



Co-funded by
the European Union

Edifici ispirati alla natura: come piante e animali ci aiutano a progettare città migliori



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."





SOMMARIO

· Introduzione.....	2
· La natura come modello nella progettazione dell'ambiente costruito.....	3
· Le soluzioni della natura alle sfide umane.....	4
· Pianificazione e flusso urbano efficienti.....	6
· Approcci bio-ispirati.....	7
· Come i sistemi biologici ispirano una progettazione sostenibile.....	8
· Termitai: regolazione termica passiva e ventilazione.....	11
· Foglia di loto: Superfici autopulenti.....	12
· Coleottero del deserto del Namib: raccolta dell'acqua dall'aria.....	13
· Sfruttare la realtà aumentata per esplorare il design ispirato alla natura nell'istruzione STEM.....	15
· Risorse.....	18





Argomento generale del percorso di apprendimento	Edifici ispirati alla natura: come piante e animali ci aiutano a progettare città migliori
Nome specifico dell'unità di apprendimento	Biodesign nell'architettura urbana
Età dell'utente target	14-18 anni
Prerequisiti per gli studenti	Biologia, fisica e scienze ambientali
Descrizione dell'unità di apprendimento	Questa unità didattica guida studenti e insegnanti nell'esplorazione di come le strategie naturali di piante e animali possano ispirare soluzioni sostenibili in architettura e pianificazione urbana. Attraverso un approccio multidisciplinare e l'uso di strumenti di Realtà Aumentata (AR), gli studenti scopriranno come i sistemi biologici possono portare a una progettazione innovativa di edifici e città che risponda al clima, alla funzione e al benessere
Soggetto coinvolto	Biologia, Fisica, Scienze Ambientali, Arte/Design, Geografia, Matematica
Parole chiave	Biomimetica, Architettura ispirata alla natura, Città sostenibili, Biodesign, Ecologia urbana, Innovazione verde, AR, Apprendimento interattivo
Competenze chiave, abilità, conoscenze che possono essere acquisite	Comprendere come i principi biologici possono essere applicati alle sfide architettoniche e urbane
Risorse e strumenti didattici utilizzati	Identificare esempi di edifici bioispirati e gli organismi naturali che li hanno ispirati
Criteri di valutazione e valutazione	Scopri come progettare strutture sensibili al clima utilizzando la natura come modello





Introduzione

Con l'urbanizzazione del mondo, le città sono diventate centrali per la vita e lo sviluppo umano. Con l'accelerazione della crescita della popolazione globale, le aree urbane assorbono la maggior parte di questo aumento. Secondo il rapporto UN-Habitat (Judith Oginga, 2022), si stima che entro il 2050 quasi il 70% della popolazione mondiale vivrà nelle città. Questa rapida espansione urbana esercita un'enorme pressione sui sistemi naturali, poiché le città dipendono fortemente dalle risorse esterne per sostenere le loro operazioni e i loro abitanti.

Storicamente, molti ambienti urbani sono stati progettati senza tenere conto degli ecosistemi circostanti. Come hanno osservato Othmani et al. (2022), molti ambienti costruiti si sono sviluppati come se fossero separati dalla natura, dando origine a strutture e sistemi che spesso alterano l'equilibrio ecologico. Questa disconnessione ha portato a sistemi urbani fragili che non sono attrezzati per rispondere al cambiamento climatico, alla perdita di biodiversità e all'esaurimento delle risorse. Per creare città più resilienti, lo sviluppo futuro deve essere in linea con i principi ecologici, sostenendo il benessere umano, l'uso delle risorse rigenerative e l'integrazione con l'ambiente naturale.

In risposta al degrado ambientale causato dall'urbanizzazione, le città di tutto il mondo stanno iniziando ad attuare soluzioni che cercano un migliore equilibrio tra società e natura. Un approccio emergente è l'uso di soluzioni basate sulla natura (NbS). La Banca Mondiale ha introdotto questo concetto per la prima volta nel 2008 ed è stato formalmente definito dalla Commissione Europea nel 2015 (Sowińska-Świerkosz e García, 2022). La Commissione Europea descrive le NbS come azioni ispirate, sostenute o direttamente modellate sulla natura. Allo stesso modo, l'Unione Internazionale per la Conservazione della Natura (IUCN) definisce le soluzioni basate sulla natura come "azioni per proteggere, gestire e ripristinare in modo sostenibile gli ecosistemi naturali o modificati" (Matthews et al., 2022).

Studi recenti evidenziano che il ruolo dell'NbS nelle città va oltre il ripristino ecologico. Sebbene queste strategie siano essenziali per migliorare la biodiversità, offrono anche benefici più ampi a livello sociale ed economico. Ad esempio, l'integrazione di infrastrutture verdi come foreste urbane, zone umide o tetti verdi può migliorare la salute pubblica, migliorare la resilienza climatica, creare posti di lavoro locali e contribuire alla coesione sociale. Pertanto, le soluzioni basate sulla natura sono sempre più riconosciute come strumenti essenziali per costruire ambienti urbani sostenibili, inclusivi e resilienti.

Di fronte alla rapida urbanizzazione, al degrado ambientale e ai crescenti impatti dei cambiamenti climatici, ripensare la progettazione delle nostre città è diventato un imperativo globale. I metodi convenzionali di sviluppo urbano si basano su tecnologie ad alta intensità di risorse che contribuiscono all'inquinamento, allo spreco energetico e alla distruzione degli ecosistemi. Un'alternativa promettente che sta guadagnando terreno nell'architettura e nella pianificazione urbana è il concetto di bioispirazione, noto anche come biomimetica. Questo





approccio prevede lo studio e l'emulazione delle strategie presenti in natura per risolvere le sfide della progettazione umana. Nel corso di 3,8 miliardi di anni di evoluzione, la natura ha sviluppato sistemi altamente efficienti e resilienti che sostengono la vita senza esaurire le risorse. Come ha affermato notoriamente Benyus (1997), "La vita crea condizioni favorevoli alla vita", una filosofia al centro del pensiero biomimetico.

Un esempio convincente di bioispirazione nella pratica è l'Eastgate Center di Harare, nello Zimbabwe. Questo edificio, progettato dall'architetto Mick Pearce, trae spunto direttamente dalla struttura dei termitai, in grado di mantenere la stabilità della temperatura interna attraverso meccanismi di ventilazione passiva. Come descritto da Kennedy et al. (2015), l'Eastgate Centre utilizza questo modello per ridurre il consumo energetico fino al 90% rispetto agli edifici tradizionali dotati di sistemi di climatizzazione meccanici. Questo caso illustra come la comprensione dei principi biologici possa portare a miglioramenti trasformativi nell'efficienza energetica e nella sostenibilità.

Un altro caso ampiamente studiato riguarda la foglia di loto, la cui struttura superficiale microscopica fa sì che l'acqua si disperda e rotoli via, pulendo la foglia. Ciò ha ispirato lo sviluppo di materiali autopulenti ora utilizzati in architettura, riducendo il consumo di acqua e i costi di manutenzione (Vincent et al., 2006). Allo stesso modo, le caratteristiche di riflessione del calore e di raccolta dell'acqua della pelle di cactus hanno influenzato la progettazione degli edifici nelle regioni aride che richiedono soluzioni innovative di gestione termica e idrica.

Oltre ai singoli elementi costruttivi, la biomimetica offre anche approfondimenti a livello di sistema. I modelli di ramificazione degli alberi e delle reti di radici sono stati applicati per ottimizzare la disposizione dei sistemi di trasporto urbano e idrico, modellando reti di distribuzione efficienti e riducendo al minimo la perdita di energia in una città (Vincent et al., 2006). Questi esempi evidenziano come la bioispirazione sia un processo creativo, scientifico e strategico radicato nell'osservazione, nell'analisi e nel pensiero sistemico.

Per rendere questi concetti accessibili e coinvolgenti per gli studenti delle scuole superiori (14–18 anni), questa unità formativa incorpora la Realtà Aumentata (AR) come strumento centrale. La realtà aumentata consente agli studenti di esplorare i sistemi naturali in 3D, di interagire con strutture biologiche nascoste e di confrontarle direttamente con i progetti umani. Questa esperienza immersiva supporta l'apprendimento concettuale e l'esplorazione creativa, creando un ponte tra scienze biologiche, educazione ambientale e tecnologia digitale. Progettando i loro edifici ispirati alla natura in realtà aumentata, gli studenti possono sperimentare idee senza vincoli materiali, promuovendo la consapevolezza della sostenibilità e il pensiero innovativo.

In definitiva, questa unità si propone di ispirare la prossima generazione di architetti, ingegneri e custodi dell'ambiente, dimostrando loro che alcune delle soluzioni più innovative per la progettazione urbana sono già state inventate dalla natura. Attraverso l'interazione pratica e la riflessione scientifica, gli studenti vedranno l'ambiente costruito non come separato dal mondo naturale, ma come qualcosa da cui imparare e con cui coesistere.





La natura come modello nella progettazione dell'ambiente costruito

La natura è stata a lungo fonte di ispirazione per l'architettura, influenzando vari movimenti progettuali nel corso della storia. Dalle forme biomorfe di Gaudí all'eleganza strutturale delle opere contemporanee di Santiago Calatrava, entrambe attingono ampiamente a motivi e geometrie del mondo naturale. Mentre in passato l'architettura ispirata alla natura si concentrava spesso sull'estetica, oggi si sta diffondendo una tendenza verso un design interdisciplinare che cerca più di una semplice ispirazione visiva. Questo approccio emergente incorpora strategie biologiche che aiutano a ridurre il consumo di risorse naturali e a ridurre le emissioni di carbonio, allineando l'architettura con la transizione da un'era industriale a un'era ecologica (Dixit e Stefańska, 2023).

La capacità della natura di adattarsi alle mutevoli condizioni ambientali è stata ampiamente documentata in tutte le discipline scientifiche (Jamei e Vrcelj, 2021). Come hanno osservato Wu et al. (2020), uno degli obiettivi principali della progettazione bioispirata è ripristinare le funzioni ambientali e i modelli paesaggistici, trasformando l'ambiente costruito in un sistema più efficiente, a basse emissioni di carbonio e resiliente. La Cina fornisce un esempio degno di nota, in cui l'attuazione di principi ecologici sostenibili negli ultimi 50 anni ha portato allo sviluppo di città progettate per rigenerare gli ecosistemi naturali. Queste "eco-città" enfatizzano soluzioni integrate in cinque sistemi fondamentali: energia, cibo, trasporti, rifiuti e acqua.

Nell'ambiente costruito, il design bioispirato si è manifestato in vari modi, soprattutto attraverso la crescente adozione della biomimetica. Negli ultimi dieci anni, la biomimetica è diventata un aspetto determinante di molti progetti architettonici moderni. Secondo Ferwati et al. (2019), nove caratteristiche chiave sono emerse nelle pratiche di progettazione biomimetica: forma e funzione, geometria, metafora, materiale, movimento, modello, proporzione, sostenibilità e tecnologia. Queste caratteristiche riflettono i diversi modi in cui i principi naturali vengono tradotti nel linguaggio architettonico.

Studi recenti sottolineano anche l'inquadramento concettuale della natura come guida nel processo di progettazione. Oguntona e Aigbavboa (2023b) sostengono che considerare la natura come un mentore rende l'ecosistema naturale un prezioso punto di riferimento per l'apprendimento continuo e l'innovazione creativa. Identificano tre dimensioni fondamentali nel design bioispirato: imitazione, emulazione e ispirazione. Queste dimensioni consentono ai progettisti di esplorare la natura alla ricerca di modelli strutturali e strategie basate sui processi e sui sistemi. Come sottolineano ulteriormente Oguntona e Aigbavboa (2023a), l'integrazione di questi approcci nella progettazione dell'ambiente costruito ha un potenziale eccellente per ridurre il degrado ambientale e minimizzare lo sfruttamento delle risorse.

Le soluzioni della natura alle sfide umane

Di fronte alle crescenti sfide ambientali e sociali, le città di tutto il mondo sono sottoposte a crescenti pressioni affinché diventino più sostenibili, resilienti e adattabili. Gli approcci tradizionali alla pianificazione urbana spesso non riescono a soddisfare queste complesse





esigenze, spingendo molti architetti, ingegneri e progettisti a cercare indicazioni nel mondo naturale. Questo approccio, noto come bioispirazione o biomimetica, prevede lo studio delle forme, dei processi e dei sistemi sviluppati dalla natura nel corso di miliardi di anni e la traduzione dei loro principi sottostanti in soluzioni di progettazione incentrate sull'uomo. A differenza della semplice imitazione, la biomimetica, come definita da Vincent et al. (2006), si concentra sull'estrazione di strategie funzionali dai sistemi biologici per risolvere i problemi umani in modi innovativi e sostenibili. La natura offre un vasto archivio di soluzioni testate, ciascuna perfezionata attraverso tentativi ed errori evolutivi per ottenere la massima efficienza con il minimo spreco. In questa sezione esploreremo come il pensiero bioispirato possa essere applicato a cinque sfide urbane critiche, svelando come organismi ed ecosistemi possano aiutarci a reimmaginare il futuro delle nostre città.





Regolazione passiva della temperatura

Gestire la temperatura interna senza fare eccessivo affidamento su sistemi ad alto consumo energetico è una delle sfide più importanti dell'architettura urbana. Ad esempio, i termitai nell'Africa sub-sahariana mantengono una temperatura interna stabile nonostante le fluttuazioni esterne utilizzando complessi sistemi di tunnel che facilitano il flusso d'aria passivo. Questo meccanismo naturale ha ispirato la progettazione dell'Eastgate Centre di Harare, nello Zimbabwe, un edificio commerciale che utilizza tecniche di ventilazione passiva simili per ridurre il consumo energetico fino al 90% rispetto agli edifici tradizionali (Turner & Soar, 2008).

- Raccolta e conservazione dell'acqua

Piante e animali hanno sviluppato metodi altamente specializzati per raccogliere e conservare l'acqua in ambienti aridi. Il cactus utilizza una superficie nervata per dirigere efficacemente la rugiada verso le sue radici. Allo stesso tempo, lo scarabeo del deserto del Namib utilizza modelli idrofobici e idrofili alternati sul suo guscio per condensare e raccogliere l'acqua dall'aria. Ispirati da questi organismi, gli ingegneri hanno sviluppato edifici per la raccolta della nebbia e sistemi di copertura in grado di estrarre acqua dall'atmosfera senza fare affidamento su pompe o prodotti chimici (Nørgaard et al., 2012). Self-Cleaning and Low-Maintenance Surfaces

La manutenzione degli edifici richiede spesso un uso significativo di acqua e prodotti chimici. Tuttavia, in natura, la foglia di loto ha sviluppato una superficie nanostrutturata che respinge l'acqua e trasporta via le particelle di sporco mentre si asciuga. Questo fenomeno, noto come effetto loto, ha portato allo sviluppo di vetri autopulenti, pannelli solari e rivestimenti per facciate che riducono le esigenze di manutenzione aumentando al tempo stesso la durata e la pulizia (Barthlott & Neinhuis, 1997; Koch et al., 2009).

- Strutture leggere ma resilienti

Spesso la natura raggiunge una resistenza notevole utilizzando una quantità minima di materiale. La seta di ragno è un esempio eccezionale, offrendo una resistenza alla trazione maggiore dell'acciaio rispetto al suo peso. Le strutture a nido d'ape negli alveari e in altri organismi distribuiscono lo stress in modo efficiente conservando il materiale. Questi modelli sono ampiamente utilizzati nell'edilizia modulare, nella progettazione aerospaziale e di pannelli architettonici per ridurre il carico e l'uso delle risorse mantenendo al contempo l'integrità strutturale (Fratzl & Barth, 2009; Vincent et al., 2006).

Pianificazione e flusso urbano efficienti

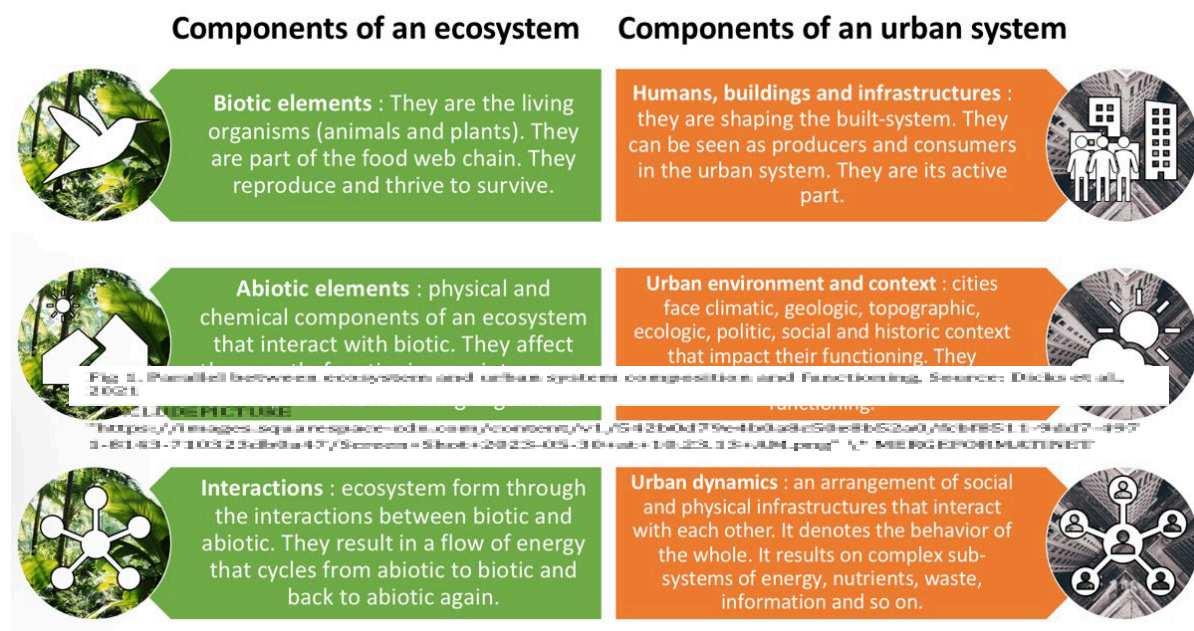
Nei sistemi naturali, le strutture ramificate degli alberi, le reti radicali e i sistemi vascolari sono ottimizzati per distribuire risorse come acqua, nutrienti ed energia con una resistenza minima. Gli urbanisti e i progettisti di infrastrutture si sono sempre più rivolti a questi modelli naturali per orientare la progettazione delle reti di trasporto, dei percorsi pedonali e dei sistemi di servizi pubblici. Questi progetti biomimetici migliorano la connettività, riducono la congestione e



consentono una distribuzione decentralizzata di energia e acqua, migliorando la resilienza e l'efficienza. Come sottolinea Badarnah (2017), i principi biomimetici derivati dai sistemi di ramificazione ecologica offrono strategie pratiche per adattare le città alle complesse esigenze ambientali e sociali, mantenendo al contempo l'armonia con il paesaggio naturale.

La biomimetica può essere applicata a tre livelli: forma, processo e livello di sistema. Il livello di forma implica l'emulazione della funzione derivata dalla forma specifica di un organismo, da una sua parte o dalla sua produzione. Questo livello si concentra sulla morfologia presente in natura. Il livello di processo della biomimetica imita il comportamento o i processi di produzione di organismi o gruppi di organismi. Infine, la biomimetica a livello di sistema emula il funzionamento, i principi e le strategie degli ecosistemi (Jain et al., 2023). Nel contesto delle città, sistemi complessi che comprendono esseri umani, infrastrutture, contesto ambientale e relazioni, gli ecosistemi rappresentano il livello di ispirazione più rilevante e appropriato. Gli ecosistemi sono costituiti da elementi biotici, analoghi ai componenti costruiti di una città umana, ed elementi abiotici, che possono essere paragonati all'ambiente e al contesto urbano. Inoltre, gli ecosistemi comprendono le interazioni tra questi elementi.

Madmar et al. (2023) hanno proposto un parallelo tra la composizione di un ecosistema e la composizione e il funzionamento di un sistema urbano nella Figura 1. Sebbene la biomimetica a livello di ecosistema possa incorporare la biomimetica a livello di forma e di processo, considera sistematicamente i benefici su larga scala. Questo approccio fornisce soluzioni più complete e mirate alle sfide sistematiche delle città. Le analogie passate tra l'organismo umano e gli attuali lavori sul metabolismo urbano sono limitate e affrontano principalmente la questione del flusso urbano (Dicks et al., 2021).





Approcci bio-ispirati:

Approcci ispirati alla natura sono presenti in molti campi, tra cui l'architettura e la pianificazione urbana; i tre approcci progettuali bioispirati a cui si fa comunemente riferimento sono la bionica, la biomimetica e la biomimetica. Come terminologia generale, la bionica iniziò a essere implementata nel 1958 da Jack Steel come combinazione di biologia e tecnica; si concentra sulle capacità meccaniche della natura, estraendone i principi fisici come ispirazione per lo sviluppo di un progetto tecnico. Tuttavia, la sua pratica può portare a soluzioni insostenibili poiché non considera l'interazione di queste soluzioni con la sostenibilità (Landrum e Mead, 2022). Nel frattempo, attraverso la comprensione e l'analisi, la biomimetica trasferisce caratteristiche, qualità e sistemi dalla natura all'ambiente artificiale (Urdinola-Serna e diseño, 2018). Il termine biomimetico, che deriva dalle radici bios (vita) e mimesis (imitare), risale al 1969, grazie al biofisico e ingegnere Otto Schmitt, e si concentra principalmente sull'imitazione della natura, sia nell'applicazione che nella forma. Infine, la biomimetica è stata definita da Benyus nel 1997 come la scienza che imita i modelli della natura. Ciò, a sua volta, utilizza uno standard ecologico che misura la sua interazione con l'ambiente, che lo porta un passo oltre il bionico e il biomimetico, preoccupandosi della sostenibilità nella sua applicazione (Landrum e Mead, 2022).

Il processo di progettazione della biomimetica segue in genere una metodologia bidirezionale che include due approcci complementari, come delineato da Bader et al. (2021), Chayaamor-Heil (2023) e Urdinola-Serna e Diseño (2018). Il primo è l'approccio orientato ai problemi, in cui i progettisti iniziano identificando una sfida o un obiettivo di progettazione specifico. Una volta definiti chiaramente i parametri del problema, si rivolgono alla natura per individuare strategie utilizzate da piante, animali o ecosistemi che potrebbero fornire soluzioni praticabili.

Il secondo è l'approccio orientato alla soluzione, spesso proveniente dalle scienze biologiche. Con questo metodo, i ricercatori o i progettisti scientificamente informati iniziano studiando sistemi o comportamenti biologici che presentano funzioni interessanti o efficaci. Queste strategie naturali vengono poi analizzate per la loro potenziale rilevanza per i problemi di progettazione umana, consentendo alle intuizioni biologiche di guidare lo sviluppo di soluzioni architettoniche o ingegneristiche innovative.

Insieme, questi due approcci riflettono la natura interdisciplinare della biomimetica, consentendo ai problemi di progettazione e alle conoscenze biologiche di informarsi a vicenda in un processo continuo e iterativo.

Come i sistemi biologici ispirano la progettazione sostenibile





Il design bioispirato, o biomimetica, è sempre più riconosciuto come un approccio creativo e una rigorosa metodologia scientifica per affrontare le sfide della sostenibilità nell'ambiente costruito. Secondo Aamer et al. (2020), la biomimetica consente ai progettisti di andare oltre l'imitazione superficiale della natura e di integrare più profondamente i principi biologici nelle prestazioni degli edifici. Ciò implica analizzare il modo in cui gli organismi si adattano al loro ambiente, gestiscono i flussi di energia, acqua e materiali e come i loro comportamenti interni possono ispirare soluzioni architettoniche sistemiche.

Un concetto chiave è il flusso di materiali ed energia a circuito chiuso osservato negli ecosistemi. In una foresta, i rifiuti di un organismo diventano cibo per un altro; nulla viene scartato. I progettisti urbani stanno iniziando ad adottare questo modello attraverso sistemi urbani circolari, in cui rifiuti, acqua ed energia vengono riciclati. Questo pensiero a livello di sistema riflette la logica degli ecosistemi e supporta infrastrutture urbane più resilienti (Kennedy et al., 2015). Anche la struttura degli organismi influenza il design. Ad esempio, la forma del pesce scatola ha ispirato le auto aerodinamiche e le facciate degli edifici grazie alla sua struttura ottimizzata per ridurre la resistenza aerodinamica (Bar-Cohen, 2012). Questi esempi dimostrano che la natura fornisce sia modelli funzionali sia principi di progettazione che possono influenzare direttamente il modo in cui daremo forma alle città del futuro.

Uno dei cambiamenti più critici sostenuti nella ricerca recente è quello di passare dall'imitazione della forma della natura alla comprensione e alla replica della sua funzione e del suo comportamento. Aamer et al. (2020) sottolineano l'importanza di questa transizione evidenziando il divario nelle pratiche architettoniche del passato, che spesso utilizzavano l'estetica naturale senza raggiungere la sostenibilità funzionale. Attraverso un approccio biomimetico basato sui problemi, propongono una metodologia che si concentra sul comportamento degli edifici, tra cui efficienza energetica, comfort termico, prestazioni dei materiali e reattività ambientale. Questo processo inizia con l'identificazione delle sfide architettoniche e la ricerca di soluzioni da modelli biologici che si sono evoluti per superare condizioni simili.

La metodologia descritta nel loro studio prevede la simulazione di sistemi biologici attraverso l'astrazione sperimentale e la loro traduzione in prototipi architettonici. Si estende su tre livelli di biomimetica: livello dell'organismo (forma o funzione specifica), livello del comportamento (interazione con l'ambiente) e livello dell'ecosistema (flussi e relazioni sistemiche). Il livello di comportamento è particolarmente enfatizzato, poiché consente agli edifici di rispondere in modo adattivo, in modo simile a come gli organismi viventi regolano il calore, l'umidità o la luce.

- Livelli nella progettazione della biomimetica

La progettazione biomimetica può essere applicata a diversi livelli a seconda del modo in cui i progettisti interpretano ed estraggono le idee naturali. Secondo Bader et al. (2021) e Chayaamor-Heil (2023), la biomimetica opera su tre livelli principali: organismo, comportamento ed ecosistema. Il livello dell'organismo implica l'ispirazione diretta da una pianta o un animale specifico. Ciò potrebbe includere la replica dell'intero organismo o la concentrazione su una





particolare caratteristica strutturale o funzionale che può essere applicata a una sfida progettuale. Il livello comportamentale si concentra sul modo in cui un organismo vivente interagisce con il suo ambiente. Ciò include lo studio delle azioni adattive, ad esempio il modo in cui determinate specie gestiscono la temperatura, l'umidità o il movimento verso l'ambiente circostante. Il livello ecosistemico adotta un approccio più ampio, attingendo ai principi che consentono agli ecosistemi di funzionare in modo efficiente e sostenibile. Tra questi rientrano il ciclo energetico, la biodiversità, le relazioni simbiotiche e la resilienza.

Un ulteriore perfezionamento dell'interpretazione biomimetica si trova nel lavoro di Mirniazmandan e Rahimianzarif (2017), che propongono cinque sottolivelli di imitazione: forma, materiale, costruzione, processo e funzione. Ciò consente ai progettisti di isolare aspetti specifici dei sistemi biologici che potrebbero essere rilevanti per l'ambiente costruito. Inoltre, Oguntona e Aigbavboa (2023a) descrivono tre approcci concettuali per lavorare con la bioispirazione: imitazione, emulazione e ispirazione. Queste dimensioni spaziano dalla copia diretta delle forme della natura al disegno di idee astratte e alla loro applicazione creativa per risolvere problemi di progettazione.

Un concetto correlato che sostiene il passaggio a una progettazione integrata con la natura è la biofilia. Sebbene non sia tecnicamente classificato nella progettazione bioispirata, la progettazione biofila promuove la connessione tra gli esseri umani e il mondo naturale. Definita da Edward O. Wilson e Stephen Kellert, la biofilia si riferisce alla tendenza umana intrinseca a cercare il contatto con la natura. Questo concetto affonda le sue radici nella nostra storia evolutiva e nel nostro sviluppo biologico. Secondo Calabrese (2015), la progettazione biofila mira a ripristinare questa connessione perduta negli ambienti moderni incorporando caratteristiche ambientali, forme naturali, luce diurna, varietà spaziale e identità locale. Queste strategie contribuiscono a creare spazi che supportano il benessere umano nelle dimensioni cognitive, emotive e fisiche.

Oltre alla biomimetica e alla biofilia, vi è un crescente interesse nel distinguere tra soluzioni basate sulla natura (NbS) e soluzioni ispirate alla natura (NiS). Le soluzioni basate sulla natura sono solitamente collegate agli ecosistemi viventi e fanno affidamento sulle loro continue funzioni ecologiche per apportare benefici alla purificazione dell'acqua, allo stoccaggio del carbonio o alla regolazione del clima. Al contrario, le soluzioni ispirate alla natura, tra cui la biomimetica, derivano da principi e strategie osservati in natura, ma non richiedono ecosistemi funzionanti per funzionare.

Come sottolineato dalla IUCN (2020b), NiS si riferisce a sistemi, materiali o processi innovativi progettati utilizzando intuizioni provenienti dalla biologia, consentendo applicazioni scalabili in architettura e ingegneria. L'applicazione della progettazione biomimetica ci consente di considerare la natura non solo come una fonte di bellezza o ispirazione, ma anche come una fonte di conoscenza e innovazione. Traducendo le strategie naturali in sistemi architettonici, i progettisti possono creare edifici e infrastrutture rigenerativi, adattivi e resilienti. La tabella seguente presenta esempi selezionati di sistemi biologici e le relative applicazioni





architettoniche, dimostrando come la biomimetica continui a plasmare il futuro della progettazione sostenibile.

modello biologico	strategia naturale	Applicazione architettonica/urbana	Challenge rivolta	Fonte
Tumulo di termiti	Il flusso d'aria passivo regola la temperatura interna	Centro Eastgate (Zimbabwe)	Controllo del clima ad alta efficienza energetica	Turner & Soar, 2008
Foglia di loto	La micro/nano-texture fa rotolare via acqua e sporco	Finestre, facciate e pannelli solari autopulenti	Riduzione della manutenzione, risparmio idrico	Barthlott & Neinhuis, 1997; Koch et al., 2009
Pelle di cactus	La superficie nervata e cerosa dirige la rugiada e limita l'evaporazione	Muri di raccolta dell'acqua e architettura desertica	Raccolta e conservazione dell'acqua	Ju et al., 2012
Scarabeo del deserto del Namib	I modelli idrofili e idrofobici catturano l'umidità	Superfici e tetti che raccolgono la nebbia	Accesso all'acqua atmosferica	Nørgaard et al., 2012
Seta di ragno	Elevata resistenza alla trazione e flessibilità	Strutture di tensione leggere, compositi	Efficienza e resilienza dei materiali	Fratzl & Barth, 2009
Struttura a nido d'ape	Efficienza geometrica con materiale minimo	Pannelli leggeri, costruzione modulare	Resistenza con meno materiale	Vincent et al., 2006

Tabella 1- Sistemi biologici e loro architettura Applications



Per comprendere appieno il potenziale della bioispirazione nell'architettura sostenibile, è essenziale passare dai principi teorici alle applicazioni nel mondo reale. Gli organismi biologici offrono diverse strategie sviluppate nel corso di milioni di anni di adattamento, metodi che possono influenzare direttamente il modo in cui progettiamo, costruiamo e gestiamo gli ambienti urbani. Nel contesto della biomimetica, il successo non risiede nel copiare l'aspetto della natura ma nel tradurre le sue funzioni, comportamenti e sistemi nella progettazione umana in modi significativi e misurabili.

Le sezioni seguenti evidenziano tre modelli biologici ben studiati, termitai, foglie di loto e sistemi di ramificazione di alberi/radici, che hanno ispirato soluzioni architettoniche e urbane innovative. Questi esempi illustrano come le strategie biologiche sono state adattate ai sistemi edilizi per risolvere sfide quali il controllo del clima, la conservazione dell'acqua, l'automanutenzione e la distribuzione delle risorse. Ogni caso si collega direttamente a un'applicazione pratica ed è supportato dalla ricerca scientifica.

Insieme alla tabella seguente, questi casi di studio forniscono una base per comprendere la profondità e la versatilità del design bioispirato. Mostrano come imparare dalla natura “libro di testo di design” possa produrre ambienti umani più innovativi, resilienti e sostenibili.

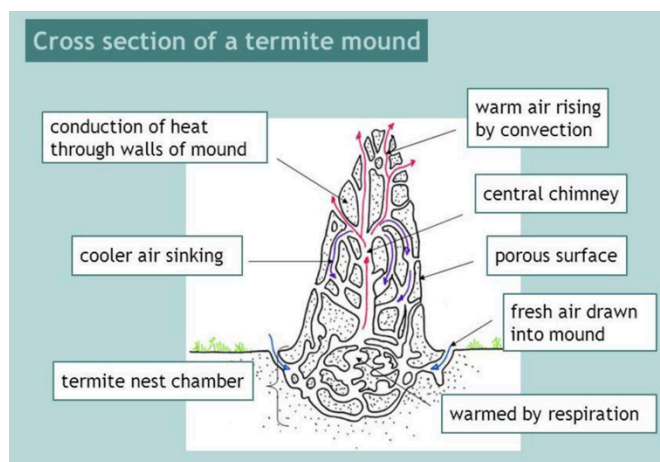
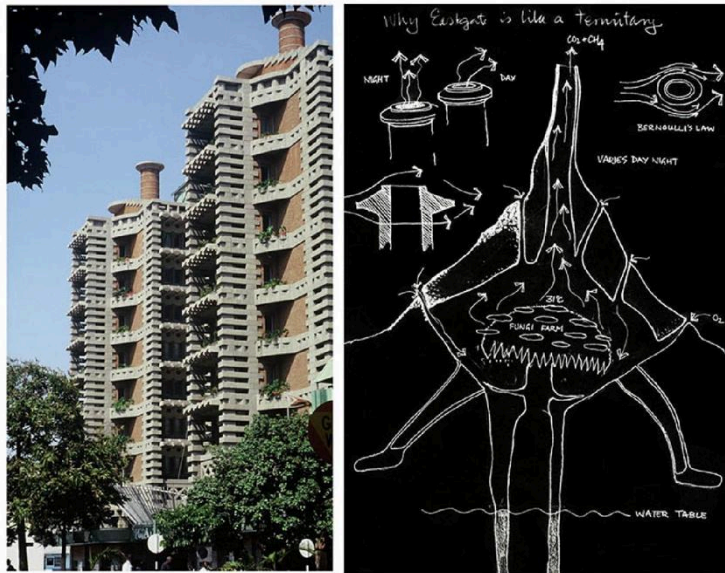


Fig. 2. Termite mounds in the savanna region of Africa. The diagram shows a cross-section of a termite mound, illustrating the passive ventilation system. The mound is built from mud and soil, and the termites inside maintain a constant temperature and humidity by drawing in fresh air from the ground, warming it with their respiration, and then releasing it through a central chimney. The porous surface of the chimney allows for the flow of air, and the walls of the mound conduct heat, keeping the interior cool.

Termitai: regolazione termica passiva e ventilazione

I termitai, in particolare quelli costruiti dalle specie *Macrotermes* nell'Africa subsahariana, sono strutture naturali sofisticate che mantengono una temperatura e un'umidità interne notevolmente stabili, nonostante le estreme condizioni climatiche esterne. Ciò si ottiene attraverso un'intricata rete di pozzi d'aria e tunnel che promuovono la ventilazione passiva. Le termiti utilizzano un sistema di aperture e camere controllate per azionare il flusso d'aria convettivo, regolando il microclima interno del tumulo per supportare la loro coltivazione simbiotica di funghi.





Questo modello naturale ha ispirato architetti e ingegneri a sviluppare edifici ad alta efficienza energetica che regolano la temperatura interna senza fare molto affidamento su sistemi meccanici. L'applicazione più famosa è l'Eastgate Centre di Harare, nello Zimbabwe, progettato dall'architetto Mick Pearce in collaborazione con l'ingegnere Arup Associates. L'edificio imita i principi dei termitai per regolare passivamente il flusso d'aria e la temperatura, riducendo il consumo energetico per la ventilazione e il raffreddamento di oltre il 90% rispetto agli edifici convenzionali di dimensioni simili (Turner & Soar, 2008).

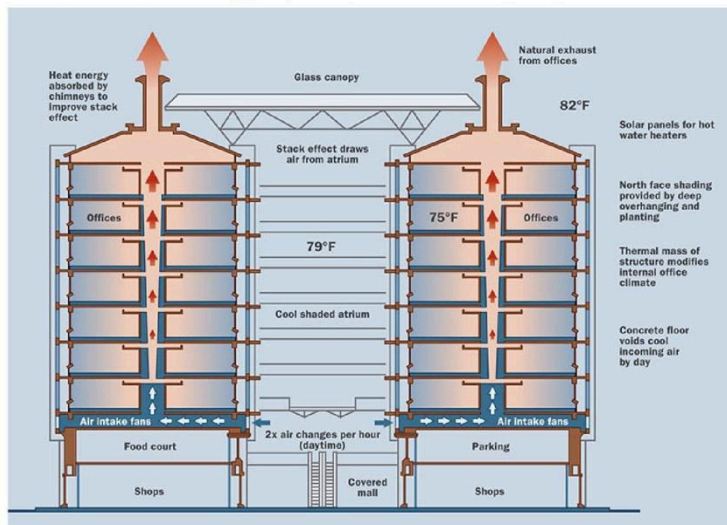


Fig 3. Eastgate Centre in Harare, Zimbabwe, source:
<https://www.mickpearce.com/assets/images/biomimicry-architecture-09-1400x2133-771.jpg>
INCLUDEPICTURE
"https://images.squarespace-cdn.com/content/v1/542b0d79e4b0a8c50e8b52a0/fcbf8511-9dd7-4971-8143-710323db0a47/Screen+Shot+2023-05-30+at+10.23.13+AM.png" *
MERGEFORMATINET



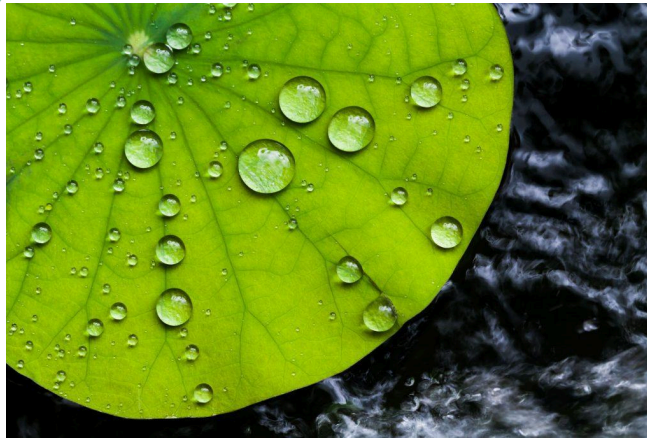


Fig. 16. Lotus leaf self-cleaning mechanism. https://www.researchgate.net/publication/312545448/Self-cleaning_lotus_leaf_mechanism

Foglia di loto: superfici autopulenti

La pianta di loto (*Nelumbo nucifera*) prospera in ambienti acquatici fangosi, ma le sue foglie rimangono impeccabilmente pulite. Ciò è dovuto alle micro e nanostrutture presenti sulla superficie fogliare, che creano un effetto superidrofobico: le gocce d'acqua si staccano dalla superficie, raccogliendo e trasportando via le particelle di sporco. Questo fenomeno è comunemente noto come "effetto loto".

Ispirati da questo meccanismo autopulente, scienziati e architetti dei materiali hanno sviluppato rivestimenti idrofobici per finestre, pannelli solari, facciate di edifici e piastrelle che respingono l'acqua, riducendo così i costi di manutenzione. Questi materiali riducono il consumo di acqua per la pulizia e prolungano la durata delle superfici esposte agli agenti atmosferici.

L'innovazione supporta l'architettura sostenibile riducendo al minimo l'uso delle risorse e della manodopera pur mantenendo l'integrità visiva e funzionale.

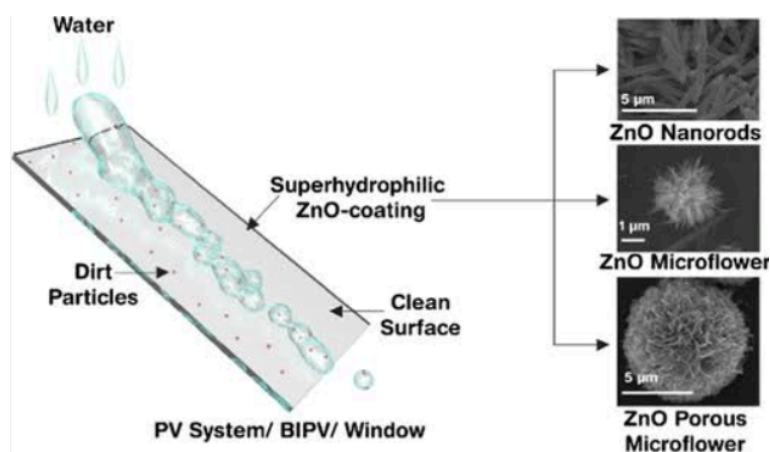


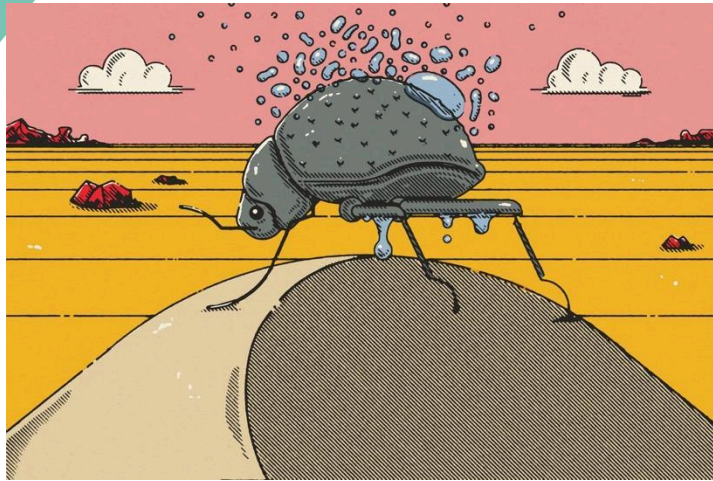
Fig. 55. Hydrophilic and superhydrophilic self-cleaning coatings for environmentally varying ZnO

https://www.researchgate.net/publication/312545448/Self-cleaning_lotus_leaf_mechanism

RESEARCHGate

"ResearchGate" is a platform for researchers to share their work and connect with others in their field. It is not affiliated with the European Union or the European Commission.





Coleottero del deserto del Namib: raccolta dell'acqua dall'aria

Lo scarabeo del deserto del Namib (*Stenocara gracilipes*) prospera in uno dei luoghi più aridi della Terra raccogliendo l'acqua dalla nebbia. Le sue elitre (coperture alari indurite) sono strutturate con protuberanze idrofile circondate da valli idrofobe, che gli consentono di catturare e dirigere l'umidità atmosferica verso la bocca. Come spiegano Nørgaard et al. (2012), il coleottero adotta un comportamento distintivo nel cercare la nebbia, orientando il corpo nella brezza durante le nebbie mattutine per massimizzare la raccolta dell'acqua. Questo sistema passivo consente al coleottero di sopravvivere senza alcun dispendio energetico attivo, rendendolo un modello ideale per tecnologie idriche sostenibili.

La superficie microstrutturale e la strategia comportamentale del coleottero hanno ispirato lo sviluppo di materiali e superfici biomimetiche che imitano il suo metodo di raccolta dell'acqua. Gli ingegneri hanno creato superfici sintetiche con bagnabilità modellata per condensare e incanalare l'acqua dalla nebbia, dalla rugiada o dall'aria umida. Sono stati utilizzati nelle reti da nebbia, nei pannelli delle facciate e nei sistemi dei tetti, soprattutto nelle regioni con scarsità d'acqua come Cile, Etiopia ed Emirati Arabi Uniti. Questi sistemi offrono una soluzione passiva e sostenibile alla scarsità di acqua dolce nelle aree remote o soggette a siccità replicando l'efficienza dello scarabeo. Le applicazioni architettoniche continuano ad evolversi, integrando questi materiali in involucri edilizi che proteggono e funzionano come strumenti di raccolta dell'acqua, riducendo la dipendenza dalle infrastrutture centralizzate e promuovendo la resilienza ambientale.



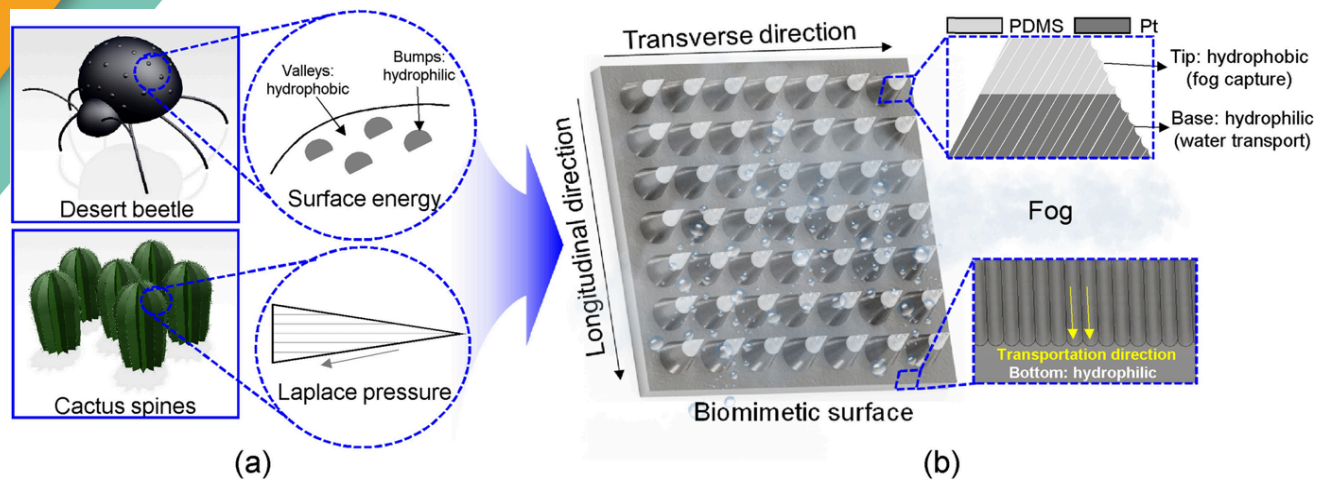


Fig 7. (a) Illustration of the characteristics of both elytra of the Namib Desert beetle and cactus spines; (b) schematic of the hierarchically structured biomimetic surfaces inspired by the elytra of the Namib Desert beetle and cactus spines. Source: <https://www.nature.com/articles/s41598-023-37461-x/figures/1>

Eseguire:

Sfruttare la realtà aumentata per esplorare il design ispirato alla natura nell'istruzione STEM

Nel panorama educativo STEM in evoluzione, l'integrazione della bioispirazione e il disegno dei principi di progettazione dalla natura offrono un percorso altamente coinvolgente per collegare gli studenti con le sfide di sostenibilità del mondo reale. La Realtà Aumentata (AR) emerge come uno strumento trasformativo in questo contesto, colmando il divario tra concetti biologici astratti e applicazioni architettoniche tangibili per gli studenti delle scuole superiori di età compresa tra 14 e 18 anni.

Ricerche recenti sottolineano che le tecnologie AR migliorano significativamente il coinvolgimento degli studenti e approfondiscono la comprensione. Attraverso la realtà aumentata, gli studenti possono interagire con modelli tridimensionali di strutture biologiche, come la microstruttura delle foglie di loto o il sistema di ventilazione dei termitai, proiettati nel loro ambiente fisico. Questa esperienza immersiva aiuta gli studenti a visualizzare, manipolare e comprendere meglio concetti STEM complessi (BestColleges, 2024).

Inoltre, la realtà aumentata supporta la visualizzazione di sistemi naturali complessi che potrebbero essere difficili da catturare con i metodi didattici tradizionali. Nell'educazione al design bioispirata, l'AR consente agli studenti di esplorare dinamicamente come gli adattamenti naturali, come i meccanismi di raccolta dell'acqua dei coleotteri del deserto o le proprietà di autoombreggiatura delle pelli di cactus, possano ispirare l'innovazione architettonica. Gli studi



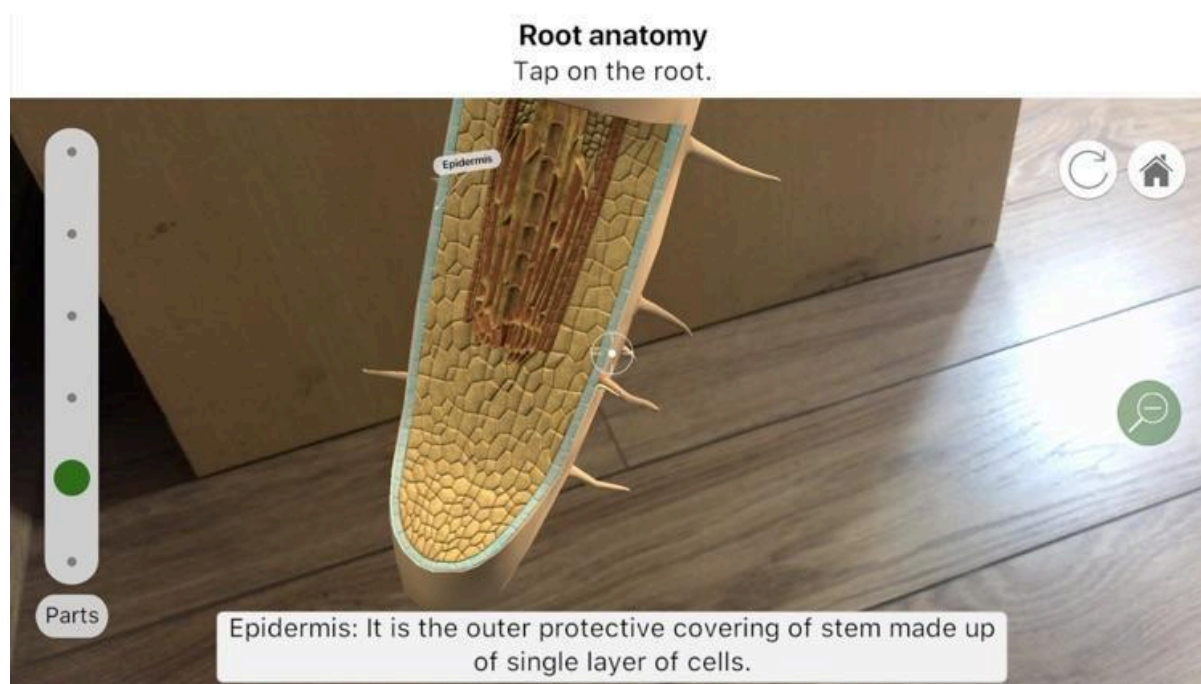


hanno dimostrato che la realtà aumentata nei contesti STEM può promuovere il pensiero critico, la creatività e il ragionamento spaziale, competenze cruciali per futuri ingegneri e progettisti (Frontiers in Education, 2024).

Inoltre, le tecnologie di realtà aumentata offrono flessibilità e inclusività, adattandosi a diversi ritmi e stili di apprendimento. Gli studenti possono impegnarsi individualmente o in modo collaborativo, costruendo conoscenze adatte alle loro preferenze di apprendimento. Tale flessibilità contribuisce a una maggiore accessibilità e soddisfazione degli studenti negli ambienti educativi STEM.

Infine, l'integrazione dell'AR nell'educazione alla bioispirazione consente agli studenti di impegnarsi con conoscenze teoriche ed autentiche esperienze di risoluzione dei problemi. Progettare una facciata biomimetica per ridurre il surriscaldamento urbano o concettualizzare un sistema di ombreggiatura basato sul comportamento delle piante fornisce agli studenti competenze interdisciplinari all'intersezione tra biologia, tecnologia e architettura. Questo approccio olistico promuove l'innovazione, il pensiero sostenibile e la preparazione al mondo reale.

In sintesi, l'integrazione degli strumenti di realtà aumentata nell'istruzione STEM incentrata sulla bioispirazione crea esperienze di apprendimento dinamiche, inclusive e orientate al futuro che consentono agli studenti di innovare imparando dalla natura.



App Plantale

Mentre la tecnologia della realtà aumentata (AR) continua a guadagnare slancio nell'istruzione, varie scuole e iniziative educative hanno già dimostrato il suo potenziale per migliorare





l'apprendimento STEM attraverso la bioispirazione. Questi progetti dimostrano come la realtà aumentata possa immergere gli studenti dai 14 ai 18 anni nell'osservazione dei fenomeni biologici, nella comprensione dei principi naturali e nella loro applicazione creativa alle sfide ingegneristiche e progettuali. Gli esempi seguenti illustrano come la realtà aumentata sia stata integrata con successo in ambienti educativi STEM bioispirati per promuovere un coinvolgimento più profondo, una comprensione concettuale e capacità di innovazione.

Fase	Descrizione
Esplora	- Ricerca e scoperta: studiare i sistemi biologici (ad esempio termitai, foglie di loto, nidi di uccelli) e la loro rilevanza per l'architettura.
	- Sviluppo dei contenuti: sviluppare materiali di base che spieghino come le funzioni biologiche possono essere applicate agli elementi architettonici (ad esempio ventilazione, isolamento, struttura).
	- Analisi dei bisogni: identificare lacune di conoscenza e opportunità di apprendimento nella bioarchitettura e nella progettazione urbana sostenibile.
Esegui	- Implementazione del curriculum: fornire lezioni interdisciplinari che combinano biologia e architettura (ad esempio, come la pelle dei cactus influenza le superfici di raccolta dell'acqua).
	- Esercizi interattivi: coinvolgi gli studenti con attività pratiche e simulazioni di realtà aumentata per modellare le caratteristiche degli edifici ispirate alla natura.
	- Raccolta di feedback: raccogliere spunti da studenti ed educatori per migliorare l'integrazione dei concetti biologici nel design thinking.
Espandi	- Integrazione della realtà aumentata: applicare la realtà aumentata per visualizzare e interagire con elementi edilizi biomimetici (ad esempio, simulare il flusso d'aria nei sistemi di ventilazione ispirati alle termiti).
	- Apprendimento interattivo: gli studenti manipolano modelli biologici 3D e analoghi architettonici, creando un ponte tra la natura e l'ambiente costruito.
	Contenuti gamificati: Punti e badge: guadagna ricompense identificando strategie biologiche e collegandole a soluzioni architettoniche (ad esempio, imita l'effetto loto per l'autopulizia della facciata). - Classifiche: promuovere una competizione amichevole su compiti come l'abbinamento dei sistemi naturali con le loro controparti costruite. - Missioni e livelli: avanza attraverso le sfide della biomimetica, dai concetti biologici di base alle applicazioni di progettazione complesse. - Ricompense per l'esplorazione: scopri strategie architettoniche nascoste nei modelli di realtà aumentata degli habitat animali o delle strutture vegetali. - Attività collaborative gamificate: lavorare in team per progettare zone urbane ispirate alla natura, utilizzando la realtà aumentata per simulare l'impatto ambientale e l'efficienza energetica.
	Valutazioni basate sulla realtà aumentata: - Utilizzare la realtà aumentata per valutare la comprensione chiedendo agli studenti di dimostrare la traduzione di un principio biologico (ad esempio, la struttura dei favi) in un componente dell'edificio (ad esempio, sistemi di pareti modulari).





Referenze

Aamer, H. S., Hamza, A. F., Khairy, M., & Ghonimi, I. (2020). Biomimicry as a sustainable design methodology for building behaviour. *Engineering Research Journal*, 46(1), 191–201.

Bader, F., Halabi Associate Professor, M., Mohsen Assistant Professor, H., and Youssef Associate Professor, M. (2021). USE OF BIOMIMICRY DESIGN APPROACH IN CONSTRUCTING SUSTAINABLE RESILIENT STRUCTURES (CASE STUDY: PORT OF BEIRUT). *BAU Journal-Creative Sustain. Dev.* 2 (2). doi:10.54729/2789-8334.1041

Badarnah, L. (2017). Form follows environment: Biomimetic approaches to building envelope design for environmental adaptation. *Buildings*, 10(4), 42.

Bar-Cohen, Y. (2012). *Biomimetics: Nature-based innovation*. CRC Press.

Barthlott, W., & Neinhuis, C. (1997). Purity of the sacred lotus, or escape from contamination in biological surfaces. *Planta*, 202(1), 1–8.

Benyus, J. M. (1997). *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. Harper Perennial.

BestColleges. (2024). The Role of Augmented Reality in Enhancing STEM Education. *India Today*. <https://bestcolleges.indiatoday.in/news-detail/the-role-of-augmented-reality-in-enhancing-stem-education>.

Chayaamor-Heil, N. (2023). From bioinspiration to biomimicry in architecture: opportunities and challenges. *Encyclopedia* 3 (1), 202–223. doi:10.3390/encyclopedia3010014

Calabrese, E. (2015). The practice of biophilic design pathways to wellbeing view project. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/321959928>.

Dicks H, Bertrand-Krajewski J-L, Ménéz C, Rahbe Y, Pierron J and Harpet C 2021 Applying Biomimicry to Cities: The Forest as Model for Urban Planning and Design pp 271–88.

Dixit, S., and Stefańska, A. (2023). Bio-logic: a review of the biomimetic application in architectural and structural design. *Ain Shams Eng. J.* 14 (1), 101822. Ain Shams University, Feb. 01. doi:10.1016/j.asej.2022.101822





Ferwati, M. S., Alsuwaidi, M., Shafaghat, A., and Keyvanfar, A. (2019). Employing biomimicry in Urban metamorphosis seeking for sustainability: case studies. *Archit. City Environ.* 14 (40), 133–162. doi:10.5821/ace.14.40.6460

Fratzl, P., & Barth, F. G. (2009). Biomaterial systems for mechanosensing and actuation. *Nature*, 462(7272), 442–448.

Frontiers in Education. (2024). Augmented Reality for STEM Education: Benefits, Challenges, and Future Research Directions.

<https://www.frontiersin.org/journals/education/articles/10.3389/feduc.2024.1391803/full>

IUCN (2020b). Guidance for using the IUCN global standard for nature-based solutions. 1. Gland, Switzerland: IUCN. IUCN, International Union for Conservation of Nature. doi:10.2305/IUCN.CH.2020.09.en

Jamei, E., and Vrcelj, Z. (2021). Biomimicry and the built environment: learning from nature's solutions. *Appl. Sci. Switz.* 11 (16), 7514. MDPI AG, Aug. 02. doi:10.3390/app11167514

Jain A, Cummings A, Lim G S, Shah I, Haan L, Teo L, Fadnavis M, Toh M M, Hays N, Dhuri R and Swaminathan S 2023 Biomimicry for tropical building skins, a design toolkit to manage thermal comfort using Nature's genius (Singapore: bioSEA Pte. Ltd.)

Judith Oginga, M. (2022). Envisaging the future of cities. New York: United Nations Publication.

Ju, J., Bai, H., Zheng, Y., Zhao, T., Fang, R., & Jiang, L. (2012). A multi-structural and multi-functional integrated fog collection system in cactus. *Nature Communications*, 3, 1247.

Kennedy, E., Fechey-Lippens, D., Hsiung, B.-K., Niewiarowski, P. H., & Kolodziej, M. (2015). Biomimicry: A path to sustainable innovation. *Design Issues*, 31(3), 66–73.

Koch, K., Bhushan, B., & Barthlott, W. (2009). Multifunctional surface structures of plants: An inspiration for biomimetics. *Progress in Materials Science*, 54(2), 137–178.

Landrum, N. E., and Mead, T. (2022). Sustainability in the biom* Singapore. Springer, 1–15. doi:10.1007/978-981-19-1812-4_1/COVER

Matthews, J., Ocampo, E., and Cruz, D. (2022). Integrating nature-based solutions for climate change adaptation and disaster risk management: a practitioner's guide.

Madmar. S, Zaly Saleh. M, Ak Mattusin. A.M.R, Ilhan. A.A. (2023). Applications of biomimicry to urban planning: interrogating the relevance of emerging approaches to design cities by drawing inspiring from nature. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, doi:10.1088/1755-1315/1274/1/012015





Nørgaard, T., Dacke, M., & Warrant, E. J. (2012). Fog-basking behaviour and water collection efficiency in Namib Desert beetles. *Frontiers in Zoology*, 9, 9. <https://doi.org/10.1186/1742-9994-9-9>.

Oguntona, O. A., and Aigbavboa, C. O. (2023a). Nature inspiration, imitation, and emulation: biomimicry thinking path to sustainability in the construction industry. *Front. Built Environ.* 9, 1085979. doi:10.3389/fbuil.2023.1085979

Oguntona, O. A., and Aigbavboa, C. O. (2023b). Nature inspiration, imitation, and emulation: biomimicry thinking path to sustainability in the construction industry. *Front. Built Environ.* 9. doi:10.3389/fbuil.2023.1085979.

Othmani, N. I., Mohamed, S. A., Abdul Hamid, N. H., Ramlee, N., Yeo, L. B., and Mohd Yunus, M. Y. (2022). Reviewing biomimicry design case studies as a solution to sustainable design. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 29 (46), 69327–69340. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. doi:10.1007/s11356-022-22342-z.

Sowińska-Świerkosz, B., and García, J. (2022). What are Nature-based solutions (NBS)? Setting core ideas for concept clarification. *Nature-Based Solutions* 2, 100009. doi:10.1016/j.nbsj.2022.100009

Turner, J. S., & Soar, R. C. (2008). Beyond biomimicry: What termites can tell us about realizing the living building. First International Conference on Industrialized, Intelligent Construction.

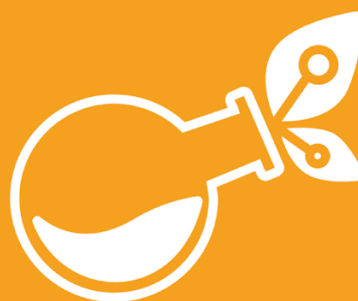
Urdinola-Serna, D., and diseño, B. y (2018). Primera Edición, 2018. Proyecto: repertorio de superficies y texturas bioinspiradas a través de experimentaciones morfológicas con tecnología de fabricación digital. Radicado 601B-05/16-35. Available at: <https://www.upb.edu.co>.

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.





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.