



Co-funded by
the European Union

(25) Natūralūs procesai vandeniui atgauti ir pakartotinai naudoti akvaponinėse sistemose



BIOS4YOU
AR 2.0

BIO-INSPIRED STEM TOPICS FOR ENGAGING YOUNG GENERATIONS
THANKS TO THE USE OF AUGMENTED REALITY

Project Number: KA220-BW-23-30-126516

"Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them."





TURINYS

<i>Įvadas.....</i>	<i>3</i>
<i>1. Tyrinėjimas</i>	<i>3</i>
<i>2. Taikymas.....</i>	<i>5</i>
<i>3. Gilinimas</i>	<i>6</i>
<i>Išvados.....</i>	<i>6</i>
<i>Literatūra</i>	<i>9</i>





Bendra mokymosi kelio tema	Natūralūs procesai vandeniui atgauti ir pakartotinai naudoti akvaponinėse sistemose
Konkretus mokymosi vieneto pavadinimas	Natūralūs procesai vandeniui atgauti ir pakartotinai naudoti akvaponinėse sistemose
Tikslinių vartotojų amžius	14–18 metų
Reikalavimai besimokančiajam	Pagrindinės biologijos ir ekosistemų žinios (gamintojai, vartotojai, skaidytojai); smalsumas aplinkosaugos problemomis; gebėjimas dirbti grupėse; atvirumas naudoti skaitmeninius ir papildytosios realybės įrankius.
Mokymosi vieneto aprašymas	Šiame skyriuje studentai supažindinami su moksliniais, techniniais ir ekologiniais akvaponikos principais – integruota sistema, jungianti akvakultūrą (žuvininkystės ūkį) ir hidroponiką (augalų auginimą be dirvožemio). Mokiniai tyrinėja ekosistemos pusiausvyros trapumą, eksperimentuoja kurdami mini akvaponikos sistemą ir naudoja papildytąją realybę (AR) , kad vizualizuotų maistinių medžiagų ciklus ir projektuotų tvarius ekologiškus pastatus. Metodologija atitinka „ Tyrinėk – taikyk – gilink “ sistemą, nukreipdama studentus nuo tyrimų ir atradimų, per praktinį kūrimą, iki apmąstymų ir novatoriškų pritaikymų.
Tema: Dalyvaujančios šalys	Biologija, aplinkos mokslai, inžinerija / technologijos, dizainas ir architektūra; mokytojai kaip moderatoriai; studentai kaip tyrėjai, dizaineriai ir problemų sprendėjai.
Raktiniai žodžiai	Akvaponika, ekosistemų pusiausvyra, gamtos paremti sprendimai, tvarumas, žiedinės sistemos, papildyta realybė, biologijos įkvėptas dizainas.





Pagrindinės kvalifikacijos, įgūdžiai ir žinios, kurias galima įgyti	Žinios : ekosistemų dinamika, papildytosios realybės taikymas moksle. Įgūdžiai : problemų sprendimas, komandinis darbas, eksperimentinis dizainas, duomenų rinkimas, mokymasis remiantis dizainu, kūrybiškas papildytosios realybės naudojimas. Kvalifikacija / Kompetencijos : gebėjimas taikyti tvarumo principus, kritinis mąstymas, skaitmeninis raštingumas, tarpdisciplininiai ryšiai (biologija + inžinerija + dizainas).
Naudoti ištekliai ir didaktinės priemonės	Atvejo analizė (<i>Mirštantis ežeras</i>), vaidmenų žaidimas, laboratorinės medžiagos mini akvaponikos sistemoms (konteineriai, siurbiai, augalai, žuvis), skaitmeniniai laboratoriniai žurnalai, papildytosios realybės (AR) programėlės maistinių medžiagų ciklų ir ekologinio pastatų projektavimo vizualizavimui, žaidimo įrankiai (taškai, ženkleliai, lyderių lentelės).
Vertinimo kriterijai ir vertinimas	Vertinimas grindžiamas: žiniomis, praktiniais įgūdžiais, bendradarbiavimu Kūrybiškumas ir inovacijos, papildytoji realybė ir skaitmeninis naudojimas, įsitraukimas





Išvadas

XXI amžiuje dėl pasaulinio gyventojų skaičiaus augimo smarkiai išaugo spaudimas gamtos ištekliais, tokiems kaip vanduo ir dirvožemis. Pramoninė žemdirbystė ir akvakultūra labai prisidėjo prie vandens taršos, į vandens ekosistemas išleidamos didelius azoto, fosforo ir cheminių trąšų kiekius. Dėl to gėlo vandens ištekliais gresia pavojus, mažėja biologinė įvairovė ir kyla pavojus aplinkos pusiausvyrai.

Siekdamos išspręsti šiuos iššūkius, tarptautinės organizacijos ir tyrėjai vis dažniau kreipiasi į gamtos pagrindu veikiančius sprendimus (GPS): tvarias praktikas, įkvėptas natūralių procesų, kurios gerina aplinkos kokybę ir kartu mažina žmogaus poveikį. Viena perspektyviausių tokių praktikų yra akvaponika – integruota sistema, jungianti akvakultūrą (žuvų auginimą) su hidroponika (augalų auginimą be dirvožemio). Akvaponikoje maistinėmis medžiagomis turtingas vanduo iš žuvų rezervuarų yra perdirbamas per augalų lysves, kur jis natūraliai filtruojamas.

Šis mokymosi modulis supažindina 15–18 metų mokinius su moksliniais, techniniais ir ekologiniais akvaponikos principais. Naudodami eksperimentines sistemas, papildytąją realybę (AR) ir mokymąsi dizainu, mokiniai tyrinėja, kaip biologija ir inžinerija gali sąveikauti, siekiant sukurti tvarias vandens pakartotinio naudojimo sistemas ir įkvėpti ekologiškus architektūrinius sprendimus.

1. Tyrinėjimas

Išvadas į akvaponiką ir gamtos įkvėptą vandens atkūrimą

Akvaponika – tai novatoriška maisto gamybos sistema, jungianti akvakultūrą – žuvų auginimą – su hidroponika – augalų auginimu be dirvožemio. Šiame uždaramame cikle žuvų susidaranti atliekos tampa natūralia trąša augalams, o augalai filtruoja ir valo vandenį prieš jam grįžtant į žuvų rezervuarus. Taip



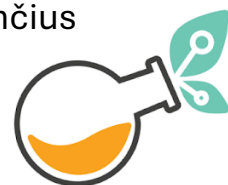


sukuriama savarankiška ekosistema, kurioje kiekvienas komponentas naudingas kitam, sumažinant cheminių trąšų poreikį ir nuotekų kiekį. Tyrimai rodo, kad akvaponika gali sumažinti vandens sunaudojimą iki 90 %, palyginti su įprastiniu dirvožemio auginimu, nes vanduo nuolat perdirbamas ir tik nedidelis jo kiekis prarandamas dėl garavimo ar augalų transpiracijos („Go Green Aquaponics“, 2024; „CalPoly Research“, 2022).

Akvaponikos pagrindas yra azoto ciklas – natūralus biologinis procesas, kuris atliekas paverčia tinkamomis naudoti, o ne kenksmingomis. Žuvis išskiria amoniaką, kuris didelėmis koncentracijomis yra toksiškas. Sistemoje gyvenančios naudingos bakterijos, daugiausia Nitrosomonas ir Nitrobacter, šį amoniaką pirmiausia paverčia nitritais, o vėliau nitratais, kuriuos augalai gali saugiai absorbuoti kaip maistines medžiagas. Ši transformacija ne tik skatina augalų augimą, bet ir valo vandenį, sukurdamą nuolatinį maistinių medžiagų perdirbimo ciklą, kuris padeda išlaikyti ir žuvis, ir augalus sveikus (Havajų universiteto akvaponikos programa, 2023 m.).

Akvaponikos koncepcija yra praktinis platesnės idėjos – gamtos sprendimai (GPS) – pritaikymas. GPS – tai metodai, kurie semiasi įkvėpimo iš natūralių procesų ir ekosistemų, siekdami spręsti šiuolaikinius aplinkosaugos iššūkius. Užuoat pasiklioę pramoninėmis ar cheminėmis intervencijomis, GPS imituoja, kaip gamta reguliuoja ciklus, filtruoja išteklius ir palaiko pusiausvyrą. Pavyzdžiui, pelkės natūraliai valo vandenį, žalieji stogai sugeria lietų ir sumažina nuotėkį, o akvaponika pakartotinai naudoja vandenį, atkartodama natūraliuose tvenkiniuose ar upėse esančius santykius. Įgyvendindamos GPS, bendruomenės ne tik sumažina poveikį aplinkai, bet ir padidina atsparumą bei biologinę įvairovę (Europos Komisija, 2021; FAO, 2021).

Apibendrinus šias koncepcijas, pabrėžiamas akvaponikos efektyvumas ir tvarumas. Tai rodo, kaip vanduo gali būti pakartotinai naudojamas, o ne švaistomas, kaip bakterijos veikia kaip nematomi partneriai maisto gamyboje ir kaip biologiškai įkvėptos sistemos gali pakeisti aplinkai kenkiančius





pramoninius metodus. Akvaponika yra ne tik ūkininkavimo technika, bet ir edukacinis modelis, parodantis, kaip žmonės gali dirbti su natūraliais ciklais, o ne prieš juos – šis požiūris tampa vis svarbesnis sprendžiant pasaulinius iššūkius, tokius kaip klimato kaita, vandens trūkumas ir tvarus gyvenimas mieste.

AR veikla:

Realaus pasaulio atvejų tyrimai: vandens užterštumas trąšomis, ekosistemų degradacija.

AR patirtis: vandens ciklo imitavimas su žmogaus įsikišimu ir be jo. Mokiniai sąveikauja su virtualia ekosistema ir stebi taršos modelius bei gamtos gamtoje atliekamus valymo darbus .

2. Taikymas

Mokymo programos įgyvendinimas

Mokiniai pereina nuo teorijos prie praktikos konstruodami **mini akvaponikos sistemas** . Mažose grupėse jie projektuoja ir surenka konteinerius, siurblius, akvariumus ir augalų lysves. Kiekviena komanda eksperimentuoja su skirtingomis augalų rūšimis, sistemų išdėstymais ir vandens cirkuliacijos strategijomis.

AR **programa** veikia kaip skaitmeninis vadovas: pateikia nuoseklias sąrankos instrukcijas, lygina besimokančiųjų sistemas su virtualiu modeliu ir imituoja galimas problemas (pvz., žemą deguonies kiekį arba pH disbalansą).

Interaktyvūs pratimai

Praktinės užduotys pateikiamos kaip **biologijos įkvėpti dizaino iššūkiai** :

- Užtikrinti žuvų aprūpinimą deguonimi.
- Augalų rūšių, tinkamų maistinių medžiagų turtingam vandeniui, bandymai.
- Vandens cirkuliacijos optimizavimas.





Įkvepiantys pavyzdžiai iš viso pasaulio: Havajų mokyklose akvaponika naudojama biologijos pamokoms, o Europos mokyklose – papildyta realybė azoto ciklams modeliuoti.

Atsiliepimų rinkimas

Mokiniai fiksuoja savo pažangą **skaitmeniniuose laboratorijos žurnaluose**, nurodydami pH lygius, augalų augimą ir žuvų elgesį. AR įrankiai teikia **tiesioginį grįžtamąjį ryšį**, pažymėdami problemas, kai duomenys neatitinka numatytų diapazonų. Mokytojai veda refleksijos sesijas, kurių metu grupės dalijasi rezultatais, lygina išvadas ir bendradarbiaujant tobulina savo sistemas.

3. Gilinimas

Paskutinis etapas skirtas apmąstymams ir ateities vizijai. Studentai lygina savo sistemas: kurios veikia geriausiai? Su kokiais sunkumais jie susidūrė? Kokius patobulinimus jie siūlytų?

Kūrybiškumas įgauna formą per papildytos realybės veiklą: jie projektuoja „eko pastatą“ – ateities pastatą, kuriame integruotos akvaponikos sistemos maistui gaminti ir vandeniui valyti. Taigi, akvaponika palieka laboratorinį rezervuarą ir tampa konkrečia tvarios architektūros idėja.

Baigiamojoje diskusijoje patirtis susiejama su darnaus vystymosi tikslais (DVT): kaip akvaponika gali padėti užtikrinti švarų vandenį, sveiką maistą ir atsparius miestus? Kokie šios technologijos apribojimai?

Išvados

Kurso pabaigoje studentai savo akimis pamatė, kad gamta jau turi sprendimus: jos uždari ciklai, kuriuose niekas neprarandama ir viskas transformuojasi, yra modeliai, iš kurių galima mokytis.





Taigi akvaponika tampa daugiau nei technika: tai pusiausvyros metafora. Žuvys, bakterijos ir augalai rodo, kaip bendradarbiavimas ir tarpusavio priklausomybė gali užtikrinti tvarumą.

Galutinė žinia aiški: tvarumas nėra tolima svajonė, o konkreti galimybė. Mokslinės žinios, technologijos ir kūrybiškumas yra įrankiai jaunesnės kartos rankose, padedantys įsivaizduoti kitokį pasaulį. Ir kiekvienas mokinys gali tapti šio pokyčio dalimi.

Fazė	Aprašymas
Tyrinėjimas	- Tyrimai ir atradimai: Mokiniai pradeda tyrinėti XXI amžiaus pasaulinius aplinkosaugos iššūkius . Sparčiai augantis gyventojų skaičius ir pramoninė žemdirbystė padidino gėlo vandens ir dirvožemio išteklių naudojimą, o per didelis trąšų naudojimas sutrikdė ekosistemas visame pasaulyje. Per pasakojimus, tokius kaip „ <i>Mirštantis ežeras</i> “, mokiniai mato, kaip gali sugriūti ekologinė pusiausvyra, kai vandens sistemose kaupiasi azotas ir fosforas. Jie taip pat nagrinėja pagrindinę ekosistemos idėją: subtilią pusiausvyrą tarp gamintojų (augalų), vartotojų (gyvūnų) ir skaidytojų (bakterijų). Jie supranta, kad gamtoje niekas nenešvaistoma – viskas perdirbama nuolatiniuose energijos ir maistinių medžiagų cikluose.
	- Turinio kūrimas: pagrindinis turinys sutelktas į gamtos pagrindu veikiančius sprendimus (GPS) kaip strategijas, įkvėptas ekologinių procesų. Mokiniai supažindinami su akvaponika kaip praktiniu GPS pavyzdžiu: žuvis gamina atliekas, bakterijos jas paverčia maistinėmis medžiagomis, o augalai absorbuoja tas maistines medžiagas valydami vandenį. Ši uždaro ciklo sistema atspindi natūralią pusiausvyrą ir parodo, kaip žmonės gali kurti tvarią maisto gamybą. Kad nematomi procesai taptų matomi, pristatomas papildytosios realybės (AR) modelis . Naudodami AR, besimokantieji gali tyrinėti maistinių medžiagų srautus, stebėti „dirbančias“ bakterijas ir vizualizuoti, kaip augalai filtruoja vandenį.
	- Poreikių analizė: refleksijos ir diskusijų klasėje metu mokiniai nustato, kodėl reikia maisto sistemų, kurios būtų ir produktyvios, ir tvarios . Šioje analizėje akvaponika apibrėžiama ne tik kaip techninė inovacija, bet ir kaip atsakas į pasaulinius aplinkosaugos ir socialinius iššūkius.
Taikymas	- Mokymo programos įgyvendinimas: Mokiniai pereina nuo teorijos prie praktikos konstruodami mini akvaponikos sistemas . Mažose grupėse jie projektuoja ir surenka konteinerius, siurblius, akvariumus ir augalų lysves. Kiekviena komanda eksperimentuoja su skirtingomis augalų rūšimis, sistemų išdėstymais ir vandens cirkuliacijos strategijomis. AR programa veikia kaip skaitmeninis vadovas: pateikia nuoseklias sąrankos instrukcijas, lygina besimokančiųjų sistemas su virtualiu modeliu ir imituoja galimas problemas (pvz., žemą deguonies kiekį arba pH disbalansą).
	- Interaktyvūs pratimai: praktinės užduotys pateikiamos kaip biologijos įkvėpti dizaino iššūkiai : • Užtikrinti žuvų aprūpinimą deguonimi. • Augalų rūšių, tinkamų maistinių medžiagų turtingam vandeniui, bandymai. • Vandens cirkuliacijos optimizavimas. Įkvėpiantys pavyzdžiai iš viso pasaulio: Havajų mokyklose akvaponika naudojama biologijos pamokoms, o Europos mokyklose – papildyta realybė azoto ciklams modeliuoti.





	- Atsiliepimų rinkimas: mokiniai fiksuoja savo pažangą skaitmeniniuose laboratorijos žurnaluose, nurodydami pH lygius, augalų augimą ir žuvų elgesį. AR įrankiai teikia tiesioginį grįžtamąjį ryšį, pažymėdami problemas, kai duomenys neatitinka numatytų diapazonų. Mokytojai veda refleksijos sesijas, kurių metu grupės dalijasi rezultatais, lygina išvadas ir bendradarbiaujant tobulina savo sistemas.
Gilinimas	- AR integracija: šiame etape AR gilina supratimą, leisdama besimokantiems manipuluoti ir išbandyti sudėtingus procesus. Jie gali priartėti prie bakterijų aktyvumo, imituoti vienos sistemos dalies žlugimą ir iš karto pamatyti bangavimo efektą visoje ekosistemoje.
	- Interaktyvus mokymasis: mokiniai plečia savo viziją naudodami papildytąją realybę (AR) projektuodami ateities ekologinius pastatus, integruodami akvaponiką į tvarią architektūrą. Ši tarpdisciplininė veikla apjungia biologiją, inžineriją ir dizaino mąstymą, todėl mokymasis yra ir kūrybiškas, ir praktinis.
	Žaidimo turinys: - Taškai ir ženkleliai : skiriami už tikslų duomenų rinkimą, kūrybiškus sprendimus ar sistemos patobulinimus. - Lyderių lentelės : stebėkite grupės pažangą, skatindami sveiką konkurenciją. - Užduotys ir lygiai : kiekvienas iššūkis – maistinių medžiagų balansavimas, vandens srauto optimizavimas ar augalų augimo skatinimas – atveria kitą lygį. - Atlygis už tyrinėjimą : papildomi taškai už novatoriškus metodus, pavyzdžiui, neįprastų augalų bandymą. - Bendradarbiaujamos žaidimo pagrindu sukurtos užduotys : komandinės misijos, kurių metu grupės dalijasi ištekliais arba sprendžia bendras sistemos problemas.
	AR pagrįsti vertinimai: - AR modeliavimuose besimokantieji diagnozuoja sugedusias akvaponikos sistemas ir jas „taiso“ koreguodami sąlygas. - Interaktyvūs testai, integruoti į papildytąją realybę (AR), tikrina ciklą, ekosistemų ir projektavimo strategijų žinias. - Studentai vertinami ne tik pagal žinių įsiminimą, bet ir pagal gebėjimą pritaikyti sprendimus virtualioje ir fizinėje hibridinėje aplinkoje.





Literatūra

1. **„Britannica“ enciklopedija – akvaponika** . Integruotos žemės ūkio sistemos, pagrįstos uždaru ciklu, aprašymas. Prieinama adresu: <https://www.britannica.com/technology/aquaponics>
2. **„Ecolife Conservation“ – įvadas į akvaponiką** . Įvadinis vadovas, kuriame paaiškinamas azoto ciklas ir mokymo principai. Prieiga per internetą: <https://www.ecolifeconservation.org/wp-content/uploads/2017/06/Introduction-to-Aquaponics-Manual-1.pdf>
3. **Šiaurės Hurono žemės ūkis (Weebly) – akvaponikos mokymo programos vadovas mokiniui** . Mokinio vadovas su tarpdisciplininio požiūriu į akvaponiką. Prieinama adresu: https://northhuronag.weebly.com/uploads/1/1/2/8/11286496/aquaponics_curriculum_student_manual.unlocked.pdf
4. **Havajų valstybinės mokyklos – vidurinės mokyklos biologijos ir akvaponikos projektas** . Edukacinis projektas vidurinės mokyklos biologijos mokiniams (9–10 klasės). Prieinama adresu: <https://www.hawaiipublicschools.org/DOE%20Forms/NGSS/HSBiologyAquaponicsFINAL.pdf>
5. **„HundrED Foundation“ – akvaponikos sistema** . Švietimo inovacijų projektas, kuriame mokyklose naudojama akvaponika siekiant skatinti praktinį mokymąsi. Prieinama adresu: <https://foundation.hundred.org/en/innovations/aquaponics-system>
6. **„Aquaponics Source“ – mokyklinė akvaponika** . Edukaciniai ištekliai, rodantys akvaponiką kaip gyvą STEM mokymosi ekosistemą. Prieinama adresu: <https://www.theaquaponicsource.com/school-aquaponics/>
7. **Nacionalinė žemės ūkio biblioteka (USDA) – Akvakultūra ir akvaponika** . Techniniai ištekliai apie akvaponiką ir tvarią žemės ūkio praktiką.





Prieinama adresu: <https://www.nal.usda.gov/farms-and-agricultural-production-systems/aquaculture-and-aquaponics>

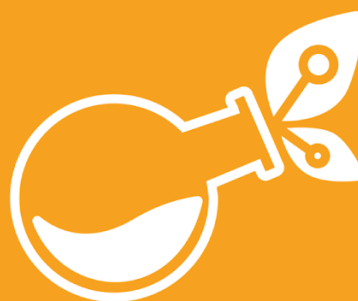
8. **Oklahomos valstijos universiteto tęstinio mokymo centras – akvaponika** . Praktinis akvakultūros ir hidroponikos sinergijos apibrėžimas.

Prieinama adresu: <https://extension.okstate.edu>





Co-funded by
the European Union



BIOS4YOU

AR 2.0

BIO-INSPIRED STEM TOPICS FOR ENGAGING YOUNG GENERATIONS
THANKS TO THE USE OF AUGMENTED REALITY



Project Number: KA220-BW-23-30-126516

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.