

---

Aquakultúrás  
rendszer  
modellezése

---

projektmunka

---

---

Az Út a tudományhoz program célja a középfokú iskolai oktatásban részt vevő **természettudományos érdeklődésű tanulók tehetséggondozása** oly módon, hogy a tanulók mentori támogatással kipróbálhassák magukat egyéni és csoportosan végzett kutatásokban is.

A program keretében a köznevelési intézmények kötelező elemként **kutatással foglalkozó szervezetekkel**, így különösen kutatóintézetekkel, felsőoktatási intézményekkel, továbbá kutatást végző országos szakmai intézetekkel működnek együtt. Az együttműködés célja, hogy a kutatócsoport a kutatási program megvalósítása során lépjen ki az intézményi keretek közül, **a tanulók természettudományos és komplex kutatási szemlélete és ilyen irányú jártassága bővüljön**, és ennek eredményeképpen **kapcsolatrendszerük szélesebbé váljon**.

**A 2015/2016. tanévben 24 000 000 Ft keretösszegeből 35 pályázat** részesült támogatásban, köztük a mi iskolánk pályázói is.

## PROJEKTÜNK BEMUTATÁSA

**A kutatási program címe:** Biológiai egyensúlyon alapuló aquakultúrás rendszer modellezése

**A kutatást vezető mentor neve:** Szalkay Csilla

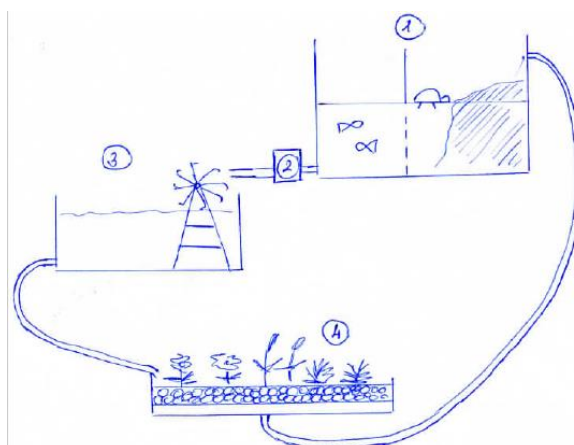
**A kutatócsoport tanulóinak száma:** 5 fő

### 1. A kutatási program munkaterve:

A fenntartható fejlődés egyik alapfeltétele az ökológiai egyensúly fenntartása. Vagyis egy olyan állapot előidézése, ahol a megújuló és meg nem újuló erőforrások között viszonylag állandó állapot uralkodik, ami csupán az élő és élettelen környezeti tényezők nagyobb változására borul fel. Ennek megvalósítására lehetőséget nyújthat a biológiai egyensúlyon alapuló aqua- és fitokultúrás megoldások kidolgozása. A rendszer dinamikus változáson alapul, vagyis folyamatos mozgás, változás jellemzi, azonban összességében egy olyan struktúra alakul ki, ahol ökológiai egyensúly uralkodik, vagyis a létrehozása után kismértékű vagy semmilyen emberi beavatkozást nem igényel.

Projektünk célja, hogy iskolánkban készítsünk egy kb. 15-20 m<sup>2</sup>-es területet elfoglaló aquakultúrás modellt, amely elvárásaink szerint önfenntartó lesz.

A biológiai egyensúlyon alapuló rendszer több részegységből áll, amelyek az alábbiak:



1. Egy olyan akvárium, amelynek egyik részében halak, másik részében pedig teknősök élnek. A halak és a teknősök közötti válaszfal (háló) megakadályozza a közöttük lévő táplálkozási kapcsolat kialakulását, viszont az élőhelyük azonos lenne. Az akváriumban szűrő nem, viszont fűtőegység lenne, amelynek áramellátását megújuló forrásból nyerné (napkollektor).
2. Szivattyú, amely segíti az akváriumból a víz eltávolítását.
3. Kisvízfolyás modell. Ez egy olyan medencerész, amely szabályozható keresztmetszettel (gát-modell), illetve állítható vízhozammal rendelkezik. A folyó-modell mellett működne egy malom, amely a vízenergia felhasználását célozza megmutatni.
4. Növényes-kert. A növényeket egy kavics vagy agyaggolyó ágyon termesztjük. A kisvízfolyás-modellből származó vízzel locsoljuk a növényeket, majd a kavics vagy agyagágyon átszivárgó vizet visszavezetjük az akváriumba egy gumicsövön keresztül.

A megépített modell egy olyan recirkulációs rendszer, amelyben az akvárium vizét mechanikai és biológiai kezelést követően visszavezetjük. A természetes körülmények között élő akváriumi halak (pl. guppik, aranyhalak), valamint a teknős anyagcseréje révén a vízben ammónium-ion dúsul fel. Ez csökkenti az aerob vízi élővilág (növények, állatok) számára az  $O_2$  felvételt. Ezen kívül növekszik - az ammónium-ion révén - a kémhatás, ami szintén gátló tényező a vízben élő gerinces állatok élettevékenysége számára. Az akváriumból elvezetett ammónium-ionban gazdag víz viszont kedvező a növények számára. A talajban élő mikroorganizmusok (pl. nitrifikáló baktériumok) az ammónium-ionból nitrit, majd nitrát-iont állítanak elő, amit a növények képesek felvenni, ezáltal csökkentve a víz N-tartalmát. A rendszerben ez jelenti a biológiai szűrést. A mechanikai kezelést a növények gyökere, valamint a kavics vagy agyagágy jelenti, amely a makroszennyezések megkötését végzi.

A szűrések hatékonyságát folyamatosan ellenőrizzük, ezáltal kizárva az egyensúly felborulását, ami az élővilág pusztulását eredményezné. Az ellenőrzés heti rendszerességgel történne klasszikus analitikai módszerekkel, ami a foszfát-, a nitrát-, a nitrit- illetve az ammónium-ion mennyiségének meghatározását jelenti. Ezen kívül havi rendszerességgel szükséges egyéb ionok (pl. magnézium-, kalcium-ion, nehézfémek) meghatározására is.

A rendszerben a kisvízfolyás modell részint a víz, mint megújuló energiaforrás felhasználásának szimulálását szolgálja azáltal, hogy a megépített malom makettal tudjuk biztosítani kismértékben az akváriumi élőlények számára a fényt. A kisvízfolyás medencével továbbá lehet modellezni és mérni a vízhozam alakulását a keresztmetszet, illetve a dőlésszög változtatásával.

A projekt elvárt eredménye egyrészt egy olyan iskolánkban megvalósított és bemutatható, ökológiai modell létrehozása, amely jól szemlélteti kis léptékben az ökoszisztémában lezajló változásokat. Másrészt egy olyan biológiai egyensúlyon alapuló rendszer kidolgozását, amelynek van gazdasági jelentősége (pl. növénytermesztés, halgazdaság) is, és csak minimális mértékű antropogén beavatkozást igényel. Harmadrészt pedig olyan környezettechnológiai megoldások kidolgozása, amelyek az alapvető eljárásokon (szűrés, ülepítés, elválasztás, mechanikai és biológiai tisztítás) alapulnak és a mindennapi életben is felhasználhatóak.

Projektünk pedagógiai jelentősége részint abban rejlik, hogy a diákok saját tanulmányaikból vett példákkal, illetve újszerű megoldásokkal kell létrehozniuk korszerű megoldásokkal egy öfenntartó rendszert. Továbbá a modell felépítése, bár

megközelítőleg egy tanévet igényel, viszont megfelelő „gondozás” mellett a későbbi tanévekben is jó bemutató eszköznek alkalmazható minden korosztály számára.

## **2. A kutatás ütemezése a 2015. szeptember 1. és 2016. június 30. közötti időszakra.**

<b>Hónap</b>	<b>Tevékenység</b>	<b>Részt vevő diákok neve</b>	<b>Várt eredmény</b>
2015-09	-		
2015-10	Projekt előkészítése, a kutatási terv, technológiai megoldások kidolgozása	Abuczki Richárd, Csehó Levente, Cserepes Tamás, Ruzsa Bence, Tomolya Szabolcs	Elkészülnek a technológiai megoldásokkal kapcsolatos rajzok, a megoldási lehetőségek
2015-11	Akvárium megtervezése, elkészítése, halak, teknősök telepítése	Abuczki Richárd, Csehó Levente, Cserepes Tamás, Ruzsa Bence, Tomolya Szabolcs	Berendezett akvárium halakkal, vízi növényekkel és teknőssel.
2015-12	Kisvízfolyás modell megtervezése, elkészítése	Abuczki Richárd, Csehó Levente, Cserepes Tamás, Ruzsa Bence, Tomolya Szabolcs	Kisvízfolyás modell gátrendszerrel és állítható vízáramlási rendszerrel
2016-01	Megújuló energiaforrások technológiai megoldásainak kialakítása	Abuczki Richárd, Csehó Levente, Cserepes Tamás, Ruzsa Bence, Tomolya Szabolcs	Napkollektor és malommodell létrehozása.
2016-02	Öntöző rendszer kidolgozása	Abuczki Richárd, Csehó Levente, Cserepes Tamás, Ruzsa Bence, Tomolya Szabolcs	Növényes-kert, amelyben a növények kavics vagy agyag-ágyon helyezkednek el.
2016-03	Növényes-kert kialakítása	Abuczki Richárd, Csehó Levente, Cserepes Tamás, Ruzsa Bence, Tomolya Szabolcs	-Növényes-kert, amelyben a növények kavics vagy agyag-ágyon helyezkednek el.
2016-04	Biológiai rendszer kialakítása, összeszerelése	Abuczki Richárd, Csehó Levente, Cserepes Tamás, Ruzsa Bence, Tomolya Szabolcs	Összeszerelt ökológiai egyensúlyban lévő rendszer kialakítása az iskolánkban.
2016-05	Biológiai rendszer esetleges hibáinak javítása	Abuczki Richárd, Csehó Levente, Cserepes Tamás, Ruzsa Bence, Tomolya Szabolcs	Jól működő ökológiai egyensúlyban lévő rendszer.
2016-06	Projekt lezárása	-	

### **3. Kutatási projektünk célja**

A megvalósítandó projektünk várható eredménye:

1. Egymással szoros összeköttetésben álló, több részegységet magába foglaló rendszer megépítése, amely modellezi:

- a tavi ökoszisztémát, vagyis a gerinces állatok és vízi növények kapcsolatrendszerét (akvárium),
- a kisvízfolyások áramlástanai viszonyait (kisvízfolyás modell),
- a megújuló energiaforrások felhasználását (napenergia felhasználása az akvárium fűtésében),
- a növénytermesztés módszereit és a csepegtetési mezőgazdasági művelést (növényes-kert),
- a növények biológiai, illetve a talaj mechanikai víztisztító képességét (növényes-kert).

2. Egy olyan struktúra (modell) kialakítása, aminek megvalósítása korszerű, környezettechnológiai megoldáson alapul. Ilyen például az, hogy az akváriumból kivezetett víz működteti a kisvízfolyás-modellben felépített malom-makettet. Továbbá, mivel a modell-rendszerünk olyan helyre kerül telepítésre, ahol napfény segítségével tudjuk azt a kollektort működtetni, ami segíti az akvárium megfelelő hőmérsékletének megtartását.

3. Pedagógiai szempontból nem csupán a pályázatban részt vevők hasznosíthatják a modell megépítésével kapcsolatban megszerzett tudást, hanem a későbbiekben iskolánkban tanuló diákok is. A modellt folyamatosan lehet majd bővíteni, így újabb környezettechnológiai megoldások kidolgozására és megvalósítására alkalmas.

4. A projekt során létrehozunk egy akváriumot, amely esztétikai szempontból is jelentős lesz, illetve a termesztett növényeket – fajtól függően - fel lehet használni a biológia laboratóriumunkban, például gyógyhatású anyagok kimutatására, illetve akár fűszernövényként is.

### **4. A kutatási programban részt vevő tanulók**

A tanulók jelenleg nyelvi előkészítő környezetvédelmi osztályba járnak, 12. évfolyamba. Az elmúlt 4 éves tanulmányaik során (amely mind ökológiai, mind vízgazdálkodási mind pedig környezettechnikai ismereteket is magába foglal) képessé váltak arra, hogy elméleti tudásukat gyakorlatba is átültessék. Már olyan komplex környezetvédelmi szemlélettel rendelkeznek, amely elengedhetetlen a projekt megvalósítása szempontjából.

#### **• Elérni kívánt egyéni fejlődési célok a tanulókkal**

Abuczki Richárd – elméleti tudásának gyakorlatban történő megvalósítását szeretnék elérni, amely későbbi pályája során felhasználható lesz. Ezen kívül csapatban történő munka elősegítése is fontos.

Csehó Levente – mivel biológusi pályára készül, ezért a komplex rendszer-szemlélet kialakítása az elsődleges cél. Ezen kívül szakmai nyelvezet megismertetése is fontos kompetencia számára.

Cserepes Tamás – a környezettechnológiai folyamatok kidolgozásához szükséges számára problémamegoldó képesség fejlesztése, az együttműködés kialakítása a csoporton belül.

Ruzsa Bence – későbbiekben természettudományos tanárként szeretne dolgozni, amelyhez elengedhetetlen a jó szervező, az irányító képesség. Ezen kívül a fontos lesz számára az angol nyelvi tudásának elmélyítése is.

Tomolya Szabolcs - olyan gyakorlat-centrikus szemlélet kialakítása, amely környezetmérnökként nélkülözhetetlen lesz munkája során.

- **A tanulók feladata a projektben**

Abuczki Richárd – kiváló fizikai ismeretei révén elsősorban a technológiai megoldások megtervezésében fog részt venni (pl. szivattyú rendszer kialakítása, csepegtetési öntözési megoldás kitalálása).

Csehó Levente – elsősorban az akvárium mini-ökoszisztéma kialakításának megtervezését és kivitelezését vállalja, de részt vesz a kisvízfolyás-modell megtervezésében és kialakításában is.

Cserepes Tamás – mivel régóta horgász, illetve otthon rendelkezik akváriummal, így az akváriumban a halak és a teknősök gondozása a feladata, illetve növényes-kert megtervezésében is nagy szerepe van.

Ruzsa Bence – elsődleges feladata a teljes biológiai egyensúlyon alapuló modell kialakításának felügyelete, az esetlegesen felmerülő hibák korrigálása

Tomolya Szabolcs – nagyon jó gyakorlati érzéke miatt a technológiai megoldások (pl. recirkulációs rendszer megfelelő kialakítása) kivitelezésében fog szerepet vállalni.

- **A tanulók eddigi elért eredményeiaz adott tématerületen**

*Hlavay József Országos Környezettudományi Konferencia: „Középiskolások a tudományért”:*

2013: *Abuczki Richárd, Ruzsa Bence, Szalisznyó Ferenc (10. évfolyam): Az Aranyhegyi-patak komplex hidrológiai és geodéziai felmérése – III. díj*

*Petrik TISZK Diákkonferencia - Természettudomány, Kémia és Környezetvédelem szekció*

2013: *Abuczki Richárd, Ruzsa Bence, Szalisznyó Ferenc (10. évfolyam): Az Aranyhegyi-*

*patak komplex hidrológiai és geodéziai felmérése – I. díj, közönségdíj*

*Természet Világa tudományos ismeretterjesztő folyóirat Természet-Tudomány Diákpályázata*

2012: *Ruzsa Bence: A Petrik szelleme és magas vegyértékeink története – különdíj*

2014: *Csehó Levente, Ruzsa Bence: Csillagvadászat, avagy minden, amit tudni érdemes*

*a londoni Királyi Csillagvizsgálóról – I. díj*

*Stocholmi Ifjúsági Víz Díj*

2015: *Abuczki Richárd, Szalisznyó Ferenc és Takács Gábor: Waterbudget - theprospects*

*of rehabilitation of Mocsárosdűlő. – III. díj, különdíj*

*Biológia Tanulmányi Versenyen kiemelkedő eredmény:*

*Cserepes Tamás, Tomolya Szabolcs*

- **A projekt előzménye az iskolán belül és kívül. A projektet vezető tanár, illetve a bevonni kívánt tanulók szerepe az előzményekben.**

A projekt témájában, vagyis ökológiai egyensúlyon alapuló modellezéssel kapcsolatosan az iskolánkból nem indultak diákok nemzetközi versenyen vagy hazai versenyen az elmúlt tanévekben. A Bajai Főiskola által rendezett konferencián Ruzsa Bence és Csehó Levente az idei tanévben 2015. októberében indulnak szennyező anyagok áramlásának modellezésével kapcsolatos megfigyeléseikkel, ami a projektben szereplő kisvízfolyás-modellhez hasonló. Ennél a szimulációnál a projekt mentora volt a témavezető Csirmaz Antal műszaki ismereteket oktató tanár segítségével.

- **Hazai vagy nemzetközi versenyen való részvétel a projekt eredményeivel.**

a projekt témájával indulni kívánunk a Hlavay Környezettudományos Diákkonferencián (Veszprém), illetve a budapesti műszaki iskoláknak szervezett Petrik Diákkonferencián

- **A kutatási eredmények a gazdasági életben, a környezet- és természetvédelemben, illetve az oktatásban való alkalmazása.**

A projekt témája és a megvalósított modell illeszkedik a szakma-specifikus tananyaghoz, illetve jól kiegészíti a 12. évfolyamos környezetvédelmi-vízgazdálkodási gyakorlat kerettantervében foglaltakat, amelynek témakörébe tartozik a szűrés, az ülepítés, a derítés gyakorlati megvalósítása és mérési eredményekkel alátámasztott hatékonyság-vizsgálat. A téma felvetése azonban túlmutat a kötelező tananyagon, mivel komplex megközelítésben kell alkalmazni a megszerzett tudást. A megvalósított modell a későbbiek során is hasznosítható beépítve iskolánk tanmenetébe. A kutatási eredmények, a lemodellezett környezettechnológiai megoldások hozzájárulhatnak recirkulációs elven alapuló ökogazdálkodás (mezőgazdaság és halászat) alapjainak kiegészítésében.

- **A kutatási tevékenység elősegíti, hogy a részt vevő tanulók a természet-, a műszaki tudományok és a matematika területén folytassák tanulmányaikat a felsőoktatásban.**

A projektben részt vevő diákok végzősök az iskolánkban. A jövő évben környezetvédelmi technikai évfolyamba szándékoznak menni, ahol egy év alatt vizsgát szereznek. Mindannyian utána egyetemi tanulmányt szeretnének folytatni természettudományos területen (pl. környezetmérnök, biomérnök, tanár, biológus).

## **5. A jelen kutatásban való részvétel elősegítheti a természettudományok, a műszaki tudományok és a matematika iránt kiemelt érdeklődést mutató tanulók tehetség gondozását.**

Az iskoláknak elsődleges feladatának annak kell lennie, hogy a műszaki és természettudományos érdeklődéssel rendelkező diákok tanulmányi előmenetelét segítsék. Az Út a tudomány pályázat lehetőséget ad arra, hogy a benne részt vevő tanulók képességét fejlesszék. Ebbe nem csupán a pályázat megvalósításához szükséges

ismeretanyag elsajátítása és a projekt gyakorlati kivitelezése tartozik bele, hanem az ahhoz kapcsolódó és elengedhetetlen egyéb ismeretanyag megszerzése, különböző kompetenciák fejlesztése is. A pályázat lehetőséget ad arra, hogy a diákok által megalkotott modell eredményeit hazai fórumokon (akár szóban, akár írásban poszter formájában) is bemutassák, amely a szakmai előmenetelükhöz nagyban hozzájárulhat. Így pályázatunk egyik célkitűzése, hogy vizsgálatainkkal illetve az ebből származó tapasztalatokkal megjelenjünk nyílt előadásokon is.

## **6. A kutatási tevékenység elősegíti, hogy a részt vevő tanulók természettudományos és/vagy műszaki kompetenciái fejlődjenek, illetve műszaki kompetenciáinak gyakorlatorientált fejlesztése megvalósuljon.**

Szakközépiskolánk diákjai szerencsés helyzetben vannak, mivel gyakorlataik óraszámának aránya évfolyamtól függően 20-30 % között van. Ezen a gyakorlatokon megismerkedhetnek a tanulók a környezetvédelemmel kapcsolatos mérésekkel (pl. talajvizsgálat, vízvizsgálat, meteorológiai jellemzők megállapítása). Azonban az ismeretek szintetizálására, a vizsgálatok eredményeinek globális értékelésére nincs mindig lehetőség. A pályázatunk témája jó alkalmat biztosít arra, hogy az elméleti ismereteket (pl. szűrés, ülepítés mechanizmusa, áramlástan jellemzők mérése) gyakorlatba át tudják ültetni összefogva az eddig tanultak eredményeit, tapasztalatait. A projekt továbbá lehetőséget ad arra, hogy új, innovatívnak számító technológiai megoldást fejlesszenek ki úgy, hogy az a mindennapi életben is hasznosítható legyen. Ezeknek a kompetenciáknak a fejlesztése (pl. új megoldások létrehozása, problémamegoldó képesség, eszközhasználat, térbeli gondolkodás) mindenképp szükséges a természettudományos és műszaki pályán elhelyezkedni kívánók számára.

## **7. Szakmai beszámoló**

Az aquakultúra egy olyan önfenntartó rendszer, amely dinamikus változásokon, vagyis folyamatos mozgáson alapul, azonban összességében egy olyan struktúra alakul ki, ahol ökológiai egyensúly uralkodik, ami csupán az élő és élettelen környezeti tényezők nagyobb változására borul fel. Az aquakultúra tehát olyan recirkulációs, környezetbarát rendszer, amely a fenntartható fejlődés alapja lehet, hiszen létrehozása után kismértékű vagy semmilyen emberi beavatkozást nem igényel, illetve jövedelmezhetővé, társadalmilag is elfogadhatóvá tehető. A kultúra szerepet játszhat a haltermelésben, és ezzel együtt az édesvizek és tengerek túlhalászatának csökkentésében, a szennyvízkezelésben, a szennyező anyagok (elsősorban az eutrofizációt okozó ionok) kibocsátásának csökkentésében, energiahatékony megoldások kidolgozásában, illetve a mezőgazdasági termelés növelésében.

Projektünk elsődleges célkitűzése, hogy egy olyan működő modellt hozzunk létre iskolánk aulájában megközelítőleg 10 m<sup>2</sup>-es területen, amely lehetőséget teremthet az aquakultúrás rendszer előnyeinek, illetve esetleges hátrányainak megfigyelésében. Ehhez figyelembe vettünk olyan tanulmányokat is, amelyek már megvalósultak (pl. SustainAqua projekt), illetve eredményeinkkel bekapcsolódtunk több országot magába foglaló nemzetközi projektbe (Erasmus+), valamint saját technológiai megoldásokat is felhasználtunk. Ez utóbbinak elsősorban a helyi adottságok legmegfelelőbb kihasználása volt a célja.

A megépített modell egy olyan recirkulációs rendszer, amelyben az akvárium vizét mechanikai és biológiai kezelést követően visszavezetjük. A természetes körülmények között élő akváriumi halak vizében ammónium-ion dúsul fel. Ez csökkenti az aerob vízi élővilág (növények, állatok) számára az O<sub>2</sub>-felvételt. Ezen kívül növekszik - az ammónium-ion révén - a kémhatás, ami szintén gátló tényező a vízben élő gerinces állatok élettevékenysége számára.



Az akváriumból elvezetett ammónium-ionban gazdag víz viszont kedvező a növények számára. A talajban élő mikroorganizmusok (pl. nitrifikáló baktériumok) az ammónium-ionból nitrit, majd nitrát-iont állítanak elő, amit a növények képesek felvenni, ezáltal csökkentve a víz N-tartalmát. A rendszerben ez jelenti a biológiai szűrést. A mechanikai kezelést először az üleptők biztosítják, ami az akváriumból esetlegesen kivezetett részecskék (pl. kisebb kavicsok, szennyező anyagok) eltávolítását biztosítja. Ez a másodlagos mechanikai tisztítórendszer (agyaggolyó ágy) eltömődésének megakadályozását célozza. A másodlagos mechanikai tisztítást, vagyis a makroszennyezések megkötését tehát részint az agyagágy, részint pedig a növények gyökerei végzik.

Ennek eredményeként a rendszerünk az alábbi részekből áll (1. melléklet):

1. Akvárium: 100 x 60 x 60-as medence, amelybe aranyhalakat telepítettünk.  
Hazai és külföldi (svájci és dán) esettanulmányokban az aquakultúras rendszerekben elsősorban gazdasági célból ponty- és pisztrángfélékkel folytak kutatások főként a haltenyésztés gazdasági alapjait kiemelve. A tanulmányok alapján a víz-visszaforgatásos halnevelők (telepek, illetve rendszerek), bár nagy bekerülési értékkel rendelkeznek, azonban hosszú távon gazdaságosak. Választásunk azért esett az aranyhalakra (*Carassius auratus auratus*), mivel számos adat áll rendelkezésre a tartásukkal és fejlődésükkel kapcsolatban, viszonylag kevésbé érzékenyek, könnyen alkalmazkodnak, de nagy a helyigényük. Az akvárium mérete ennek megfelelően lett kialakítva. A nevelt halak mennyisége három.
2. Üleptető és vízsebesség mérő medencék:
  - a) nagyobb részecskék üleptetésére és vízsebesség mérésére alkalmas medence
  - b) kisebb részecskék üleptetésére alkalmas üleptető medenceDániában megközelítőleg 200 telepen folyik úgy haltenyésztés, hogy a medencékből kivezetett víz szivattyúk alkalmazása mellett a gravitációt felhasználva folyik keresztül több üleptetőn, ahol tisztulás történik kémiai vízkezelés nélkül. Rendszerünkben ez két üleptető medencében történik, részint a nagyobb, részint pedig a kisebb részecskék eltávolítása érdekében. A vízhozam megfelelő beállítását célozza az első üleptető, amely vízsebesség mérésére is alkalmas.
3. Növényes kert, ahol a növényeket agyaggolyó ágyon termesztjük.  
Hazánkban fűzfákkal végeztek kísérleteket, vagyis a növények lignocellulóz tartalmának bioenergetikai célú felhasználására (pl. fűtés, bioüzemanyag). Svájcban trópusi gyümölcsökkel (pl. guava, papaya) végeztek kísérleteket az aquakultúras rendszerekben fitofelhasználásukra (pl. kozmetikai ipar, gyógyászat). A modellünkben ez utóbbit kívánjuk hasznosítani azzal, hogy levendulát és borsmentát ültetünk, amelynek alkaloid-tartalmú levelét illóanyag-kinyerés céljából szándékozunk felhasználni
4. 2 db kis fogyasztású (16 W) szivattyú a víz forgatása érdekében.  
A vízhozam így 200-250 liter/óra.
5. Napkollektor akkumulátorral, amely a rendszer energiaigényét fedezi.  
12 óra megvilágítás szükséges ahhoz, hogy az akvárium ökológiai egyensúlyban legyen. Az akváriumi rendszer az iskola aulájában került kialakításra, ahol tavasztól ősziig 12 óra közvetett napsütést kap, télen viszont csupán 7-8 órát. Ebből adódóan a megvilágítás hiányzó részét, valamint a szivattyúk működtetését 50 W teljesítményű napelemekből nyerjük. A termelt energia egy részét a hozzá kapcsolódó akkumulátorban tároljuk. A két 16 W-os szivattyú, illetve az akvárium fölé szerelt fénycsővek, valamint az akváriumi levegőztető működéséhez elegendő energia termelődik, így egyéb elektromosságra nincs szükség. Hazai projektek során szintén az volt a tapasztalat, hogy a vízvisszaforgató haltenyésztetekben a termelt energia (pl.

biomassza) elegendőnek bizonyult a rendszer fenntartásához, sőt többletenergia is keletkezett.

Az aquakultúrás eredmények értékeléséhez készítettünk olyan kontroll akváriumot és növényes kertet, amelynek felépítése teljesen megegyeznek a felépített rendszerünkkel, vagyis az akvárium méretei és élőlényei hasonlóak azzal a különbséggel, hogy a kontroll akváriumba beszerelésre került egy aktív szénes víztisztító és egy levegőztető berendezés. Mindkét növényes kertben 3-3 tő levendula és borsmenta került elültetésre agyagágyon öncsepegtető virágcserepbe. A növények öntözése is azonos vízmennyiséggel történt napi rendszerességgel. A kontroll növények öntözővizébe az aquakultúrás vízzel megegyező tápoldatot készítettünk.

Irodalmi adatok alapján az akváriumban lévő természetes N-körforgás alapján az ammónium-ion a medence közepén, míg a nitrit- és a nitrát-ionok a medence alján vannak nagyobb mennyiségben. A N-körforgás legfontosabb mutatója a nitrit-tartalom, ugyanis annak  $0,2 \text{ mg/dm}^3$  fölé történő emelkedése káros a halak számára. Ha a kémhatás 7-nél nagyobb, akkor ammóniából ammónium-ion lesz, ami a halaknál kopolyúbántalmakat okoz. Az elvárható legnagyobb ammónium-koncentráció  $0,02 \text{ mg/dm}^3$ , nitrát pedig  $20 \text{ mg/dm}^3$  lehet. A víz oxigéntartalma erősen függ a víz hőmérsékletétől, a benne élő halak nagyon érzékenyen reagálnak mennyiségi változásokra (minimum  $1,5 \text{ mg/dm}^3$ , maximum  $4 \text{ mg/dm}^3$ ). Az élőlények anyagcseréjének intenzitása (biológiai oxidáció csökkenti, a fotoszintézis növeli) is nagymértékben befolyásolja az oldott oxigén tartalmát. A foszfát-ion tartalom maximálisan  $1 \text{ mg/dm}^3$  lehet. A német keménység:  $6-16 \text{ nk}^\circ$ .

A fenntarthatóság és rendszerünk megfelelő működésének alátámasztásához az alábbi indikátorokat használtuk fel.

1. A telepített halak növekedésének mérése.
2. A rendszerben áramló víz fizikai és kémiai tulajdonságainak mérése.
  - hőmérséklet
  - pH
  - oldott oxigén-tartalom
  - összes keménység
  - nitrit-, nitrát-, ammónium-, foszfát-tartalom
3. Ülepítő medencék határfoka.
4. A növények növekedésének változása.
5. A növények leveleinek alkaloidok kimutatása és illóolaj kinyerésének lehetősége.

Vizsgálatainkat 2016. január 6. és március 17. között végeztük heti rendszerességgel szerdai napokon. A vizsgálatok eredményeinek feljegyzésére, illetve meghatározására még aznap sor került. A víz hőmérsékletének, pH-jának és oxigén-tartalmának meghatározása mérőkészülékekkel (digitális hőmérő, pH-mérő és oxigénmérő készülékkel) történt. A német keménységi fok meghatározása VISOCOLOR gyorstesztel történt. Az egyéb kémiai összetételének meghatározása (nitrit-, nitrát-, ammónium-, foszfát-tartalom) 2016. január 6. és január 13. között szintén VISOCOLOR gyorstesztel történt annak érdekében, hogy az ezt követő időszakban a műszeres meghatározáshoz szükséges tartományt meg tudjuk határozni, és ennek megfelelően tudjuk előállítani a szükséges oldatsorozatot. A műszeres mérés iskolánk UNICAM HELIOS Gamma típusú fotométerével történt az előírt szabványoknak megfelelően. A hőmérséklet, a pH, illetve az összes keménység meghatározása az akváriumokból történt. A nitrit-, nitrát-, ammónium-, foszfát-tartalmának meghatározásához a rendszerben több helyen volt mintavétel. Egyrészt az akváriumi, másrészt az ülepítő medencék utáni, harmadrészt pedig a növényes kert utáni víz összetételének meghatározására került sor.

Az eredmények bizonyították, hogy a 2016. január 6. és március 17. között mért víz fizikai és kémiai jellemzői közül az összes keménység, a kémhatás a foszfát-ion, a nitrát-ion tartalom nem lépte át az akváriumokban élő szervezetek fennmaradásához szükséges

koncentrációt. Az aquakultúrás rendszer akváriumában a kémhatás két időpontban (2016. január 27-én és március 3-án) lépte át a 7,4-es értéket, amely maga után vonta (egy hetes késéssel) az emelkedett ammónium-ion tartalom növekedését és az oldott oxigén-tartalom csökkenését. Az oldott oxigén-tartalom befolyással van a halak fejlődésére is. Megállapítottuk, hogy az oxigén mennyiségének csökkenése miatt az aranyhalak méretbeli növekedése alulmaradt. A vízviszaforgató rendszerünkben a telepített növények sem méretben, sem pedig szövettani felépítésben nem különböztek a kontroll mintához képest. A gravitáció elvét alkalmazó ülepítők mechanikai tisztítás révén, az ültetett növények pedig biológiai tisztítás révén csökkentik a víz szennyező anyag tartalmát (ez utóbbi leginkább a nitrát-ionokra vonatkozóan). A telepített 50 W-os napelem (és a hozzá létesített akkumulátor) a vizsgált időszakban ellátta árammal a rendszert, így más energiaforrásra nem volt szükség.

Összességében megállapítható, hogy modellünk önfenntartó elven alapuló fenntartható rendszer. Azonban hátrányaként mindenképp meg kell említenünk, hogy a rendszer kiépítése nagy beruházási költséggel rendelkezik (a mi modellünk összességében kb. 350.000 Ft volt), működtetése pedig nagy odafigyelést igényel. Az aquakultúrás rendszer végleges változatának összeszerelése megközelítőleg egy éves előkészületet igényelt, hiszen modellünk rendszeres elemeit egyenként is teszteltük annak érdekében, hogy minél nagyobb hatásfokkal működjön.

## 8. Az aquakultúrás rendszer



## 9. MTA Innovációs Verseny eredmény hírdetése



### 1. MTA Innovációs Verseny (Ruzsa Bence, Csehó Levente)



### 2. Oklevelek