



Co-funded by
the European Union

Naujos kartos ekologiškos medžiagos: inovacijos, formuojančios tvarią architektūrą



BIOS4YOU
AR 2.0

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

Project Number: 2023-1-DE03-KA220-SCH-000126516

"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

Įvadas:	5
1. Tyrinėjimas – naujos kartos ekologiškų medžiagų pagrindai	5
1.1 Kas yra naujos kartos ekologiškos medžiagos?	5
1.2 Kokie yra naujos kartos ekologiškų medžiagų pavyzdžiai?	6
2. Taikymas – papildytosios realybės vaidmuo naujos kartos ekologiškose medžiagose	7
2.1 Specifinės AR įrankių savybės ir tipai	7
2.2 Realios studijos ir praktiniai pratimai	8
3. Gilinimas – AR gilesniam mokymuisi ir įsitraukimui	8
3.1 Naudingų AR programėlių ir įrankių pavyzdžiai	8
3.2 Praktiniai integravimo į mokymosi patirtį pasiūlymai	9
Išvados	10
Literatūra	12





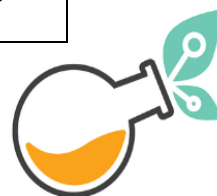
1 pav. Naujos kartos ekologiškos medžiagos: inovacijos, formuojančios tvarią architektūrą

Bendra mokymosi kelio tema	Ekologiškos medžiagos statyboje
Konkretus mokymosi vieneto pavadinimas	Naujos kartos ekologiškos medžiagos: inovacijos, formuojančios tvarią architektūrą
Tikslinių vartotojų amžius	14–18 metų
Reikalavimai besimokančiajam	1. Pagrindinis aplinkos mokslo sąvokų supratimas (pvz., ekologinės medžiagos). Pagrindiniai raštingumo ir skaičiavimo įgūdžiai. Pagrindiniai IKT įgūdžiai. 2. Prieiga prie kompiuterio ar planšetinio kompiuterio su interneto ryšiu. 3. Noras naudotis skaitmeniniais įrankiais (AR programėlėmis, „Delightex“). 4. Ankstesnė programavimo ar papildytosios realybės (AR) kūrimo patirtis nereikalinga, nes „CoBlocks“ yra pritaikyta pradedantiems.
Mokymosi vieneto aprašymas	Šiame skyriuje studentai supažindinami su ekologiškų medžiagų statyboje koncepcija, daugiausia dėmesio skiriant pažangiausioms inovacijoms, transformuojančioms tvarią architektūrą. Jis suskirstytas į tris dalis: „Tyrinėjimas“ supažindina su pagrindinėmis ekologiškų medžiagų ir tvarios statybos koncepcijomis. „Vykdytas“ gilina į biologinę įkvėpimą, parodydamas, kaip natūralūs procesai įkvėpia sprendimus ir kaip papildytoji realybė (AR) gali vizualizuoti šiuos procesus ir poveikį, pagrįstą realaus pasaulio pavyzdžiais ir praktine veikla. „Tobulinimas“ pagrindžia pedagoginę AR naudą, pateikdamas naudingų





	AR pritaikymo pavyzdžių ir praktinių integravimo strategijų. Skyrius baigiasi praktine užduotimi, kurios metu studentai naudoja žaidimo principu pagrįstą AR patirtį „Delightex“ platformoje, kad sustiprintų savo supratimą ir įsitraukimą į temą.
Tema: Dalyvaujančios šalys	Aplinkos mokslai, biologija, geografija, skaitmeninis raštingumas / informatika, menas ir dizainas, socialiniai mokslai, matematika, kalbų menai (tyrimai, komunikacija)
Raktiniai žodžiai	Ekologiškos medžiagos, gamtos paremti sprendimai, bioįkvėpimas, biomimetika, aplinkosauginis švietimas, tvarumas, tvari statyba, skaitmeninis raštingumas, papildytoji realybė (AR), žaidimų integravimas.
Pagrindinės kvalifikacijos, įgūdžiai ir žinios, kurias galima įgyti	Kvalifikacija (mąstis / požiūris): • Aplinkos sąmoningumas. • Iniciatyvus ir novatoriškas mąstymas sprendžiant aplinkosaugos problemas. • Pagarba gamtos vaidmeniui tvariuose sprendimuose. • Motyvacija dalyvauti klimato kaitos veiksmuose. Įgūdžiai: • Kritinis mąstymas: aplinkos problemų analizė ir sprendimų siūlymas. • Problemų sprendimas: biologijos įkvėptų koncepcijų taikymas aplinkosaugos iššūkiams spręsti. • Bendravimas: sudėtingų aplinkosaugos sąvokų aiškinimas ir idėjų pristatymas. • Skaitmeninis raštingumas: papildytosios realybės (AR) programų naršymas ir naudojimas. • Mokslinis tyrimas: duomenų interpretavimas ir natūralių procesų (virtualių ar realių) stebėjimas. Žinios: • Suprasti skirtingas ekologiškų medžiagų rūšis ir jų unikalias savybes. • Tradicinių ir biologinės kilmės medžiagų skirtumų priežasčių ir poveikio supratimas (pvz., anglies pėdsakas, įkūnyta energija)





	• Atpažįstant iš gamtos gautus biologijos įkvėptus sprendimus. • Papildytosios realybės potencialo ir pritaikymo aplinkosauginiame švietime supratimas.
Naudoti ištekliai ir didaktinės priemonės	Ištekliai: • Vadovėliai / Moksliniai straipsniai • Atvejų analizės • Interneto ištekliai • Nemokamos AR platformos („Delightex“) • Su AR suderinami įrenginiai (išmanieji telefonai / planšetiniai kompiuteriai)
Vertinimo kriterijai ir vertinimas	• Dalyvavimas: įsitraukimas į diskusijas ir veiklas visame skyriuje. • Veiklos užbaigimas: praktinio AR pratimo atlikimas • Sąvokų žemėlapis / minčių žemėlapis: vizualinio vaizdavimo, susiejančio klimato kaitą, ekosistemas, atkūrimo metodus ir biologiškai įkvėptus sprendimus, sukūrimas.





Ivadas:

Statybų sektorius yra labai svarbus kuriant tvarią ateitį, nes aplinkosaugos problemos mūsų planetoje blogėja. Šiame skyriuje bus aptariamos pažangiausios medžiagos ir technologijos, kurios keičia pastatų statybą, daugiausia dėmesio skiriant aplinkai nekenksmingiems pakaitalams, kurie mažina neigiamą poveikį aplinkai ir skatina sveikesnę gyvenamąją aplinką. Mes nagrinėsime įdomią tvarios architektūros sritį, sužinosime, kaip novatoriški sprendimai įkvėpti gamtos, ir išnagrinėsime, kaip papildytoji realybė (AR) gali pakeisti mūsų supratimą apie šias svarbias temas. Baigę šį skyrių, turėsite tvirtą supratimą apie ekologiškas medžiagas ir kaip jos gali padėti sukurti tvaresnę statytą aplinką.

1. Tyrinėjimas – naujos kartos ekologiškų medžiagų pagrindai

Statybų pramonė reikšmingai prisideda prie pasaulinio išteklių eikvojimo, energijos suvartojimo ir atliekų susidarymo. Tradicinės statybinės medžiagos dažnai turi didelį anglies pėdsaką dėl jų gavybos, gamybos, transportavimo ir šalinimo. Naujos kartos ekologiškos medžiagos siekia spręsti šiuos iššūkius siūlydamos tvarias alternatyvas, kurios sumažina žalą aplinkai per visą jų gyvavimo ciklą.

1.1 Kas yra naujos kartos ekologiškos medžiagos?

Naujos kartos ekologiškos medžiagos, dažnai vadinamos tvariomis, žaliosiomis arba aplinkai nekenksmingomis medžiagomis, yra statybos produktai ir technologijos, sukurtos siekiant kuo labiau sumažinti neigiamą poveikį aplinkai per visą jų gyvavimo ciklą – nuo gavybos ir gamybos iki naudojimo, šalinimo ir galimo pakartotinio naudojimo ar perdirbimo. Skirtingai nuo tradicinių medžiagų, kurios gali būti daug išteklių reikalaujančios, energiją eikvojančios ir atliekų generuojančios, ekologiškos medžiagos teikia pirmenybę išteklių naudojimo efektyvumui, taršos mažinimui ir ilgalaikiam tvarumui. Jomis siekiama palaikyti ekologinę pusiausvyrą, kartu laikantis funkcinių ir estetinių pastatų reikalavimų.

Norint visapusiškai suprasti ekologiškų medžiagų svarbą, būtina suprasti keletą tarpusavyje susijusių sąvokų:

- **Gyvavimo ciklo vertinimas (LCA):** Produkto poveikio aplinkai vertinimo procesas kiekviename jo gyvavimo ciklo etape – nuo žaliavų gavybos iki medžiagų apdorojimo, gamybos, pristatymo, naudojimo, aptarnavimo ir remonto bei šalinimo ar perdirbimo – vadinamas gyvavimo ciklo vertinimu arba





LCA. Mažas poveikis aplinkai kiekviename iš šių etapų yra esminė ekologiškų medžiagų savybė.

- **Įkūnyta energija:** bendra energija, sunaudojama medžiagai sukurti, transportuoti ir šalinti, vadinama įkūnyta energija. Naujos kartos ekologiškų medžiagų įkūnyta energija paprastai yra daug mažesnė nei tradicinių medžiagų, tokių kaip plienas ar betonas.
- **Žiedinė ekonomika:** Žiedinė ekonomika, peržengiant tradicinį linijinį „imk-gamink-išmesk“ modelį, siekia kuo ilgiau naudoti išteklius, išgauti iš jų maksimalią vertę naudojimo metu, o pasibaigus jų naudojimo laikui, atgauti ir regeneruoti medžiagas bei produktus. Kadangi ekologiškos medžiagos yra perdirbamos, pakartotinai naudojamos arba biologiškai skaidžios, jos dažnai padeda tai pasiekti.
- **Išteklių naudojimo efektyvumas:** išteklių naudojimo efektyvumas – tai procesas, kai pastatų komponentai gaminami sunaudojant mažiau energijos ir žaliavų, o tai sumažina statybos ir išmontavimo metu susidarančių atliekų kiekį.
- **Patalpų aplinkos kokybė (IEQ):** ekologiškos medžiagos dažnai pagerina patalpų oro kokybę, šiluminį komfortą ir natūralią šviesą, kartu sumažindamos organinių cheminių medžiagų išmetimą. Tai neapsiriboja vien jų poveikiu aplinkai.
- **Ekosistemų paslaugos ir biologinė įvairovė:** tam tikros ekologiškos medžiagos, ypač tos, kurios gaunamos iš natūralių šaltinių, gali skatinti biologinę įvairovę.

1.2 Kokie yra naujos kartos ekologiškų medžiagų pavyzdžiai?

Štai keletas ryškių pavyzdžių, iliustruojančių šios srities įvairovę ir inovacijas:

- **Grybienos kompozitai:** medžiagos, išaugintos iš grybų šaknų struktūrų (grybienos) ir žemės ūkio atliekų. Jos yra biologiškai skaidžios, lengvos, atsparios ugniai ir pasižymi puikiomis izoliacinėmis savybėmis, todėl tinka izoliacinėms plokštėms, plytoms ir pakuotėms gaminti.
- **Inžinerinis bambukas:** bambukas, sparčiai atsinaujinantis išteklius, gali būti perdirbtas į labai patvarius ir tvirtus konstrukcinius elementus, grindų dangą ir apdailą, siūlant alternatyvą medienai ir plienui.
- **Perdirbtos medžiagos:** Šiai kategorijai priklauso tokios medžiagos kaip perdirbtas plienas, perdirbti betono užpildai, perdirbti plastikai (pvz., stogo čerpėms, izoliacijai) ir perdirbtas stiklas. Atliekų srautų naudojimas sumažina pirminių išteklių poreikį ir sąvartynų atliekų kiekį.
- **Bioplastikai ir biopolimerai:** šie plastikai, gauti iš atsinaujinančių biomasės šaltinių (pvz., kukurūzų krakmolo, dumblių), gali būti biologiškai skaidūs arba kompostuojami, todėl gali būti alternatyva izoliacijai, vamzdžiams ar architektūrinei apdailai.





- **Savaime atsistatantis betonas:** betonas, pagamintas naudojant bakterijas arba mikrokapsules, kurios išskiria gydomąsias medžiagas, kai atsiranda įtrūkimų, taip pailgindamos medžiagos tarnavimo laiką ir sumažindamos priežiūros poreikį.
- **Kryžmiškai klijuota mediena (CLT):** inžinerinės medienos gaminys, pagamintas klijuojant vientisos pjautinės medienos sluoksnius. Jis pasižymi dideliu stiprumo ir svorio santykiu, puikiomis priešgaisrinėmis savybėmis ir anglies dioksido kaupimo savybėmis, todėl galima statyti daugiaaukščius medinius pastatus.
- **Fazę keičiančios medžiagos (PCM):** medžiagos, kurios sugeria ir išskiria didelius kiekius latentinės šilumos, kai keičia fazę (pvz., iš kietos į skystą), padėdamos reguliuoti patalpų temperatūrą ir mažindamos energijos suvartojimą šildymui ir vėsinimui.
- **Kanapių betonas:** biokompozitinė medžiaga, pagaminta iš kanapių stiebo sumedėjusios vidinės dalies, kalkių ir vandens. Ji lengva, pralaidi orui, puikiai izoliuoja šilumą ir sugeria anglies dioksidą.

Šios medžiagos tėra tik teorinės koncepcijos; daugelis jų jau integruojamos į šiuolaikinius tvoros statybos projektus, demonstruojant jų gyvybingumą ir potencialą pagerinti mūsų pastatytą aplinką (Popescu ir kt., 2024).

2. Taikymas – papildytosios realybės vaidmuo naujos kartos ekologiškose medžiagose

Papildytoji realybė (AR) tampa galinga priemone kuriant ir diegiant naujos kartos ekologiškas medžiagas, panaikinant atotrūkį tarp novatoriško mokslo ir praktinio pritaikymo. Suteikdama galimybę interaktyviai vizualizuoti, modeliuoti ir integruoti duomenis realiuoju laiku, AR pagerina tai, kaip tyrėjai, dizaineriai ir pramonės atstovai supranta tvarių medžiagų savybes ir našumą. Nuo virtualių prototipų kūrimo iki ekologiškai sąmoningo gaminių dizaino, AR ne tik spartina inovacijas, bet ir skatina didesnę informuotumą apie poveikį aplinkai, sudarydama sąlygas priimti labiau pagrįstus sprendimus kuriant ekologiškesnę ateitį (Wang ir Li, 2020).

2.1 Specifinės AR įrankių savybės ir tipai

Šiam tikslui skirta AR programa būtų daugiau nei vizualizacijos įrankis; tai būtų dinamiška platforma atradimams, projektavimui ir problemų sprendimui. Pagrindinės funkcijos ir įrankiai galėtų būti šie:

- **3D modelių vizualizacija:** besimokantieji gali peržiūrėti ir sąveikauti su skirtingų ekologinių medžiagų 3D modeliais (pvz., grybienos plytų skerspjūviais, išsamiais savaime atsistatančio betono vaizdais, lengvų





biologiškai įkvėptų plokščių vidinėmis struktūromis). Tai leidžia giliau suprasti jų sudėtį ir savybes.

- **Modeliavimas:** imituokite natūralius procesus, kurie įkvepia ekologiškas medžiagas. Pavyzdžiui, vizualizuokite, kaip įtrūkimai gyja savaime atsistatančiame betone arba kaip biologiškai įkvėptas fasadas reguliuoja temperatūrą.
- **Duomenų vizualizacijos perdangos:** papildytoji realybė gali pateikti realaus laiko duomenis arba informaciją ant fizinių objektų (pvz., bambuko pavyzdžio), rodydama jo tempiamąjį stiprumą, izoliacijos vertę arba įkūnytą energiją.
- **Virtualios ekskursijos:** virtualiai apžiūrėkite esamus tvarius pastatus, kuriuose naudojamos naujos kartos ekologiškos medžiagos, pabrėždami konkrečius jų pritaikymo būdus ir privalumus.

2.2 Realios studijos ir praktiniai pratimai

Prasminga AR integracija į praktinį mokymąsi jau vyksta visame pasaulyje, ypač tokiose srityse kaip aplinkosauga ir miesto ugdymas. Šie pavyzdžiai rodo, kaip AR gali padėti mokiniams pereiti nuo pasyvaus stebėjimo prie aktyvaus, kūrybiško problemų sprendimo, įkvėpto gamtos.

Singapūro vidurinės mokyklos mokiniai dalyvavo praktiniuose seminaruose, skirtuose biomimetikai architektūroje. Naudodami papildytosios realybės (AR) programėlę, jie galėjo nuskaityti gamtos objektus (pvz., lapą, kaulą) ir matyti papildytą informaciją apie jų struktūrines savybes ir galimą architektūrinį pritaikymą. Tada jie panaudojo AR, kad virtualius biologijos įkvėptus fasadų dizainus perkeltų ant miniatiūrinių pastatų modelių, gaudami tiesioginį vaizdinį grįžtamąjį ryšį apie tai, kaip projektai galėtų pagerinti energijos vartojimo efektyvumą (Tan ir Lim, 2021).

Šie pavyzdžiai rodo, kaip papildytoji realybė (AR) gali transformuoti tradicines mokymosi veiklas į įtraukią, duomenimis turtingą ir labai interaktyvią patirtį, panaikinant atotrūkį tarp teorinių žinių ir praktinio pritaikymo bei suteikiant studentams galių spręsti realaus pasaulio aplinkosaugos problemas.

3. Gilinimas – AR gilesniam mokymuisi ir įsitraukimui

3.1 Naudingų AR programėlių ir įrankių pavyzdžiai

Įvairūs papildytosios realybės įrankiai gali gerokai pagerinti mokymosi patirtį ekosistemų atkūrimo srityje, suteikdami įtraukiančius ir interaktyvius būdus tyrinėti sudėtingas aplinkos sąvokas. Štai pavyzdys:





„Delightex“ („CoSpaces Edu“):

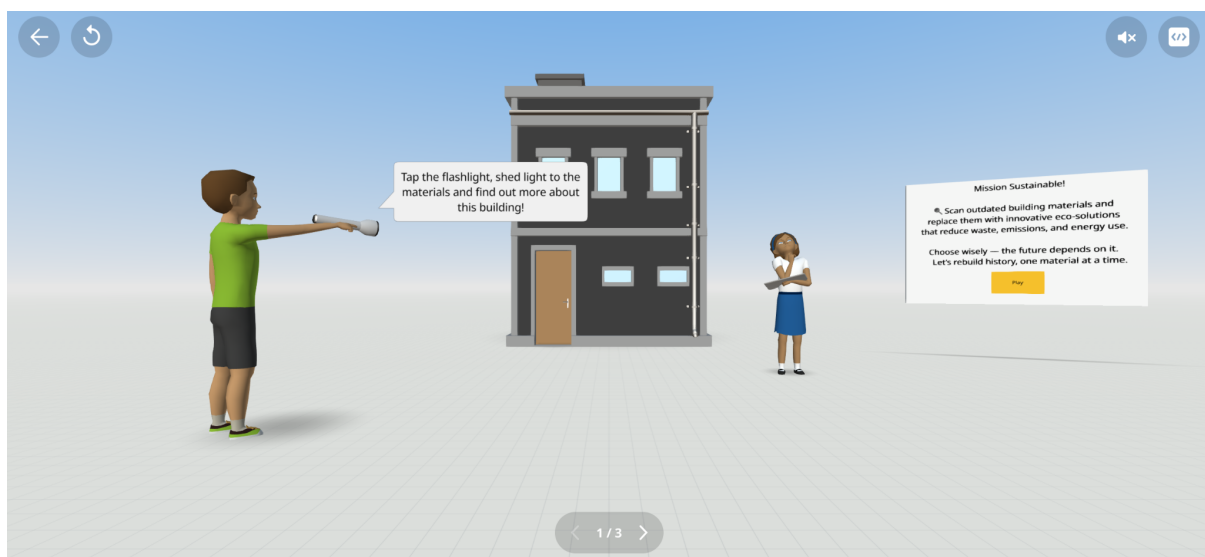
Delightex leidžia vartotojams kurti interaktyvius 3D virtualius pasaulius ir vėliau juos patirti papildytoje arba virtualioje realybėje. Jame yra vilkimo ir numetimo sąsaja bei vizualiai blokais pagrįsta kodavimo kalba („CoBlocks“), todėl jis yra labai prieinamas mokiniams ir mokytojams, neturintiems ankstesnės programavimo patirties. Jis siūlo nemokamą versiją su pagrindinėmis funkcijomis. Mokiniai gali kurti ir kurti savo virtualias ekosistemas, imituoti aplinkos pokyčius ir vizualizuoti atkūrimo pastangas. Kūrybinė laisvė suteikia mokiniams galimybę tapti turinio kūrėjais, o ne tik vartotojais.

3.2 Praktiniai integravimo į mokymosi patirtį pasiūlymai

Žaidimų pagrindu sukurtos mokymosi aplinkos arba interaktyvūs 3D virtualūs pasauliai gali paskatinti mokinius tyrinėti žaliąją infrastruktūrą, pavyzdžiui, naujas, tvaresnes ekologiškas medžiagas. Tai leidžia mokytis apie miestų dizainą ir smagiai, ir informatyviai.

Pratimas: „Misija tvari“ AR programėlė

Šioje interaktyvioje papildytosios realybės (AR) patirtyje mokiniai prisiima tvarumo novatorių vaidmenį. Naudodamiesi savo įrenginiais, virtualioje aplinkoje jie tyrinėja pasenusias statybines medžiagas, tokias kaip betoniniai blokėliai, plastikas ar plienas, ir pakeičia jas naujos kartos ekologiškomis medžiagomis, sukurtais siekiant sumažinti atliekų kiekį, išmetamųjų teršalų kiekį ir taupyti energiją. Kiekvienas pasirinkimas daro įtaką statinio ateičiai, skatindamas mokinius kritiškai mąstyti apie aplinkosaugos kompromisus ir inovacijų vaidmenį statyboje. Tikslas – atkurti istoriją pasitelkiant išmanesnius, ekologiškesnius sprendimus, pritaikant po vieną medžiagą.



2 pav. AR programėlė „Mission Sustainable“





Apdairiai integruodami papildytąją realybę į mokymo programą, pedagogai gali sukurti dinamišką, įtraukiančią mokymosi patirtį, kuri ne tik sustiprina mokinių ryšį su ekologiškais medžiagomis ir biomimetika statybose, bet ir suteikia jiems žinių bei priemonių, reikalingų aktyviai dalyvauti aplinkosaugos tvarkyme.

Išvados

Šis mokymosi modulis jus nuvedė per žavų naujos kartos ekologiškų medžiagų pasaulį ir jų esminį vaidmenį formuojant tvarią architektūrą. Tokios technologijos kaip papildytoji realybė pagerina mūsų gebėjimą suprasti, vizualizuoti ir sąveikauti su šiomis esminėmis sąvokomis, abstrakčias sąvokas paversdamos konkrečia, interaktyvia patirtimi. Vizualizuodamos nematomus procesus, supaprastindamos sudėtingus duomenis ir skatindamos aktyvų įsitraukimą, papildytosios realybės įrankiai suteikia besimokantiejiems galimybę ne tik suprasti tvarios architektūros principus, bet ir įsivaizduoti bei suprojektuoti ekologiškus rytojaus pastatus. Šis pažangiausių medžiagų ir įtraukiančių technologijų derinys atveria kelią architektų, inžinierių ir piliečių kartai, kuri yra pasirengusi kurti tvaresnę ateitį.





Fazė	Aprašymas
Tyrinėjimas	- Tyrimai ir atradimai: pristatyti įprastinių statybinių medžiagų (betono, plastiko, plieno) aplinkosauginius iššūkius ir pristatyti naujos kartos ekologiškas medžiagas (bioplastiką, kanapių betoną, grybienos kompozitus, perdirbtus užpildus, fazę keičiančias medžiagas). Pabrėžti, kaip šios medžiagos mažina atliekų kiekį, išmetamųjų teršalų kiekį ir energijos suvartojimą.
	- Turinio kūrimas: Pateikti prieinamus išteklius (trumpus straipsnius, vaizdo įrašus, infografikus), kuriuose lyginamos tradicinės ir ekologiškos medžiagos. Dėmesys gyvavimo ciklo poveikiui, anglies pėdsakui, perdirbimui ir novatoriškam pritaikymui šiuolaikinėje architektūroje.
	- Poreikių analizė: įvertinti studentų ankstesnes žinias apie statybines medžiagas, tvarumą ir inovacijas statybose, siekiant pritaikyti papildytosios realybės (AR) veiklą ir užtikrinti prieinamumą.
Taikymas	- Mokymo programos įgyvendinimas: susieti ekologiškas medžiagas su platesniais tvarumo ir inovacijų tikslais architektūroje, parodant, kaip projektavimo sprendimai veikia klimato kaitos švelninimą ir išteklių išsaugojimą.
	- Interaktyvūs pratimai: analizuokite realius novatoriškų pastatų, kuriuose sėkmingai įdiegtos ekologiškos medžiagos, atvejų tyrimus, lygindami jų papildytosios realybės (AR) projektavimo pasirinkimus su realiais architektūros pavyzdžiais.
	- Atsiliepimų rinkimas: naudokite klasės diskusijas arba skaitmenines apklausas, kad įvertintumėte jų samprotavimus ir medžiagų pasirinkimo supratimą.
Gilinimas	- AR integracija: naudokite AR programėlę „Mission Sustainable“, kad vizualizuotumėte, kaip ekologiškos medžiagos keičia pastatą ir jo aplinkosauginį veiksmingumą.
	- Interaktyvus mokymasis: mokiniai virtualioje aplinkoje tyrinėja pasenusias statybines medžiagas ir keičia jas ekologiškomis alternatyviomis medžiagomis . Atsiliepimai realiuoju laiku rodo aplinkosaugos kompromisus, energijos taupymą ir konstrukcijų poveikį.
	Žaidimo turinys: - Užduotys ir lygiai : teisingi atsakymai į viktorinos klausimus ir optimalus medžiagų pasirinkimas atveria progresą.
	AR pagrindu veikiančios vertinimai: vertinkite mokinių mokymąsi pagal jų pasirinktas medžiagas, testų rezultatus ir AR pagrindu veikiančių pastatų pasirinkimų tvarumo rodiklius.





Literatūra

Akbari, H. (2002). Žalios spalvos atspalviai: miesto medžių ir krūmų poveikis energijos vartojimui ir oro kokybei. *Energija ir pastatai*, 33 (2), 95–104.

Azuma, RT, Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S. ir MacIntyre, B. (2001). Naujausi papildytosios realybės pasiekimai. IEEE kompiuterinė grafika ir taikymai, 21(6), 34–47.

Gedge, D. ir Kadas, G. (2007). Žalieji stogai ir biologinė įvairovė. *Žaliosios statybos žurnalas*, 2 (1), 12–25.

Popescu, C., Dissanayake, H., Mansi, E. ir Stancu, A. (2024). Ekologiniai proveržiai: tvarios medžiagos, keičiančios mūsų planetos ateitį. *Tvarumas*, 16(23), 10790. <https://doi.org/10.3390/su162310790>

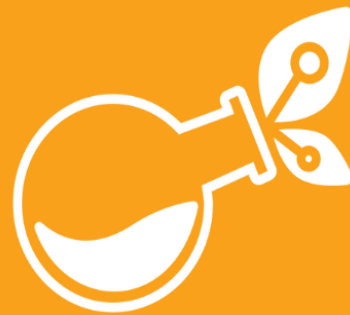
Wang, Y., ir Li, G. (2020). Papildytosios realybės taikymas gamtos mokslų ugdyme: sisteminė apžvalga. „Journal of Educational Technology & Society“, 23(3), 108–122.

Wu, HK, Lee, SWY, Chang, HY ir Liang, JC (2013). Dabartinė papildytosios realybės švietime padėtis, galimybės ir iššūkiai. *Kompiuteriai ir švietimas*, 62, 41–49.





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: 2023-1-DE03-KA220-SCH-000126516

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.