



Biomimicry Design for Sustainability Skills in VET

Biomimicria - Metodologia de design pentru competențe sustenabile în învățământul profesional și tehnic (VET)

KA220-VET-00620D4B

KA220-VET - Parteneriate de cooperare în educația și formarea profesională

D3.3 Ghid pentru profesori



| Informații despre document | |
|----------------------------|---|
| Referință proiect | 2023-1-EL01-KA220-VET-000158477 |
| Livrabil | D3.3 Ghid pentru profesori |
| Nivel de diseminare | Public |
| Data | 28/2/2025 |
| Versiunea documentului | 1 |
| Stare | Final |
| Partajare | CC-BY-NC-ND |
| Authori | Stella Regoli, Stella Regoli, Etudes Et Chantiers Corsica Hariklia Tsalapatas, University of Thessaly |
| Recenzori | Ahu Sismek, Yakacik Mesleki Ve Teknik Anadolu Lisesi Ioana Stefan, Advanced Technology Systems |



Contribuitori

Konstantina Vlachoutsou, University of Thessaly

Olivier Heidmann, University of Thessaly

Christina Taka, University of Thessaly

Dimitris Ziogas, University of Thessaly

Konstantinos Katsimentes, University of Thessaly

Sotiris Evaggelou, University of Thessaly

Apostolos Fotopoulos, University of Thessaly

Antoniú Stefan, ATS

Ancuța Georghe, ATS

Carlos Vaz de Carvalho, Virtual Campus

Laura Trevisan, Infodef

Cuprins

| | |
|---|----|
| 1. Introducere | 6 |
| 2. Obiectivele ghidului | 8 |
| 3. Introducere în biomimicrie | 9 |
| 3.1 Ce este biomimicria?..... | 9 |
| 3.2. Importanța biomimicriei în educația din Învățământul Profesional și Tehnic (VET) | 10 |
| 3.3 Biomimicria în practică | 11 |
| 3.3.1 Principalele principii ale biomimicriei..... | 11 |
| 3.3.2 Studii de caz și exemple în diverse domenii | 12 |
| 3.3.3 Provocări și soluții inspirate de natură | 13 |
| 4. Metodologii și cadre de învățare | 16 |
| 4.1 Învățarea bazată pe probleme (PBL) și biomimicria | 16 |
| 4.1.1 Compararea Învățării Bazate pe Probleme (PBL) și biomimicriei | 16 |
| 4.1.2 Integrarea biomimicriei în Învățarea Bazată pe Probleme (PBL)..... | 18 |
| 4.1.3 Facilitarea învățării colaborative..... | 19 |
| 4.2 Cadrul practic de învățare a biomimicriei LET's MIMIC..... | 20 |
| 4.2.1 Rezultatele învățării și competențele dobândite | 20 |
| 4.2.2 Aplicarea abordărilor pedagogice inovative în cadrul LET's MIMIC | 24 |
| 4.2.3 Proiectarea activităților de învățare prin biomimicrie | 25 |
| 4.3.4 Strategii de evaluare | 27 |
| 5. Abordarea LET's MIMIC pentru proiectarea proiectelor de biomimicrie pentru cursanți..... | 29 |
| 5.1 Identificarea provocărilor și formularea enunțurilor de problemă..... | 29 |

| | |
|---|----|
| 5.2 Generarea soluțiilor inspirate de biomimicrie..... | 30 |
| 5.3 Dezvoltarea și documentarea studiilor de caz..... | 30 |
| 6. Resurse și instrumente pedagogice de sprijin | 32 |
| 6.1 Resurse și instrumente digitale uzuale | 32 |
| 6.2 Baze de date și rețele externe pentru biomimicrie | 32 |
| 6.3 Portalul LET's MIMIC..... | 34 |
| 6.4 Platforma digitală de învățare LET's MIMIC pentru biomimicrie | 34 |
| 6.5 Kitul de auto-învățare LET's MIMIC | 35 |
| 6.6 Modulele de instruire LET's MIMIC | 36 |
| 7. Recomandări pentru implementare în contexte locale..... | 37 |
| 7.1 Adaptarea manualului la contexte locale..... | 37 |
| 7.2 Formarea și sprijinul profesorilor | 37 |
| 7.3 Monitorizare și evaluare | 38 |
| 8. Lecturi și cercetări suplimentare | 40 |
| Concluzii | 41 |
| Bibliografie | 42 |

1. Introducere

Biomimicria, sau „inovația inspirată de natură”, se bazează pe ideea că natura a dezvoltat deja soluții pentru multe provocări umane, inclusiv în domeniul energiei, transportului și gestionării deșeurilor (Benyus, 2014). Urmând principiile fundamentale ale naturii — cum ar fi utilizarea energiei regenerabile, gestionarea eficientă a resurselor și reciclarea — biomimicria joacă un rol esențial în promovarea sustenabilității. Punând accent pe colaborarea interdisciplinară, biomimicria contribuie la designul durabil al secolului XXI.

Ea completează, de asemenea, educația STEM (Științe, Tehnologie, Inginerie, Matematică), oferind oportunități de a preda discipline STEM și științe ale mediului, în timp ce stimulează creativitatea și abilitățile de rezolvare a problemelor (Biomimicry Institute, 2017). Pe măsură ce lumea se confruntă cu provocări crescânde de mediu și sociale, biomimicria permite designerilor și inginerilor să dezvolte soluții eficiente, durabile și rezistente. Integrarea biomimicriei în educație ajută la formarea unor cursanți conștienți de mediu, consolidând totodată aprecierea lor pentru înțelepciunea naturii.

Proiectul dezvoltă servicii digitale de învățare pentru colaborarea cursanților în activități de biomimicrie. De asemenea, creează conținut digital de învățare pentru cursanți, structurat pe pașii biomimicriei, precum: definire, biologizare, descoperire, abstractizare, emulare și evaluare. În plus, proiectul consolidează capacitatea cadrelor didactice de a proiecta activități de învățare bazate pe biomimicrie și de a le introduce în sala de clasă. În acest scop, LET's MIMIC dezvoltă conținut de suport pentru educatori.

Acest document constituie un ghid care sprijină cadrele didactice din Învățământul Profesional și Tehnic în proiectarea și desfășurarea activităților de învățare bazate pe biomimicrie în clasă. Documentul prezintă un design metodologic al învățării care integrează biomimicria cu învățarea bazată pe probleme și alte metodologii active de învățare, precum învățarea experiențială și cea bazată pe investigație. Sunt prezentate pașii pentru ca educatorii să proiecteze, să desfășoare și

să evalueze impactul pozitiv al activităților de biomimicrie asupra cursanților. În final, documentul prezintă resurse și instrumente de învățare în domeniul biomimicriei, inclusiv servicii și rețele externe, precum și kitul LET's MIMIC pentru învățare autoreglată, modulele de formare și platforma digitală de învățare.

2. Obiectivele ghidului

Scopul principal al acestui ghid este de a oferi profesorilor din Învățământul Profesional și Tehnic (VET) instrumentele și resursele necesare pentru a integra biomimicria în practicile lor de predare. Obiectivele sunt următoarele:

- **Introducerea conceptelor de biomimicrie:** Explicarea biomimicriei și a aplicării acesteia în diverse contexte.
- **Oferirea de strategii practice de predare:** Echiparea profesorilor cu metodologii practice, inclusiv abordări de învățare bazată pe probleme (PBL), pentru a integra biomimicria în lecțiile lor.
- **Dezvoltarea competențelor critice:** Concentrarea pe dezvoltarea gândirii critice, creativității și abilităților de rezolvare a problemelor ale cursanților prin proiecte inspirate de biomimicrie.
- **Promovarea sustenabilității:** Încurajarea adoptării practicilor durabile în educația VET prin accentuarea soluțiilor inspirate de natură.
- **Facilitarea colaborării:** Sprijinirea învățării colaborative și a abordărilor interdisciplinare, promovând munca în echipă și inovația.

Prin acest ghid, profesorii din Învățământul Profesional și Tehnic vor dobândi cunoștințele și încrederea necesare pentru a-și ghida cursanții în explorarea biomimicriei și aplicarea acesteia în provocări reale, pregătindu-i pentru cariere care prioritizează sustenabilitatea și inovația.

3. Introducere în biomimicrie

Biomimicria, un termen derivat din cuvintele grecești „bios” (viață) și „mimesis” (imitație), se referă la practica de a învăța de la natură și de a emula designurile, sistemele și procesele acesteia pentru a rezolva provocările umane. Observând modul în care organismele se adaptează la mediul lor și îndeplinesc funcții esențiale, inovatorii pot crea soluții durabile, eficiente și rezistente în diverse discipline. Biomimicria oferă o schimbare de paradigmă în gândirea de design, punând accent pe sustenabilitate și armonie cu lumea naturală.

În această secțiune, vom explora conceptele fundamentale ale biomimicriei, relevanța acesteia în Învățământul Profesional și Tehnic (VET) și obiectivele acestui ghid în promovarea biomimicriei ca instrument de predare și învățare.

3.1 Ce este biomimicria?

Biomimicria este practica de a se inspira din natură pentru a dezvolta soluții la provocările umane. Aceasta implică înțelegerea strategiilor pe care organismele vii le folosesc pentru a supraviețui și aplicarea lor în diverse domenii, precum inginerie, arhitectură, design de produse și gestionarea resurselor (Benyus, 1997).

Natura a evoluat de-a lungul a miliarde de ani, rezultând soluții extrem de eficiente, adaptabile și durabile. De exemplu:

- **Designul Velcro** a fost inspirat de modul în care păștile se prind de blana animalelor prin cârlige mici.
- **Clădirile eficiente energetic** imită adesea cuiburile de termite, menținând o temperatură internă stabilă.
- **Turbinele eoliene** au fost proiectate pe baza formei înotătoarelor balenelor cu cocoșă pentru o eficiență îmbunătățită.

Biomimicria nu constă doar în copierea naturii, ci în înțelegerea principiilor fundamentale și aplicarea lor la provocările umane într-un mod care respectă sustenabilitatea și practicile etice.

3.2. Importanța biomimicriei în educația din Învățământul Profesional și Tehnic (VET)

Învățământul și formarea profesională (VET) se concentrează pe dotarea cursanților cu abilități practice care pot fi aplicate în câmpul muncii. Integrarea biomimicriei în educația VET oferă mai multe beneficii importante (Oguntona și Aigbavboa, 2023):

- **Abilități inovative de rezolvare a problemelor:** Biomimicria încurajează cursanții să gândească critic și creativ, prin observarea și învățarea de la natură. Acest lucru poate conduce la soluții inovatoare, eficiente și durabile.
- **Accent pe sustenabilitate:** Într-o lume care se confruntă cu provocări de mediu, este esențial să se învețe cursanții să proiecteze soluții în conformitate cu principiile ecologice. Biomimicria dezvoltă o mentalitate care valorizează eficiența resurselor, reducerea deșeurilor și armonia cu natura.
- **Învățare interdisciplinară:** Biomimicria face legătura între discipline precum biologie, design, inginerie și științe ale mediului. Cursanții din VET pot dezvolta un set larg de competențe care îi pregătesc pentru diverse cariere.
- **Implicare și motivație:** Învățarea din natură poate stimula curiozitatea și entuziasmul, făcând educația mai captivantă și relevantă pentru provocările reale.



Figura 1. Inspirația din natură pentru a rezolva provocările complexe de sustenabilitate din prezent.

Prin integrarea biomimicriei, educația VET poate forma profesioniști calificați, pregătiți pentru piața muncii și capabili să contribuie la inovația durabilă în industriile lor.

3.3 Biomimicria în practică

În această secțiune, explorăm modul în care principiile biomimicriei sunt aplicate în contexte reale. De la înțelegerea principiilor fundamentale care ghidează designul biomimetic, până la analiza studiilor de caz din diverse industrii, această parte evidențiază modul în care ingeniozitatea naturii poate inspira soluții inovatoare și durabile. Vom analiza, de asemenea, provocările întâmpinate în aplicarea biomimicriei și modul în care strategiile inspirate de natură le pot depăși.

3.3.1 Principalele principii ale biomimicriei

Biomimicria este ghidată de principii fundamentale care ajută designerii și inovatorii să valorifice înțelepciunea naturii. Aceste principii asigură că soluțiile inovatoare sunt durabile și aliniate cu sistemele ecologice (Benyus, 1997; Vincent et al., 2006). Următoarele sunt câteva dintre principiile cheie ale biomimicriei:

- **Emulează formele, procesele și sistemele naturii:** Biomimicria implică observarea și imitarea formelor, materialelor și metodelor naturii pentru a crea soluții funcționale și

eficiente. De exemplu, corpul aerodinamic al pescărușului împărat a inspirat designul trenurilor de mare viteză (Benyus, 1997; Bhushan, 2009).

- **Adaptare la condițiile locale:** La fel cum organismele evoluează pentru a prospera în mediile lor specifice, biomimicria creează soluții care se potrivesc condițiilor și resurselor locale (El-Zeiny, 2012).
- **Folosește chimie prietenoasă cu viața:** Procesele naturii se bazează pe resurse non-toxice și regenerabile. Biomimicria promovează utilizarea materialelor și metodelor de fabricație ecologice (Kennedy et al., 2015).
- **Optimizează în loc să maximizezi:** Soluțiile naturii sunt eficiente, folosind doar ceea ce este necesar. Acest principiu încurajează minimizarea utilizării resurselor, în timp ce performanța este maximizată (Vincent et al., 2006).
- **Evoluează pentru a supraviețui:** Natura evoluează constant prin adaptare și reziliență. Soluțiile biomimetice trebuie să fie flexibile și capabile să evolueze pentru a face față condițiilor în schimbare (Benyus, 1997; Pawlyn, 2011).
- **Integrează dezvoltarea cu creșterea:** În natură, sistemele cresc în armonie cu mediul înconjurător, echilibrând nevoile individuale cu sănătatea ecosistemului (Benyus, 1997).

Respectând aceste principii, biomimicria promovează inovația durabilă care răspunde nevoilor umane și respectă limitele ecologice.

3.3.2 Studii de caz și exemple în diverse domenii

Biomimicria a fost aplicată în diverse industrii, de la arhitectură și design până la tehnologie și domeniul sănătății. Mai jos sunt câteva exemple notabile de biomimicrie în practică:

- **Arhitectură și construcții:**
 - **Eastgate Centre** din Zimbabwe este o clădire care imită sistemele naturale de ventilație ale cuiburilor de termite pentru a menține o temperatură internă stabilă și a reduce consumul de energie.

- **Eden Project** din Marea Britanie include biome inspirate de structura bulelor de săpun, optimizând spațiul și rezistența.
- **Inginerie și tehnologie:**
 - **Velcro** a fost inventat după ce un inginer elvețian a observat cum pășăile se prind de blana câinelui său. Designul cu cârlige și buclă a devenit un sistem de prindere revoluționar.
 - Trenul **Shinkansen Bullet** din Japonia a fost reproiectat pentru a reduce zgomotul și a îmbunătăți eficiența. Ciocul său imită cel al pescărușului împărat, permițându-i să se miște lin prin aer.
- **Sănătate și medicină:**
 - **Labele adezive ale gecko-ului** au inspirat dezvoltarea unor noi adezivi medicali și bandaje care aderă fără a provoca leziuni ale pielii.
 - **Modelele de pe pielea rechinului** au influențat designul suprafețelor antibacteriene, reducând răspândirea infecțiilor în spitale.
- **Energie și gestionarea resurselor:**
 - **Panourile solare** inspirate de capacitatea floarea-soarelui de a urmări soarele maximizează captarea energiei pe parcursul zilei.
 - **Turbinele eoliene** au fost îmbunătățite prin imitarea marginilor zimțate ale înotătoarelor balenelor cu cocoașă, sporind eficiența și reducând zgomotul.

Aceste exemple demonstrează cum biomimicria poate conduce la soluții inovatoare și durabile, care răspund provocărilor complexe ale omenirii.

3.3.3 Provocări și soluții inspirate de natură

Deși biomimicria oferă un potențial imens, aplicarea sa nu este lipsită de provocări. Înțelegerea acestor provocări și inspirarea din natură pentru a le depăși reprezintă un aspect esențial al designului biomimetic (Oguntona și Aigbavboa, 2023).



Figura 2. Exemple de activități de biomimicrie din întreaga lume.

Provocări în aplicarea biomimicriei:

- **Complexitatea sistemelor naturale:** Soluțiile naturii sunt adesea complexe și necesită o înțelegere profundă a proceselor biologice. Transpunerea acestora în designuri umane poate fi dificilă.
- **Cost și fezabilitate:** Designurile biomimetice pot implica materiale sau procese specializate care sunt inițial costisitoare sau greu de scalat.
- **Colaborare interdisciplinară:** Biomimicria necesită adesea colaborarea între biolog, inginer, designer și alți specialiști, ceea ce poate fi dificil de coordonat.
- **Barriere de reglementare și de piață:** Produsele noi și inovatoare pot întâmpina dificultăți în obținerea aprobărilor de reglementare sau a acceptării pe piață.

Biomimicria însuși reprezintă o sursă de inspirație pentru a aborda provocările de mai sus. Câteva exemple de soluții inspirate de natură pentru aplicarea biomimicriei în scopul inovației includ:

- **Designuri adaptative:** Natura ne învață să ne adaptăm la mediile în schimbare. Produsele flexibile și capabile să evolueze au mai multe șanse de succes.
- **Eficiență și utilizarea resurselor:** Soluțiile biomimetice pot reduce costurile și impactul asupra mediului prin optimizarea utilizării resurselor, așa cum se observă în natură.
- **Modele de colaborare:** Natura funcționează în ecosisteme în care diferite specii colaborează. În mod similar, munca interdisciplinară poate fi stimulată prin obiective comune și beneficii reciproce.
- **Reziliență și redundanță:** Sistemele naturale au adesea redundanță încorporată pentru a asigura reziliența. Designurile biomimetice pot include caracteristici similare pentru a îmbunătăți durabilitatea și fiabilitatea.

Prin înțelegerea acestor provocări și aplicarea strategiilor naturii, biomimicria poate depăși obstacolele și poate oferi soluții inovatoare, eficiente și durabile.

4. Metodologii și cadre de învățare

Această secțiune analizează rolul metodelor inovative de învățare în Învățământul și Formarea Profesională (VET) și modul în care acestea se aliniază cu biomimicria. Un accent deosebit este pus pe învățarea bazată pe probleme (PBL), o abordare centrată pe elev care încurajează rezolvarea activă a problemelor și descoperirea. Integrarea biomimicriei în PBL le oferă cursanților posibilitatea de a aborda provocările creativ, inspirându-se din strategiile naturii.

4.1 Învățarea bazată pe probleme (PBL) și biomimicria

4.1.1 Compararea Învățării Bazate pe Probleme (PBL) și biomimicriei

În contextul acestui proiect, integrarea învățării bazate pe probleme și a proiectării procesului de biomimicrie este structurată printr-o Matrice a Rezultatelor Învățării (Raportul de livrabile 2.1 PARTEA A – Matricea Rezultatelor Învățării pentru Competențe de Sustenabilitate, 2025, proiectul LET's MIMIC), care stabilește corespondențe clare între etapele învățării bazate pe probleme și cele ale biomimicriei. Această matrice oferă un cadru pentru facilitarea integrării biomimicriei în activitățile de învățare și sprijină cadrele didactice în realizarea eficientă a acestei conexiuni. Atât învățarea bazată pe probleme, cât și biomimicria sunt procese iterative. Proiectul LET's MIMIC introduce o metodologie pentru integrarea proceselor de biomimicrie în activități mai ample de învățare bazată pe probleme (Raport tehnic LET's MIMIC D2.1 PARTEA B – Cadru pentru Învățarea Bazată pe Probleme în Proiectarea Proceselor de Biomimicrie, 2025). Natura iterativă a ambelor metode se reflectă în următorii pași-cheie:

| Pașii Învățării Bazate pe Probleme (PBL) | Pașii designului procesului de biomimicrie |
|--|---|
| <p>Definire: Identificarea problemei și stabilirea criteriilor de succes.</p> | <p>Definire: Formularea clară a impactului pe care designul ar trebui să îl aibă și definirea provocării.</p> |
| <p>Biologizare: Înțelegerea problemei în termeni biologici.</p> | <p>Biologizare: Analizarea funcțiilor esențiale și a contextului provocării în natură.</p> |
| <p>Descoperire: Cercetarea modelelor naturale care rezolvă aceleași funcții.</p> | <p>Descoperire: Identificarea strategiilor și tiparelor biologice care rezolvă provocări similare.</p> |
| <p>Abstractizare: Extragerea principiilor biologice cheie și reformularea lor în termeni non-biologici.</p> | <p>Abstractizare: Studiarea caracteristicilor sau mecanismelor esențiale din strategiile biologice și traducerea lor în strategii de design.</p> |
| <p>Emulare: Dezvoltarea soluțiilor inspirate de strategiile naturii.</p> | <p>Emulare: Aplicarea principiilor biomimicriei pentru a genera soluții inovatoare.</p> |

| | |
|--|--|
| Evaluare: Testarea și rafinarea soluțiilor pe baza fezabilității și impactului. | Evaluare: Evaluarea modului în care designul biomimetic îndeplinește criteriile și constrângerile de sustenabilitate. |
|--|--|

Tabelul 1. Alinierea proceselor PBL și biomimicriei (Raport tehnic LET's MIMIC D2.1 PARTEA B – Designul Procesului de Biomimicrie pentru Competențe de Sustenabilitate, 2025).

Această matrice ghidează cadrele didactice și cursanții, asigurând integrarea fără probleme a principiilor biomimicriei în activitățile bazate pe **PBL**. Prin valorificarea competențelor existente în PBL, cadrele didactice pot facilita adoptarea structurată a biomimicriei ca cadru de design, sporind aplicarea soluțiilor inspirate de natură în Învățământul și Formarea Profesională (VET).

Această abordare integrată reflectă dinamica locurilor de muncă din mediile VET, pregătind cursanții să facă față provocărilor complexe și multifacetate relevante pentru dezvoltarea lor profesională.

4.1.2 Integrarea biomimicriei în Învățarea Bazată pe Probleme (PBL)

Integrarea biomimicriei în Învățarea Bazată pe Probleme (PBL) îmbunătățește abilitățile de rezolvare a problemelor, încurajând cursanții să se inspire din sistemele naturale. Biomimicria pune accent pe învățarea din strategiile testate de timp ale naturii pentru a aborda provocările umane într-un mod durabil și eficient.

Următoarele sunt strategii pentru integrarea biomimicriei în PBL (Raport tehnic LET's MIMIC D2.1 PARTEA B – Cadru de Învățare Bazată pe Probleme pentru Designul Procesului de Biomimicrie, 2025):

- **Enunțuri de probleme inspirate din natură:** Proiectarea unor scenarii de problemă care încurajează în mod explicit cursanții să caute soluții inspirate din procese sau organisme biologice. De exemplu, provocările legate de eficiența energetică, conservarea apei sau designul structural pot fi formulate în termeni biomimetici.
- **Explorare biologică:** Facilitarea oportunităților pentru ca cursanții să exploreze și să studieze mediile naturale, fie direct, fie prin resurse virtuale, pentru a observa tipare, structuri și funcții din natură.
- **Colaborare interdisciplinară:** Încurajarea colaborării între diferite discipline, incluzând perspective din biologie, inginerie, design și sustenabilitate. Acest lucru reflectă aplicarea biomimicrii în lumea reală, care necesită adesea expertiză diversă.
- **Dezvoltarea de prototipuri:** Ghidarea cursanților în dezvoltarea și testarea prototipurilor pentru soluțiile lor biomimetice, stimulând învățarea iterativă și inovația.
- **Reflecție asupra sustenabilității:** Evidențierea importanței soluțiilor durabile, realizând paralele între eficiența naturii și provocările de design ale oamenilor.

Biomimicria în Învățarea Bazată pe Probleme (PBL) stimulează creativitatea și formează o mentalitate orientată spre sustenabilitate și inovație, aliniată cu obiectivele globale de protejare a mediului.

4.1.3 Facilitarea învățării colaborative

Colaborarea este esențială în proiectele de biomimicrie, reflectând abordarea interdisciplinară necesară pentru rezolvarea problemelor complexe.

Următoarele sunt strategii pentru încurajarea colaborării cursanților în proiectele de biomimicrie (Hmello, 2004):

- **Proiecte bazate pe echipă:** Atribuirea cursanților în echipe diverse pentru a lucra la provocări de biomimicrie, încurajându-i să împărtășească cunoștințe și perspective.

- **Exerciții, joc de rol:** Cursanții pot prelua roluri precum designeri, ingineri sau biologi în scenarii simulate de rezolvare a problemelor.
- **Feedback între colegi:** Cursanții pot analiza și oferi feedback asupra lucrărilor celorlalți, stimulând un mediu de învățare colaborativ și de susținere.
- **Colaborare interdisciplinară:** Încurajarea parteneriatelor între cursanți din domenii diferite, precum biologie, inginerie și artă, pentru a dezvolta soluții inovatoare.
- **Forumuri de discuții online:** Utilizarea forumurilor pentru a facilita discuții continue, schimbul de idei și sprijinul între colegi.
- **Oportunități de mentorat:** Implicarea experților și profesioniștilor în biomimicrie pentru a îndruma cursanții și a oferi perspective din lumea reală.

4.2 Cadrul practic de învățare a biomimicriei LET's MIMIC

Această secțiune oferă o abordare structurată pentru implementarea biomimicriei în Învățământul și Formarea Profesională (VET). Se concentrează pe identificarea rezultatelor cheie ale învățării și a competențelor, pe proiectarea unor activități de învățare atractive și pe dezvoltarea unor strategii eficiente de evaluare aliniate cu principiile biomimicriei.

4.2.1 Rezultatele învățării și competențele dobândite

Pentru a integra eficient biomimicria în curriculum, este esențială definirea unor rezultate ale învățării și competențe clare. Aceste rezultate ar trebui să includă atât competențe tehnice, cât și competențe transferabile pe care cursanții le vor dezvolta prin educația bazată pe biomimicrie.

Biomimicria în Învățarea Bazată pe Probleme (PBL) contribuie la dezvoltarea cunoștințelor, abilităților și competențelor legate de sustenabilitate, foarte apreciate de industrie și societate. Aceasta contribuie la dezvoltarea (Mejia-Villa et al., 2023):

- **Cunoștințe:** Înțelegerea conceptelor, principiilor și teoriilor cheie legate de sustenabilitate în Învățământul și Formarea Profesională (VET), pe baza cercetării documentare și a rezultatelor chestionarelor.
- **Abilități:** Dezvoltarea capacităților practice prin experiențe de învățare aplicate, care utilizează în mod eficient principiile sustenabilității în contexte VET.
- **Competențe:** Dobândirea abilităților de gândire critică, rezolvare a problemelor și luare a deciziilor pentru integrarea sustenabilității în curriculumul educației profesionale.
- **Competențe soft:** Biomimicria contribuie, de asemenea, la dezvoltarea competențelor verzi soft, foarte apreciate pe piața muncii. Acestea includ:
 - **Creativitate și inovație:** Recunoașterea importanței creativității și inovației în viața personală și profesională, generarea de idei originale și aplicarea unor abordări imaginative pentru a face față provocărilor.
 - **Rezolvarea problemelor:** Dezvoltarea unei gândiri structurate de rezolvare a problemelor prin descompunerea situațiilor complexe, identificarea cauzelor principale și aplicarea raționamentului logic pentru găsirea unor soluții eficiente.
 - **Colaborare în echipă:** Recunoașterea valorii muncii în echipă pentru atingerea obiectivelor comune, dezvoltarea strategiilor de colaborare și utilizarea tehnicilor de comunicare pentru a lucra eficient în cadrul unei echipe.
 - **Curiozitate și inspirație:** Biomimicria încurajează cursanții să exploreze probleme din lumea reală prin imitarea designurilor și proceselor naturii, făcând învățarea mai captivantă.
 - **Gândire critică și gândire sistemică:** Încurajarea cursanților să analizeze modul în care funcționează sistemele naturale și să aplice aceste principii în rezolvarea inovatoare a problemelor.
 - **Învățare contextuală:** Integrarea biologiei, ingineriei, designului și științei mediului pentru a stimula experiențe de învățare interdisciplinare.



- **Conștiințe ecologice și gândire etică:** Încurajarea aprecierii sustenabilității, a considerațiilor etice și a impactului pe termen lung al soluțiilor de design.
- **Gândire de design:** Promovarea creativității și a proceselor iterative de dezvoltare prin rezolvarea problemelor bazată pe biomimicrie.
- **Comunicare:** Îmbunătățirea capacității de a prezenta eficient idei complexe prin PBL.
- **Reziliență și adaptabilitate:** Învățarea din adaptabilitatea naturii dezvoltă reziliența și perseverența în depășirea provocărilor.
- **Abilități tehnice:** Biomimicria sprijină dezvoltarea abilităților tehnice de bază, inclusiv:
 - **Cercetare științifică:** Înțelegerea metodologiilor fundamentale de cercetare și dezvoltarea capacității de a investiga fenomene naturale sau sociale.
 - **Desen tehnic:** Învățarea principiilor de bază și a aplicațiilor desenului tehnic pentru a comunica vizual funcții și construcții cu precizie.
- **Abilități de sustenabilitate:** Biomimicria ajută cursanții să adopte obiceiuri și comportamente sustenabile prin:
 - **Creșterea conștientizării:** Definirea sustenabilității și a aspectelor sale cheie.
 - **Aplicarea sustenabilității în contexte diferite:** Compararea și selectarea activităților sustenabile pe baza contextelor specifice și în diverse sectoare.
 - **Învățare interdisciplinară:** Dezvoltarea abordărilor interdisciplinare pentru sustenabilitate.
 - **Comunicare:** Alegerea unor instrumente practice de comunicare și a metodelor de promovare a sustenabilității.
 - **Implicare activă:** Încurajarea alegerilor sustenabile prin educație, conștientizare și comunicare strategică.
- **Simț civic:** Biomimicria consolidează, de asemenea, responsabilitatea civică prin:
 - **Competențe democratice:** Înțelegerea principiilor democratice și a drepturilor și responsabilităților cetățenilor.





- **Implicare civică:** Aplicarea principiilor implicării civice în viața de zi cu zi.
- **Impact asupra comunității:** Analizarea problemelor sociale, politice și de mediu care afectează comunitățile.
- **Înțelegerea politicilor:** Evaluarea politicilor civice ținând cont de multiple perspective și implicații sociale.
- **Incluziune:** Cultivarea incluziunii și participării în viața civică.
- **Comunicare în implicarea civică:** Dezvoltarea abilităților de comunicare pentru participarea activă în viața comunității.
- **Competențe specifice biomimicriei:** Cursanții care participă la educația bazată pe biomimicrie vor dezvolta competențe specializate, cum ar fi:
 - **Înțelegerea sistemelor biologice:** Cunoașterea proceselor și modelelor biomimicriei.
 - **Înțelegerea principiilor fundamentale ale biomimicriei:** Explicarea principiilor de bază ale biomimicriei și modul în care procesele naturale inspiră inovațiile umane.
 - **Transferul cunoștințelor în lumea reală:** Aplicarea principiilor biomimicriei la probleme reale și analizarea studiilor de caz.
 - **Evaluarea soluțiilor biomimetice existente:** Identificarea punctelor forte, a slăbiciunilor și a oportunităților de îmbunătățire.
 - **Înțelegerea aspectelor etice:** Investigarea considerațiilor etice și de sustenabilitate în aplicațiile biomimicriei.

Integrarea acestor competențe tehnice, de sustenabilitate, civice și specifice biomimicriei în curriculum va oferi cursanților o educație completă, pregătindu-i pentru cerințele în continuă schimbare ale pieței muncii și ale societății.



4.2.2 Aplicarea abordărilor pedagogice inovative în cadrul LET's MIMIC

Abordarea LET's MIMIC pentru integrarea învățării bazate pe probleme și a biomimicrii aplică teoriile învățării constructiviste și sociale, permițând cursanților să învețe activ prin rezolvarea problemelor din lumea real.

Constructivismul este o teorie pedagogică care susține că cunoștințele se sintetizează și nu se transferă pur și simplu (Papert, 1993). Constructivismul se bazează pe principiul că cursanții învață mai bine prin abordări active, experimentare și explorare. LET's MIMIC duce această abordare educațională un pas mai departe, implementând învățarea activă prin designul procesului de biomimicrie inspirat de natură pentru a aborda provocările complexe ale lumii moderne.

Alte abordări pedagogice integrate în designul pedagogic LET's MIMIC includ:

- **Gamificare:** Elemente de joc sunt utilizate în contexte din afara divertismentului și în învățare pentru a stimula implicarea pe termen lung (Deterding et al., 2011).
- **Microînvățare:** Activități de învățare de dimensiuni mici care sprijină construirea treptată a cunoștințelor cursanților (Hug, 2005; Buchem et al., 2010).
- **Învățare experiențială:** Implicarea cursanților prin experiențe directe, cum ar fi plimbările în natură sau vizitele pe teren, poate ajuta la observarea sistemelor biologice în acțiune. Proiectele practice permit cursanților să aplice învățarea lor la provocări reale, urmând paradigma învățării experiențiale (Kolb, 1984).
- **Gândire de design:** Acest proces de construire a inovației încurajează cursanții să înțeleagă nevoile utilizatorilor, să definească problemele, să genereze idei și să creeze prototipuri. Gândirea de design se aliază bine cu abordarea biomimicrii în rezolvarea problemelor (Brown, 2009).

- **Învățare bazată pe investigație:** Cursanții explorează întrebări și desfășoară investigații pentru a găsi soluții inspirate de natură. Această metodă stimulează curiozitatea și învățarea independentă (Pedaste et al., 2015).
- **Învățare bazată pe proiecte:** Cursanții lucrează la proiecte pe termen lung care abordează probleme reale, integrând principiile biomimicrii în soluțiile lor (Blumenfeld et al., 1991; Thomas, 2000).
- **Clasa inversată:** Prin revizuirea materialelor, cum ar fi videoclipuri și lecturi, înainte de curs, cursanții pot folosi timpul din clasă pentru discuții, activități practice și explorarea mai profundă a conceptelor de biomimicrie (Bergman și Sams, 2012; Bishop și Verleger, 2013).

Acest cadru integrat de învățare sprijină dezvoltarea competențelor de autoreglare în rândul cursanților, cum ar fi:

- Stabilirea obiectivelor.
- Motivația internă.
- Auto-monitorizarea.
- Auto-instruirea.
- Auto-recompensarea.

Profesorii pot aplica cadrul de învățare LET's MIMIC pentru a dezvolta trasee de învățare active, personalizate și colaborative, sporind implicarea cursanților și rezultatele educaționale.

4.2.3 Proiectarea activităților de învățare prin biomimicrie

Activitățile practice de învățare sunt esențiale pentru implicarea cursanților și pentru dezvoltarea unei înțelegeri profunde a conceptelor de biomimicrie. Aceste activități trebuie să încurajeze explorarea, creativitatea și aplicarea practică.

Tipuri de activități de învățare:

- **Analiza studiilor de caz:** Prezentarea cursanților cu studii de caz ale unor inovații biomimetice de succes, determinându-i să analizeze inspirația biologică, procesul de design și rezultatele obținute.
- **Explorare pe teren:** Organizarea de vizite în medii naturale unde cursanții pot observa și documenta structuri și sisteme biologice.
- **Provocări de design:** Atribuirea de provocări de design deschise, în care cursanții trebuie să dezvolte o soluție pentru o problemă reală folosind principiile biomimiciei.
- **Ateliere de prototipare:** Desfășurarea de ateliere în care cursanții pot crea prototipuri fizice sau digitale ale designurilor lor biomimetice.
- **Collaborative projects: Proiecte colaborative:** Încurajarea muncii în echipă prin proiecte de grup care necesită colaborare interdisciplinară și rezolvarea colectivă a problemelor.
- **Reflecție și jurnalizare:** Integrarea activităților de reflecție în care cursanții își documentează parcursul de învățare, observațiile din natură și dezvoltarea personală.

Următorul este un exemplu de activitate de învățare dezvoltată prin abordări educaționale bazate pe biomimicrie:

Titlu: Design de filtrare a apei inspirat de natură.

Obiectiv: Proiectarea unui sistem de filtrare a apei inspirat de procese naturale (de exemplu, mangrove, recife de corali).

Pași:

- Cercetarea modului în care plantele și ecosistemele filtrează apa în mod natural.
- Dezvoltarea unui design conceptual bazat pe principiile biologice observate.
- Crearea unui prototip și testarea eficienței acestuia.
- Prezentarea rezultatelor și reflecția asupra sustenabilității soluției.

4.3.4 Strategii de evaluare

Evaluarea în învățarea bazată pe biomimicrie trebuie să fie holistică, analizând produsul final, procesul și competențele cheie dezvoltate. Combinarea evaluării formative și sumative asigură o evaluare cuprinzătoare a învățării cursanților.

Metode de evaluare pot include:

- **Grile de evaluare (rubrici):** Elaborarea unor rubrici detaliate care evaluează creativitatea, rezolvarea problemelor, munca în echipă, considerentele de sustenabilitate și acuratețea tehnică.
- **Portofolii:** Încurajarea cursanților să compileze un portofoliu care să documenteze cercetarea, procesul de design, prototipurile și reflecțiile lor.
- **Prezentări:** Evaluarea cursanților prin prezentări orale în care explică soluțiile lor biomimetice și justifică alegerile de design.
- **Evaluarea între colegi:** Integrarea evaluării realizate de colegi pentru a stimula învățarea colaborativă și pentru a oferi feedback diversificat.
- **Autoevaluare:** Permite cursanților să reflecteze asupra performanței și progresului lor în învățare folosind instrumente de autoevaluare.
- **Testarea și evaluarea prototipurilor:** Evaluarea funcționalității, fezabilității și sustenabilității prototipurilor realizate de cursanți.

Aceste metode pot fi aplicate în contexte de evaluare **formativă** sau **sumativă**, analizate astfel:

- **Evaluare formativă:** Oferirea de feedback continuu prin puncte de control, discuții și revizuirea schițelor. Această abordare permite îmbunătățirea continuă, oferind cursanților posibilitatea de a-și rafina munca pe baza feedback-ului constructiv. Prin accentul pus pe procesul de învățare, mai degrabă decât doar pe rezultat, evaluarea formativă stimulează o înțelegere mai profundă și dezvoltarea competențelor.

- **Evaluări sumative:** Realizarea evaluărilor finale bazate pe proiectul complet, prezentarea și portofoliul general.

Având în vedere accentul pus pe învățarea iterativă și dezvoltarea competențelor în educația bazată pe biomimicrie, evaluările formative reprezintă abordarea preferată. Această metodă asigură că cursanții primesc feedback la timp, încurajând reflecția, adaptarea și progresul continuu pe parcursul procesului de învățare.

Evaluarea formativă poate fi susținută de instrumente digitale pentru a face feedback-ul interactiv și captivant, precum următoarele:

- **Kahoot®:** Folosit pentru chestionare rapide pentru a verifica înțelegerea de către cursanți a conceptelor de biomimicrie.
- **Mentimeter®:** Utilizat pentru sondaje live sau “word cloud” pentru a colecta informații despre progresul învățării cursanților.
- **Padlet®:** Permite cursanților să documenteze și să reflecteze asupra ideilor lor în mod colaborativ.
- **Google® Docs și Jamboard®:** Facilitează evaluarea între colegi și sesiuni de brainstorming colaborativ.
- **Flip® (fost Flipgrid):** Folosit pentru a încuraja cursanții să transmită reflecții scurte video despre procesul lor de învățare.

5. Abordarea LET's MIMIC pentru proiectarea proiectelor de biomimicrie pentru cursanți

Această secțiune se concentrează pe pașii practici în dezvoltarea proiectelor de biomimicrie, de la identificarea provocărilor până la generarea de soluții inovatoare inspirate de natură. De asemenea, se pune accent pe importanța elaborării și documentării studiilor de caz pentru a spori învățarea și schimbul de cunoștințe.

5.1 Identificarea provocărilor și formularea enunțurilor de problemă

O provocare bine definită sau un enunț clar al problemei reprezintă fundamentul oricărui proiect de biomimicrie de succes. Identificarea provocării potrivite asigură că cursanții pot aplica eficient principiile biomimicriei pentru a dezvolta soluții inovatoare.

Pașii pentru identificarea provocărilor includ:

- **Observare și explorare:** Încurajează cursanții să își exploreze mediul și să observe zonele în care sistemele realizate de om ar putea fi îmbunătățite prin soluții inspirate de natură.
- **Implicarea părților interesate:** Include membri ai comunității, experți din industrie sau alte părți interesate pentru a identifica provocări reale care necesită soluții.
- **Concentrare pe sustenabilitate:** Prioritizează provocările care au impact asupra mediului, societății sau economiei și care necesită soluții sustenabile.
- **Formularea enunțului problemei:** Ghidează cursanții în formularea unor enunțuri clare și concise ale problemelor, care să definească problema și să stabilească contextul pentru soluțiile bazate pe biomimicrie. De exemplu: „Cum putem proiecta clădiri eficiente energetic care să regleze temperatura în mod natural, inspirate de sisteme biologice precum cuiburile de termite?”

5.2 Generarea soluțiilor inspirate de biomimicrie

Odată ce o provocare este identificată, următorul pas este generarea de soluții inspirate de natură. Acest proces implică cercetare, generarea de idei și aplicarea principiilor biomimicriei (Deldin și Schuknecht, 2014).

Pașii pentru generarea unei soluții includ:

- **Cercetarea modelelor biologice:** Cursanții trebuie să cerceteze modul în care natura abordează provocări similare. De exemplu, studiul frunzelor pentru optimizarea captării luminii poate inspira designul panourilor solare.
- **Generarea de idei și brainstorming:** Facilitarea sesiunilor de brainstorming în care cursanții propun multiple soluții bazate pe cercetarea lor biologică.
- **Selectarea și rafinarea:** Oferirea de feedback iterativ cursanților pentru a-i ajuta să aleagă soluția cea mai fezabilă și de impact și să-și rafineze ideile.
- **Prototipare și testare:** Încurajarea cursanților să construiască prototipuri, să testeze soluțiile și să le ajusteze pe baza performanței și feedback-ului. În timpul prototipării, cursanții pot trage inspirație din exemple din natură, precum:
 - **Velcro®:** Inspirat de semințele burr care se prind de blana animalelor.
 - **Suprafețe auto-curățabile:** Inspirat de frunza de lotus, care respinge apa și murdăria.
 - **Ventilație eficientă energetic:** Inspirată de cuiburile de termite, care reglează temperatura internă.

5.3 Dezvoltarea și documentarea studiilor de caz

Documentarea proiectelor de biomimicrie sub formă de studii de caz este esențială pentru învățare, reflecție și partajarea cunoștințelor cu un public mai larg. Un studiu de caz bine documentat evidențiază întregul proces, de la identificarea problemei până la implementarea soluției și rezultate (Pawlin, 2011).

Elemente cheie ale unui studiu de caz de biomimicrie includ:

- **Introducere și context:** Oferirea contextului proiectului, incluzând provocarea identificată și semnificația acesteia.
- **Inspirație biologică:** Descrierea sistemelor naturale sau a organismelor care au inspirat soluția, detaliind caracteristicile și funcțiile relevante.
- **Procesul de proiectare și dezvoltare:** Prezentarea pașilor pentru dezvoltarea soluției, inclusiv cercetarea, generarea de idei, prototiparea și testarea.
- **Rezultate și impact:** Prezentarea rezultatelor proiectului, inclusiv eficacitatea soluției și impactul potențial.
- **Reflecții și învățăminte:** Analiza succeselor, provocărilor și lecțiilor învățate pe parcursul proiectului.
- **Documentație vizuală:** Incluzând imagini, schițe, diagrame și prototipuri pentru a ilustra progresul proiectului.

Exemplu de studiu de caz dezvoltat prin abordări educaționale bazate pe biomimicrie:

Titlu: Sistem de colectare a apei inspirat de natură.

Obiectiv: Proiectarea unui sistem de colectare a apei pentru regiuni aride.

Inspirație biologică: Studiul gândacului din Deșertul Namib, care colectează apa din ceață folosind carapacea sa texturată.

Soluție: Un dispozitiv de captare a ceții cu o suprafață ce imită carapacea gândacului, optimizând eficiența captării apei.

Rezultate: Creșterea ratei de colectare a apei în testele de teren comparativ cu metodele tradiționale

- **Reflecții:** Perspective asupra îmbunătățirii scalabilității designului și explorarea altor modele biologice pentru optimizare.

6. Resurse și instrumente pedagogice de sprijin

Predarea eficientă a biomimicriei necesită utilizarea metodelor inovatoare, a instrumentelor digitale și a strategiilor care încurajează învățarea colaborativă. Această secțiune oferă educatorilor abordări și resurse practice pentru a crește implicarea cursanților și a îmbunătăți rezultatele învățării.

6.1 Resurse și instrumente digitale uzuale

Instrumentele digitale îmbunătățesc educația în biomimicrie prin oferirea accesului la resurse, facilitarea colaborării și susținerea proiectelor creative.

Instrumentele și resursele esențiale includ:

- **Sisteme de management al învățării (LMS):** Platforme precum Google Classroom sau Moodle ajută la organizarea conținutului cursurilor, a temelor și a discuțiilor.
- **Resurse specifice biomimicriei:** Site-uri precum AskNature.org oferă o bază de date cu strategii și soluții biologice care pot inspira cursanții.
- **Software de modelare 3D:** Instrumente precum Tinkercad® sau SketchUp® permit cursanților să creeze prototipuri digitale ale designurilor inspirate de biomimicrie.
- **Platforme colaborative:** Instrumente precum Miro®, Trello® și Padlet® facilitează brainstorming-ul, urmărirea proiectelor și schimbul de idei.
- **Video și multimedia:** Videoclipuri de pe platforme precum YouTube® sau TED Talks® oferă explicații vizuale și exemple din lumea reală ale biomimicriei.

6.2 Baze de date și rețele externe pentru biomimicrie

Biomimicria este o mișcare globală, cu numeroase resurse disponibile pentru explorare suplimentară. Următoarele baze de date și rețele sunt instrumente valoroase pentru accesarea

studiilor de caz în biomimicrie, conectarea cu experți și descoperirea inovațiilor inspirate de natură.

Resurse externe cheie pentru biomimicrie includ:

- **AskNature:** O resursă online extinsă creată de Biomimicry Institute. Oferă o bază de date vastă cu strategii biologice pe care inovatorii le-au transformat în soluții pentru provocări de design. Profesorii și cursanții pot căuta inovații inspirate de natură în domenii precum energie, transport, apă și altele.
Website: www.asknature.org
- **Biomimicry Global Network:** O rețea care conectează practicieni, educatori și cursanți pentru a schimba idei și cunoștințe și pentru a colabora la proiecte. Această rețea permite oamenilor să învețe unii de la alții și să dezvolte mișcarea la nivel global.
Website: www.biomimicry.org
- **Bioneers Network:** O rețea care promovează puterea soluțiilor bazate pe natură, Bioneers reunește persoane și organizații care activează la intersecția schimbărilor ecologice și sociale.
Website: www.bioneers.org
- **Local biodiversity and ecosystem databases:** Diferite depozite naționale și regionale de biodiversitate oferă informații detaliate despre flora și fauna locală. Aceste resurse pot inspira cursanții în proiectarea proiectelor de biomimicrie. Exemple includ baze de date europene și naționale, cum ar fi European Bioinformatics Institute, precum și inițiative regionale de conservare.
- **Biomimicry Institute's Innovation Lab:** Acest spațiu online colaborativ ajută inovatorii și educatorii să se conecteze cu soluțiile naturii pentru a aborda provocările de design uman. Resursele, webinar-urile și laboratorul de inovație al Institutului oferă acces direct la cercetări și proiecte de ultimă generație.
Website: www.biomimicry.org/innovation-lab

6.3 Portalul LET's MIMIC

Portalul LET's MIMIC oferă informații cuprinzătoare care ajută vizitatorii să:

- **Concepte de biomimicrie:** Înțelegerea pașilor biomimicriei.
- **Designul metodologic de învățare LET's MIMIC:** Rapoarte tehnice privind implementarea proiectului, inclusiv metodologii.
- **Servicii și conținut digital LET's MIMIC:** Acces direct și deschis la servicii digitale pentru a sprijini procesul de învățare în biomimicrie.
- **Conținut de sprijin pentru educatorii LET's MIMIC:** Materiale suport, inclusiv kit de învățare autoreglată, module de instruire, manual al platformei digitale de învățare și altele.
- **Material informativ LET's MIMIC:** Pliante și buletine informative.
- **Evenimente și informații de diseminare LET's MIMIC:** Evenimente, publicații științifice și activități de diseminare, cum ar fi articole online, postări pe rețele sociale, comunicate de presă și altele.

Website: letsmimic.eu

6.4 Platforma digitală de învățare LET's MIMIC pentru biomimicrie

Platforma digitală de învățare **LET's MIMIC** pentru biomimicrie este un spațiu digital conceput pentru a îmbunătăți procesul de învățare prin metodologia de proiectare a procesului de biomimicrie LET's MIMIC (raport tehnic LET's MIMIC D2.1 PARTEA B – Cadru de învățare bazat pe proiect pentru proiectarea procesului de biomimicrie, 2025). Platforma digitală oferă un mediu colaborativ în care **cursanții** și profesorii VET pot explora trasee de învățare bazate pe probleme și **auto-învățare**.

Caracteristicile și componentele cheie ale platformei sunt:

- **Modul de microînvățare:** Oferă unități scurte și concentrate de învățare, care permit **cursanților** să se antreneze după propriul program, promovând experiențe de învățare personalizate și flexibile.
- **Modul de autoînvățare (Self-Regulated Learning):** Furnizează conținut adaptat obiectivelor individuale, permițând cursanților să își stabilească propriile trasee de învățare prin provocări gamificate.
- **Modul de lucru în echipă:** Este un spațiu colaborativ care încurajează interacțiunea, schimbul de idei și gândirea critică prin activități de grup.
- **Modul de gamificare:** Include funcționalități precum puncte, insigne și clasamente pentru a motiva și implica **cursanții**.
- **Modul de evaluare:** Monitorizează progresul și oferă feedback pentru a ajuta **cursanții** să își îmbunătățească performanța.

6.5 Kitul de auto-învățare LET's MIMIC

Dezvoltarea provocărilor educaționale și a studiilor de caz reprezintă piatra de temelie a acestei activități, documentată într-un material cuprinzător care prezintă o colecție de cazuri abordate prin biomimicrie, precum și cazuri deschise pentru utilizare în sala de clasă (raport tehnic LET's MIMIC D3.2 – Kit de auto-învățare, 2025). Acest kit include:

- **Studii de caz educaționale pentru competențele secolului XXI:** Un set cuprinzător de 60 de studii de caz bazate pe probleme reale. Aceste provocări dezvoltă competențe critice, inclusiv rezolvarea de probleme, gândirea analitică, gândirea creativă, competențele digitale (ICT) și abordări interdisciplinare ale disciplinelor Știință, Tehnologie, Inginerie și Matematică (STEM).
- **Banca de resurse cu soluții inspirate de biomimicrie:** Un depozit selectat de 60 de soluții inspirate de biomimicrie, relevante pentru nivelul de vârstă și cunoștințele cursanților VET. Aceste soluții îi ajută pe cursanți să identifice paralele între sistemele naturale și

provocările umane, aplicând biomimicria pentru a inova. Soluțiile se corelează unul-la-un cu studiile de caz menționate mai sus.

- **O colecție de provocări deschise ce pot fi abordate prin biomimicrie:** Provocările urmează un format similar studiilor de caz, dar sunt deschise, fără soluție prestabilită. Sunt concepute pentru utilizare directă în sala de clasă de către cadrele didactice și destinate a fi rezolvate de cursanți în echipe pentru inovație bazată pe biomimicrie. Cadrele didactice le pot folosi și ca referință pentru structurarea altor activități educaționale pentru cursanți.

Studiile de caz și provocările au fost concepute pentru a fi integrate în platforma digitală de învățare LET's MIMIC și utilizate într-un mediu digital foarte interactiv și captivant. Totuși, ele pot fi folosite și offline, dacă este necesar. Prin implicarea în acest proces, cursanții dobândesc competențe de sustenabilitate și își dezvoltă o înțelegere mai profundă a principiilor biomimicriei și a aplicării lor practice.

6.6 Modulele de instruire LET's MIMIC

Modulele de instruire LET's MIMIC constituie activități complete, de la început până la sfârșit, concentrându-se pe fiecare pas al biomimicriei: definire, biologizare, descoperire, abstractizare, emulare și evaluare. Ele integrează conținut din kitul de auto-învățare LET's MIMIC și conținut suplimentar organizat astfel încât educatorii să îl poată folosi direct în clasă.

Modulele de instruire reprezintă o resursă suplimentară de învățare pentru educatorii VET, ajutând la dezvoltarea cunoștințelor și abilităților cursanților în proiectarea biomimicriei.

7. Recomandări pentru implementare în contexte locale

Integrarea biomimicriei în educația VET necesită strategii de implementare bine gândite, adaptări la nivel local și suport solid pentru cadrele didactice. Această secțiune prezintă abordări practice pentru a ajuta educatorii să utilizeze eficient conținutul manualului și să monitorizeze impactul acestuia.

7.1 Adaptarea manualului la contexte locale

Fiecare mediu educațional are nevoi unice, iar adaptarea materialelor de predare a biomimicriei la contexte locale asigură relevanță și eficacitate.

Principalele strategii de adaptare la contexte locale includ (Maccioni et al., 2024):

- **Înțelegerea provocărilor locale:** Identificarea provocărilor de mediu sau sociale regionale care pot fi abordate prin proiecte inspirate de biomimicrie. De exemplu, soluțiile pentru penuria de apă ar putea fi mai relevante în regiunile aride.
- **Includerea biodiversității locale:** Punerea accentului pe flora și fauna locală în materialele didactice, ajutând cursanții să se conecteze cu mediul lor imediat.
- **Relevanța lingvistică și culturală:** Traducerea sau modificarea conținutului pentru a reflecta limbile locale, referințele culturale și practicile educaționale.
- **Implicarea stakeholderilor:** Colaborarea cu industriile locale, organizațiile de mediu și actorii comunitari pentru a alinia proiectele de biomimicrie cu nevoile reale.

7.2 Formarea și sprijinul profesorilor

Profesorii au nevoie de formare și sprijin continuu pentru a preda conținutul despre biomimicrie și pentru a facilita implicarea cursanților cu încredere (Schunk și Mullen, 2013).

Strategiile de formare și sprijin pentru profesori includ:

- **Ateliere și seminarii:** Organizați sesiuni de formare pe conceptele de biomimicrie, metodele de predare și abordările de învățare bazată pe proiecte.
- **Programe de mentorat:** Asociați profesorii cu experți în biomimicrie sau cu cadre didactice cu experiență care pot oferi ghidare și bune practici.
- **Biblioteci de resurse:** Dezvoltați un depozit de materiale didactice, planuri de lecții și studii de caz pentru acces și referință facilă.
- **Rețele de învățare între colegi:** Creați forumuri sau grupuri în care profesorii să poată împărtăși experiențe, provocări și soluții.
- **Dezvoltare profesională continuă:** Oferiți oportunități de învățare permanentă prin webinarii, cursuri online și conferințe axate pe biomimicrie și practici inovatoare de predare.

7.3 Monitorizare și evaluare

Monitorizarea și evaluarea eficacității educației în biomimicrie sunt esențiale pentru a asigura atingerea obiectivelor de învățare și pentru a identifica domeniile care necesită îmbunătățiri (Jituafua, 2024).

Tehnicile de monitorizare și evaluare a eficacității unei intervenții de învățare bazate pe biomimicrie includ:

- **Evaluarea cursanților:** Evaluările formative pot ajuta la aprecierea înțelegerii și aplicării principiilor biomimicriei de către cursanți, asigurând feedback continuu și îmbunătățire pe parcursul procesului de învățare. Evaluările sumative pot fi utilizate selectiv pentru a evalua proiectele sau prezentările finale.
- **Rezultatele proiectelor:** Evaluarea calității și impactului proiectelor cursanților, cu accent pe creativitate, inovație și aplicabilitate în lumea reală.
- **Mecanisme de feedback:** Colectarea feedback-ului de la cursanți, profesori și părțile interesate pentru a înțelege experiențele lor și a identifica provocările.



- **Studii de impact:** Realizarea de studii pentru a măsura impactul pe termen lung al educației în biomimicrie asupra competențelor cursanților, alegerilor profesionale și contribuțiilor la sustenabilitate.
- **Îmbunătățire continuă:** Utilizarea datelor de evaluare pentru a perfecționa materialele didactice, metodologiile și sistemele de suport, asigurând relevanța și eficacitatea continuă.



8. Lecturi și cercetări suplimentare

Pentru cadre didactice, cursanți și cercetători care doresc să aprofundeze domeniul biomimicriei, următoarele cărți, articole și resurse online sunt esențiale:

Cărți recomandate:

- **Biomimicry: Inovație inspirată de natură**, de Janine Benyus
Această carte revoluționară prezintă principiile biomimicriei și demonstrează cum inovația inspirată de natură poate rezolva unele dintre cele mai presante provocări ale lumii.
Editura: HarperCollins
- **Design pentru viață: Arhitectura lumii naturale**, de Sim Van der Ryn
Concentrată pe designul ecologic, această carte explorează modul în care sistemele și organismele naturale pot ghida designul sustenabil în arhitectură și nu numai.
Editura: Greenleaf Publishing
- **Natura tehnologiei: Ce este și cum evoluează**, de W. Brian Arthur
O explorare a evoluției tehnologice și a modului în care procesele naturale pot fi reflectate în progresele tehnologice.
Editura: Free Press

Concluzii

Acest document a prezentat o metodologie pentru sprijinirea cadrelor didactice în proiectarea și integrarea în procesul de învățare a practicilor de biomimicrie pentru inovație inspirată de natură, cu accent pe învățământul profesional și tehnic (VET). Documentul este un manual la care cadrele didactice se pot raporta pentru inspirație în privința metodologiilor de învățare bazate pe biomimicrie și pentru integrarea biomimicriei în practicile existente de învățare activă și experiențială, în special cele bazate pe probleme și proiecte. De asemenea, documentul oferă pași care ghidează cadrele didactice în proiectarea activităților de biomimicrie pentru cursanți. Sunt descrise resurse digitale de sprijin, atât dezvoltate de proiectul LET's MIMIC, cât și externe, precum baze de date și rețele de biomimicrie. Documentul reprezintă o resursă valoroasă pentru îmbogățirea practicilor VET prin biomimicrie și pentru dezvoltarea competențelor cursanților în inovație și sustenabilitate.

Bibliografie

1. Benyus, J. M. (1997). *Biomimicry: Innovation inspired by nature*. Harper Perennial.
2. Bergmann, J., & Sams, A. (2012). *Flip Your Classroom: Reach Every Student in Every Class Every Day*. International Society for Technology in Education (ISTE).
3. Bhushan, B. (2009). *Biomimetics: Lessons from nature – An overview*. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 367(1893), 1445–1486.
4. Biomimicry Institute (2017). Online at: <http://biomimicry.org>.
5. Bishop, J. L., & Verleger, M. A. (2013). *The Flipped Classroom: A Survey of the Research*. In 120th ASEE Annual Conference & Exposition (pp. 23.1200.1–23.1200.18). American Society for Engineering Education. Online at : <https://peer.asee.org/22585>.
6. Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). *Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning*. Educational Psychologist, 26(3-4), 369–398. Online at: <https://doi.org/10.1080/00461520.1991.9653139>.
7. This paper provides a foundational definition of PBL, emphasizing student-driven inquiry, real-world relevance, and sustained engagement in meaningful projects.
8. Brown, T. (2009). *Change by Design: How Design Thinking Creates New Alternatives for Business and Society*. Harper Business.
9. Buchem, I., & Hamelmann, H. (2010). Microlearning: A strategy for ongoing professional development. eLearning Papers, 21, 1–15.
10. Deldin, J.-M., & Schuknecht, M. (2014). *The AskNature Database: Enabling Solutions in Biomimetic Design*. In A. K. Goel, D. A. McAdams, & R. B. Stone (Eds.), *Biologically Inspired Design: Computational Methods and Tools* (pp. 17–27). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5248-4_2

11. Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). *From game design elements to gamefulness: Defining “gamification”*. Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference, 9–15. ACM. Online at: <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>.
12. El-Zeiny, R. M. A. (2012). *Biomimicry as a problem-solving methodology in interior architecture*. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 50, 502–512.
13. Hmelo-Silver, C. E. (2004). *Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn?* Educational Psychology Review, 16(3), 235–266. <https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3>.
14. Hug, T. (2005). Micro Learning and Narration: Exploring possibilities of utilization of narrations and storytelling for the designing of “micro units” and didactical micro-learning arrangements. In Proceedings of the 4th International Conference on Media in Education.
15. Jituafua, A. (2024). *A professional development programme based on biomimicry to improve STEM project creativity of science student teachers*. Journal of Turkish Science Education, 21(4), 705–722. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1457788.pdf>.
16. Kennedy, E. B., Marting, L., & Bai, Y. (2015). *The path to biomimicry: Exploring the process of finding biological strategies for sustainable solutions*. Sustainability, 7(1), 566–579.
17. Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice Hall.
18. LET’s MIMIC project technical report, *Learning Outcomes Matrix for Sustainability Skills in VET* (2025). Online at: <https://letsmimic.eu/project-reports/>.
19. LET’s MIMIC project technical report, *Project-based Learning Framework for Biomimicry Process Design* (2025). Online at: <https://letsmimic.eu/project-reports/>.
20. Maccioni, S., d’Angella, F., De Carlo, M., & Sfogliarini, B. (2024). *Stakeholder Engagement and Triggers for Sustainable Development in Complex Fragile Ecosystems: Evidence from Alpine Trentino Region*. Sustainability, 16(22), 9879. <https://doi.org/10.3390/su16229879>

21. Mejía-Villa, A., Cabra, J. F., & Osman, S. (2023). *Training for Sustainability through Biomimicry and Creative Problem-Solving Processes*. *Journal of Cleaner Production*, 382, 135287. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135287>.
22. Oguntona, O., & Aigbavboa, C. (2023). *Biomimicry Lessons for Teaching and Learning in Higher Education*. In M. Makua et al. (Eds.), *Proceedings of the 10th Focus Conference (TFC 2023)* (pp. 125-134). Atlantis Press. https://doi.org/10.2991/978-2-38476-134-0_12
23. Pawlyn, M. (2011). *Biomimicry in architecture*. RIBA Publishing.
24. Papert, S. (1993). *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. Basic Books.
25. Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. (2015). *Phases of Inquiry-Based Learning: Definitions and the Inquiry Cycle*. *Educational Research Review*, 14, 47–61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>.
26. Pawlyn, M. (2011). *Biomimicry in Architecture*. RIBA Publishing.
27. Schunk, D. H., & Mullen, C. A. (2013). *Toward a Conceptual Model of Mentoring Research: Integration with Self-Regulated Learning*. *Educational Psychology Review*, 25(3), 361–389. <https://doi.org/10.1007/s10648-013-9233-3>.
28. Thomas, J. W. (2000). *A review of research on project-based learning*. The Autodesk Foundation.
29. Vincent, J. F. V., Bogatyreva, O. A., Bogatyrev, N. R., Bowyer, A., & Pahl, A.-K. (2006). *Biomimetics: Its practice and theory*. *Journal of the Royal Society Interface*, 3(9), 471–482.