 augusztusában szakmai munkacsoportot hozott létre, hogy a lehető leggyorsabban, reális pénzügyi keretek között megoldható javaslatot dolgozzon ki a Velencei tó fenntartható vízpótlására, ennek a megvalósíthatóságára, az üzemeltetésére, valamint a végrehajtás ütemezésére. A javaslattételnek magában kell foglalnia az olyan vízügyi műszaki megoldási alternatívákat, amelyek – a térségi vízkészletek és a hidrológiai scenáriók alapulvételével – alkalmasak a Velencei-tó és környezete vízkészletének hosszú távú, fenntartható használatára.

A szakértő testület tagjai:

Szűcs Gábor, Váradi József, Bálint Mária, Hullay Gyula, Kertai István, Lábdy Jenő, Reich Gyula, Szári Zsolt, Szűcs Lajos, Szűcs Péter, Tóth Sándor

A szakértő testület munkája során megállapításokat, alapelveket, úgynevezett pilléreket határozott meg melyre a megoldási változatok támaszkodhattak, illetve javaslatot tett a probléma kezelésére. A következő részben a munkacsoport jelentéséből idézek, melynek tagja és összeállításában résztvevője volt a cikk egyik szerzője (*Kék Bolygó Klimavédelmi Alapítvány 2021*):

A szakmai munkacsoport megállapításai:

- 1. A Velencei-tó vízszintjének ilyen mértékű csökkenése nem példanélküli. Ez előző fejezet részletesen taglalja. A tó története során többször is került a kiszáradáshoz közeli állapotba. A Velencei-tó vízállás trendjét vizsgálva megállapítható, hogy az alacsony és magas szintek periodikusan ismétlődnek. Ez hozzátartozik a természetes vízjárásához. Ez a változékonyság adja a tó ökológiai sajátosságát.*
- 2. A Velencei-tó szélsőséges vízszint kialakulásának hidrometeorológiai okai vannak. A 2020-as és 2021-es év csapadékvizonyai kedvezőtlenül alakultak, hiszen a vízhasználatok szempontjából kritikus időszakban a sokévi átlagos csapadéknak, 548 mm csak a 37% hullott a területre. A vízállásidősort tanulmányozva az alacsony vízállást egy magasabb vízállás követi, melynek bekövetkezése csak idő kérdése, amelyet a társadalom nem tud tolerálni.*
- 3. A Velencei-tó hosszú idejű vízháztartási mérlege lényegében egyensúlyhoz közeli állapotban van. Az elmúlt 35 év vízháztartás változásának vizsgálata mutatja, hogy a tó vízkészletéhez történő hozzáfolyás, a tározott és természetes készletek igénybevételének a mérlege a tározott készletek irányába mozdul el. Amíg 1971-2000 között a természetes hozzáfolyás 70,6%-ot tett ki és így a tározóból történő pótlás csak 29.4% volt, addig 2000 és 2020 között a Pátkai tározóból szükséges leeresztés már 37.4%-ot tett ki (8 %-kal több). Ez azt jelenti, hogy a klímaváltozás okozta felmelegedés és ennek hatására a nagyobb párolgás, valamint a csapadékszélsőségek gyakoribbá válása miatt a készlet-kompenzációs beavatkozások még inkább elkerülhetetlenek lesznek.*
- 4. A tó vízpótlására az 1970-es évek elején épített, a Zámolyi és Pátkai tározókból, a Császár-vízből, mint levezetőműből és a hozzátartozó műtárgyakból, monitoring pontokból és a Dinnyési leeresztő zsilipből álló rendszer szolgál. A rendszer részben a feliszapolódásból eredő kapacitáscsökkenés, részben a tározókban lévő magas szerves anyag tartalmú üledék okozta vízminőség romlása, részben a műtárgyak állapota, részben a vízpótlórendszerre rátelepült vízhasználatok, illetőleg a már említett szélsőséges időjárási körülmények miatt, nem tudta megfelelően ellátni a feladatát.*

A megoldás keresésének alapelvei:

- 1. A szakmai munkacsoport alapvetése, hogy elsősorban a vízgűjtőn keletkező víz biztosítsa minél teljesebb mértékben a tó vízutánpótlását. A tó vízének akadálytalan, természetes, kellő minőségű, fenntartható utánpótlását kell lehetővé tenni. Külső vízpótlást, csak akkor és olyan mértékben kell és szabad használni, amikor és amilyen mértékben a tó vízhasználatának teljes körű biztosítása a természetes vízből kellő biztonsággal nem garantálható.*
- 2. A körforgásos gazdaság elvének érvényre juttatása. A vízgűjtőn keletkező vízkészletbe soroljuk, s így a megoldási javaslataink során számításba vesszük a térség*

tisztított szennyvizeit is. A csákvári tisztított szennyvíz Csíkvarpai réten való felhasználása vagy az agárdi tisztított szennyvíz kellő utótisztítás utáni beengedése a Velencei-tóba nagy nádas területen keresztül olyan megoldások, amelyek a térség vízkészletére egyértelműen pozitív hatást fejtenek ki. A körforgásos gazdasági modell valójában egyfajta visszatérés a természet rendjéhez. A hazai vízgazdálkodásban ennek gyakorlata ma még gyerekcipőben jár, de az itteni pilotprojekt jellegű megvalósítás, fontos impulzust jelenthetne a hazai alkalmazás elterjesztéséhez.

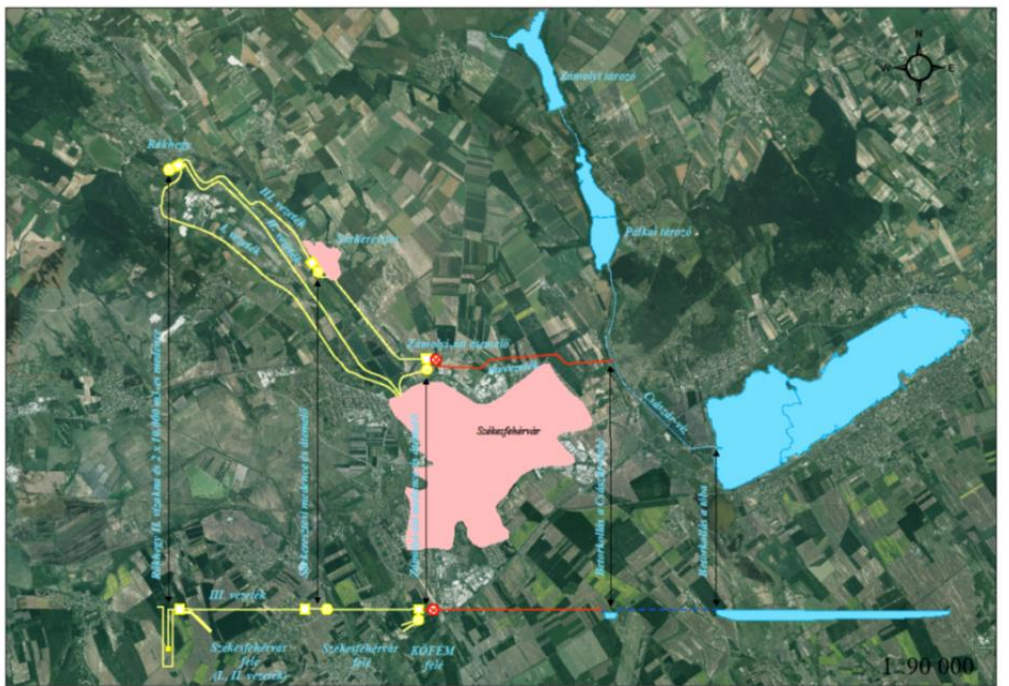
3. A vízgyűjtő területen keletkező víztömeget elsősorban a tóban kell tározni. Ez egy vízgazdálkodási üzemrendet követel meg. A veszteségek (párolgási, szivárgási) elkerülése érdekében a vízgyűjtőn keletkező víztömeget a Velencei-tóba kell kormányozni. Vagyis nem a tó minimális szabályozási szintjét megközelítő esetben, hanem a Velencei tó maximális üzemvízszintje alá süllyedés esetén kell megkezdeni a vízpótlást. Ez úgy értendő, hogy a tározókban a vízszint akár rendszeresen az újonnan jól meghatározott minimális üzemi vízszintre is lecsökkenhet. (ez az érték várhatóan a jelenlegi minimális és maximális üzemi vízszint között fog elhelyezkedni.) A tározókban nem szabad maximális üzemi vízszintről beszélni, az üzemi vízszint feletti vízkészletet amint lehet, a Velencei-tóba le kell eresztetni.
4. Az ökológiai vízigények figyelembevétele, a természetes vízjárás követése. A Velencei-tó vízpótlására szolgáló tározók működésénél figyelemmel kell lenni azok elsődleges vízpótló feladatára, ugyanakkor, ahol csak lehetséges, a lehető legteljesebb módon figyelembe kell venni a tározók növény- és állatvilágának ökológiai vízigényét is. A szakmai munkacsoport javaslatai ennek az elvnek megfelelően készültek el. A szakmai munkacsoport törekedett arra, hogy olyan javaslatokat fogalmazzon meg, amelyek alkalmasak arra, hogy a tó vízállás-változásai minél inkább a természetes vízjárást kövessék. Így a vízpótló rendszer működését úgy kell optimalizálni, hogy az őszi alacsony vízállásos idő-szakban időről-időre a nád természetes szaporodási igényeihez igazodó, alacsonyabb szint is jöjjön létre.

A munkacsoport javaslatai:

1. A Császárvíz – Pátkai tározó – Zámolyi tározó, (7. ábra) mint a tó vízgyűjtőjének fő vízpótló útvonala, valamint a Dinnyési zsilip rendbe tétele a szükséges rekonstrukciós munkák elvégzésével és kapacitásbővítő fejlesztésével, megfelelő üzemrend kialakításával. Az új üzem rendnek tükröznie kell azt az elvet, hogy a vízgyűjtő területen keletkező vizeket elsősorban a Velencei-tóban tározzuk. A két tározóból való vízpótlást a Velencei-tó maximális üzemvízszintjének csökkenésekor kell megkezdeni. Ehhez a vízjogi engedélyek módosítása mellett korszerű monitoring rendszert kell kialakítani, ami adattal képes ellátni az új üzemrendet megalapozó szimulációs modellt.
2. Amennyiben a hidrometeorológiai helyzet nem változik kedvezőbbé, azonnal újra üzembe kell helyezni a Rákhegyről (1993 évben) kiépített karsztvíz bevezetési lehetőséget, (8. ábra) a jelenlegi, változatlanul igen alacsony vízállás el-lensúlyozására. Az így bevezethető víz mennyisége mintegy 1,3 millió m³. a téli félév alatt.
3. Azonnal meg kell kezdeni az alábbiak lehetőségeinek, és feltételeinek a feltárását, illetve műszaki tervezését:-
 - új Csákvári karsztvíz kút kiépítése, valamint a pátkai felhagyott kút újra üzembe helyezése,
 - a csákvári tisztított szennyvíznek a Csíkvarpai rétre vezetése,



7. ábra A Velencei-tó természetes vízpótló rendszere



8. ábra Rákhegyi vízbázisról történő vízpótlás

- az agárdi tisztított szennyvíz Velencei-tóba vezetése nádas vízfelületen keresztül,
- a természetvédelmi értékek megőrzése érdekében a tározók felső szakaszán keresztgát és szabályozható műtárgy létesítése.

Amennyiben beigazolódnak ezeknek a lehetőségeknek az igénybevétele, úgy az 1. intézkedési pont megvalósításával együtt a tó vízutánpótlása az évek nagy részében a vízgyűjtőn levő vízkészletből fedezhető lesz.

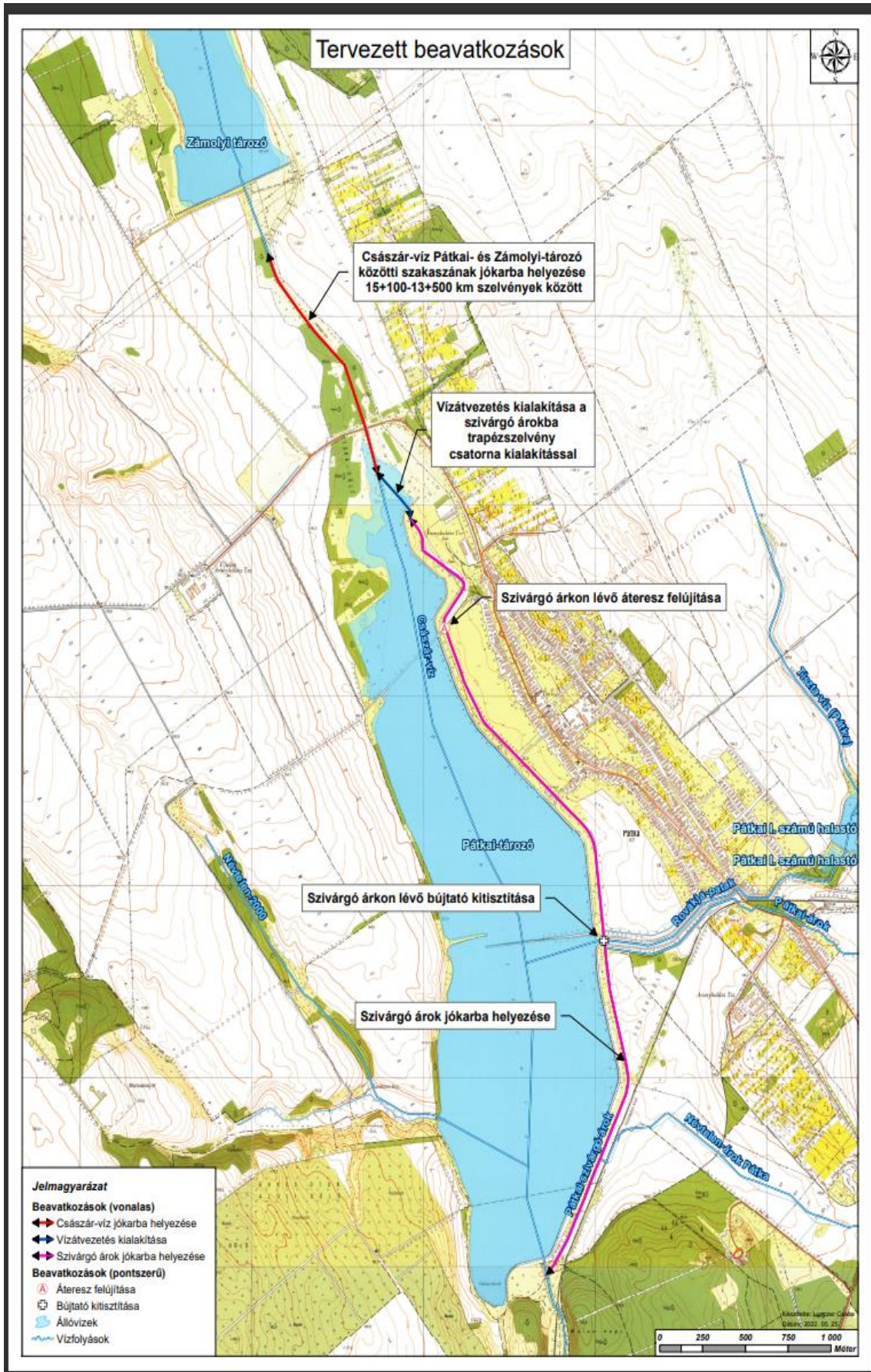
4. *A fenti alapelvek szerinti új üzemrend kidolgozása, és vízjogi üzemeltetési szabályzatban való rögzítése.*
5. *Átláthatóan és megalapozottan biztosítani kell a tóhasználók folyamatos tájékoztatását a tó állapotváltozásainak ok és okozati összefüggéseiről.*
6. *A tó hosszú távú fenntarthatósága érdekében szükséges továbbá:*
 - *A Velencei-tó menti települések vízrendezésének előkészítése*
 - *A Velencei-tóba betorkolló egyéb vízfolyások, hordalékfogó gátak jó karba helyezésének az előkészítése*
 - *A vízgyűjtőterületen meglévő engedélyezett vízhasználatok működésének a felülvizsgálata, a vízgazdálkodási szempontok szerinti vízgyűjtőhasználat kialakítására*
 - *A tóban tárolt vízkészlet növelési lehetőségének a vizsgálata.*

A KBKA jelentése után született javaslat

A Pátkai tározót megkerülő csatorna kialakítása, üzembehelyezése

A Kék Bolygó Klimavédelmi Alapítvány javaslatit a szakma elfogadta és megfelelőnek és kielégítőnek tartotta. Azonban a tovább gondolkodás folytatódott. Sikerült egy hatékony a fenti jelentés szellemiségébe jól illeszkedő részmegoldást találni, amely jelen helyzetet átmenetileg nagy mértékbe tudja javítani.

A vízügyi igazgatóság további üzemirányítási, műszaki változtatások bevezetését irányozta elő. Az intézkedés lényege, hogy a két tározó vize közvetlenül a tóba vezethető legyen. Ez az elv a KBKA jelentésében szerepel. Mivel a két tározó vízminősége nem teszi lehetővé a bennük tárolt víz tovább vezetésére, ezért meg kell teremteni annak lehetőségét, hogy a vízgyűjtő felső 50%-át adó területen keletkező jó minőségű víz a Velencei-tóba juthasson. Ez jelenleg a tározókban tárolt rossz minőségű víz miatt nem lehetséges. Kézen fekvő megoldás lenne a két tározó átfolyásos üzemeltetése. Ez a Zámolyi tározó esetében megvalósítható és jelenleg is így üzemel. A Pátkai tározó estében azonban ez az üzemrend nem lehetséges. Az elmúlt 40-50 évben egy, a térség számára kiemelt fontosságú horgász paradicsommá turisztikai látványossággá vált a tározó. Az erős társadalmi ellenkezés miatt az utóbbi két évtizedben a tározó leeresztése nem valósulhatott meg. Így a tározó vízpótló szerepe korlátozottá vált. Jelen állapotban sem engedhető meg a Pátkai tározó teljes leürítése. Azonban a Velencei-tónak nagy szüksége van a vízgyűjtő felső részén keletkező víztömegre. A megoldás a Pátkai tározó megkerülése. (9. ábra) Erre jó lehetőséget ad a tározó keleti oldalán megépített szivárgó árok felhasználása. Ennek az ároknak a jó karba helyezése és északi irányba történő meghosszabbításával valamint egy vízkormányzó műtárgy megépítésével a kívánt elterelés megoldható. A Pátkai tározó élővíz utánpótlását a balparti Burján árokból illetve az osztóművön keresztül kapna. Ez a megoldás mindaddig fenntartható, míg a tározó felújítása be nem fejeződik.

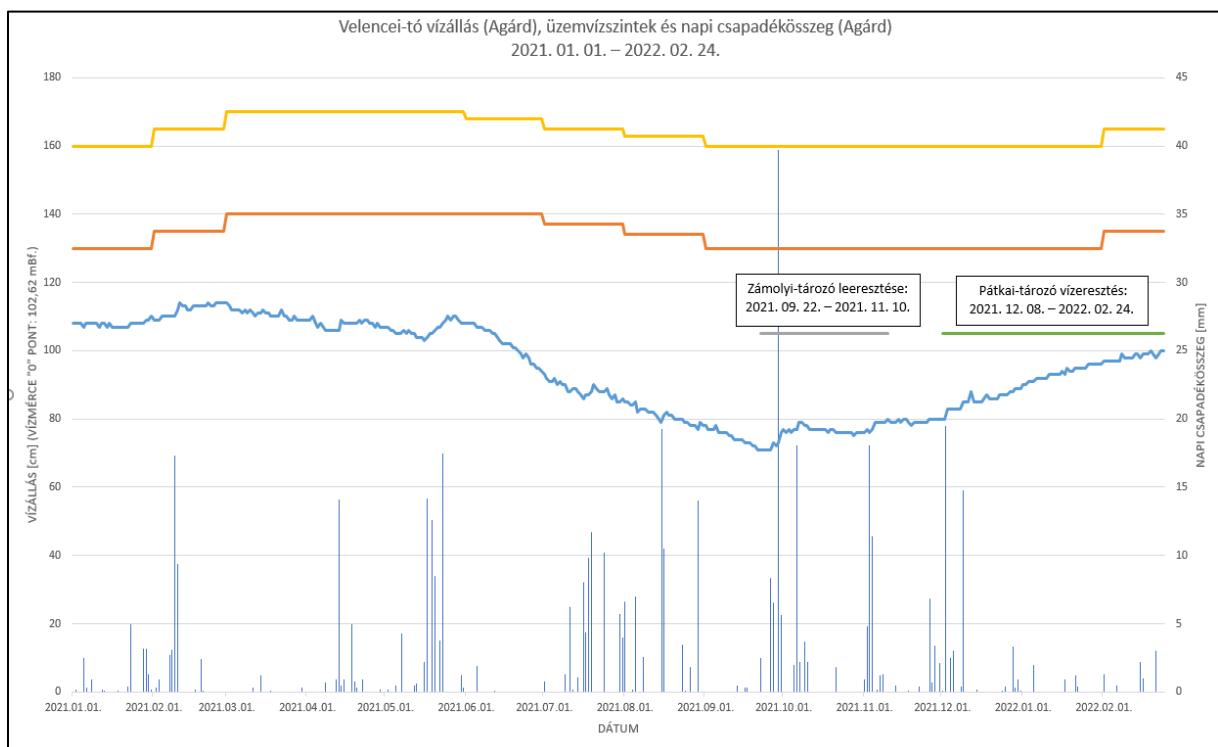


9. ábra A Pátka-i tározót megkerülő csatorna

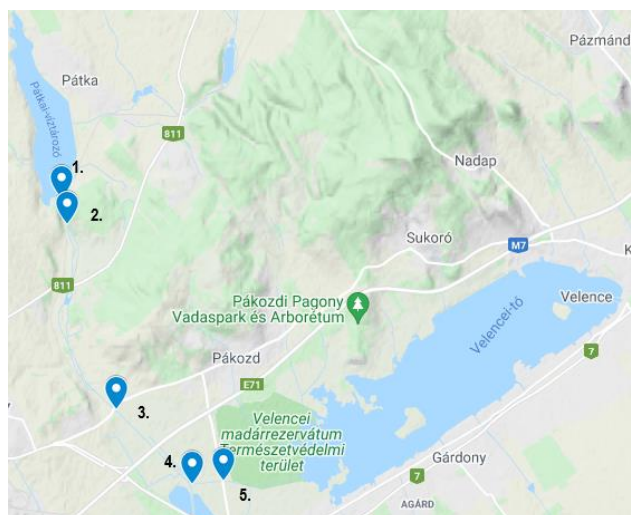
4.TÉLI KISÉRLETI VÍZPÓTLÁS

Összefoglaló a KDT Vízig (2022) Jelentés a 2021. 12. 08 – 2022. 02. 24. időszak alatti velencei-tavi vízpótlásról.

A Velencei-tó vízállása 2020. év kora tavaszától napjainkig az alsó szabályozási sáv alatt mozog. A 2020–2021. évek csapadékösszegei 20%-al elmaradtak az utolsó harminc év sokévi értékeitől, a nyári középhőmérsékletek alapján sokéves rekordok dőltek meg. A tó és a két vízpótló tározó felületén a párolgás további vízvesztéséget jelentett. A tározók vízminősége egyre romlott, a Velencei-tóba történő áteresztésük jelentős vízminőségi kockázatot jelentett. A kialakult helyzetben több alkalommal végeztünk próbaüzemi vízeresztést a tározókból távozó víz klorofill-koncentrációjának mérésével, abból a célból, hogy lássuk, mikor és milyen klorofill értékeknél lehet a tározókból a vízpótlást biztonságosan, a legkisebb kockázattal megkezdeni. Az eredmények alapján a Zámolyi-tározó szeptemberi leürítésével és az üres tározótér iszapfelmérésével szeptember végén megkezdtük a vízpótlás előkészületeit. A Pátkai-tározó vízminősége korlátokkal ugyan, de a tél elejére lehetővé tette a Velencei-tó vízpótlásának megkezdését. A Pátkai-tározó leeresztése 2021.12.08-án 8 órakor indult, ekkor a Velencei-tó agárdi vízmércéjén 83 cm-es vízállást regisztráltak műszereink – elmaradva a tó téli időszakban hatályos 130 cm-es alsó szabályozási vízszintjétől. 2022.02.24-én 7 órakor a Pátkai-tározó zsilipjének zárásával lezárult a Velencei-tó vízpótlása, a tó vízszintje ekkor 100 cm volt. Az alábbi 10. ábra és 1. táblázat a vízpótlás időszakában mutatja a tó feltöltődését, a csapadékviszonyok és a tározók állapotával együtt.



10. ábra Velencei-tó vízállás (Agárdi üzemvízszintek és napi csapadékösszeg) 2021.-2022.



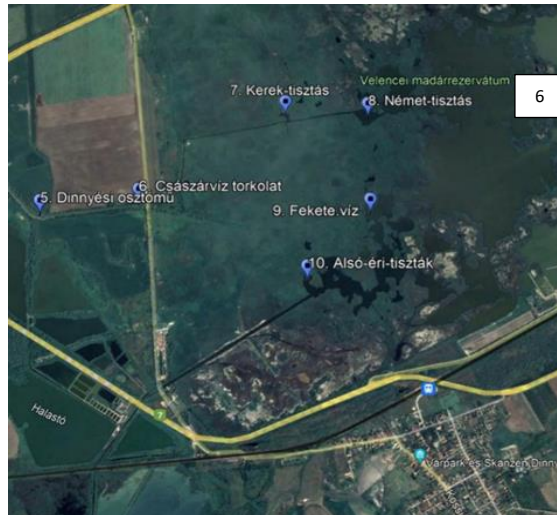
11. ábra mintavételi helyek I.

	Császár-víz, Pátkai-tározó		Velencei-tó, Agárd	
	Vízállás (cm)	Mederteltség (V%)	Vízállás (cm)	Mederteltség (V%)
2021.12.08	515	46,4	83	57,1
2022.02.24	398	13,1	100	65,3

1. táblázat A Velencei-tó feltöltődése

Kijelölt mérési pontok vízmintavétel és vízhozamméréshez a Császár-vízen (1–5) és a Velencei-tóban (6–9) (11., 12. ábra):

1. Pátkai-tározó leeresztő műtárgynál (csak vízminőség)
2. Császár-víz, Kőrakáspusztá (vízhozam-mérés és vízminőségmérés)
3. Császár-víz, Kisfalud (vízhozammérés és vízminőségmérés)
4. Császár-víz, Dinnyési osztómű (vízhozammérés)
5. Császár-víz, Pákozdi–Dinnyés köz (vízminőségmérés)
6. Kerek-tisztás (csak vízminőség)
7. Német-tisztás (csak vízminőség)
8. Fekete-víz (csak vízminőség)
9. Alsó-éri-tiszták a Dinnyés-Kajtori-csatornánál (csak vízminőség)



7

8

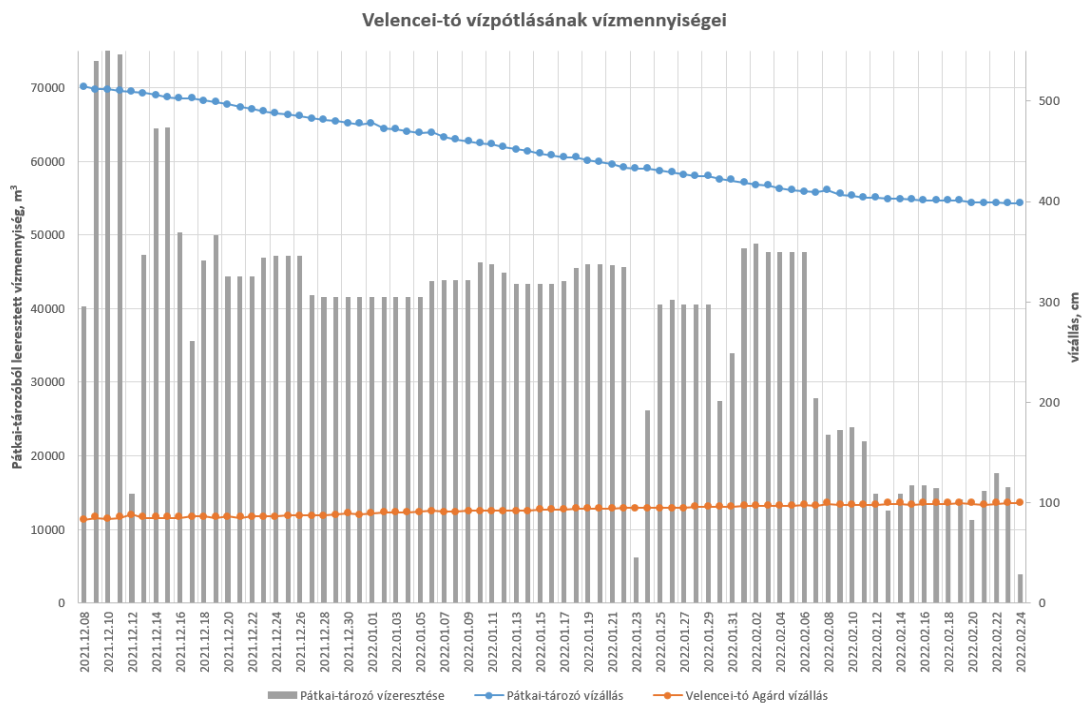
9

12. ábra mintavételi helyek II.

A vízeresztés során a vízhozam mellett a víz hőmérsékletét, kémhatását, fajlagos elektromos vezetőképességét, oldott oxigén tartalmát mértük a terepen, míg a laboratóriumban a Velencei-tó szempontjából legfontosabb paraméterek, azaz a foszfát, összes foszfor, kémiai oxigénigény (KOI), klorofill-a koncentrációk meghatározását végeztük el. Emellett vizsgáltuk az alga összetételt is.

Vízrajzi mérések részletes eredményei

A rendelkezésünkre álló mérési adatok szerint a Pátkai-tározó eresztésének átlagos számított vízhozama $0,44 \text{ m}^3/\text{s}$ volt a Velencei-tó vízpótlásának időszakában.



13. ábra Velencei-tó vízpótlásának vízmennyiségei

Összesen 3,02 millió m³ víz került leeresztésre, ebből december 08–15. időszakban 190 e m³ a DIT felé kormányozva. Így a Velencei-tó vízpótlására december 08. – február 24. időszakban 2,83 millió m³ vízmennyiség fordítódott, ami 117 tómm-nek felel meg. (13. ábra)

A vízpótlás vízminőségi vizsgálata

Az eleve csapadékszegény időszakokban a vízpótlás céljára létesített Pátkai- és Zámolyi-tározókban súlyos vízminőségi problémákat tapasztaltunk, mindkét helyen kiemelkedően magas volt az algásodás. Ez korábban inkább csak a nyári időszakban volt jellemző, míg az utolsó kb. 5 évben már a téli időszakban is a tóba történő beeresztésre nem javasolható alगतömeget jelentett. Így a vízgyűjtő területről a tározókon keresztül érkező vízmennyiség a vízminőség nagyon jelentős romlása miatt gyakorlatilag elveszett a tó szempontjából.

A Velencei-tó időnként természetes módon is kiszáradó tó, ezért az esetenként kialakuló alacsony vízszint ismert klimatikus esemény. A 2021. évi halpusztulást méréseink alapján nem a vízhiányra visszavezethető vízminőség-változás okozta, oxigénhiányt nem mértünk. A tó azonban rekreációs célokat is szolgál, ez önmagában is indokolta a vízpótlást, de a vízminőségi okokból a tározókban visszatartott vízmennyiség tóba vezetése a fennálló alacsony vízszint miatt egyébként is indokolt volt.

2021. szeptemberében majd decemberében kísérleti vízeresztéseket végeztünk, hogy a Pátkai-tározóból elfolyó víz minősége hogyan változik a Császár-víz medrében a tározótól távolodva minőségi és mennyiségi szempontból. Majd a rendelkezésünkre álló információkat átadva, külső szakértő szakvéleményét kértük meg a vízpótlás kritériumainak meghatározására. Az erről szóló anyagot dr. Szilágyi Ferenc készítette. Az általa megfogalmazott elvek alapján: „A Pátkai-tározó vize beereszthető a Velencei-tóba a következő paraméterek mellett: az üzemelési szabályzatban leírt 75 mg/m³-es klorofill koncentráció határértéket meghaladó, 120 mg/m³ klorofill tartalomnál is a hideg (téli) időszakban, a korábbi vízpótlásoknál jellemző 1,5 m³/sec-hoz képest csökkentett hozammal, folyamatos vízminőségi kontrollal.”

A mintavételeket a vízpótlás során követett rutinnak megfelelően a nyugati, mocsári növényzettel benőtt területeken végeztük, az alábbi mintavételi pontokon:

- Német-tisztás
- Kerek-tisztás
- Fekete-víz
- Alsó-éri tiszták a Dinnyés–Kajtori-csatornánál.

A víz a Császár-víz medrén keresztül éri el a tavat, ott a parttal párhuzamosan észak felé folyik, és több ponton, a mocsári növényzeten (nádas) keresztül jut be a tóba.

A Velencei-tó vízminőségének alakulását a bevezetett víz hatására először december 08-án vizsgáltuk, ez a bevezetést megelőző állapotnak felel meg. Ezt követően hetente 1-2 alkalommal mintáztunk és mértünk. A tavi mintavételek esetében akadályozó tényező volt a jegesedés, illetve az alacsony vízállás.

A vízhozam- és vízminőségmérések mellett a tó vízminőségének alakulását, azaz a kénkíválós területeket (a sárgulás kiterjedését) légifotókkal (drónnal) is terveztük vizsgálni. Drónfelvétel végül az időjárási tényezők miatt egy alkalommal készült.

Minden mintavételről eseti jelentés készült. Itt elsősorban a vízeresztés időszaka alatt tapasztalt változásokra és a tóra gyakorolt hatás értékelésére térünk ki.

A vízminőség alakulása a tározókban és a Császár-víz medrében

A Zámolyi-tározó leeresztésre került, átfolyó rendszerben üzemel, vízhozama csekély, de a vízminőségét rendszeresen ellenőriztük. A Pátkai-tározó esetében a tározóból leeresztett víz összetételét vizsgáltuk. A Császár-víz torkolati szakaszában, közvetlenül a tóba történő beeresztés előtti ponton szintén mértük a vízminőség alakulását, alapvetően ennek a pontnak a vízminősége alapján értékeltük, hogy a víz bekerülhet-e a tóba.

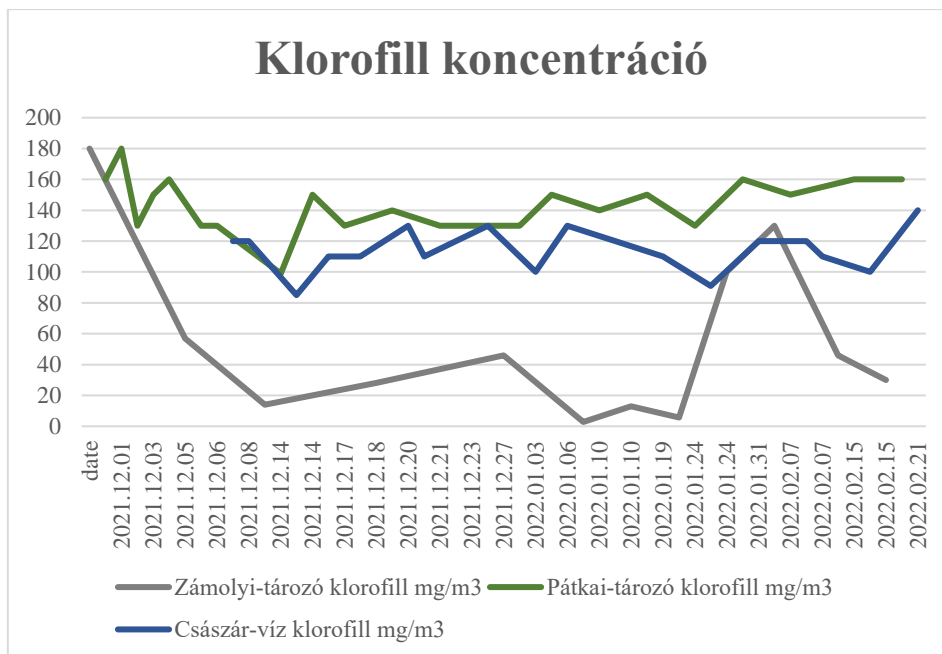
A pH a Zámolyi-tározó alatt volt a legalacsonyabb, a Pátkai-tározóban a legmagasabb. A Császár-víz medrében a torkolatig minimális csökkenést tapasztaltunk. A változásokra elsősorban az algák mennyisége és aktivitása lehet a magyarázat.

A fajlagos elektromos vezetőképesség esetében a három mért pont között kisebb-nagyobb különbségeket lehetett mérni, az eltérés viszonylag nagy is lehetett. Trendszerű változás nem megállapítható, az ok a különböző mennyiségű hígító víz (csapadék, stb.) vagy szennyeződés lehet.

Az oldott oxigén mennyisége Zámolynál kicsit alacsonyabb, Pátkánál magasabb volt, aztán a torkolatnál megint alacsonyabb. A változások itt egyértelműek, az ok megint az algák tömeges jelenléte és aktivitása. Zámolynál nincs alga, de szervesanyag van, annak bomlása csökkenti az oxigén telítettséget. Pátkánál nappal az algák termelése megemeli az oxigénszintet, de mértékét a fény mennyisége is befolyásolja. A torkolatnál hiába sok az alga, az áramló vízben aktivitásuk csökken, így oxigéntermelésük is visszaesik.

A klorofill-koncentráció alakulása jól mutatja a Zámolyi-tározó leürítésének hatását: a folyó vízben az algák nem képesek elszaporodni. A január végén tapasztalt emelkedés külső hatásra utal.

A korábbi évek tapasztalatainak megfelelően 2021 telén sem csökkent a hipertróf szint alá a klorofill-koncentráció a Pátkai-tározóban, decembertől február végéig folyamatosan magas szinten (100-180 mg/m³) maradt. A kis hozamú (250-500 l/sec) eresztés során a klorofill-koncentráció kismértékű, de szisztematikus csökkenést mutatott a mederben, a torkolatban 100-120 mg/m³ közötti értékek voltak a jellemzőek. (14. ábra)



14. ábra Klorofil koncentráció alakulása tározók, Császár-víz

Az egyéb paraméterek esetében jelentősebb változásokat a Zámolyi-tározón átfolyó víz és a Pátkai-tározó között lehetett mérni. A Pátkai-tározóból elfolyó víz összetétele a torkolatig keveset változott. A különbségeket a kismértékű kiülepedés, elszivárgás, a tározó alatti szakasz hozzáfolyásai, illetve az algák pusztulása, aktivitásuk csökkenése okozhatta.

Összességében megállapítható, hogy a Velencei-tóba eresztett vízminőségi paraméterek megfeleltek az elvárásoknak.

A vízminőség változása a Velencei-tóban a vízpótlás hatására

A bevezetett víz minősége mellett a tóra gyakorolt hatás is érdekes. A korábbi eresztések esetében 1,5 m³/sec bevezetett hozam volt a jellemző, ilyen esetekben a tározóvíz előbb vagy utóbb megjelent a Madárrezervátum tisztásain is. A vízeresztést jellemzően kénkiválás kíséri, ez a mocsaras-úszólápos, anoxikus területekről származó, szulfidokban gazdag víznek az oxigénnel jobban ellátott területekre érkezésekor alakul ki. Nagyobb csapadékesemények is hasonló jelenséget okoznak. A vízeresztést megelőzően az alábbi értékeket mértük a tóban:

Vétel dátum	Vétel ideje	Mérési pont	vízhozam l/sec	Lég-hőfok °C	Víz-hőfok °C	pH -	Fajl. elektr. vezető-képesség μS/cm	Oxigén telítettség %
12.08.	13:10	Pátkai-t.	768	2,5	2,2	9,1	1439	95
12.08.	12:40	Császár t.	55	2,9	0,8	8,9	1446	84
12.08.		Kerek-t.	-					
12.08.	10:35	Német-t	-	0,7	1,4	8,6	3430	64
12.08.	11:20	Fekete-víz	-	1,5	2,3	9	4618	91
12.08.	11:50	Alsó-éri-t.	-	2,4	2,2	8,9	4762	64

Vétel dátum	Vétel ideje	Mérési pont	lebegő anyag mg/l	KOI mg/l	nitrát-N mg/l	Ammónium mg/l	foszfát-P ug/l	össz. P ug/l	klorofill. mg/m ³
12.08	12:15	Pátkai-t.	42	100	0,19	7		315	130
12.08	12:30	Császár t.	46	92	0,78	0,31	9	366	120
12.08	10:45	Kerek-t.							
12.08	12:30	Német-t	8	78	0,36	0,19	6	124	7,1
12.08	10:45	Fekete-víz	8	88	0,36	0,13	10	154	9,9
12.08	10:20	Alsó-éri-t.	9	98	0,36	0,18	8	169	13

2. táblázat. A vízpótlás vízminőségi eredményei

A helyszíni mérés adatai alapján az alacsony vezetőképességű tározóvíz, és a magasabb vezetőképességű tóvíz egyértelműen elválk egymástól. A tavon belül a Német-tisztás vize alacsonyabb vezetőképességű, ez abból adódik, hogy a Császár-vízen keresztül érkező (csapadék) víz ezt a területet éri el a leghamarabb, így ezen a részen érzékelhető leginkább a hígító hatás. A Kerek-tisztás vize ebből a szempontból még inkább érintett lenne, de oda a jégviszonyok miatt nem tudtunk bemenni.

A laboratóriumi mérés eredményei (2. táblázat).

A labor mérési eredményei alapján is látható, hogy a vízminőség eltérő volt a Pátkai-tározóban és a Császár-víz torkolatnál. A tározóvíz klorofilltartalma magas, ahogy a KOI és a lebegőanyag tartalma is; ezek a tulajdonságok a torkolatig alig változtak. Az ásványi nitrogénformák közül a nitrát koncentrációja nőtt, ahogy a foszforformák mennyisége is. A klorofill-koncentráció továbbra sem haladta meg a torkolatnál a még beengedhető értéket.

A Velencei-tó nyugati területein a jég alól vett mintákban alacsony lebegőanyag- és klorofill-koncentrációkat mértünk. A tó vize ezeken a pontokon magas szervesanyag-tartalmú, lápi vizeknél ez normális.

Mértük a szulfidtartalmat is, mert a vízpótlás során annak megemelkedése, részleges oxidációja során pedig a kolloid kén kiválása jellemző folyamat. A tóban 0,065 mg/l és 0,138 mg/l közötti szulfid értékeket mértünk, a szulfid szaga a mintákban nem volt észlelhető. A víz a három vizsgált tisztáson enyhén opálos, sárgás színű volt, de ez a mérések alapján nem kénkiválás eredménye. A tisztásokon a vízpótlás hatása nem volt kimutatható.

Algaösszetétel a tározóvízben és a Velencei-tóban

A Császár-vízben *Lyngbya limnetica* dominanciájú fonalas kékalgás víz van, ami a tározóvíztől továbbra is csak kismértékben, a vízfolyásra jellemző kovaalga-tartalmával (elsősorban *Synedra ulna*) tér el. A Velencei-tó tisztásain ugyancsak ez az alga a domináns, de a fonalak száma itt sokkal alacsonyabb. A *Lyngbya* becsült fonalszáma a Német-tisztáson a legkevesebb (kb. 10 000 i/ml), a Fekete-víznél és Alsó-éri-tisztáknál ennek mintegy kétszerese.

Figyelembe kell azonban venni azt a tényt, hogy a *Lyngbya limnetica* a tóban általánosan elterjedt algafaj, így a tisztásokon kimutatott mennyiségben az eresztéstől függetlenül is meghatározó része a fitoplanktonnak. A Német-tisztás november 25-én, a Nagy-tisztás és a Fürdető vizében a december 2-i mintákban a lebegő algák jelentős és meghatározó része ez az algafaj.

A Pátkai-tározóban domináns *Cryptomonas* barázdásalga száma a tó tisztásain nem meghatározó, és az *Oscillatoria agardhii* fonalas kékalga pedig nem is került elő a rezervátum mintáiból.

A tó vizében nem volt más toxintermelésre hajlamos kékalgafonal sem. A Pátkai-tározóban és a Császár-vízben veszélytelen mértékben, alacsony egyedszámmal, de még jelen voltak a potenciálisan toxintermelő kékalgafonalak, mint az *Oscillatoria agardhii*, *Anabaenopsis cunningtonii*.

Vízminőség alakulása a vízpótlás hatására a tó nyugati területein

A Velencei-tó kis tisztásain a vízpótlás alatt a következő hatásokat mértük.

A vízeresztés hatásának leginkább kitett Kerek-tisztást csak 2022 februárjában tudtuk mintázni. A víz kémhatása 7,5 körül alakult, a vezetőképesség pedig 1600 mS/cm körül. A vezetőképesség alapján egyértelmű a hígító hatás, az alacsony kémhatás pedig a lápi (nádas, úszóláp alatti) víz jelenlétére utal. A víz alig tartalmazott oxigént (10-15%), és a klorofilltartalma is alacsony maradt.

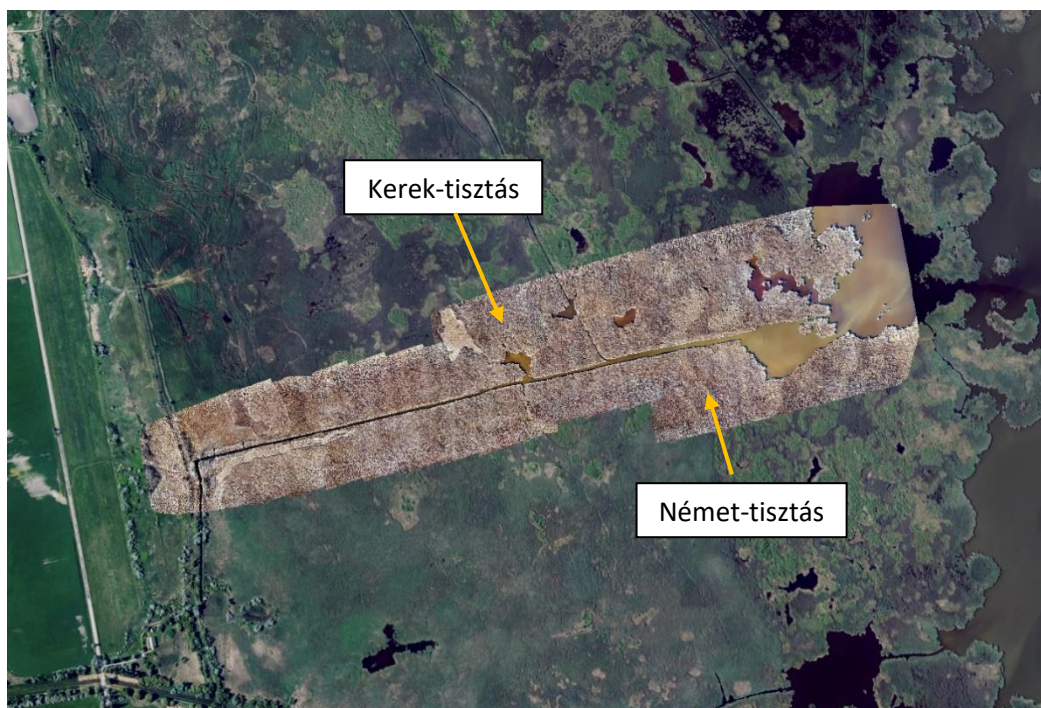
A Német-tisztáson decemberben és januárban is tudtunk mintázni, és van adatunk a kiindulási állapotról is. Itt egyértelműen látszik, hogy a tározóvíz hatására a kémhatás és a vezetőképesség is csökkent, az oldott oxigén koncentrációval együtt, de a Kerek-tisztásnál magasabb értékeket mértünk (15-42%). A klorofilltartalom mindvégig alacsony maradt.

A Fekete-víz esetében a változások lassúak és elhúzódók voltak, mértékük elmaradt az előző két ponton tapasztaltaktól. Az oxigén-telítettség nem csökkent 45% alá, a klorofill- koncentráció sem változott az eresztés során.

Az Alsó-éri-tisztákról ugyanezt mondhatjuk el, a változás lassú, bár a Fekete-víznél erőteljesebb mértékű volt. A klorofill is inkább csökkent, mint nőtt.

A mintavételek során egyértelmű kénkiválást nem láttunk, a szulfidtartalom inkább a decemberi-januári mérések esetében emelkedett meg valamelyest. Igaz azonban, hogy a korábbi tapasztalatok alapján elsősorban a vízpótlás kezdeti időszakában várható a szulfid magas koncentrációban történő megjelenése, amit kénkiválás kísérhet. Mivel azonban a korábbi megfigyelések nagyobb hozamú eresztésekre vonatkoztak, így egy az egyben történő összehasonlításuk nem célravezető.

Drónos fotózást az időjárás változékonysága miatt egyszer tudtunk végezni. A nyers képekből panoráma képek, html formátumú anyagok, valamint a teljes berepült területet egyetlen nagyfelbontású fotón ábrázoló kép készült. A vízminőségi értékeléshez elsősorban ez utóbbi fotó használható jól.



15. ábra Vízpótlás idején készült űrfotó

Az űrfotóra helyezett légifotókból összegzett kép (15. ábra)

A képek elemzése és a látott jelenségek igazolása több időt, számos célvizsgálatot igényel. Az azonban az eddigi eredményekből is látható, hogy a légifotók nagy segítséget adhatnak a vízminőségi ellenőrzésekhez is.

Összességében az látszik, hogy a vízpótlás során a vízminőség a tóban nem változott kedvezőtlen irányba. A kishozamú eresztés lehetővé tette, hogy az algák a mocsári növényzettel benőtt területeken kiszűrődjenek. Lényeges azonban, hogy a kiszűrődő algatömeg ez esetben elsősorban olyan algákat tartalmazott, ami a tóban is előfordul. Ez az alगतársulás a mocsári növényzetet (nádat) nem károsítja, a nyári időszakban jellemző nitrogéntermelő kékalgák toxinjaival ellentétben.

Felhasznált szakirodalom:

*Kék Bolygó Klimavédelmi Alapítvány (2021)*_JAVASLAT a Velencei tó fenntartható vízpótlására. Vízpótlási lehetőségek a tó víz használati feltételeinek biztosítására az időjárási szélsőségek, a területi és vízhasználati változások függvényében. Szakértők: Szűcs Gábor, Váradi József, Bálint Mária, Hullay Gyula, Kertai István, Lábdy Jenő, Reich Gyula, Szári Zsolt, Szűcs Lajos, Szűcs Péter, Tóth Sándor. Összefoglaló javaslat, kézirat. Budapest.

Közép-dunántúli Vízügyi Igazgatóság (2022) Jelentés a 2021. december 08 – 2022. február 24. időszak alatti velencei-tavi vízpótlásról Összefoglaló jelentés, kézirat. Témafelelős: Kravinszkaja Gabriell. Székesfehérvár.