

Tápanyagok hatása a fitoplankton állomány horizontális mintázatára tápanyaglimitált környezetben

Grósz János, Halupka Gábor Ernő

Kivonat: XXI. században az egyik leghangsúlyosabb természeti erőforrás a rendelkezésre álló vízkészlet. Felszíni vizek minőségi és mennyiségi védelme az egyik legnagyobb kihívást jelentő feladat, ugyanis a meglévő víztesteket több forrásból veszély fenyegeti. A felszíni vízkészletek minőségi szempontból történő rendszeres monitoringja, kiemelt prioritású feladatok közé tartozik. Vízhőmérséklet vizsgálata során fizikai, kémiai, biológiai és bakteriológiai paraméterek kerülnek meghatározásra. Jelen kutatásunk fő célkitűzése, hogy vizsgálatok alapján meghatározzuk, hogy a tápanyaglimitált tengeri környezetben, a fitoplankton állomány miként (mennyi idő alatt) reagál a víztestbe kívülről érkező többlet tápanyag megjelenésére, valamint a beérkező tápanyagok hogyan befolyásolják az algaállomány horizontális és vertikális mintázatát. Az alkalmazott mintaterület, Olaszország déli részén elhelyezkedő Capo Vaticano települést körülvevő tengeri (Tirréni-tenger) öböl. A mérések során klorofill-a, NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} tartalmat, illetve víz hőmérsékletet határoztunk meg. A kapott eredmények alapján az időtáv tekintetében, a többlet tápanyag víztestbe kerülése után, 48 óra elteltével már szignifikánsan megemelkedett a mért klorofill-a koncentráció a vízben. A tápanyagok közül pedig a NO_3^- tartalom és a PO_4^{3-} tartalom befolyásolta leginkább a vertikális és horizontális elterjedést.

Kulcsszavak: fitoplankton, tápanyagok, vízminőség, klorofill-a, tengeri környezet

BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

Felszíni és felszín alatti vízkészletek megóvása az egy kiemelt prioritású feladatok közé tartozik. Felszíni vizek minőségi és mennyiségi szempontú monitoring rendszereinek üzemeltetése és fejlesztése kapcsán, pontosabb képet kaphatunk a víztestek környezeti állapotáról. Az Európai Unió tagállamai által kidolgozott és elfogadott Víz Keretirányelv megfogalmazása szerint, a felszíni és a felszín alatti vizek jó állapotban tartása és a további környezetállapot romlás megakadályozása, az egyik legfontosabb feladat (European Community 2000). Vízhőmérséklet monitoring rendszerek esetében több kutatás is rámutatott már, hogy idő és költséghatékonyság miatt, célszerű helyszíni laboratóriumi és távérzékeléses vizsgálati módszereket együttesen, egymást kiegészítve alkalmazni (Zseni et. al. 2002). A felszíni víztestek minőségszempontú vizsgálata esetében hidrológiai, fizikai, kémiai, biológiai és bakteriológiai paraméterek kerülnek meghatározásra (Felföldy 1981). Ahhoz, hogy teljes képet kapjunk a felszíni vizek állapotáról, elengedhetetlen az édesvízi és tengeri (sósvízi) ökoszisztémák kiterjedt vizsgálata. Különös tekintettel a víztestekben külső vagy belső hatásra lezajló változások nyomon követésére, a változások okainak feltárására. Az édesvízi és tengeri környezetben lezajló fizikai, kémiai és biológiai folyamatok alapvetően eltérőek (Dévai et. al. 1979). A tengeri ökoszisztémák a bennük lévő tápanyagok mennyisége szempontjából egy tápanyaglimitált környezetnek tekinthető, az édesvízi ökoszisztémákhoz viszonyítva, különösképpen a sekély, kis és közepes felületű állóvizekhez képest. A tengeri környezetben a tápanyagok vertikális és horizontális eloszlását nagymértékben befolyásolják a mélytengeri és felszínközeli tengeráramlások, valamint a szárazföld felől érkező források (lefolyás, bemosódás, vízfolyások) (Kirk 2011). Biológiai vízminőségi paraméterek közül, az egyik legjelentősebb a klorofill-a tartalom. A vizekben mért klorofill-a koncentrációval lehet jellemezni, a víztestek fitoplankton állományának vertikális és horizontális elterjedési mintázatát (Kiss Keve 1998). A fitoplankton állomány, mind a tengeri, mind az édesvízi ökoszisztémában alapvető szerepet tölt be. Az algaállományban bekövetkező változások hatással vannak a felszíni vizek minőségi jellemzőire (Práger et. al. 2013). A fitoplankton

állomány rövid idő alatt bekövetkező túlzott elszaporodása vízvirágzáshoz vezet, amely számos vízminőségi problémakör megjelenést eredményez (Reynolds). Ezek az említett problémák befolyásolják a felszíni vizek lehetséges felhasználási körét, ideértve a vízhez kapcsolódó ökoszisztéma szolgáltatásokat (rekreációs tevékenységek). A klorofill-a koncentráció túlzott hirtelen megnövekedése, rendszerint a nagy mennyiségben jelen lévő nitrogén és foszfor formákhoz köthetőek. A kutatás során fizikai, kémiai, biológiai vízminőségi paramétereket határoztunk meg annak érdekében, hogy tengeri környezetben vizsgáljuk a fitoplankton állományra ható külső és belső befolyásoló tényezőket. A kiválasztott mintaterület, Olaszország déli részén elhelyezkedő Capo Vaticano települést körülvevő tengeri (Tirréni-tenger) öböl.

Jelen kutatás fő célkitűzése között szerepel annak a meghatározása, hogy a tápanyaglimitált tengeri környezetben, a fitoplankton állomány miként (mennyi idő alatt) reagál a víztestbe kívülről érkező többlet tápanyag megjelenésére, valamint a beérkező tápanyagok hogyan befolyásolják az algaállomány horizontális és vertikális mintázatát.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A kutatás során a mintaterület kiválasztásában jelentős szerepet játszott, hogy a terület a célkitűzéseknek megfelelő part és mederkarakterisztikai viszonyokkal rendelkezzen. A mintaterület Olaszország déli részén, Capo Vaticano térségében lévő tengeri öböl, a Tirréni-tengerben. A partszakaszt magas partfejlettségi index jellemzi, sok kis öböllel tarkítva. A partot meredek sziklafal és domboldal szegélyezi. A kutatás során 4 mintavételi kampányra került sor: 2019 június és július. A mintavételezések fő célja, hogy részletes információkat kapjunk a vizsgálandó fizikai, kémiai és biológiai vízminőségi paramétereiről, amelyek hatással vannak a klorofill-a vertikális és horizontális elhelyezkedési mintázatára. A helyszíni mérések során klorofill-a, NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} tartalmat, víz hőmérsékletet, illetve meteorológia paraméterek közül, szélesebbéget határoztunk meg. A fitoplankton állomány horizontális és vertikális mintázatát a szél jelentősen módosíthatja. Korábbi kutatási eredmények alapján 5 m s^{-1} gyenge szél is képes, akár egy 40 méter mély homogén víztestet is teljesen mozgásban tartani (Padisák 2005). Ebből kiindulva csak szélcsendes napokat választottunk a mintavételekhez, amikor a szélesebbég $0-0,3 \text{ m s}^{-1}$ között mozgott. Ezen paramétereket követve kiküszöbölhető volt a légmozgásból adódó keveredési jelenség. Az alkalmazott mintavételi pontok eloszlása az 1. ábrán látható.



1. ábra Mintavételi pontok (forrás: Google Earth)

A mintaterületen 109 mintavételi pontot jelöltünk ki. A gyűjtött adatok összehasonlíthatósága érdekében a mintavételeket ugyanabban az időpontban végeztük, 12:00-tól 14:00-ig. A mintavételi pontok lokációjának fő oka volt, hogy egy átfogó képet kapjunk az öbölbe lévő fitoplankton állomány horizontális elhelyezkedésének változó mintázatáról. A 4 mintavételi alkalom során 436 mintavételt hajtottunk végre. A mintákat a víz felszínétől számított 10 cm mélységben vettük.

Fizikai vízminőségi paraméterek között víz hőmérsékletet határoztunk meg. A mérést Mares Icon HD búvárkomputer segítségével végeztük el, a mintavételi mélységnek megfelelően.

A kémiai vízminőségi paraméterek meghatározását terepi mérésekkel végeztük. Kémiai paraméterek közül NO_2^- , NO_3^- és a PO_4^{3-} tartalmat határoztunk meg. A vízmintákból vizsgálandó paramétertől függően 1, 5 vagy 10 ml-t küvetákba helyeztünk, majd megfelelő reagens hozzáadásával meghatároztuk a mérni kívánt komponens koncentrációját. A vizsgálatokat koloriméter segítségével végeztük el.

A biológiai vízminőségi paraméterek sorából klorofill-a tartalmat határoztunk meg, terepi módszer segítségével. A mérést a bbe Algae Torch fluoreszcencián alapuló műszer alkalmazásával végeztük. A bbe AlgaeTorch az algasejtek in vivo fluoreszcenciáját használja oly módon, hogy az algapigmenteket színes LED-ek szelektíven gerjesztik, és természetes jelenséggént vörös fluoreszcens fényt bocsátanak ki. A klorofill fluoreszcencia intenzitását a

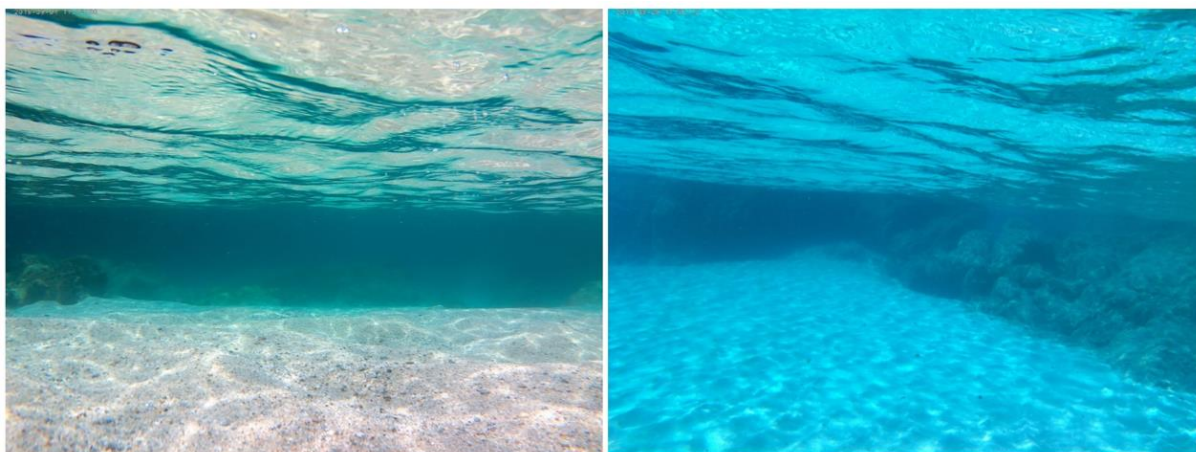
fitoplankton állomány mennyiségi meghatározására használják, mint klorofill-a koncentráció. A vizsgálat során nincs szükség mintavételre és mintaelőkészítésre a mérés, in situ módon a víztestben valósul meg. A kutatás során elvégzett mérések összefoglalása az 1. táblázatban látható.

Vizsgálatok	Mért paraméterek	Műszerek	Mérési metódus	Mérési tartomány
Fizikai vízminőségi vizsgálatok	Hőmérséklet	Mares Icon HD	Elektromos ellenállás	0-50°C
Kémiai vízminőségi vizsgálatok	NO ₂ ⁻	Hanna IH 767 LR koloriméter	Kolorimetria	0-999 bbp
	NO ₃ ⁻	Hanna IH 781 LR koloriméter Hanna IH 782 HR koloriméter	Kolorimetria	0-5 ppm 0-75 ppm
	PO ₄ ³⁻	Hanna HI 717 HR koloriméter	Aszkorbinsav metódus	0 - 30 ppm
Biológiai vízminőségi vizsgálatok	klorofill-a	bbe Algae Torch	Fluoreszcencia	0 - 500 µg l ⁻¹
Meteorológiai paraméterek	szélsebesség	Voltcraft AN-10	Elektromechanikus	0,3 – 30 m s ⁻¹

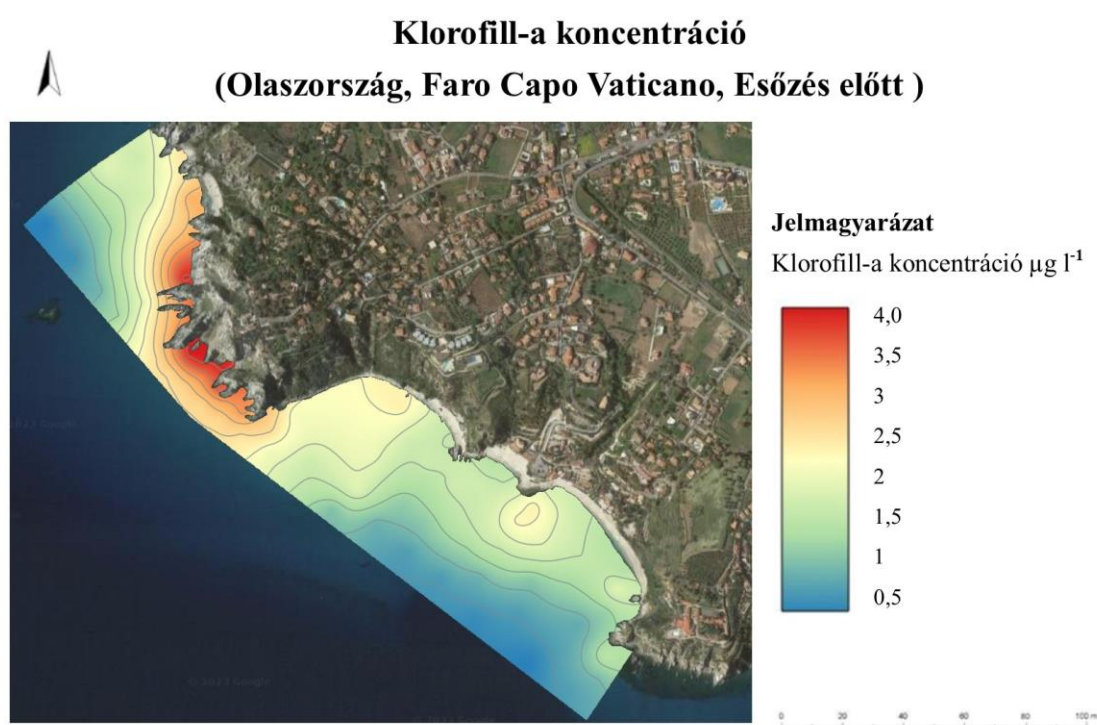
1. táblázat Kutatás során végzett vizsgálatok összegzése

EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

A kutatás során a fő mért paraméter a klorofill-a koncentráció volt. A kiválasztott mintaterület egy – tengeri – tápanyaglimitált környezet, így a klorofill-a tartalom meghatározások tekintetében, vizsgálni lehet a víztestbe kívülről bejutó többlettápanyagok hatását a fitoplankton állományra. Az első mintavételre 2019 július 13.-án került sor az érkező nagy mennyiségű csapadék előtt, hogy a normál (alapvető) környezeti feltételek mellett fennálló viszonyokat vizsgáljuk és rögzítsük a kutatás ideje alatt. Normál körülmények között a vizsgált víztest a kutatás során kapott eredmények alapján, ultra - oligotróf kategóriába sorolható. Az átlag klorofill-a tartalom tekintetében 0,9 µg l⁻¹, míg a maximum klorofill-a tartalom esetében pedig 4,0 µg l⁻¹ lehetett mérni. Az első mintavétel során a klorofill-a koncentráció horizontális eloszlását a 2. ábra mutatja. A mért fő kémiai vízminőségi paraméterek közül PO₄³⁻ tartalom tekintetében 1,5 mg l⁻¹ és 3,5 mg l⁻¹ között mozogtak a koncentrációs értékek. A NO₃⁻ tartalom vonatkozásban 0,5 - 4,2 mg l⁻¹ között mozogtak az eredmények, míg NO₂⁻ esetében pedig 0,01-0,05 mg l⁻¹. Normál körülmények között a Secchi koronggal mért átlátszóság, nagyobb volt mint 20 méter. Ezen körülmények között az átlátszóságot a 3. ábra mutatja.



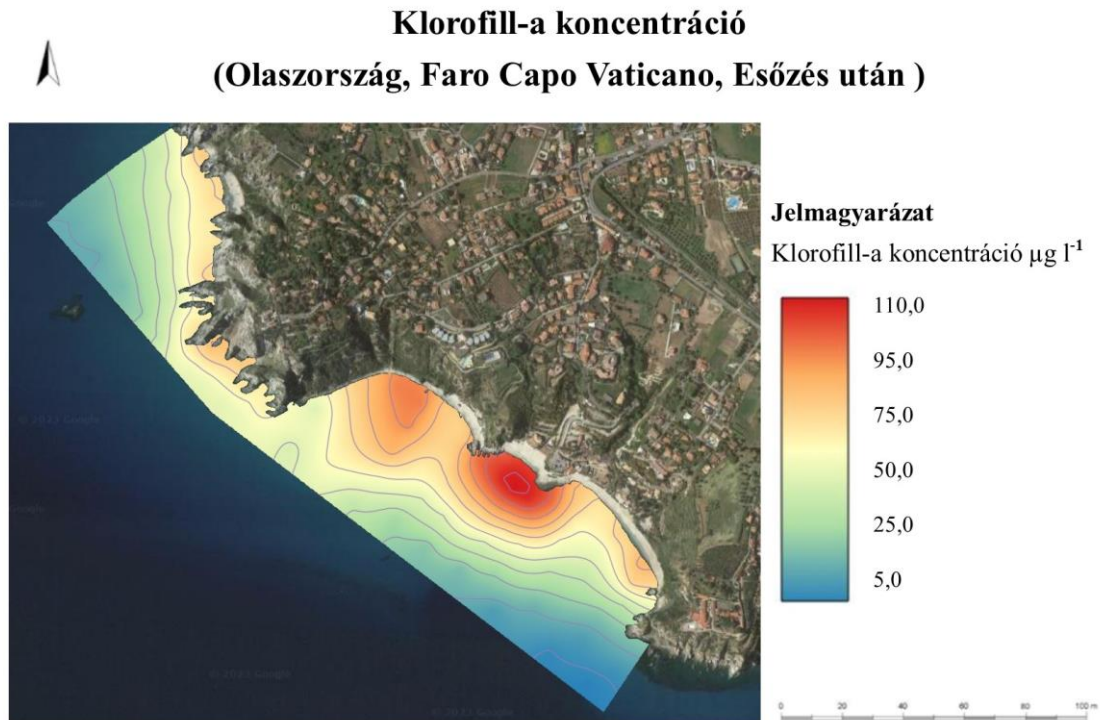
2. ábra Vízalatti fényklimatikus viszonyok (esőzés előtt, alacsony klorofill-a koncentráció esetén)



3. ábra Klorofill-a koncentráció horizontális eloszlása, esőzés előtt alacsony klorofill-a koncentráció esetén (2019.07.13)

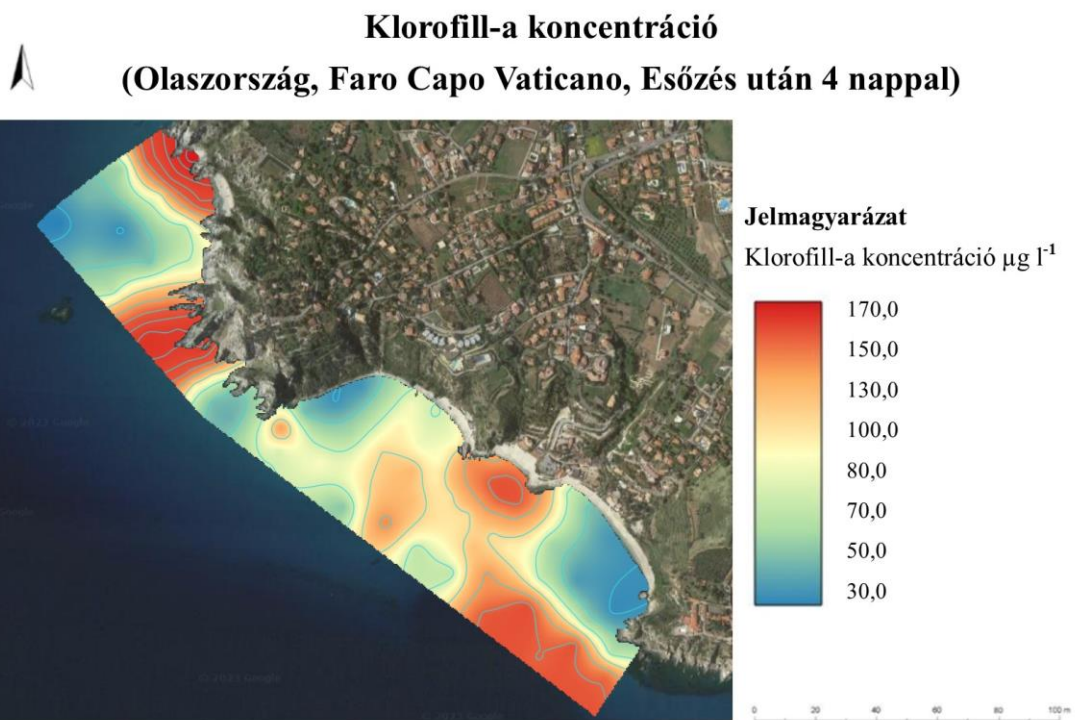
A második mintavételre az érkező nagy csapadék után 48 órával került sor 2019 július 15.-én. Az öböl vizébe az esőzést követően – külső forrásból- felszíni lemosás során nagy mennyiségű hordalék érkezett. A víztestben megjelenő többlet tápanyag két forrásból származott. A meredek domborzati viszonyok miatt a vegetációval gyéren fedett talajok felső tápanyagban gazdag rétegét, az érkező nagy mennyiségű és intenzitású esőzés a víztestbe szállította, természetes felszíni lemosódás révén. A másik forrás az antropogén eredetű. A környező mezőgazdasági területekre (nem megfelelő módon és időben) kijutatott többlet tápanyag, szintén felszíni lemosódás során került be a víztestbe. Ebben az esetben az átlag klorofill-a koncentráció $55,6 \mu\text{g l}^{-1}$, míg a maximum klorofill-a koncentráció pedig $110,4 \mu\text{g l}^{-1}$ volt.

A vizsgált tápanyagok közül a PO_4^{3-} koncentráció esetében, a mért értékek 5 – 45,5 mg l^{-1} között mozogtak. A NO_3^- tartalom esetében 19,4 – 53,6 mg l^{-1} , míg a NO_2^- 0,03-0,07 mg l^{-1} volt a mért koncentráció. Összehasonlítva a két mintavételt, az esőzést követően, 48 óra elteltével már szignifikánsan magasabb klorofill-a, PO_4^{3-} és NO_3^- tartalmat lehetett mérni. A NO_2^- tartalom tekintetében a vizsgálatok eredményei alapján, nem volt kimutatható szignifikáns koncentráció növekedés. A Secchi koronggal mért átlátszóság 6 méter volt. A klorofill-a koncentráció horizontális eloszlását a második mintavétel esetében, esőzés után a 4. ábra mutatja.

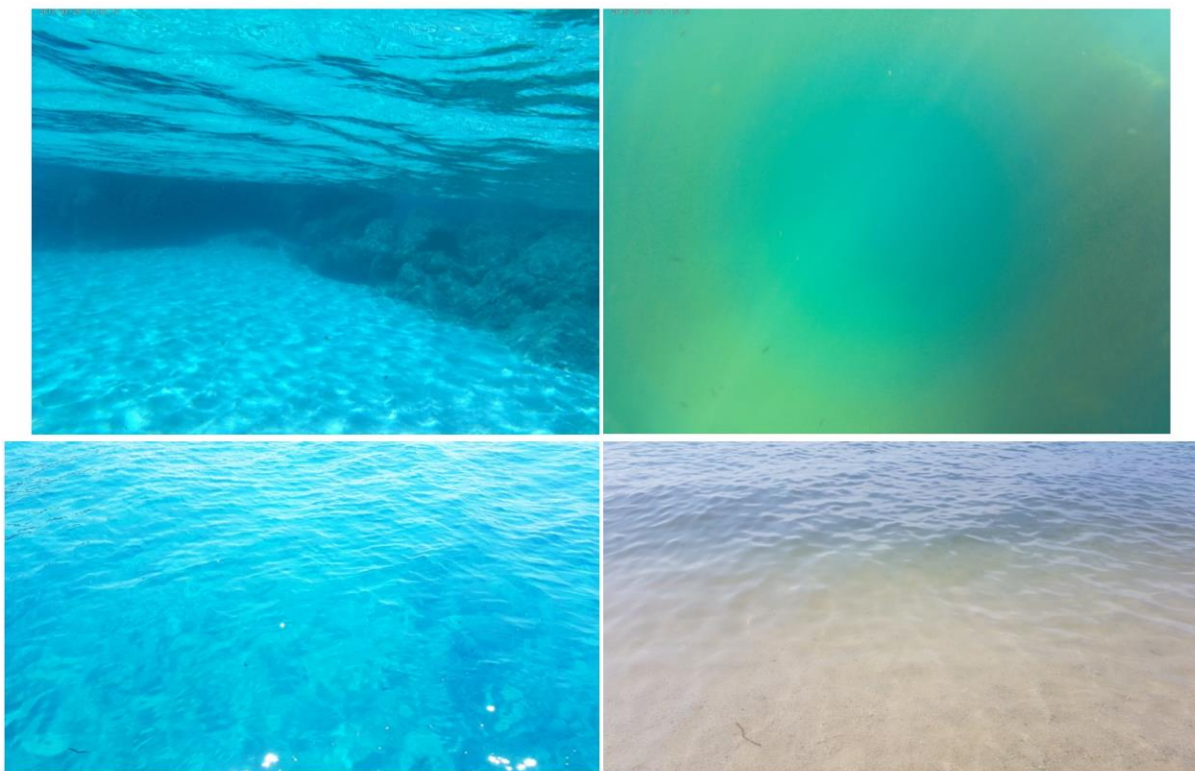


*4. ábra Klorofill-a koncentráció horizontális eloszlása, esőzés után 2 nappal
(2019.07.15)*

Harmadik mintavételre a csapadék után 4 nappal került sor 2019 július 17.-én. A víztestben ebben az esetben lehetett a legmagasabb klorofill-a, NO_3^- és PO_4^{3-} koncentrációt mérni. A fitoplankton állomány populáció dinamikája, erősen emelkedő tendenciát mutatott az esőzést követően 2 illetve 4 nappal. A kutatás során mért eredmények alapján az öbölbe ezen körülmények között, vízvirágzás következett be. Az átlag klorofill-a koncentráció 91,2 $\mu\text{g l}^{-1}$ -re, míg a maximum klorofill-a koncentráció pedig 170,9 $\mu\text{g l}^{-1}$ –re emelkedett. A klorofill-a koncentráció horizontális eloszlását a harmadik mintavétel esetében, esőzés után 4 nappal a 5. ábra mutatja. A vizsgált tápanyagok közül a PO_4^{3-} koncentráció esetében a mért értékek 24,8 – 69,7 mg l^{-1} között mozogtak. A NO_3^- tartalom esetében 35,6 – 71,8 mg l^{-1} , míg a NO_2^- 0,01-0,03 mg l^{-1} volt a mért koncentráció. A második mintavétel eredményeivel összehasonlítva, a harmadik mintavétel eredményei szignifikánsan magasabbak voltak, kivéve NO_2^- koncentrációt, amelyben némi csökkenést lehetett tapasztalni. Vízirágzás során a Secchi koronggal mért átlátszóság 1 méter volt. A vízvirágzás során az átlátszóság alakulását a 6. ábra mutatja.

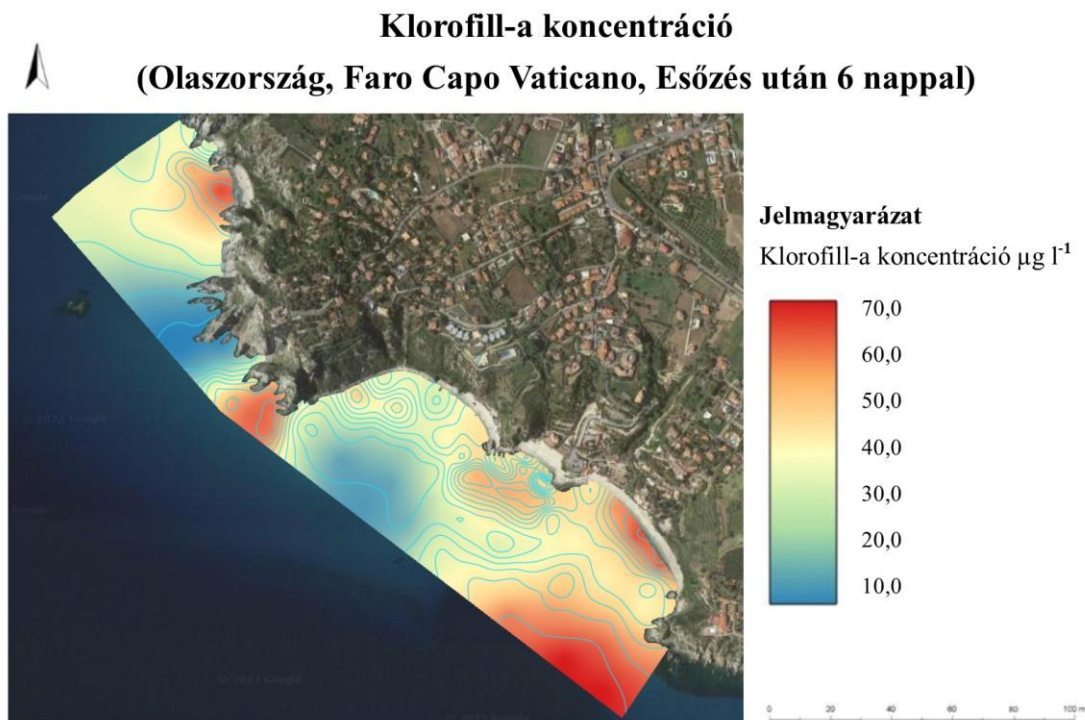


5. ábra Klorofill-a koncentráció horizontális eloszlása, esőzés után 4 nappal vízvirágzás során (2019.07.17)



6. ábra Vízalatti fényklimatikus viszonyok összevetése (alacsony klorofill-a tartalom esetében és vízvirágzás során)

A negyedik mintavételre 6 nappal az esőzés után került sor 2019 július 19.-én. A mért eredmények alapján minden paraméter tekintetében (klorofill-a, NO_3^- , PO_4^{3-} , NO_2^-) szignifikánsan alacsonyabb koncentráció értékeket lehetett mérni. A külső forrásból érkezett többlet tápanyagot a fitoplankton állomány már felhasználta, a populáció dinamikája megváltozott, csökkenést lehetett tapasztalni. Az átlag klorofill-a koncentráció $41,7 \mu\text{g l}^{-1}$ -re míg a maximum klorofill-a koncentráció pedig $70,9 \mu\text{g l}^{-1}$ -re csökkent a vízvirágzás során mért értékekkel összevetve. A fő tápanyagok mért koncentrációja esetében is jelentős csökkenés volt megfigyelhető: a PO_4^{3-} koncentráció $4,2 - 31,1 \text{ mg l}^{-1}$, NO_3^- koncentráció $2,5 - 25,4 \text{ mg l}^{-1}$, míg a NO_2^- koncentráció pedig $0,0-0,015 \text{ mg l}^{-1}$ között mozgott. A negyedik mintavétel során mért Secchi átlátszóság 14 méter volt. A klorofill-a tartalom horizontális változását 6 nappal az esőzés után a 7. ábra mutatja.



7. ábra Klorofill-a koncentráció horizontális eloszlása, esőzés után 6 nappal (2019.07.19)

Összegezve a kutatás során kapott eredményeket, tápanyaglimitált tengeri környezetben a fitoplankton állomány rövid időn belül (48 óra elteltével) gyors egyedszám növekedéssel reagált a külső forrásból beérkező többlet tápanyagra. A többlet tápanyagot a nagy mennyiségű és intenzitású esőzések szállítják, a meredek domboldalakon a környező területekről (természetes és antropogén forrásból) felszíni lemosás során a víztestbe. Az esőzések után szignifikánsan megnő a vizsgált fő tápanyagok közül a NO_3^- , PO_4^{3-} koncentráció a víztestben, amely kedvez a fitoplankton állomány túlzott elszaporodásának. A vizsgált periódusban 4 nappal az esőzést követően, vízvirágzás alakult ki. Ilyen körülmények között szignifikánsan megnőtt a klorofill-a tartalom, a normál környezeti feltételek között fennálló viszonyokhoz képest. A Secchi átlátszóság jelentősen módosult a vízvirágzás hatására, ugyanis normál körülmények között 20 méter feletti, megnövekedett klorofill-a tartalom esetében már 1 m-re csökkent a mért átlátszósági érték. A beérkező többlet tápanyagforrás, rövid idő elteltével, jelentősen módosította a vízalatti fényklimatikus viszonyokat.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

„A Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-22-4-11-MATE/6 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült”.



IRODALOMJEGYZÉK

European Community 2000: Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. Official Journal of the European Parliament, L327(October 2000), 1–82. pp. <https://doi.org/10.1039/ap9842100196>

Dévai, I., Dévai, G. (1979): A víz kémiai és fizikai tulajdonságai. Debrecen: Oktatási segédanyag, KLTE. 74. p.
Felföldy, L. 1974: A biológiai vízminősítés. In Vízügyi Hidrobiológia. Vízügyi hidrobiológia 3. Vízdok. 234. p.

Felföldy, L. 1981: A vizek környezettana általános hidrobiológia (Wenszky, Á. Szerk.). Budapest: Mezőgazdasági Kiadó. 289. p.

Kiss Keve, T. 1998: Bevezetés az algalógiába. Budapest: ELTE Eötvös Kiadó. 283. p.

Kirk, J. T. O. (2011): Light and Photosynthesis in Aquatic Ecosystems (Harmadik kiadás). Cambridge: Cambridge University Press. 638. p.

Padisák, J. 2005: Általános Limnológia. Budapest: ELTE Eötvös Kiadó. 310. p.

Práger, T., Pieczka, I. 2013: Oceanográfia, Eötvös Loránd Tudományegyetem. 219.p.

Reynolds, C. S. 2006: The Ecology of Phytoplankton. Cambridge, Cambridge University Press 551.p.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1017/CBO9780511542145>

Zseni, A., Bulla, M. 2002: Vízminőségvédelem. Győr: Széchenyi István Egyetem, Építési és Környezetmérnöki Intézet. 168. p.