

SZENT ISTVÁN EGYETEM
GAZDASÁGI, AGRÁR- ÉS EGÉSZSÉGTUDOMÁNYI KAR
TESSEDIK CAMPUS
KÖRNYEZETTUDOMÁNYI INTÉZET

Tudományos Diákköri Dolgozat

AZ ELSŐDLEGES TERMELÉS VIZSGÁLATA A SÖTÉT – VILÁGOS PALACK
MÓDSZERREL ÉS AZ EREDMÉNYEK ÖSSZEHAISONLÍTÁSA A HÁROMPONTOS
OLDOTT OXIGÉNMEÉRÉSSEL

Készítette:

Fekete Szabolcs
IV. évf. BSc hallgató

Konzulens:

Dr. habil. Jakab Gusztáv
egyetemi docens

Külső konzulens:

Dr. Gál Dénes
tudományos főmunkatárs
Halászati és Öntözési Kutatóintézet

SZARVAS
2013

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	3
2. Irodalmi áttekintés	5
3. Anyag és módszer	15
3.1. A kísérleti rendszer leírása	15
3.2. Vizsgált paraméterek	16
3.3. In vitro módszer elemzése	18
4. Eredmények	20
4.1. A respirációs és produkció mérés eredményei	21
4.2. Vízhőmérsékleti paraméterek alakulása	27
4.3. Az eredmények értékelése	31
5. Következtetések	32
6. Összefoglalás	34
Irodalomjegyzék	35
Ábrajegyzék	37
Táblázatjegyzék	38
Köszönetnyilvánítás	39
Függelék	40

1. Bevezetés

A magyarországi haltermelés bázisát a tavi haltermelés adja, az étkezési haltermelésünk megközelítően 86 %-a, mintegy 25.000 ha halastóból származik (PINTÉR, 2010). Mivel a halastavak adják a hazai termelési bázis meghatározó részét, ezért a haltermelés-fejlesztésének egyik legkézenfekvőbb területe a halastavakban rejlő termelésbiológiai potenciál jobb kihasználása; részben a hagyományos tavi termelés tápanyagforgalmi viszonyainak optimalizálása révén (a takarmányozási költségek csökkentése a természetes hozam mennyiségének növelésével), részben pedig a tavi termelés intenzitásának növelésével (fajlagos árbevétel növelése). A számos eltérő körülmény közül a legmeghatározóbb, az, hogy a termelés színtere a halastó, közege pedig a víz. Annak ellenére ugyanis, hogy az árasztás előtt a halastavakat pontosan meghatározott tervek szerint előkészítik, működésük során pedig mind a kihelyezett halfajok milyensége, mind a halak etetése vagy más beavatkozások (trágyázás, műtrágyázás) révén az ember aktív ellenőrzése és beavatkozása alatt állnak, a feltöltés pillanatától kezdve minden egyes tó önálló életet kezd élni, önálló egységnek tekinthető, és minden egyes halastóban kialakul egy rá jellemző vízminőségi állapot. (HANCZ, 2007). Legértékesebb természeti kincsünk a víz. A vízminőségromlást okozó szerves anyagoktól öntisztulás révén szabadulhatnak meg a vizek, amikor azokat elemeire bontják le a lebontó szervezetek, a baktériumok és a gombák. Egy részüket beépítik saját testükbe, más részük pedig az ásványosodási folyamat útján oldatba kerülnek, majd az elsődleges termelés folyamatában, a különféle moszatok testében kezdenek új életet (LOVAS, 1990).

A halastó természetes hozama az elsődleges termelés nagyságától és a fotoszintézissel termelt szervesanyag további értékesülésétől függ. Pontos mérése nélkülözhetetlen a halas tavi ökoszisztéma halhústermelésének, természetes hozamának maximalizálását célzó mesterséges beavatkozásainak tervezésénél, az olcsó és hatékony technológiák kialakításánál (OLÁH et al., 1977).

A tudományos diákköri kutatásaim során elvégzett kísérlet célja az volt, hogy a sötét – világos palack módszerrel nyert eredményeket összehasonlítsuk a három pontos oldott oxigénméréssel. A rendszer vizsgálatának közvetlen célja volt:

1. az elsődleges termelés mérése
2. a társulás légzés vizsgálata

A tavi haltermelő rendszerek működését meghatározza az ott folyó elsődleges termelés sebessége, amely alapvetően befolyásolja a tápanyagterhelés feldolgozásának mértékét és a tavakban képződő természetes hozama nagyságát.

Az *in situ* mérés során a három pontos oldott oxigén napi ritmusának módszerét, az *in vitro* mérés esetében pedig, a sötét – világos palack módszert vizsgáltuk.

A vizsgálataimmal olyan a szarvasi Halászati és Öntözési Kutatóintézetben folyó kutatási programba kapcsolódtam be, amelynek célja egy olyan tavi termelési technológia fejlesztése, amely az intenzív és a kombinált (intenzív és extenzív) haltermelés kombinációján alapul. A sötét – világos palack és a hárompontos oxigén módszerrel az egyes halnevelő medencék vizének napi oxigén változásait mértem.

Vizsgálataim során a következő kérdésekre kerestem a választ:

1. Milyen módon változik a produkció az *in situ* és az *in vitro* méréseknél?
2. Hogyan változik a respiráció e két módszernél?
3. Hogyan befolyásolja az üveghatás a sötét – világos palack módszer során a mérések pontosságát?
4. Mennyi az optimális inkubációs idő?

2. Irodalmi áttekintés

Az akvakultúra sajátosságánál fogva nagymértékben integrálódik az őt körülvevő környezetbe. A fenntartható fejlődés biztosításának egyik alapvető feltétele a természeti erőforrások kíméletes hasznosítása, a természeti környezet minőségének megőrzése és javítása (FEKETE, 2012). Mivel a haltermelés egyik legjelentősebb természeti erőforrásunknak, víznek a közvetlen hasznosítója, ezért a tógazdasági haltermelés fejlesztése során kiemelten kell foglalkozni a vízi erőforrások kíméletes felhasználásával és a vízi környezet védelmével. A hazánkban előállított halhús döntő részét tavakban termelik (PINTÉR, 2010). A Halászati és Öntözési Kutatóintézet 1996 óta foglalkozik olyan új víztakarékos és környezetbarát halas tavi termelési technológia fejlesztésével, amely az intenzív és extenzív tavi haltermelés kombinációján alapul. A módszer lényege, hogy az intenzív (sűrűn népesített, intenzíven takarmányozott és levegőztetett) tavak szerves tápanyagban feldúsult elfolyó vizét kiterjedt, extenzív halastó-felületen kezelik. A problémát az intenzív halastavakon váratlanul bekövetkező oxigénhiányos állapot jelenti. Ekkor gépi levegőztetést kell alkalmazni (MARJAI, 2003). Magas termelési szinten a modern tógazdaságok nem nélkülözhetik a rendszeres oxigénpótlás eszközeit. A biztonságos haltenyésztéshez tehát meg kell teremteni az oxigénpótlás lehetőségét (HORVÁTH, 1984). Ázsiában több ezer éves hagyománya van az integrált rendszereknek, amelyek a primer rendszerből kibocsátott tápanyagokat hasznosítják egy kapcsolt halas tavi rendszerben, így állítva elő többlet jövedelmet (CHANG, 1987). A természetes vizek számára a fő problémát, a szén, a foszfor és a nitrogén, növekvő koncentrációja okozza, amelyek forrása a tavakba a haltermelés folyamán bekerülő szerves tápanyagok. A halastó alkalmas a termelés számára közvetlenül nem felhasználható „hulladék tápanyagok: szerves- és szervesetlen trágya, mezőgazdasági eredetű elfolyóvizek feldolgozására és hasznosítására is (GÁL, 2006). A tógazdasági termelést más, főként állatállományozási ágazatoktól eltérően, a termelés helyét képező élőhelytől való nagymértékű függés jellemzi. A termelés alapvetően a tavi életközösség táplálkozási láncán keresztül történik, amelybe nemegyszer csak közvetetten tudunk beavatkozni.

A tavi termelés során a hal növekedéséhez szükséges fehérje mennyiségét elsősorban a tóban található táplálékszervezetek biztosítják, miközben a szükséges táplálékmenyiség takarmányozással kerül a halastavakba (TASNÁDI, 1983; HANCZ, 2000; WOYNÁROVICH, 2005). A növények, elsősorban a növényi plankton szervezetek, a vízben található szerves szénből és ásványi anyagokból, a nap energiáját hasznosítva, szerves anyagot fotoszintetizálnak. A tógazdaságok „algatermesztő” tevékenysége közzismert. A hozamfokozó eljárások egy része közvetlenül az algaállományra hat vagy a tavi algakultúrák helyzetének javítására irányul. A plankton algák mikroszkopikus méretű szervezetek (O. TÓTH, 1999). Az algák elsődleges szerepe – természetes és mesterséges ökoszisztémában egyaránt – a tápanyagok magasabb energiaszintre történő feljuttatása. Egy vízi tápláléklánc első szintjeként döntő jelentőségű az algák szerepe, minőségi és mennyiségi változásaik nyomon követése (KISS, et al., 2004).

A növények által termelt szerves anyagot az állati szervezetek hasznosítják és halmozzák fel, majd egy másik tápláléklánc szinten található szervezetek élelmét képezik. Ezt az anyagforgalmat és energiaáramlást követve jutunk el a halhoz. Az autotróf szervezetek energiamegkötő folyamataikon túl, fontos szerepet töltenek be az oxigén termelésben és a vízminőség szabályozásában is. Mindezek a folyamatok egy létesített halastó esetében is fennállnak. Ugyanakkor a trágyázott és takarmányozott halastavaknál a bakteriális tápláléklánc is kiemelkedő jelentőséggel bír (FELFÖLDY, 1981).

Az időjárás és a fényviszonyok is jelentősen befolyásolják a természetes hozam értékét. A halastavak vizében nagy mennyiségben élnek alsóbbrendű növények és ezek a növények a vízben oldott szerves szénből, a napfénytől nyert energia felhasználásával, szervesanyagokat állítanak elő. Ezekből építik fel testüket. Az alsóbb rendű növényeket a vízben élő alsóbbrendű állatok fogyasztják, majd ezeket a halak. Az így kialakult tápláléklánc kiindulása és alapja az alsóbbrendű növények szervesanyag termelése. Ezek azonban csak egy bizonyos fényerősségnél – amit optimális fényerősségnek nevezünk – állítják elő a legtöbb szervesanyagot (MAUCHA et al., 1954). A vízi élettevékenységet a zöld növények (algák, hínárnövények) indítják. Velük kezdődik és rájuk épül a vízi szervesanyag – termelés. A növények a nitrogén (N), a foszfor (P) a kálium (K) és más, nélkülözhetetlen összetett és oldott állapotban levő növényi tápanyagok, valamint a víz (H₂O) és a szén – dioxid (CO₂) feldolgozásával, a napfény, mint alapenergia felhasználásával az asszimiláció folyamán

szerves anyagot (cukrot) állítanak elő. Ez a tevékenységük jelenti az élet kezdetét és alapját az egész Földön, így a vizeinkben is.

A növényeknek ezt a működését ezért nevezik elsődleges (primer) termelésnek, az anyagforgalomban az első táplálékszintnek (ANTOS, 1982).

A víz egyik fontos tulajdonsága az átlátszóság, amely lehetővé teszi a fénynek a felszíni vizek mélyebb rétegeibe való behatolását. Ugyanis a növényi élet fényhez és optimális hőmérséklethez kötött, mert a növényi szerves anyag termelés (asszimiláció) optimális hőmérsékleten és fényenergia felhasználásával valósul meg (LAJKÓ et al., 2001).

Az elsődleges termelés alapfolyama (fotoszintézis)

Valamennyi zöld növény, egyéb pigmentje mellett, tartalmaz a-klorofillt, ami egyedül teszi képessé ezeket, szervezeteket szervesanyagok felépítésére szervesanyagokból, a napfény energiájának felhasználásával (fotoszintézis). Ennek a folyamatnak erősen leegyszerűsített, régóta használt formulája (ENTZ, 1977):



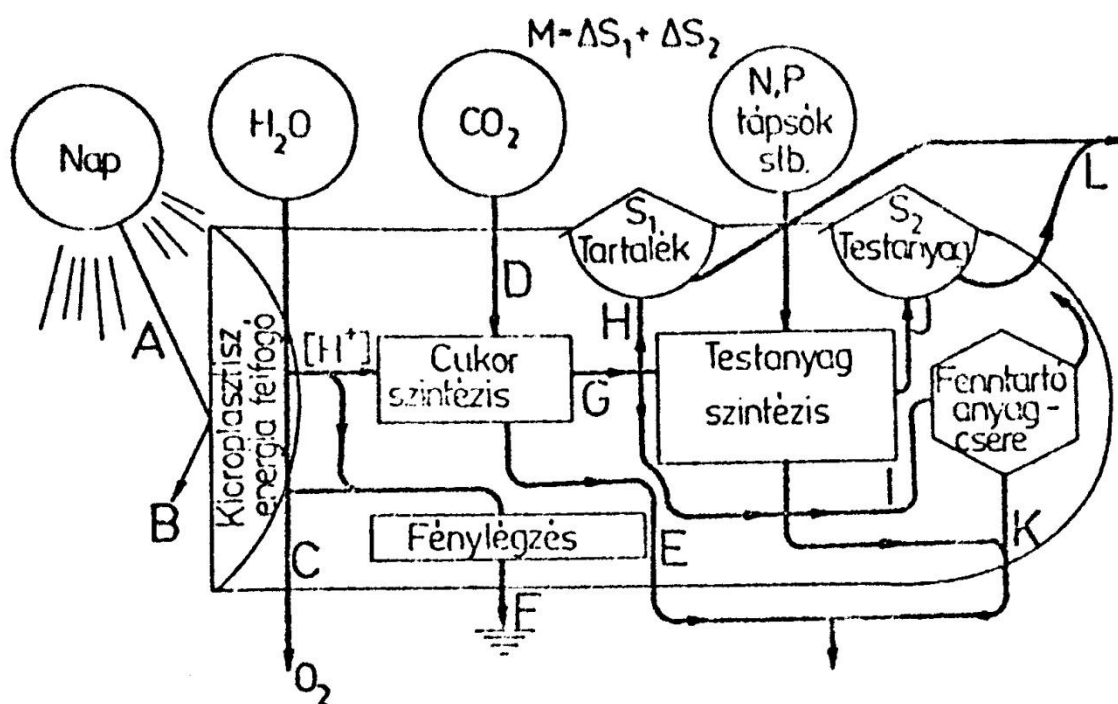
Az elsődleges termelés a fotoszintézis segítségével valósul meg.

A beeső sugárral (A) érkező foton energia - tartalmának útját követve látjuk, hogy amint az a levél vagy sejt felületéhez ütközik, energia-tartalmának egy része visszaverődik róla (B), a maradék a szintestben lévő klorofill csapdájába kerül. A bekerülő energia a klorofillt gerjeszti és az fotoszenzibilizátorként működve átadja energiáját a vízmolekulának, így a fényenergia felhasználásával a víz fotolízise következik be. A felszabadult oxigén elhagyja a sejtet (C), a hidrogén ion pedig a cukorszintézishez használódik el. A fotonból befogott eredeti energia szervesanyagok ciklikus sorozatának redukciójára (tehát energia gazdagodásra) fordítódik, a H-donátor pedig oxidálódik. Végül az energia adenzin-trifoszfát (ATP) formájában tárolódik, hogy később nagy energia-tartalmú szerves vegyületek képzésére szolgáljon. A felépítés természetesen nem történik energia-vesztés nélkül, amint azt az E pálya érzékelteti. Ugyancsak veszteség éri a rendszert a fénylégzés (fotorespiráció) oxidációjával, bizonyos Calvin-ciklus köztitermékek (glikolsav) oxidációjával (F). Mivel a fénylégzéskor a növény számára használhatatlan energia szabadul fel, egyes szerzők a bruttó fotoszintézis meghatározásakor a fénylégzést nem veszik figyelembe. A produkció-méréskor sem mérhető, mert a CO₂ és O₂ gyors turnoverjével jár, szénkötés nélkül.

A bruttó termelést közönségesen a felszabaduló oxigén vagy a felvett (beépített, fixált) szén mennyiségéből mérik. Mivel az első lépés a fotoszintézis folyamatában, aminek eredménye

terepen mérhető, az oxigénkeletkezés. a légzés értékével javítva, ezt tekintik a bruttó termelés leghasználhatóbb mértékének.

A széndioxid felvételt is könnyen lehet terepen mérni és a légzési korrekcióval ennek eredménye is joggal nevezhető bruttó produkciónak, de az ábrán látható eltérő helyzetük miatt, a két mérés nem adhat tökéletesen azonos eredményt.



1. ábra: A növényi termelés vázlatos modellje

Ábramagyarázat:

A/ beeső napfény; B/ visszavert fény, hőveszteség; C/ az oxigén-módszerrel mért termelés; D/ a ^{14}C -módszerrel mért termelés; E/ az ATP-cukor energiaátvitelénél beálló energia veszteség; F/ fénylégzés; G/ cukor formájában kötött energia; H/ cukor formájában (S_1) raktározódó, tartalék energia; I/ a fotoszintézissel létrehozott és az anyagcserére hasznosított energia (egy része H pályán visszafelé áramlik); J/ a testanyagokba tárolódó energia (S_2); K/ a testanyagszintézis és az anyagcsere folyamatok során disszipálódott (hő) energia; L/ a növény energia vesztesége oldott szervesanyag leadással, letöredezéssel és a növényevők táplálkozásával. M/ a pillanatnyi állomány nettó termelése a biomassza mennyiségének változása; N/ szintén nettó termelés = L+M.

A keletkező oxigén és a felhasznált széndioxid aránya a fotoszintetikus együttható, ami a növényben felépülő cukrok, zsírok és fehérjék relatív mennyiségét tükrözi.

Amint a szén és az energia cukor formájában megkötődött, a cukor raktározódik H pálya) vagy testanyag építésére (J) és a fenntartható anyagcserére (K) használódik el, beleértve a cukorképzésre és a testanyag szintézisre felhasznált energia mennyiségeket (E és J) is.

Az oxigén-emésztő folyamatok összességét – a fénylégzés nélkül – fito respirációnak, valódi növényi légzésnek nevezik. A nettó produkciót tehát úgy határozhatjuk meg, mint a növényi termelés és a valódi növényi légzés különbségét.

A nettó produkcióban a növényi biomasza-növekedés mellett a környezetbe jutó formált vagy oldott szervesanyag – veszteség és a növényevők fogyasztása is foglaltatik. A két utóbbi kategóriát, amit a legtöbb produkció-mérésnél elhanyagolunk, az L pálya is jelzi (ENTZ, 1977).

A halastavi anyagforgalom

A Nap, sugárzó energiáját az építő (konstruáló), ill. az energiafelhalmozó (akkumuláló) szervezetek körébe tartozó zöld növények a fotoszintézis során megkötik és a testükben felépülő szervesanyagban rögzült kémiai energiává alakítják. Élőlényközpontúan vizsgálva a kérdést, ez a szerep a termelő (producens), ill. a energiakötő (konstitív) szervezeteké, amelyeket az autótrof élőlényekkel, azaz az elsődleges termelőkkel tekintünk azonosnak. A fotoszintézis során képződött szervesanyagot és a benne rögzült energiát használják fel a – környezetközpontúan szemlélve – lebontó (destruáló), ill. energiafelszabadító (dekomponáló), élőlényközpontúan szemlélve átalakító (konvertens), ill. energiaátépítő (rekonstitutív) szervezetek életfolyamataik fenntartására, miközben a szervesanyag és az energia a táplálkozási (trofikus) szinteken vándorol. Az ebben a folyamatban résztvevő élőlények a heterotróf szervezetekkel, azaz a másodlagos termelőkkel azonosak.

Az elsődleges termelők több energiát és több tápanyagot kötnek meg és építenek a szervezetükbe, mint amit ők maguk a saját életfolyamataik során felhasználnak. Az energiát megkötő élő szervezeteknek saját életfunkcióikat is fenn kell tartaniuk, ezért megkülönböztethetünk bruttó és nettó energiaprodukciót. A bruttó energiaprodukció egyenlő a fotoszintézis során, adott időtartam alatt rögzített napfényenergia mennyiségével, a nettó energiaprodukciót pedig akkor kapjuk, ha az összenergia mennyiségéből kivonjuk a saját életfolyamatokhoz felhasznált ún. respirációs energiát. A termelők által megkötött energia és a szerves formában rögzített tápanyag a táplálkozás folyamata révén áramlik keresztül az élő rendszereken. A termelők által előállított és a táplálkozás során elfogyasztott tápanyag-és energiamennyiség útja nyomon követhető az egymásra épülő ún. trofikus szinteken.

Az azonos energiaszintbe tartozó élőlények hozzák létre az energia- vagy táplálékszinteket, azaz a trofikus- vagy Λ (lambda-) szinteket.

A nap sugárzó energiáját (Λ_0 szint) a növények fotoszintézise emeli a termelők Λ_1 szintjébe. Ennek az energiának egy része a táplálékkal az állatokba kerül, mégpedig először a növényevők Λ_2 szintjébe. A növényevőkkel táplálkozó húsevők alkotják a következő Λ_3 szintet, majd az ezekkel táplálkozó másodlagos húsevők emelik az energiát a Λ_4 -gyel jelölt szintjükbe.

A legfelső szintet a harmadlagos húsevők, az ún. csúcsragadozók képviselik (Λ_5 szint), amit további ragadozó már nem fogyaszt. Ha egy vízi ökológiai rendszerben a biomasza piramisát nyáron vizsgáljuk, akkor azt tapasztaljuk, hogy az algák tömeges jelenléte miatt a legalsó (termelői) szint igen széles. Az őszi kezdetével az alga biomasza kezd csökkenni, télen akár egészen minimális szintre juthat, amely szintet a fogyasztók biomasszája felülmúl (HANCZ, 2007).

Biológiai vízminőségi tényezők

A biológiai vízminőség azoknak a tényezőknek az összessége, amik a vízi ökoszisztémák életét meghatározzák, létrehozzák és fenntartják azokat. A biológiai vízminőség mutatói, jelenségei és változásai négy tulajdonság csoportba sorolhatók. Ezek a víz halobitása, toxicitása, szaprobitása és trofitása.

Halobitás a víz biológiai szempontból fontos szervesanyag-kémiai jellege. a vízben lévő összes ion koncentrációjától és az ionok minőségétől függ, tehát nagyrészt az élettelen környezet adottsága. Toxicitás a víz mérgezőképessége, ami mérgek jelenlétén múlik. Ezek a vízi ökoszisztéma élőlényinek működését csökkentik, vagy elpusztítják őket. Szaprobitás a vízi ökoszisztéma szervesanyag bontó képessége: az elsődleges termelés ellen dolgozó lebontás erőssége.

Trofitás a vízi ökoszisztéma termőképessége: az elsődleges szervesanyag-termelés erőssége. A termelést lehetővé tevő és elősegítő tényezők közül a legfontosabbak a fény, hőmérséklet, szervesanyag tápanyagok és zöld növények jelenléte. A trofitás növekedése eutrofizálódással fenyeget (FELFÖLDY, 1974).

Az elsődleges termelés

Az elsődleges termelés a vízi produkció-biológiában egyértelműen a felület- vagy térfogategységen, adott idő alatt létrejövő szervesanyag keletkezésének folyamata, aminek eredményét szerves-szén, szervesanyag (szárazanyag), glukóz, alga biomasza, klorofill vagy

a megkötött energia formájában szokás kifejezni. Legcélszerűbb azonban úgy kifejezni, amilyen formában a mérés történik (T. DVIHALLY, 1977).

A produkcióbiológiai megközelítés sarkalatos pontja az elsődleges termelés értékelése, amelynek mérésére többféle módszert dolgoztak ki.

Hosszú időn át az elsődleges termelés mérését *in vitro*, ún. sötét-világos palack módszerrel (FELFÖLDY, 1987) végezték, amely a halastavakban naponta képződő szervesanyag-termelés jelentős alulbecslését jelentette, így nem tette lehetővé a tavak mindennapos halprodukciónak meghatározó reális transzformáció-arányok megértését (OLÁH et al., 1986b). Az elsődleges termelés természetes környezetben való mérését (ODUM, 1956) vázolta a napi oxigéngörbék matematikai értékelésére alapozva, amely alapelveit, bár módosítva, de használtunk a kombinált rendszerben folyó elsődleges termelés megbecsléséhez.

Az elsődleges termelés a vízi produkció-biológiában egyértelműen a felület- vagy térfogategységen, adott idő alatt létrejövő szervesanyag keletkezésének folyamata, aminek eredményét szerves-szén, szervesanyag (szárazanyag), glukóz, alga biomassa, klorofill vagy a megkötött energia formájában szokás kifejezni.

A halastó természetes hozama az elsődleges termelés nagyságától és a fotoszintézissel termelt szervesanyag további értékesülésétől függ. A természetes vizek elsődleges termelésének mérésére általánosan használt sötét-világos palack módszer oxigénes és szénizotópos változata, mint nem természetes környezetben történő mérés, számos hibával terhelt, különösen ha eutrófikus vizekben használjuk. A módszerben rejlő hibák még nagyobbak lesznek halastavi alkalmazás esetén.

A sötét- világos palack *in vitro* eljárással szemben, a természetes környezetben, *in situ* történő mérés és a kapott napi oxigén görbe matematikai értékelése számos előnnyel bír. Ráadásul a hazai és nemzetközi kereskedelembe több, megbízhatóan működő elektronikus oxigén-mérő készülék kapható, melyekkel nagyszámú adat nyerhető kis munkaráfordítással. A légzés pedig az állóvízi, nagy napi oxigén - koncentráció ingadozásának kitett szervezeteknél erősen függ az oxigén – koncentrációtól, nem beszélve az algák és magasabb rendű vízi növények fény – légzéséről (fotorespiráció). (OLÁH et al, 1977)

A világos-sötét palack módszer

100 ml-es, vagy annál nagyobb palackokba különböző mélységekből levegővel való érintkezés nélkül vízmintákat veszünk, és a palackokat buborékmentesen lezárjuk. Az egyik palackot alufóliába csavarjuk, vagy sötét dobozba helyezzük. Ezt a sötét palackot és a második, ún. világos palackot a vízbe visszaengedjük oda, ahonnan a minta származik. Adott idő után ezekben a mintákban is meghatározzuk az oxigén koncentrációt. A sötét palackban fotoszintézis (termelés) nincs, csak légzés. Ezért ebben a palackban kevesebb oxigén lesz, mint abban a palackban ahol rögtön a mintavétel után fixáltunk.

A vizsgálatokat a több mélységben érdemes elvégezni. A mélységek egymástól való távolsága a víz mélységétől, vagy még inkább átlátszóságától függjön. Inkább a jól megvilágított részen legyen több minta, mint ott, ahol már nincs fotoszintézis.

A palackba zárás természetellenes viszonyokat teremt. Ez annál inkább így van, mennél kisebb a palack (ezért ne használjunk 100 ml-nél kisebbet), és mennél hosszabb az expozíció ideje. Tavanként változik, hogy idővel meddig nő egyenes arányban a termelt O_2 mennyisége. Általában ne exponáljunk egy mintát 6 óránál tovább. A korábban sokak által alkalmazott 24 órás mérés, vagy napfelkeltétől napnyugtáig tartó expozíció alulbecsléshez vezet.

Ideális lenne, ha a nappalt 4 órás, vagy 6 órás szakaszokra bontanánk, és 3-4 expozíció összegéből számítanánk ki a napi termelést. A gyakorlatban az ritkán kivitelezhető, ezért egy expozícióból szoktak az egész napra extrapolálni, pl. a délelőtti vagy a délutáni mérést szorozzák kettővel, négy órás mérésről extrapolálnak a nappali órák száma mínusz két óra időtartamra stb.

Célszerű a termelést alapterületre is átszámítani. Így különböző tavak termelékenysége válik összehasonlíthatóvá, összehasonlítjuk a vizek termelését a szárazföldi társulásokéval, könnyen kiszámítjuk egy egész tó termelését, de az elsődleges termelés hatásfokát is, hiszen a beeső fényt is területegységre kapjuk meg.

Ilyenkor pl. méterenként elhelyezett vízmintáknál úgy számolhatunk, hogy minden minta egy méteres vízoszlopot képvisel, vagy planimetriával mérhetjük a fotoszintézis vertikális profilja által határolt területet.

Ha az év során kéthetente, de legalább havonta mérünk, és a napi termeléseket vonallal összekötjük, a vízszintes tengelyen az időt a függőleges tengelyen a napi termelést ábrázolva a termelés éves alakulását mutató vonal alatti terület adja az évi termelést.

Ez az összeg természetesen nincs egy adott pillanatban, mint O_2 mennyiség, vagy az ennek megfelelő szerves anyag jelen, a tónak azonban fontos jellemzője, és az éves anyag és energia mérleg készítésénél ezzel az összeggel, mint energia bevétellel kell elszámolnunk (HERODEK, 1977).

A sötét – világos palack módszer halastavi alkalmazásának egyik legfontosabb hibaforrása a 100 – 200ml-es üvegedénybe zárt tóvízben az inkubálás során keletkező üveghatás. A lezárt rendszerben a tápanyag-utánpótlás megszűnése és az anyagcsere termékek felhalmozódása is jelentős mértékben módosíthatja az eredményeket. A hosszabb inkubáció megengedhetetlen mértékben növeli ezeket a hibákat (OLÁH, 1977).

A vízi ökoszisztémák termelésének mérése általánosan használt sötét – világos palack módszer, és ennek a sekély vizű tavakra a 1970-es években a Halászati és Öntözési Kutatóintézetben kidolgozott sötét - világos üveghenger változatának használatával az intenzíven trágyázott halastavakban többszörösen alulbecsülhető az oxigén-termelés, különösen, ha hosszú inkubációt használunk.

Az elektrometrikus oxigén mérése membránelektrodával lényegesen egyszerűbben és gyorsabban véghez vihető, szemben a sötét – világos palack módszerrel.

Ha az oldott oxigén meghatározásokat az anyagforgalom megismerése érdekében végezzük, amikor a lehető nagy pontosság mellett igen sok mérés szükséges, minden víztípusban előnyös a membrán elektródás készülékek használata (FELFÖLDY, 1980).



2. ábra: Intenzív halnevelő tóegység a Halászati és Öntözési Kutatóintézet területén



3. ábra: Ketreces intenzív rész az extenzív halastóban

3. Anyag és módszer

3.1. A kísérleti rendszer leírása

A kombinált rendszeren végzett kísérleteket négy, egyenként 310 m² (vízmélység 1 m) területű tóban végeztem. A tavakat Körös holtágából árasztottuk fel egy héttel a népesítést megelőzően. A tavi rendszer zárt rendszerként üzemelt, a tenyésztidőszak alatt elfolyóvíz kibocsátás nem történt, kizárólag az őszi lehalászás alkalmával a lecsapolás során távozott elfolyóvíz a tavakból. A tenyésztidőszak alatt a szivárgásból és párolgásból eredő vízvesztéséget pótoltuk.

Lapátkerekű levegőztetők (0,5 kW) alkalmazásával tartottuk fent a megfelelő oxigén szintet a tavakban, (> 6 mg/L) valamint ezek biztosították a vízáramlást a rendszer intenzív és extenzív része között /22. ábra/. Mind a négy kísérleti egységben azonos volt a népesítés, az összes tóegység takarmányozva volt. Két halnevelő medencébe (extenzív rész), egy-egy ketrecet helyeztünk intenzív egységként (20 m³) /3. ábra/. Tavanként 300 kg szürke harcsát (*Silurus glanis*), a ketreces tavak extenzív részébe pedig 50 kg pontyot (*Cyprinus carpio*) telepítettünk.

Az elsődleges termelést és a társulás légzés mérését két módszerrel végeztük: (1) sötét-világos palack módszerrel /5. ábra/ és (2), az oxigéntartalom napi változásainak *in situ* mérésével.

Az (1) *in vitro* mérés kezdetekor elővizsgálatot végeztem, hogy melyik, az irodalomban leírt sötétítési módszer segítségével lehet a legpontosabb eredményeket elérni (sötét-doboz, celofán, alufólia, festés, szigetelőszalag és ezek kombinációja).

A méréseket mind a két módszerrel 24 órán keresztül, napnyugtától másnap napnyugtáig (mérések időpontjai: napnyugta, napkelte, 10:30, 15:00, napnyugta) végeztem, hetente egy alkalommal. A két módszerrel történő méréseket 14 héten keresztül vizsgáltam májustól szeptemberig, hetente egyszer.

- A sötét-világos palack *in vitro* módszerénél 210 ml térfogatú üvegeket használtam, melyeket egy 1 méter nagyságú úszóállványra helyeztem rá, hogy azok a vízfelszíntől számított 20, 50, 80 cm mélységben helyezkedjenek el /4. ábra/. A kupak rátételét az üvegedénykékre a víztükör felszíne alatt végeztem el, hogy az üvegedények buborékmentesek legyenek.
- Az üvegek sötétítését festéssel és fekete vízálló és hőálló szigetelő szalaggal oldottam meg.
- A kiindulási oxigén koncentráció mérését követően egy óra volt az inkubációs idő.

- Az *in situ* oldott oxigénmérésnél ugyancsak a víztest 20, 50, 80 cm mélységében mértem az oxigén koncentráció ($O_2\%$, mg/l), a pH, a vezetőképesség és a hőmérséklet változásait. Membrán elektródos oxigén mérővel mértem rögtön a tó levegőztető kikapcsolása után, majd ezt követően egy óra várakozási idő elteltével megismételtem a folyamatot.
- Mind a két mérést azonos időközönként végeztem el, azonos vízmélységben.

3.2. Vizsgált paraméterek

A kísérleti tavainkból hetente vett vízmintákkal követtük nyomon az ammónium- (TAN), nitrit- (NO_2-N), nitrát- (NO_3-N), összes szervesetlen nitrogén (TIN) és az összes nitrogén (TN), az ortofoszfát- (PO_4-P) és összes foszfor (TP), valamint a kémiai oxigénigény (KOI_{Cr}) változását. A vízkémiai paraméterek mérése az MSZ, MSZ ISO és APHA szabványok szerint történt. A fotoszintetikus pigmentek meghatározása Whatman GF/C szűrőpapíron átszűrt vízminta 90 %-os acetonban való extrakcióját követően fotometriával történt (FELFÖLDY, 1987; APHA, 1998; NÉMETH, 1998). A vízminták vételére minden esetben délelőtt 10 és 11 óra között került sor.

Az elsődleges termelés és a társulás légzés *in situ* mérése a tavak vizének oldott oxigénmérésén alapult. Mivel a kísérleti rendszer levegőztetve volt, ezért napközben napfelkeltekor, 10:30, 15:00 órakor, naplementekor illetve naplementét követően 45 perces időszakra a tólevegőztető kikapcsolásával mértem az oxigénszintek változását. A naplementét követő időszakban mért oxigénszint csökkenés képezte a légzés, míg napközben mért oxigénszintek növekményének átlagából kaptuk meg a termelés mértékét.

Az elsődleges termelés és a társulás légzés *in situ* mérése; hárompontos oldott oxigénmérésen, míg az *in vitro* mérése; sötét – világos palack módszeren alapult (McCONNEL, 1962; NÉMETH, 1998).

A napi respirációt (R) és a bruttó termelést (P) a következő képletek alapján számítottam:

$$R \text{ (gC/m}^2\text{/nap)} = \frac{O_2(t_{nu1}) - O_2(t_{ne})}{N} * 24 * 0,3128$$

ahol

$$P \text{ (gC/m}^2\text{/nap)} = (O_2(t_{nu2}) - O_2(t_{nu1})) + \frac{O_2(t_{nu1}) - O_2(t_{ne})}{N} * 24 * 0,3128$$

O_2 : az egyes időpontokhoz tartozó oxigén koncentráció értékek,

N: az első napi naplemente utáni (t_{nu1}) és a második napi napfelkelte (t_{ne}) időpontok között eltelt órák száma,

(t_{nu2}): második nap naplemente után, 24 órával az első mérést követően.

Meghatároztuk az intenzív részben nevelt halak fajlagos növekedési sebességét (SGR) és a takarmányhasznosítást (FCR) az alábbi formulák segítségével:

$$SGR = 100 \times (\ln w_t - \ln w_0) / t \quad (\%/nap)$$

ahol w_0 , w_t az indulási és a záró egyedi átlagtömeg, t pedig a nevelés ideje.

$$FCR = F / (W_t - W_0) \quad (g/g)$$

ahol F a feletetett takarmány mennyisége, W_0 , W_t a halak indulási és a záró összes tömege.

3.3. *In vitro* módszer elemzése

A kiindulási oxigén koncentráció (C_1) és a sötét palackban mért oxigén koncentráció (C_2) különbsége adta a légzés intenzitását.

$$R = C_1 - C_2$$

A világos palackban a fotoszintézis (P) és a légzés egymás mellett történt. A világos palackban lévő O_2 mennyiségből (C_3) levontuk a kiindulási értéket (C_1), a produkció és respiráció különbségét, a tisztán fennmaradó O_2 termelést.

A nettó (szervesanyag) termelés számítása:

$$C_3 - C_1 = P - R$$

A bruttó termelést a légzés intenzitásának hozzáadásával kaptuk meg:

$$P = C_3 - C_1 + R$$

$$P = C_3 - C_1 + C_1 - C_2 = C_3 - C_2$$

A bruttó termelést (fotoszintézis intenzitását), úgy kaptuk meg, hogy a világos palack értékéből kivontuk a sötét palackét.



4. ábra: *In vitro* mérési eszközök



5. ábra: Mérés a sötét – világos palackokkal

5.

4.Eredmények

Az eredményeket a respiráció (Resp) és a produkció (Prod) tekintetében heti mérésenként (14 hét) összegezve szemléltetik az 1. és 2. táblázatok a két módszerre:

(K1, K2= kombinált tavak), (T1, T2= intenzív tavak)

1. táblázat: *In situ* mérési módszer eredményei (gC/m²/nap)

oldott oxigén napi ritmus módszer	K1		K2		T1		T2	
	Resp	Prod	Resp	Prod	Resp	Prod	Resp	Prod
2013.05.27-28.	5,83	5,10	6,98	6,76	6,33	4,82	6,51	10,28
2013.06.12-13	8,18	11,17	5,13	4,14	5,46	5,31	5,00	5,79
2013.06.17-18	6,11	5,85	5,61	3,27	6,46	5,61	7,06	7,52
2013.06.24-25	6,16	2,04	5,73	3,44	5,53	3,63	5,26	3,90
2013.07.03-04.	26,65	18,34	13,14	9,32	7,38	4,79	11,14	8,52
2013.07.08-09.	14,71	13,40	12,36	11,16	9,03	9,37	11,66	10,28
2013.07.15-16.	13,24	16,44	9,71	15,83	16,32	20,30	16,09	18,00
2013.07.23-24.	12,66	11,68	10,06	7,05	14,71	7,97	14,21	8,74
2013.07.29-30.	8,16	9,58	15,97	10,96	8,98	10,21	15,67	15,14
2013.08.05-06.	9,68	6,56	11,24	6,41	12,11	5,59	11,61	4,89
2013.08.12-13.	6,01	8,44	9,83	8,18	9,36	10,53	8,08	9,05
2013.08.22-23.	8,78	3,59	8,41	1,50	7,61	2,25	9,43	5,62
2013.08.26-27.	8,01	6,55	9,73	7,80	6,08	4,28	7,26	6,81
2013.09.02-03.	13,11	2,45	11,56	1,79	8,68	4,62	7,46	5,02
átlag	10,52	8,66	9,68	6,97	8,86	7,09	9,75	8,54
szórás	5,54	5,04	3,12	4,03	3,36	4,55	3,71	3,99

2. táblázat: *In vitro* mérési módszer eredményei (gC/m²/nap)

sötét-világos palack módszer	K1		K2		T1		T2	
	Resp	Prod	Resp	Prod	Resp	Prod	Resp	Prod
2013.05.27-28	1,94	1,91	5,66	2,28	5,89	4,42	6,50	7,85
2013.06. 12-13	3,13	0,08	3,77	5,46	2,47	5,37	2,74	6,97
2013.06.17-18	1,85	8,57	2,47	5,13	2,08	5,39	2,07	5,08
2013.06.24-25	4,61	4,85	8,30	9,21	5,71	2,05	6,07	4,71
2013.07.03-04	7,18	5,68	3,79	4,62	4,63	14,66	6,61	13,81
2013.07.09-10	7,91	7,08	10,82	28,63	8,83	16,98	10,03	20,04
2013.07.15-16	12,21	8,25	15,21	16,85	13,13	20,72	17,20	19,88
2013.07.23-24	12,23	10,06	12,66	14,76	15,55	16,92	20,08	16,07
2013.07.30-31.	12,19	10,02	10,73	11,75	7,31	16,25	12,96	13,31
2013.08.05-06.	11,45	7,79	15,68	10,28	12,44	12,47	13,30	19,40
2013.08.12-13.	11,60	15,32	9,73	10,58	11,44	11,75	11,19	10,99
2013.08.22-23.	12,17	9,54	13,60	8,50	11,49	12,49	12,34	11,77
2013.08.26-27.	8,36	5,76	8,14	4,33	8,86	7,98	7,15	6,29
2013.09.02-03.	7,80	9,64	9,66	9,37	11,46	15,96	9,37	10,31
átlag	8,19	7,47	9,30	10,12	8,66	11,67	9,83	11,89
szórás	3,98	3,77	4,24	6,73	4,13	5,72	5,14	5,43

4.1. A respirációs és produkció mérés eredményei:

A respiráció és a produkció vizsgálatakor, mind a két módszer során a legnagyobb értékeket júliusban mértem.

A tavak respirációjának és produkciójának mérései között különbségeket tapasztaltam.

A respiráció során a legnagyobb eredményt a K1 kombinált tóban tapasztaltam az *in situ* mérés esetében.

Az *in vitro* módszernél szintén a K1 tóban mértem a legkisebb értéket.

A produkció vizsgálatánál a legmagasabb eredményt a T2 intenzív halnevelő egységben értem el, az *in vitro* módszermérésnél.

Az *in situ* mérésnél a legalacsonyabb produkciós értéket a K2 ketreces tóegységben mértem.

Az *in situ* mérésnél növekedet a respiráció és csökkent a produkció, az *in vitro* vizsgálatnál, pedig ez pont fordítva történt.

3. táblázat: Az *in situ* és *in vitro* eredmények összehasonlítása

Tavak	K1		K2		T1		T2	
2 Oxigéntartalom <i>in situ</i> mérése (gC/m /nap)								
	Légzés	Termelés	Légzés	Termelés	Légzés	Termelés	Légzés	Termelés
átlag	10,52±5,54	8,66 ±5,04	9,68 ±3,12	6,97 ±4,03	8,86 ±3,36	7,09 ±4,55	9,75 ±3,71	8,54 ±3,99
2 Sötét-világos palack <i>in vitro</i> módszer (gC/m /nap)								
átlag	8,19 ±3,98	7,88 ± 3,13	9,30 ± 4,24	10,12 ± 6,73	8,66 ± 4,13	11,67 ± 5,72	9,63 ± 5,14	11,89 ± 5,43

A kísérlet során 24 órás mérést végeztem, amely során 5 expozícióból számítottam ki a respirációt és produkciót.

Az *in vitro* módszernél 210 ml-es palackokat használtam, amelyben egy elektromos oxigénmérő eszközzel pontosan tudtam mérni. A mérések során az üveg edények térfogatából származó hibákat nem tapasztaltam.

A sötét – világos palack módszernél a szigetelőszalagos megoldással pontosabban és könnyebben lehetett dolgozni, mint a hagyományosabb alufóliás takarásos, vagy a sötét - dobozos módszerrel. Az egész kísérlet során, az üvegeken maradt, nem rongálódott meg, így a fény nem tudott bejutni.

A palackokra a kupakokat a víz alatt tettem rá, így a palackok buborékmentesek voltak a mérések során.

Több hivatkozás is megemlíti (1. Elsődleges termelés, 1977), hogy a nem megfelelően választott inkubálás során az üveghatás eredményeként a mérések alulbecslése következik be.

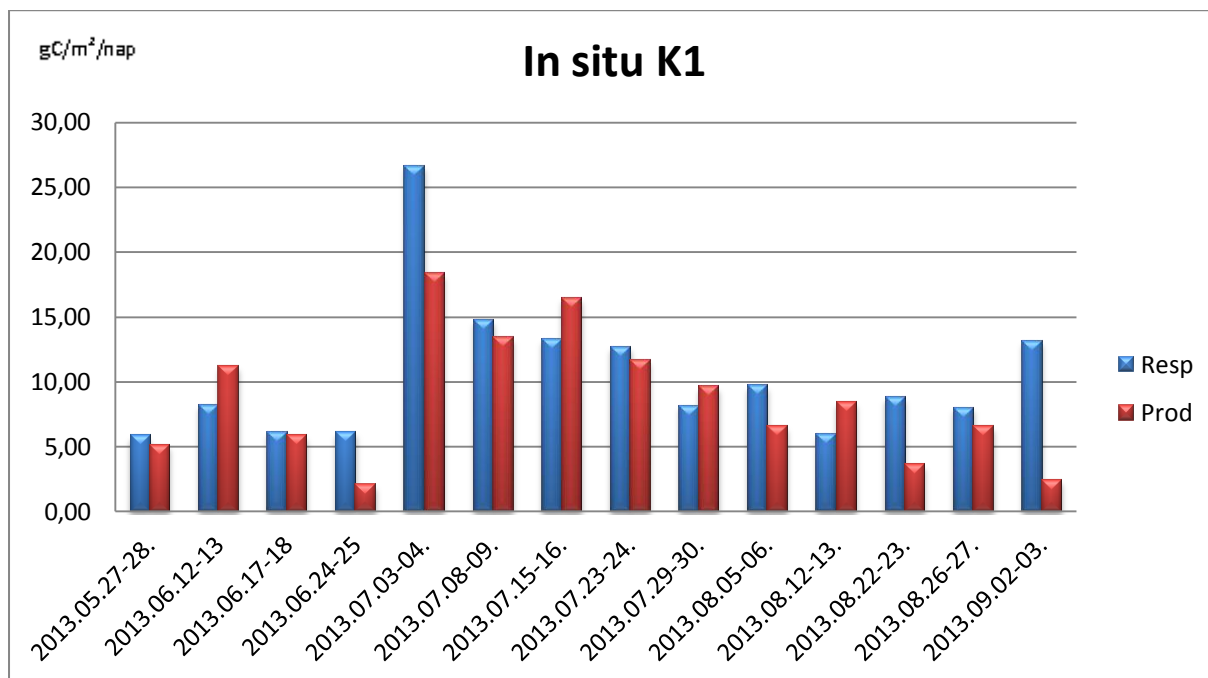
Az általam választott inkubációs idő egy óra volt, amely során pontosan lehetett mérni.

A respiráció átlagos értékei a sötét-világos palack módszernél alacsonyabbak lettek, mint az oldott oxigén napi ritmus módszernél.

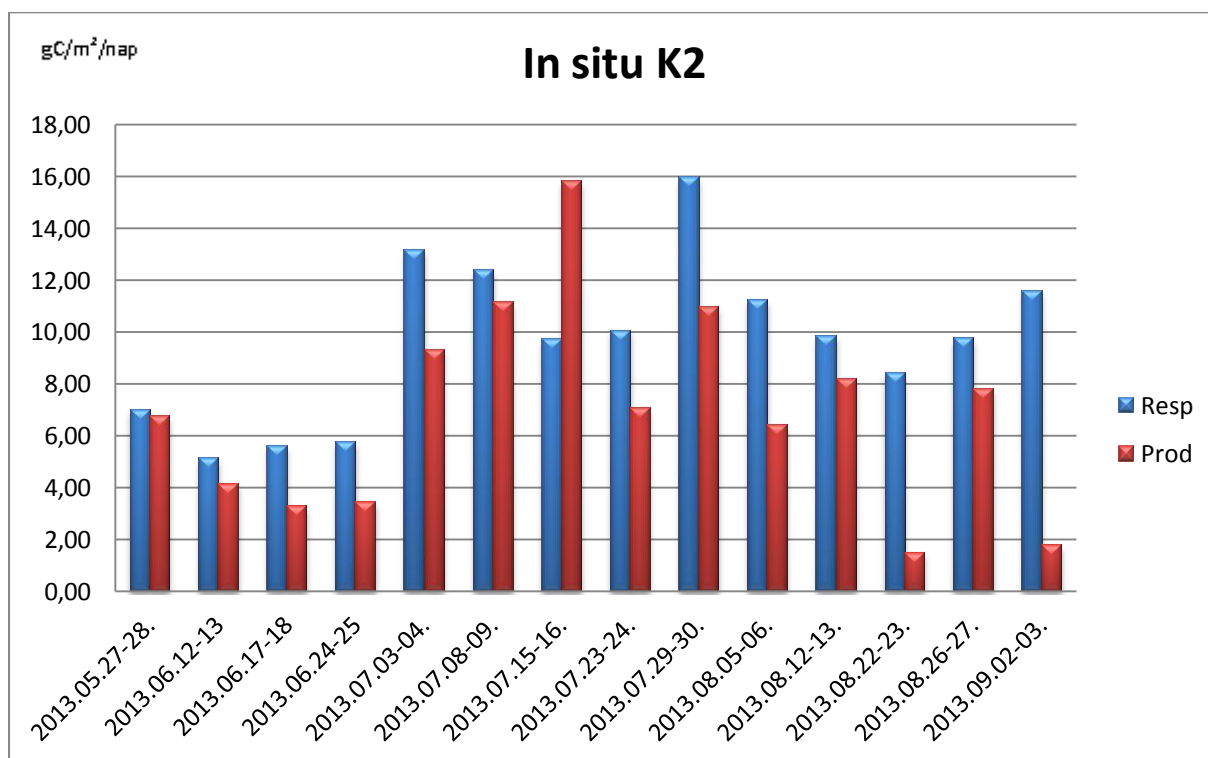
A produkció a K1 kombinált tó kivételével a többi halnevelő medencében növekedett a sötét-világos palack *in vitro* módszernél, szemben az oldott oxigén *in situ* mérésével.

Az eredményeket a respiráció (Resp) és a produkció (Prod) tekintetében heti mérésenként (14 hét) összegezve szemléltetik a következő grafikonok (6., 7., 8., 9. 10., 11., 12., 13. ábrák) a két módszerre:

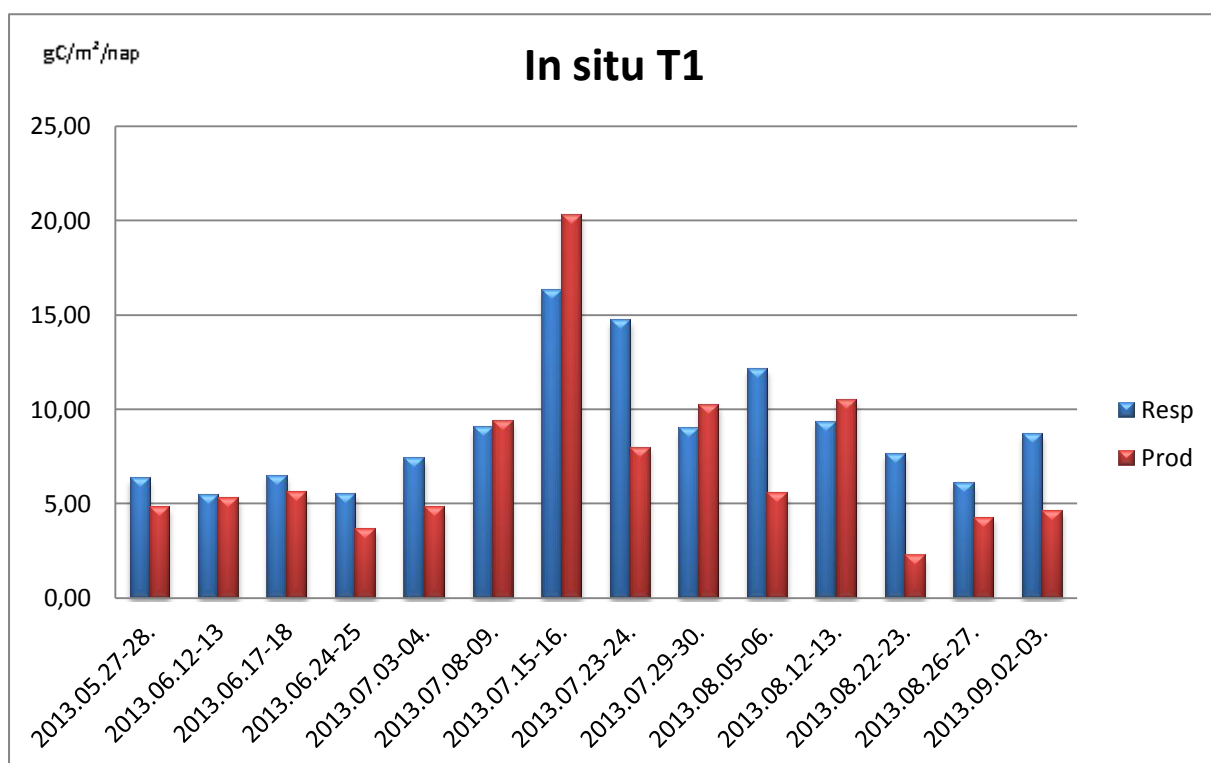
(K1, K2= kombinált tavak), (T1, T2= intenzív tavak)



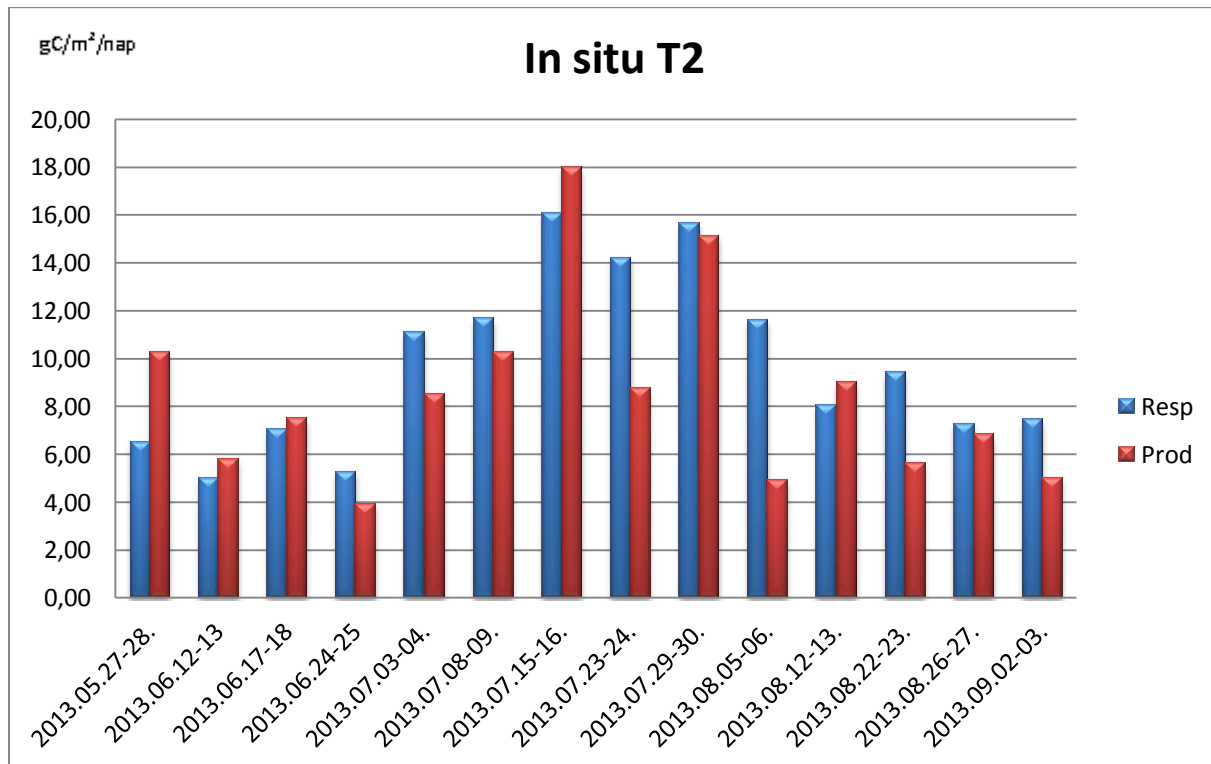
6. ábra: Oldott oxigén napi ritmus módszer eredményei a K1 kombinált tóban



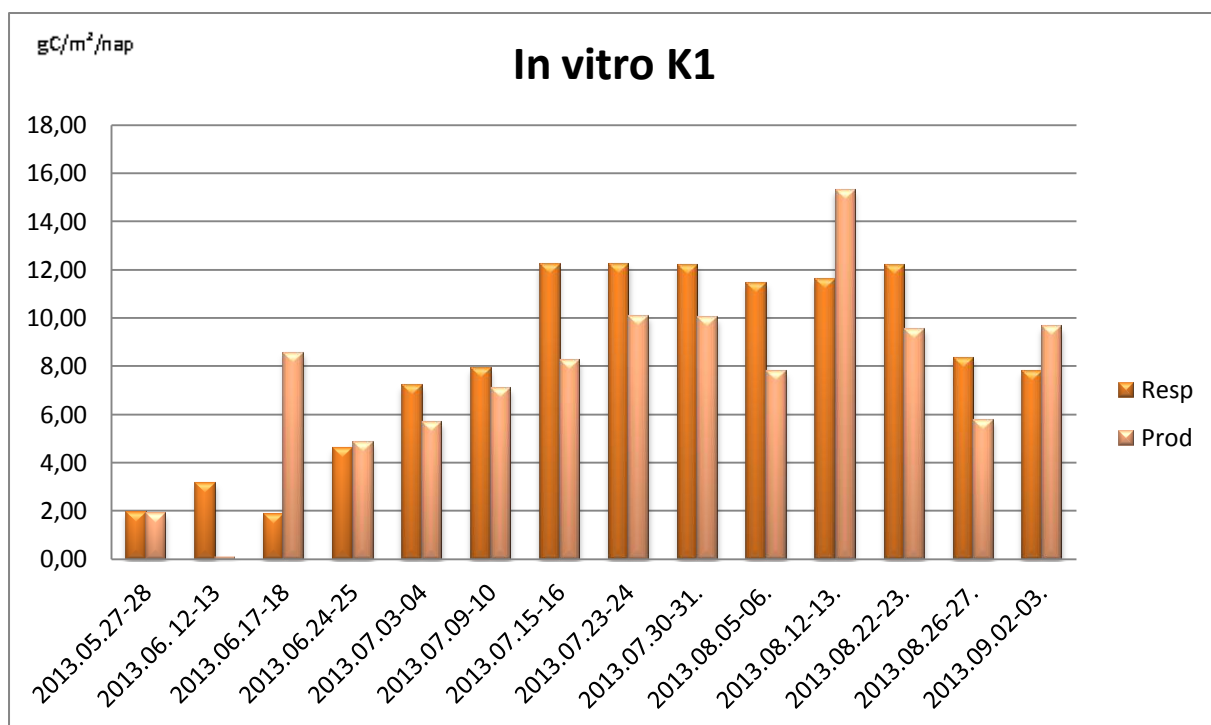
7. ábra: Oldott oxigén napi ritmus módszer eredményei a K2 kombinált tóban



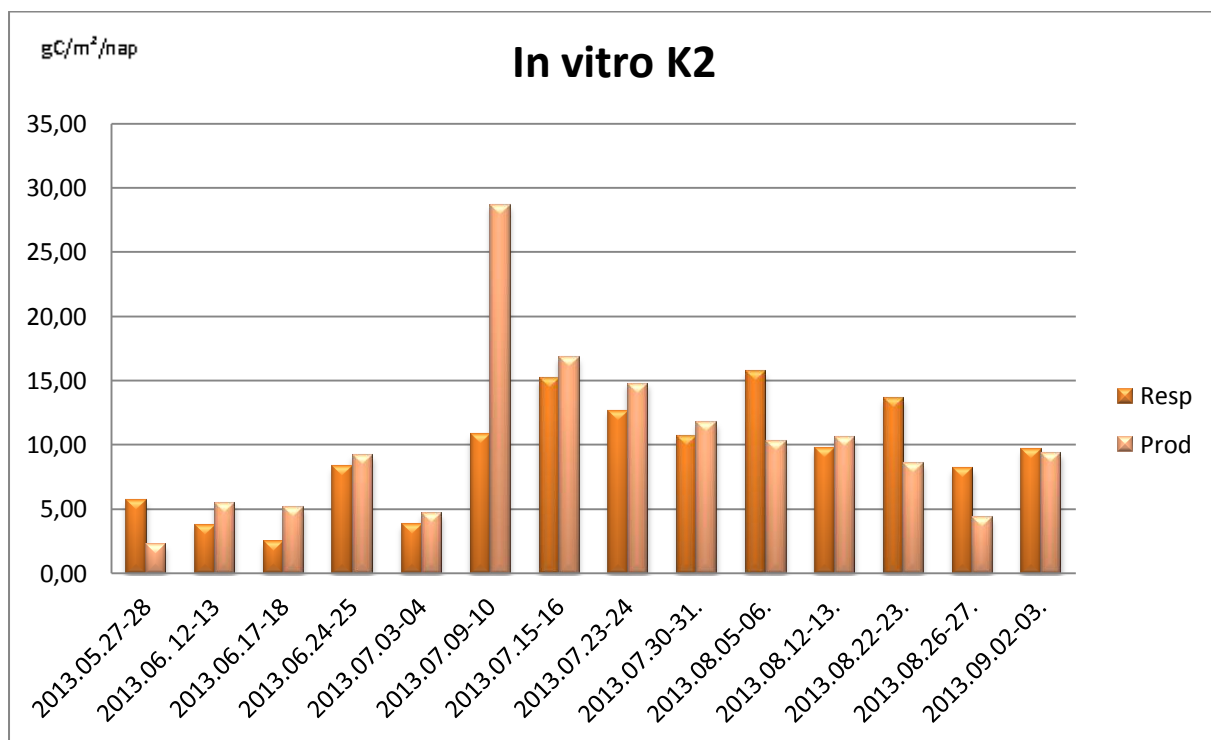
8. ábra: Oldott oxigén napi ritmus módszer eredményei a T1 intenzív tóban



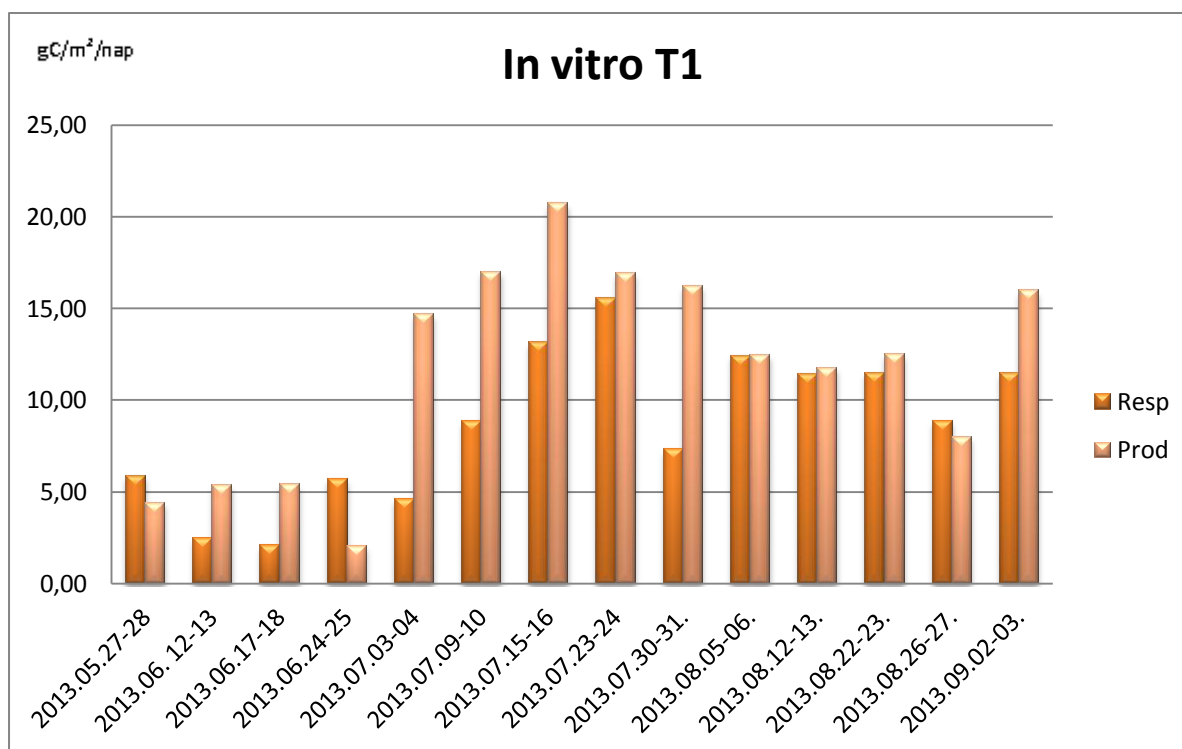
9. ábra: Oldott oxigén napi ritmus módszer eredményei a T2 intenzív tóban



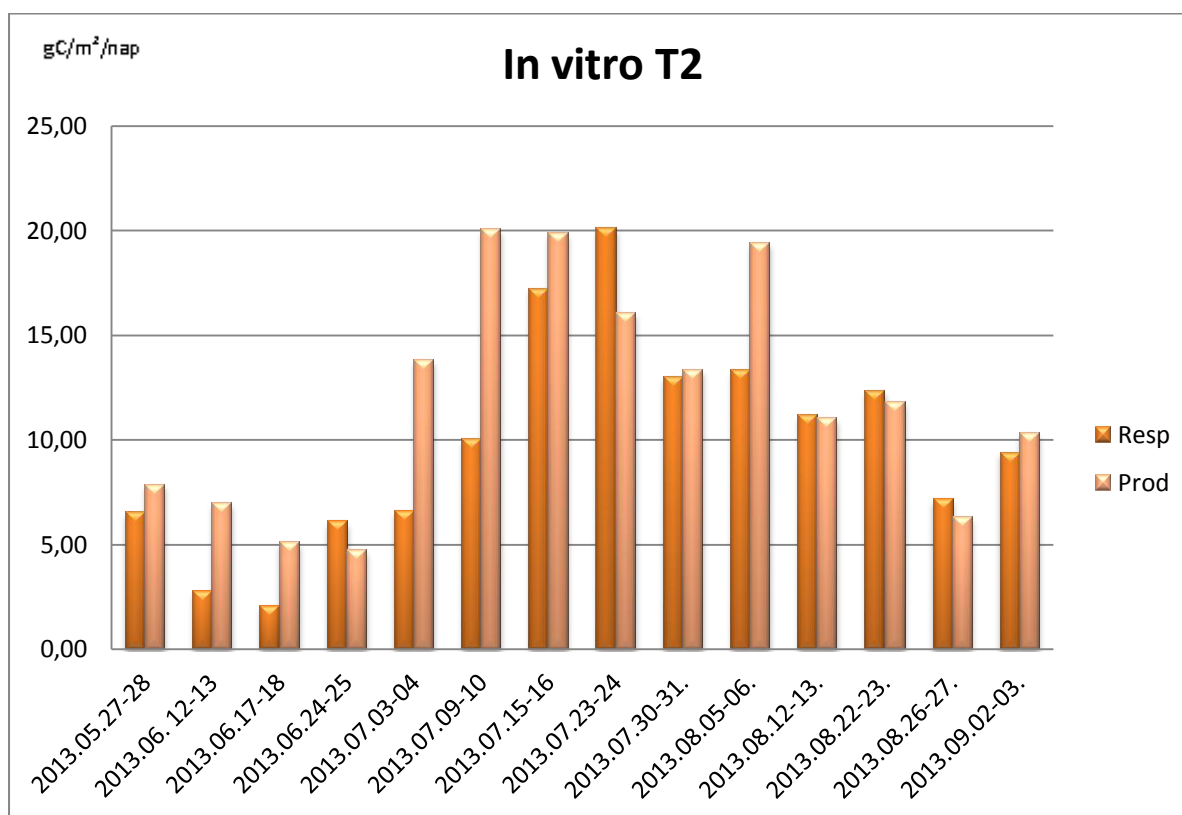
10. ábra: A sötét – világos palackos módszer eredményei a K1 kombinált tóban



11. ábra: A sötét – világos módszer eredményei a K2 kombinált tóban



12. ábra: A sötét – világos palackos módszer eredményei a T1 intenzív tóban



13. ábra: A sötét – világos palackos módszer eredményei a T2 intenzív tóban

4.2.Vízminőségi paraméterek alakulása:

Az elsődleges termelés limitáló tényezői és az egyes halnevelő tőegységek vízminősége miatt vizsgáltam meg a tavak vízkémiai összetevőit is, amelyek a következőképpen alakultak:

4. táblázat: A kombinált és az intenzív tavak vízkémiai mutatói

	K1	K2	T1	T2
Vízkémiai paraméterek (mg/L)				
TAN	2,23±1,54	3,02±2,19	1,56±1,10	1,28±0,85
NO ₂ -N	0,26±0,15	0,20±0,08	0,34±0,27	0,34±0,23
NO ₃ -N	0,95±0,81	0,94±0,98	1,21±0,52	1,43±0,81
TIN	2,76±1,42	3,37±1,92	2,59±1,05	2,58±1,16
TN	4,69±1,91	6,37±2,85	5,75±1,85	5,56±1,52
PO ₄ -P	0,06±0,02	0,06±0,02	0,06±0,01	0,06±0,006
TP	0,23±0,09	0,32±0,15	0,38±0,19	0,35±0,12
KOI	47±15,60	60,53±16,75	71,40±22,28	64,46±16,43

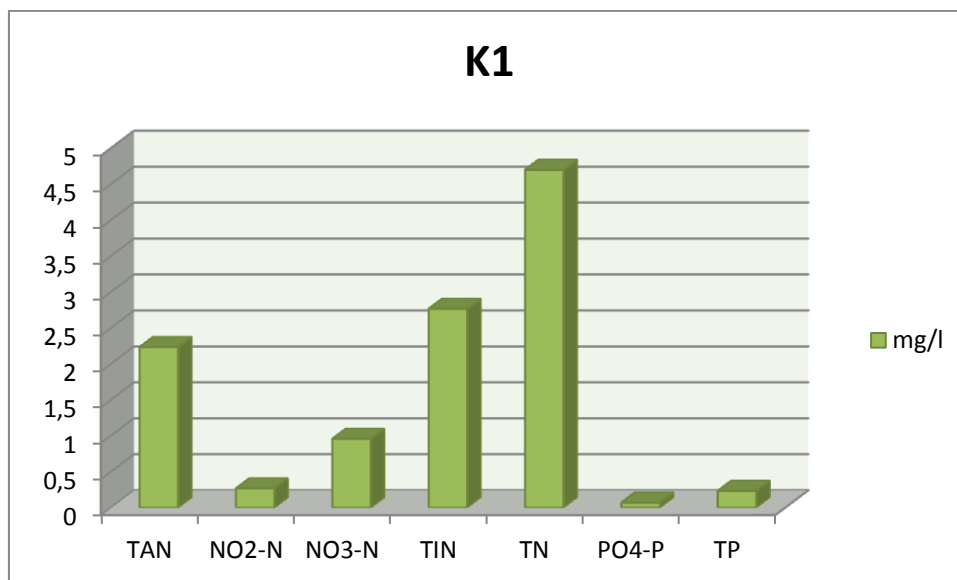
Magyarázat a 4. táblázathoz:

TAN	összes ammónia és nitrogén
NO ₂ -N	nitrit-nitrogén
NO ₃ -N	nitrát-nitrogén
TIN	összes ásványi nitrogén
TN	összes nitrogén
PO ₄ -P	ortofoszfát-foszfor vagy reaktív foszfor

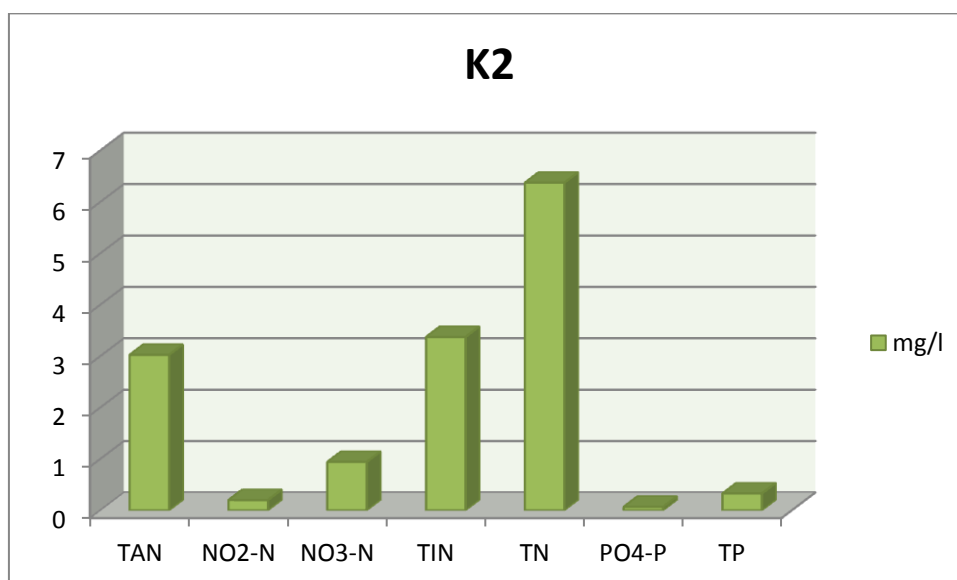
Az összes ammónia és nitrogén, az összes ásványi nitrogén és az összes nitrogén értékei a K2 kombinált kialakítású halnevelő tőegységben voltak a legnagyobbak. A legkisebb értékeket az összes ammóniára és nitrogénre és az összes szerves nitrogénre a T2 intenzív tőegységben mértük, a legalacsonyabb összes nitrogén értékét pedig a K2 ketreces tóban.

Az elsődleges termelés nem volt tápanyag limitált, megfelelő tápanyag állt rendelkezésre a víztestben. A növekvő tápanyagterhelés növekvő légzést eredményezett. A rendelkezésre álló szerves anyagokat és a rendszerbe újonnan bekerülő szerves anyagokat a heterotróf élőlények hasznosították, amely során szén-dioxidot termeltek. A növekvő tápanyag mennyisége során nő az elsődleges termelés is.

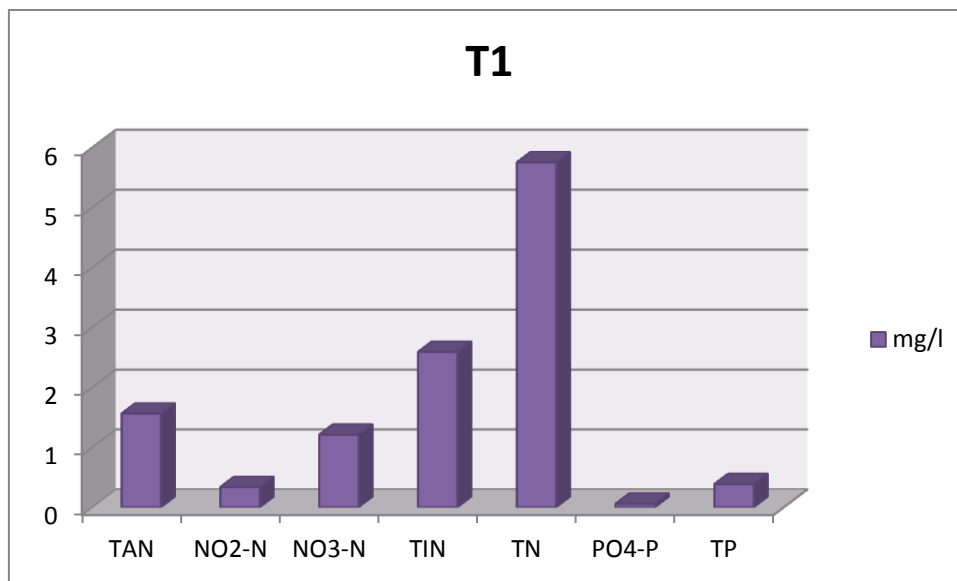
Az elsődleges termelés legfőbb limitáló tényezői: fény, N, P és a hozzáférhető CO₂. A nitrogén vegyületek közül leginkább az ammónium és a nitrát, a foszfor vegyületeknél pedig az ortofoszfát befolyásolja a produkciót.



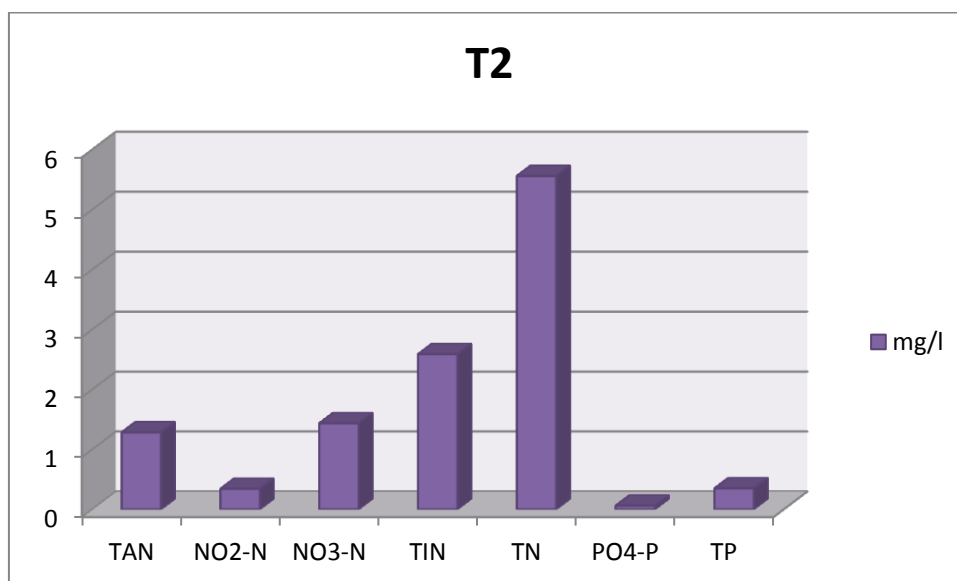
14. ábra: K1 kombinált rendszerű halnevelő tőegység vízminőségi paramétere



15. ábra: K2 kombinált rendszerű halnevelő tőegység vízminőségi paramétere



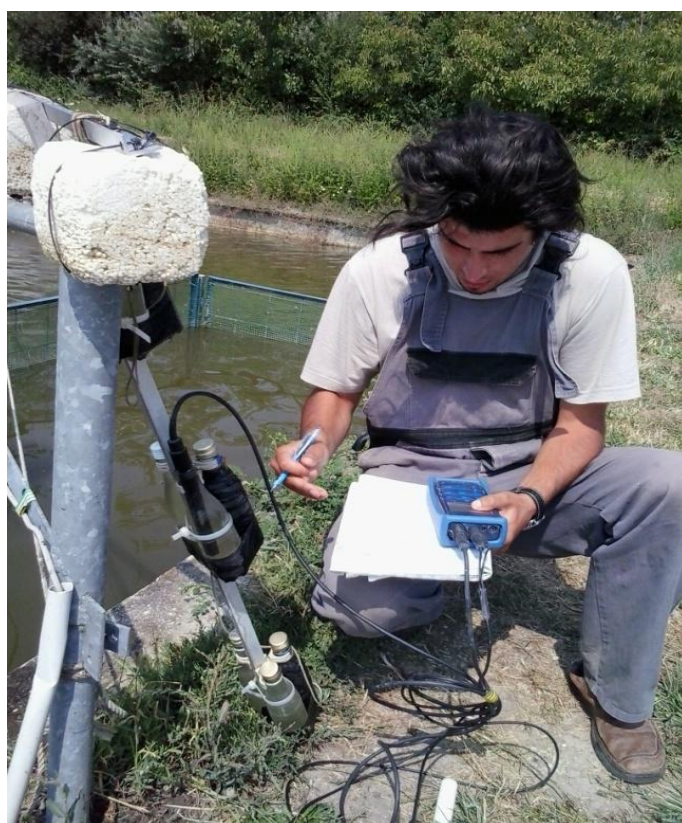
16. ábra: T1 intenzív halnevelő tóegység vízminőségi paramétereit



17. ábra: T2 intenzív halnevelő tóegység vízminőségi paramétereit



18. ábra: A palackok sötétítése szigetelő szalaggal



19. ábra: Az *in vitro* módszer világos palackjának mérése

4.3. Az eredmények értékelése

Tudományos munkám gyakorlati jelentőségét tekintve előremutató a haltenyésztés területén. A halastavi ökoszisztémában mesterségesen fenntartottunk egy eutróf állapotot. A halastavi ökoszisztémába mesterségesen növeltük a szervesanyagot, így az elsődleges termelés pontos mérése nélkülözhetetlen a halastavi ökoszisztéma halhús termelésének, természetes hozamának maximalizálását célzó mesterséges beavatkozásainak tervezésénél, az olcsó és hatékony technológiák kialakításánál.

Az *in vitro* módszernél használt palackok űrtartalmának nagysága megfelelőnek bizonyultak, amelyben elektromos oxigénmérő eszközzel pontosan lehetett mérni. Az ebből eredő esetleges mérési pontatlanságok nem voltak. Tehát az általunk választott üveg edények térfogata, elegendő volt a vizsgálatok elvégzéséhez.

Az *in vitro* módszernél az üvegek sötétítését szigetelőszalaggal valósítottam meg /18. ábra/. Így pontosabban és könnyebben lehetett dolgozni, mint a hagyományosabb alufóliás takarásos, vagy a sötét - dobozos módszerrel, hisz a szigetelő szalag erős és tartós sötétítést biztosított az összes mérés során. A szigetelő szalag tartósan az üvegeken maradt, nem rongálódott meg, így a fény nem tudott bejutni a sötét palackokba, fotoszintézis nem történt, csak légzés.

A világos palackokban egymás mellett folyt a fotoszintézis és a légzés is. Törekedtem a mérések pontosságára, a kupakokat a víz alatt tettem rá az üveg edényekre, így a palackok buborékmentesek voltak a mérések során /III. ábra/. Az elsődleges termelés nem volt tápanyag limitált, megfelelő tápanyag állt rendelkezésre az egyes halnevelő tőegységekben. A növekvő tápanyagterhelés növekvő légzést eredményezett.

Több hivatkozás tárgyalja, hogy a nem megfelelően választott inkubációs idő során, tehát főleg a hosszú inkubálás esetében tapasztalható üveghatás eredményeként a mérések alulbecslése, amely nem megfelelő eredményeket mutat. Az általam választott inkubációs idő egy óra volt, amely során pontosan lehetett vizsgálni és összehasonlítani az *in vitro* módszert az *in situ* módszerrel.

A kísérletet 14 héten keresztül, májustól szeptemberig 24 órás mérésekkel végeztem, amely során mérésenként 5 expozícióból számítottam ki a respirációt és produkciót.

A sötét-világos palack módszernél a respiráció átlagos értékei alacsonyabbak lettek, szemben az oldott oxigén napi ritmus módszernél. Az *in vitro* módszernél a produkció a K1 kombinált tő kivételével a többi halnevelő medencében növekedett, szemben az oldott oxigén *in situ* mérésével. A két módszer során a legnagyobb értékeket júliusban mértem.

5. Következtetések

A vizsgálatokat kisméretű tavakban végeztük (a tavak területe egyenként 310 m², a vízmélysége 1 m volt), amelyek a kísérleti rendszer extenzív részeiként szolgáltak. A rendszer intenzív részét egy-egy 20 m² nagyságú ketrecet képezte, amelyeket közvetlenül az extenzív tóba helyeztünk. Lapátkerekkes levegőztetők alkalmazásával tartottuk fent a megfelelő oxigénszintet a tavakban, valamint ezek biztosították a vízáramlást a rendszer intenzív és extenzív részei között.

Vizsgálataink eredménye alapján a következő fontosabb következtetéseket tudjuk levonni és javaslatokat tudjuk tenni:

- Az kísérlet során használt 210ml-es palackok térfogata megfelelő volt, amelyben egy elektromos oxigénmérő eszközzel pontosan tudtam mérni. A sötét – világos palack módszernél a fekete szigetelő szalaggal történő üvegek sötétítésével pontosabban és könnyebben lehetett dolgozni, mint a hagyományosabb módszerekkel, mert az üvegeken maradt és nem rongálódott meg, így a fény nem tudott bejutni. A palackok buborékmentességének érdekében a kupakokat a víz alatt tettem rá a palackokra, a 14 hét során, így pontosabb eredményeket kaptam
- Számos irodalmi hivatkozás taglalja; a nem megfelelően választott inkubálási idő során az üveghatás eredményeként bekövetkező mérési alulbecsléseket. Az általam választott inkubációs idő egy óra volt, amely során pontosan lehetett mérni. Valószínűleg egy hosszabb inkubációs idő esetében (4-6 óra) én is tapasztalhattam volna, de egy óra esetében ez nem volt számottevő. A kísérlet során, vizsgálati naponként 5 expozícióból számítottam ki a respirációt és produkciót. Mivel az elsődleges termelés nem volt tápanyag limitált, így megfelelő tápanyag mennyiség állt rendelkezésre a tőegységekben a produkció vizsgálatához.
- A társulás légzés eredményi magasabbak lettek az oldott oxigén *in situ* mérésénél, amelynek oka a halnevelő tóban lévő fauna oxigén fogyasztása. Az *in vitro* módszernél a palackokban nem voltak halak, így a mért respirációk kisebbek lettek. Az elsődleges termelés mérése során is ezt tapasztaltuk, így a palackokban a produkció növekedett, az *in situ* mérésnél pedig csökkent. Több irodalom is hivatkozik az üveghatás során a produkció pontatlan mérésére. Az általunk választott egy órás inkubációs idő során a produkció alulmérését nem tapasztaltuk.

- A respiráció átlagos értékei a sötét-világos palack módszernél alacsonyabbak lettek, mint az oldott oxigén napi ritmus módszernél.

A produkció a K1 kombinált tó kivételével a többi halnevelő medencében növekedett a sötét-világos palack *in vitro* módszernél, szemben az oldott oxigén *in situ* mérésével.

A legmagasabb globálsugárzási értékek, a napfénytartam átlagos havi értéke és a legtöbb tápanyag kijuttatása is a júliusi hónap során történt, így mind a két módszer során a legnagyobb értékeket júliusban tudtam mérni.

Eredményeimet a következőkben összegezném:

- 1) A társulás légzés sötét-világos módszer esetében alacsonyabb értékeket mértünk, mint az oxigénszint napi változásának *in situ* nyomon követésével, amelynek oka, hogy a sötét-világos palack módszerrel történő méréskor a halak oxigénfogyasztása nem mérhető.
- 2) Az elsődleges termelés mérésénél a sötét világos-palack módszer nem okozta a termelés alulmérését a választott inkubációs időnél (1 óra). Ellentétben, a szakirodalomban (OLÁH, 1977) található tapasztalatokkal.

6. Összefoglalás

Az elsődleges termelés során a vízi produkció biológiában a felületen, térfogategységen megkötött energia nagysága a mérvadó. Kísérleteinket négy, egyenként 310 m² felületű halnevelő tőegységben végeztük, amelynek alapját a napi oxigén termelés mérése adta, melyet sötét-világos módszerrel és hárompontos oldott oxigénméréssel végeztem. Huszonnégy órás napi ritmusméréssel mértük az oxigén termelését és fogyasztát, mind a két módszerrel napnyugtától másnap napnyugtáig (mérések időpontjai: 19:45, 04:35, 10:30, 15:00, 19:45).

Az elsődleges termelés legfőbb limitáló tényezői közül (fény, N, P és a hozzáférhető CO₂) mindegyik tényező meg volt a mérések során. Így az elsődleges termelés nem volt tápanyag limitált, megfelelő tápanyag állt rendelkezésre a víztestben.

A sötét-világos palack módszernél 210 milliliteres üvegeket használtunk, melyeket egy 1 méter nagyságú úszóállványra helyeztünk rá 20, 50, 80cm-re. Az üvegek sötétítésének problémáját festéssel és vízálló szigetelő szalaggal küszöböltem ki. A kiindulási oxigén koncentráció mérését követően egy óra volt az inkubációs idő, amely után a sötét palackokban, mivel termelés nincs csak légzés, így a mért oxigén koncentráció alacsonyabb lett, mint a világos palackokban, ahol fotoszintézis és légzés is folyt.

A hárompontos oldott oxigénmérésnél is a víztest 20, 50, 80cm mélységében mértük az oxigén koncentrációt (O₂%, mg/l), pH-t, vezetőképességet, hőmérsékletet. A várakozási idő ennél a mérésnél is 1 óra volt.

Kísérletünk során az oldott oxigén napi ritmusát *in situ* hasonlítottuk össze a sötét-világos palack *in vitro* módszerrel. A két módszerrel történő méréseket 14 héten keresztül végeztem májustól szeptemberig, hetente egyszer napi 24 órában. Mind az *in vitro*, mind pedig az *in situ* módszernél azonos időpontokban és azonos vízmélységben végeztem el a méréseket. Az elsődleges termelés és a társulás légzést vizsgáltam és hasonlítottam össze a két módszerrel. Az ebből nyert eredményekből levontam a következtetéseket.

A respiráció kisebb, a produkció nagyobb lett az *in vitro* módszernél, az *in situ* mérésnél pedig épp ellenkezőleg, tehát a respiráció lett a nagyobb, a produkció pedig a kisebb.

Azonos inkubációs idővel dolgoztunk, az elsődleges termelést pontosan tudtam mérni.

Irodalom

APHA (1998): Standard methods for the examination of water and waste water.

American Public Health Association, Washington D.C., 23.p. – 42.p.

ANTOS, Z., (1982): Horgászok kézikönyve, 2. változatlan kiadás, Mezőgazdasági kiadó – MOHOSZ Budapest, 31.p.

CHANG, W. Y. B. (1987): Fish culture in China. Fisheries. 12. 3. 12.p. - 15. p.

DVIHALLY, T. ZS., (1977): Folyóvizek elsődleges termelése és a biológiai szellőzés, Magyar Duna Kutató Állomás, Göd, 1. Elsődleges Termelés, Tihany, 148.p. – 149.p.

ENTZ, B., (1977): Általános kérdések, MTA Biológiai Kutatóintézete, 1. Elsődleges Termelés, Tihany, 9.p. – 13.p.

FEKETE, SZ., (2011): A szervesszén adagolás hatásának vizsgálata a vízminőségre és halhozamokra a kombinált haltermelő rendszerekben, XIII. Országos Felsőoktatási Környezettudományi Diákkonferencia Pályamunka, 5.p.

FELFÖLDY, L., (1974): Biológiai vízminősítés, Vízügyi hidrobiológia 3., Vízgazdálkodási Intézet, Budapest, 8. p.

FELFÖLDY, L., (1980): Biológiai vízminősítés, Vízügyi hidrobiológia 9., Vízgazdálkodási Intézet, Budapest, 122. p. – 124.p.

FELFÖLDY, L. (1981): A vizek környezettana, Általános hidrobiológia. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 290. p.

FELFÖLDY, L. (1987): Biológiai vízminősítés, Vízügyi hidrobiológia 16., Vízgazdálkodási Intézet, Budapest, 122.p. – 124.p., 258. p.

GÁL, D. (2006) Környezetbarát, kombinált tavi haltermelő rendszerek fejlesztése. Doktori értekezés. Debreceni Egyetem, 6.p. – 10.p., 24.p. – 26.p.

HANZ, CS. (2000): Haltakarmányozás. In: Halbiológiai és haltenyésztés. Szerk: HORVÁTH, L., Mezőgazdasági Kiadó Budapest, 276.p. - 294. p.

HANCZ, CS. (2007): Haltenyésztés, Egyetemi Jegyzet, Kaposvári Egyetem, 15p., 35.p. – 38. p.

HERODEK, S., (1977): Az elsődleges termelés mérésének módszerei, MTA Biológiai Kutatóintézete, Tihany, 174.p. – 181.p.

HORVÁTH, L., PÉKH, GY., (1984): Haltenyésztés, Tógazdasági halászmesterek könyve, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 109.p.

KISS, G., KEREPECZKI É., PEKÁR F., (2004): XXVIII. Halászati Tudományos Tanácskozás, Algavizsgálatok egy halastó - wetland vízkezelő rendszerben (2001 – 2003) Szarvas, 27.p.

- KNÖSCHE, R., SCHRECKENBACH, K., PFEIFER, M., WEISSENBAACH, H. (2000):
Balances of phosphorus and nitrogen in carp ponds. Fisheries Management and Ecology., 7.p., 15.p. - 22. p.
- LAJKÓ, I., TASNÁDI, R., (2001): A tógazdasági haltenyésztés alapjai, Agroinform kiadó
Budapest, 9. p.
- LOVAS, B. (1990): Édesvízi parányok 1., Búvár Zsebkönyvek, Móra Ferenc kiadó, Budapest,
3.p.
- NÉMETH, J. (1998): A biológiai vízminősítés módszerei. KGI, Vízi természet- és
Környezetvédelem 7, 304. p.
- MARJAI, GY., (2003): Vízminőségvédelem, Tessedik Sámuel Főiskola, Mezőgazdasági Víz-
és Környezetgazdálkodási Főiskolai Kar, Szarvas, 124.p.
- MAUCHA, R., ERŐS, P., DONÁSZY, E., JACZÓ, I., JÁSZFALUSI, L., PAPP, A.,
VESZPRÉMI, B., WOYNAROVICH, E. (1954) Tógazdasági haltenyésztés a
gyakorlatban, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 105.p.
- McCONNEL, W., J. (1962): Productivity relations in carbon microcosm. Limnology and
Oceanoanography. 7., 335p. - 343. p.
- ODUM, H., T. (1956): Primary production on flowing waters. Limnology and
nography. 1., 102.p. - 117. p.
- OLÁH, J., ZSIGRI, A., V. KINTZLY, Á., (1977): Halastavak elsődleges termelésének mérése
a napi oxigén görbe matematikai értékelésével, Haltenyésztési Kutató Intézet, Szarvas,
1. Elsődleges Termelés, Tihany, 186.p. – 196.p.
- TÓTH, O. E., (1999): A halak táplálkozásbiológiája és takarmányozása Debreceni
Agrártudományi Egyetem Mezőgazdasági Víz- és Környezetgazdálkodási Főiskolai
Kar, Szarvas, 39.p.
- PINTÉR, K. (2010): Magyarország halászata 2009-ben. Halászat 103(2), 43.p. - 48 p.
- SCHNEIDER, O., SERETI, V., EDING, E. H., VERETH, J., A., J. (2005): Analysis of
nutrient flows in integrated intensive aquaculture systems. Aquacultural Engineering.
32., 379.p. - 401. p.
- TASNÁDI, R. (1983): Haltakarmányozás. Mezőgazdasági kiadó, Budapest, 307. p.
- WOYNÁROVICH, E. (2005): Halastavak szerves trágyázása, a szén-trágyázási módszer.
Halászat. 98. 2. 3 sz. melléklet., 12. p.

Ábrajegyzék

1. ábra: A növényi termelés vázlatos modellje	8
2. ábra: Intenzív halnevelő tőegység a Halászati és Öntözési Kutatóintézet területén	14
3. ábra: Ketreces intenzív rész az extenzív halastóban	14
4. ábra: <i>In vitro</i> mérési eszközök	19
5. ábra: Mérés a sötét – világos palackokkal	19
6. ábra: Oldott oxigén napi ritmus módszer eredményei a K1 kombinált tóban	23
7. ábra: Oldott oxigén napi ritmus módszer eredményei a K2 kombinált tóban	23
8. ábra: Oldott oxigén napi ritmus módszer eredményei a T1 intenzív tóban	24
9. ábra: Oldott oxigén napi ritmus módszer eredményei a T2 intenzív tóban	24
10. ábra: A sötét – világos palackos módszer eredményei a K1 kombinált tóban	25
11. ábra: A sötét – világos módszer eredményei a K2 kombinált tóban	25
12. ábra: A sötét – világos palackos módszer eredményei a T1 intenzív tóban	26
13. ábra: A sötét – világos palackos módszer eredményei a T2 intenzív tóban	26
14. ábra: K1 kombinált rendszerű halnevelő tőegység vízminőségi paraméterei	28
15. ábra: K2 kombinált rendszerű halnevelő tőegység vízminőségi paraméterei	28
16. ábra: T1 intenzív halnevelő tőegység vízminőségi paraméterei	29
17. ábra: T2 intenzív halnevelő tőegység vízminőségi paraméterei	29
18. ábra: A palackok sötétítése szigetelő szalaggal	30
19. ábra: Az <i>in vitro</i> módszer világos palackjának mérése	30

Táblázatjegyzék

1. táblázat: <i>In situ</i> mérési módszer eredményei	20
2. táblázat: <i>In vitro</i> mérési módszer eredményei	20
3. táblázat: Az <i>in situ</i> és <i>in vitro</i> eredmények összehasonlítása	21
4. táblázat: A kombinált és az intenzív tavak vízkémiai mutatói	27

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani konzulenseimnek Dr. habil. Jakab Gusztáv egyetemi docensnek (SZIE GAEK Környezettudományi Intézet) és Dr. Gál Dénes tudományos főmunkatársnak (Halászati és Öntözési Kutató Intézet), akik minden segítséget megadtak a dolgozat elkészítéséhez.

A kutatás a TÁMOP-4.2.2.B-10/1-2010-0011 azonosítószámú, „A tehetséggondozás és kutatóképzés komplex rendszerének fejlesztése a Szent István Egyetemen” című pályázat támogatásával valósult meg.



A tehetséggondozás és kutatóképzés komplex rendszerének fejlesztése a Szent István Egyetemen
Szent István Egyetem Gödöllő
www.ujszechenyiterv.gov.hu



Függelék



I. ábra: A kombinált rendszer kialakítása



II. ábra: Úszóállvány behelyezése a tóba



III. ábra: A kupak víz alatti rátétele a palackra



IV. **ábra:** A nyár utolsó próbahalászása



V. **ábra:** A próbahalászat során a szürke harcsák kupába helyezése