

1. DIA

Biomimikri, avagy tanuljunk a természettől

Ebben az előadásban a biomimikri világába teszünk rövid utazást. A biomimikri fogalmának tisztázása után először megnézzük a legismertebb példákat, hogy rá tudjunk hangolódni a témára. Majd végig vesszük, hogy milyen területeken lehet a biomimikrit használni. Utána röviden bemutatjuk a biomimikri gondolkodás lényegét, majd felsoroljuk a biomimikri 9 alapelvét, végül gyakorlati példákat nézünk meg. Mindezt röviden, hiszen a modulokban és a többi anyagban ezekről részletesen szó lesz.

2. DIA

Biomimikri fogalma

A mimikri azt jelenti, hogy utánzunk valamit. A biomimikri a természet utánzása. Akár a természet megfigyelése után készítünk valamit, amit tudunk használni, akár egy problémánkat akarjuk megoldani és ezért fordulunk a természet felé, a végeredmény mindenképp biomimikri lesz.

A meghatározásokból látjuk, hogy főleg a mérnökök és formatervezők számára lehet érdekes, és fontos, hogy a természettől tanuljanak, hiszen használati tárgyaink és az épületeink az ő fejükben születnek meg. Nem mindegy, hogy az eredmény anyag- és energiatakarékos, hosszan használható, fenntartható, vagy sok energiát használó és környezetszennyező lesz-e.

Napjainkban egyre többen fordulnak a természet ihlette megoldások felé, persze elődeink is sok tárgyat alkottak meg a természet megfigyelése után (pl. szitakötő-helikopter, delfinek/denevérek-lokátorok és szonárok).

Most pedig nézzünk meg néhány példát a biomimikri tárházából:

3. DIA

Néhány példa 1.

Az egyik legismertebb a tépőzár: mára már el sem tudjuk képzelni nélküle az életünket. Többféle vastagságban és színben kapható bármelyik rövidáru boltban. Könnyű, jól záródik, viszont könnyen kioldható.

De Mestre, svájci mérnök az 1940-es évek elején kirándulni indult a kutyájával. Hazatérve kiszedegette az állatra tapadt bogáncsokat [jobb felső kép], melyeket nem egyszerű eltávolítani a szőrből. Már régóta gondolkodott egy jól záródó szerkezeten, és ekkor összeért a problémafelvetés és a tapasztalat: az orra előtt volt a megoldás! Jobban megnézte a bogáncsot, és azt találta, hogy a termés szőreinek vége kampós kialakítású. Kb. 10 éves munka eredményeként, sok-sok tervezés [bal felső kép] és próbadarab után, az '50-es évek elejére sikerült előállítani a velcro-t, amit mi tépőzárnak nevezünk. Először az úrhajózásnál használták, majd innen került ki hétköznapi tárgyainkra: ruhára, cipőre.

A bal alsó képen a tépőzár mikroszkópos felvételét látjuk.

4. DIA

Néhány példa 2.

A másik ismert „tárgy” a shinkansen, a Japánban közlekedő nagysebességű vonat. Az első vonalat Tokió és Osaka között építették, és az olimpia előtt nem sokkal adták át 1968-ban. Az első sorozat mozdonyainak orra még kerek volt [jobb felső kép]. Azért, hogy megfelelő sebességgel tudjon közlekedni a szerelvény, külön pályát építettek neki, a lehető legkevesebb kanyarral. Emiatt viaduktokat és alagutakat kellett kialakítani. A vonat tényleg nagyon gyorsan haladt, de volt egy probléma: az alagútból hangrobbanás kíséretében lépett ki.

Mivel a két város közötti terület sűrűn lakott, ezért sok panasz érkezett a lakosság részéről. Tehát a gyár kiadta az ukázt a mérnököknek: le kell csendesíteni a vonatot!

Az egyik mérnök történetesen érdeklődött a madarászat iránt. Egy madarászatról szóló előadáson a jégmadárról volt szó. Valamilyen hasonló képet [bal felső] mutathattak ott is: jól látszódik, hogy a madár csőre már teljesen benne van a vízben, miközben fodrozódás még nem látható. Igen, mert ebben az esetben a halak észrevennék a „támadót” és elúsznának előle, a madár pedig éhen maradna. Megvizsgálta a madár csőrét, és kísérletezésbe kezdett. Hosszú kás véget faragott a modell rudak végére, és többféle variációt próbált ki a kísérlethez használt csövekben. Ez alapján elkészült a második sorozat mozdonya [jobb alsó kép], amely már lényegesen halkabban lépett ki az alagútból. A bal alsó képen láthatjuk, hogy egyre szofisztikáltabb „orrok” készültek azóta, ami a sebesség növeléséhez is hozzájárult.

5. DIA

Néhány példa 3.

Azt figyelték meg, hogy a cápák bőrén nem található bakteriális fertőzés. Az elektronmikroszkópos felvételen [bal alsó kép] látszódik, hogy a pikkelyes kialakítás mellett kiemelkedések és bemélyedések is találhatóak. Megmérve kiderült, hogy ezek a „hegyek” és „völgyek” pont akkorák, hogy a baktériumok nem, vagy csak nagyon nehezen tudnak megtapadni rajta: ha a kiemelkedésre tapad, nem ér le a völgybe; ha a völgybe tapad, nem ér fel a kiemelkedésre. Ráadásul a vízáramlás folyamatosan lesodorja onnan a próbálkozó baktériumokat. Ennek a fizikai szerkezetnek a mintájára hoztak létre olyan felületet [jobb alsó kép], amelyen kiemelkedések és bemélyedések vannak. A középső képen láthatjuk, mennyire terjed el a bakteriális fertőzés egy sima felületen és a mű-cápbőrön: az első héten még alig van baktérium a cápbőrt utánzó felületen, miközben a sima felület kb. 1/5-ét már beborítják. A harmadik hétre a sima felületet teljesen ellepik a baktériumok, míg a Sharklet-en még mindig alig tudott elterjedni a fertőzés.

Mire jó ez nekünk? Olyan helyeken tudjuk használni ezt a bevonatot, amelyek nagyon ki vannak téve baktériumfertőzésnek. Így pl. kórházakban a kilincseken, az ágyak szélén, a műszereken stb. Jelenleg iszonyatos mennyiségű fertőtlenítőszerrel használunk, ami nem nézi, hogy hasznos vagy káros baktériumot pusztít-e el. Gondoljunk csak bele, mennyi fertőtlenítő szerrel lehetne megspórolni, ha elterjedne ez, a csak fizikai szerkezeten alapuló felület!

6. DIA

Néhány példa 4.

A pillangók gyönyörű színeket pompáznak, szemet gyönyörködtetően irizálnak, főleg, amikor fény esik rájuk és felragyognak. Bármily hihetetlen, ezt a színt nem pigmentek, nem festék alakítja ki, hanem fizikai szerkezet! A bal alsó képeken a lepke szárnyának (elektron)mikroszkópos felvételeit látjuk. Sok-sok, zsindeyszerűen elhelyezkedő, hosszúkás pikkely borítja a szárnyat. Ha tovább nagyítjuk, kiderül, hogy hosszanti sávokból áll, amelyeket keresztlécek kötnek össze, nanohálót alakítva ki. A lécek és sávok közötti távolság akkora, hogy egyes látható fényhullámokat átengednek, van, amit viszont nem. Ez utóbbi alkotja a lepke szárnyának színét. A különböző fajoknál, sőt, szárnyon belül változik, hogy melyik pikkelyen milyen távolságú sávok találhatóak, ezzel változatos színkavalkád jön létre.

Az ehhez hasonló nanoszerkezetet több helyen is felhasználják: az irizáló smink nem tartalmaz pigmentet; a pénzen lévő fémcsik szintén a fényvisszaverés elvén működik. A legérdekesebb felhasználást viszont az okostelefonok, okosórák, tabletek stb. kijelzőjénél tapasztaljuk. A hagyományos kijelzők esetében, ha a napfény rávilágít, alig látjuk a képernyőt, leginkább a saját tükröképünket élvezhetjük. Nem úgy a Mirasol kijelzőn! Ha napfény éri, felragyog a kijelző, és annál jobban látjuk a színeket, minél jobban süt rá a fény. Ezt úgy érik el, hogy változtatható rés-szélességű nanohálót alakítanak ki a kijelzőn.

7. DIA

Néhány példa 5.

Modern világunkban egyre több üvegfelület található épületeinken. Sajnos a madarak nem látják az üveget, ezért sokan nekiütköznek és nyakukat törik. Az egyik megoldás az, hogy ragadozó madarak sziluettjét ragasztják ki, de egyrészt ehhez hamar hozzászoknak a madarak, másrészt hogyan néznének ki pl. New Yorkban a felhőkarcolók teleragasztva madár alakú matricával?

Megfigyelték, hogy a madarak nem mennek neki a pókhálónak. A pók is rosszul járna, mert állandóan új hálót kellene szőnie, a madarak pedig egy idő után nem tudnának repülni a tollukra ragadt sok pókháló miatt. Megvizsgálták a pókhálót, és azt találták, hogy a pókok egy, az UV fényben világító anyagot szőnek bele, amit viszont a madarak jól látnak és elkerülik a pókhálót. Ez adta az ötletet a madárbiztos üveg megalkotására. Az üvegbe pókhálószerűen futó szálakat építenek be, amit mi nem, a madarak viszont jól látnak. A jobb felső képen látható, hogy ugyanazt az üveget a madarak szálasnak látják, mi pedig átlátszónak. A jobb alsó képen látható egy gyakorlati felhasználás is: Németországban az egyik városi uszoda falát a pókháló inspirálta üveg fedi.

8. DIA

Néhány példa 6.

Komoly környezeti gondot okoz a sok hungarocell. Főleg műszaki tárgyaink csomagolásánál használják. Hazavisszük az új TV-t, vagy hűtőszekrényt, a kartondobozzal még tudunk mit kezdeni: szelektíven gyűjthető vagy tudunk tárolni benne valamit. A töréskárt, sérülést megakadályozó hungarocell viszont nem tehető a szelektív gyűjtőbe, de a vegyes szemétkébe se nagyon.

Két amerikai fiatalember még a '90-es évek végén kifejlesztett egy olyan eljárást, amivel a hungarocellhez hasonlóan könnyű, ámde lebomló csomagolást tudnak létrehozni. Eljárásuk alapja, hogy gombafonalak segítségével bármilyen formát tudnak növesztetni. Ehhez olyan növényi anyagra van szükség, ami már sem emberi, sem állati étkezésre nem alkalmas (pl. szalma, pelyva stb.). Ezt beoltják gombaspórával, a gombafonal fény és nagy meleg nélkül, szobahőmérsékleten kb. egy hét alatt benövi a formát. Ezután kivesszük belőle, hőkezelik, amellyel előlik a gombasejteket, így nem tud tovább növekedni. Utána már ugyanúgy használható az anyag, mint a hungarocell, csak ezt használat után összetörve a komposztra lehet dobni, ahol lebomlik.

A gombafonal alapú csomagolóanyagról részletesebben ld.: [Természetes gazdaság](#) c. modul.

9. DIA

Néhány példa 7.

A gekkó bármilyen felületen végig tud szaladni, ezen kívül meg tud állni a mennyezeten és a függőleges falon anélkül, hogy leesne. Vajon mi a titka? Tudósok közelebbről megvizsgálták a lábát [bal felső kép], és azt találták, hogy az ujjbegyek lamellákból állnak, a nagyításon jól látszik, hogy ezek pedig szálakból, még tovább nagyítva kiderült, hogy ezek a szálak a végükön ezerfelé ágaznak, majd tovább és tovább ágazva nano méretű szálakban végződnek. A szálacskák és a felület között gyenge molekuláris kapcsolat, ún. Van der Waals kölcsönhatás jön létre.

Ezt a szerkezetet leutánozva hozták létre a gekkó talpához hasonló felületet, melyet több helyen tudunk használni. A jobb alsó ábra bal oszlopában a gekkó lábáról látható elektronmikroszkópos felvétel, a jobb oszlopban pedig a polisztirolból készült „utánzat” képe. Ezzel a felülettel pl. ultra erős, rugalmas, átlátszó nanoragasztó szalagot [jobb felső kép] készítettek, amelynek nagy a szakítószilárdsága, könnyen eltávolítható a felületről és sima vizes lemosás után újrahasználható.

A bal alsó képen a gekkó robot szerepel. A lábait a fent említett mesterséges felületről készítették. Több felhasználási lehetősége is van. Kamerát rászerezve be tudják juttatni a földrengéskor összedőlt házak romjaiba túlélők után kutatni, hiszen olyan helyekre is be tud menni, ahova már a kereső kutya sem, és mindegy neki, hogy függőlegesen vagy a „mennyezetről” lógva kell haladnia. Az űrhajózásban is jól jöhet: az űrhajók felülete tükörsima, ha elromlik valami kinti egység, akkor a gekkó robotot lehet felderítésre küldeni, vagy akár egyszerűbb szereléseket, beállításokat elvégeztetni vele.

10. DIA

A biomimikri területei 1.

Térjünk át arra, hogy milyen területeken lehet használni a biomimikrit. Az első a fizikai felépítés.

A fák az évek során egyre vastagabb törzset növesztenek. Szilárdan állnak a helyükön, ugyanakkor a szélvihárban nem törnek ketté. Vagyis egyszerre szilárdak és rugalmasak. Egy fa keresztmetszetét [bal oldali kép] megnézve látjuk, hogy belül tömör, és koncentrikus gyűrűk építik fel. Nagyobb nagyításban láthatnánk, hogy a gesztet alkotó, egyébként vízszállításra használt sejtek már nem élnek. Tovább nagyítva hosszanti csövecskéket látnánk, melyeken körökben sejtfa vastagodást találunk [jobb alsó kép]. Ez okozza azt, hogy a fa sejtjeit nem lehet összenyomni oldalról, vagyis amíg éltek ezek a sejtek, zavartalanul folyhatott bennük a vízszállítás még akkor is, ha nagy nyomás nehezedett a törzsre. Ha megvizsgáljuk a sejtfa molekuláris felépítését, azt találjuk, hogy cellulózból, ligninből és hemicellulózból áll, a jobb felső ábrán látható elrendezésben: a rugalmasságot biztosító cellulóz rostok között futnak a szilárdságért felelős lignin szálak, a kétféle köteget pedig a hemicellulóz veszi körül.

11. DIA

A biomimikri területei 1.

A csontok sem teljesen tömörek. A csont belsejét ún. szivacsos állomány alkotja, amely folyamatosan épül, bomlik és átrendeződik a terhelésnek megfelelően. Állítólag ennek tanulmányozása után tervezte meg Eiffel a híres vasszerkezetű tornyot, amelyet a párizsi világkiállításra építettek fel, és egy év múlva le akarták bontani.

A fa és a csont nem tömör. Felépítésükből megtanulhatjuk, hogy kevés anyag felhasználásával erős, szilárd, de rugalmas tárgyakat tudunk létrehozni. Ezekről bővebben ld.: [Épületek](#) c. modulban.

12. DIA

A biomimikri területei 2.

A következő felhasználási terület a számítástechnika, ahol a hangyák és más kolóniák (pl. halrajok) működéséből tanulhatunk.

13. DIA

A biomimikri területei 2.

Az 1990-es évek elején nagy fejlődésben volt mind a számítástechnika, mind az ökológia. E két területen dolgozók valahogy rátaláltak egymásra. A matematikusok modelleket tudtak készíteni az ökológusok számára, míg az utóbbiak megosztották megfigyeléseiket a matematikusokkal, akik ezeket az információkat fel tudták használni a számítástechnikai fejlesztések során.

Egyik ismert példa a keresőprogramok és a hangyák táplálékkeresése közötti összefüggés. Amikor az interneten a keresőbe beírunk egy szót, másodperceken belül kidobja a találatokat. Hogyan lehetséges ez? Ugyanazt a mechanizmust használja fel, ahogy a hangyák a táplálékukat keresik. A bolyból elindul A, B, C és D hangya [bal felső kép], akik feromonnal jelölik meg az útvonalukat, hogy visszataláljanak a bolyba. Aki táplálékot talál, az nem kezd falatozni, hanem azonnal indul vissza, ugyanazon az útvonalon, amelyiken jött. Ekkor viszont itt már nagyobb koncentrációba lesz jelen a feromon, ami a többiek számára jelzi, hogy arra felé érdemes keresgélni. D hangya belefut ebbe az útvonalba [bal alsó ábra], ő is elmegy a táplálékig. Időközben B hangya is megtalálta az ennivalót, C hangya pedig belefutott D hangya útjába [jobb felső ábra]. Ezzel egyre több feromon jelöli az utat az élelemhez, amelyen már a boly többi tagja is elindulhat behozni az élelmet a raktárakba.

Vagyis a keresőprogram nem összeviszza „mászkal”, hanem egy jól meghatározott algoritmus szerint.

14. DIA

A biomimikri területei 2.

Ebben a táblázatban látjuk az algoritmust, amely alapján a hangyák keresik a táplálékot.

15. DIA

A biomimikri területei 3.

Újabb felhasználási terület következik: az energia.

A növények a napfény energiáját kémiai energiává alakítják, melynek segítségével a levegő szén-dioxidjából és vízből cukrot, majd a többi, a szervezetüket felépítő szerves anyagot állítanak elő. Ez a folyamat a fotoszintézis, mely a levelekben található zöld színtestekben játszódik le a zöld színű klorofill molekulák segítségével.

Fotoszintézisről bővebben: [Biomimikri 1. alapelve](#) modul.

16. DIA

A biomimikri területei 3.

Ezt a folyamatot mi is utánozni tudjuk. Létezik már olyan napelem, amely a növények színét kialakító molekulákat utánozva alakítja át a napfény energiáját elektromos árammá. Ez a rétegrend [bal felső ábra] bármilyen anyagra felvihető, így pl. hajlékony műanyaglapokra [jobb oldali kép], vagy üvegre is. A hagyományos, szilícium tartalmú napelemekkel szemben számos előnye van:

- környezetbarátabb az élelciklusa,
- nem kell bányászni és magas hőmérsékletet használni az előállításnál,
- könnyebb,
- a ház bármelyik részére felszerelhető, így pl. az ablaküvegre, üvegfalként használható [bal alsó kép], vagy a borostyánt utánozva a függőleges falat lehet „befuttatni” vele.

Jelen pillanatban még állítólag kisebb a hatékonysága, ezért nem terjedt el nagymértékben, de nyilván a jövőben ez változni fog. Ehhez hasonló napelem készítése található a [Napelem készítése](#) c. kísérletben.

17. DIA

A biomimikri területei 4.

Az utolsó bemutatott terület, az egészség:

A kutatók megfigyelték, hogy amíg a többi kérődző tele van legyekkel, addig a zebrákra alig szállnak rá. Azt találták, hogy ezért a zebra csíkjai a felelősek: összezavarják a legyek látását, ezért azok nem tudnak leszállni. Ennek akkor értjük meg a jelentőségét, ha belegondolunk, hogy mit okozhat egy légycsípés. Afrikában, a zebra élőhelyén sok a cecelég, melyek betegségeket terjesztenek. A zebrát csíkjai megvédik ettől. Kísérleteket is végeztek: tehének egyik oldalát csíkosra festették, és azt találták, hogy azon az oldalon jóval kevesebb légy nyüzsgött, mint a másikon.

Az állatok öngyógyítók. Nem járnak orvoshoz, és nem vásárolnak patikában sem. Tudják, melyik bajukra milyen növényt egyenek, de leginkább prevenciós módszereket ismernek. A csimpánzok például az *Aspilla* fajok leveleit sodorják össze, és nyelik le egyben, amikor emésztési problémáik vannak. A patkányok sokszor találkoznak mérgezett, vagy romlott ételekkel. Agyagot esznek utána, ami megköti a mérgező anyagokat.

A biomimikri egészségvédelemben való felhasználásáról ld.: [Egészség a természetben](#) c. modult.

18. DIA

„Biomimikri gondolkodás”

Milyen módon állíthatjuk át gondolkodásunkat „biomimikrissé”?

A biomimikrit analogikus gondolkodás jellemzi, vagyis keresi a hasonlót. Ha van egy problémánk, amire megoldást szeretnénk találni a természetben, az első lépés az, hogy le kell fordítanunk a biológia nyelvére „biologizáljuk”, utána tudjuk megnézni, hogy a természet milyen megoldást kínál rá.

A természet fenntarthatóan működik immár 3,8 milliárd éve. Körforgások jellemzik, nincs bányászat, anyag és energiatakarékosan működik, ami hulladék az egyik folyamatban, az kiindulási anyag a másikban stb. Ezt kell eltanulnunk tőle, hogy mi is fenntarthatóan tudjunk élni. A biomimikri 9 alapelve (ld. 20–21. dia is) a természet fenntartható működésének alapjait írja le

A biomimikri gondolkodás a természetet tulajdonképpen útmutatónak, egy 'know-how'-nak tekinti. A biomimikri gondolkodásról ld.: [Csodálatos élőlények](#) c. modult.

19. DIA

Példa

Nézzünk egy példát az analogikus gondolkodásra!

Amikor azt akarjuk, hogy tiszta legyen a ruhánk, nekiállunk kimosni. Ha nem lesz elég tiszta, akkor még hatékonyabb mosószert próbálunk előállítani. Pedig valójában nem az a problémánk, hogy a koszos ruhánkat hogyan tudjuk tisztává varázsolni, hanem azt szeretnénk, hogy ne koszolódjon be a ruhánk, vagyis maradjon tiszta a felülete.

Nézzünk körül, hogy van ez a természetben! Vannak levelek, amelyek mindig tiszták és szennyeződésmentesek, mint pl. a lótosz levél [felső középső kép], karalábé levél, sarkantyúka levél stb. Pedig első ránézésre semmi különlegesség nincs ezeket a leveleken, sima a felületük, és mégis lepereg róluk a víz. Ha közelebbről megnézzük őket, azt látjuk, hogy mikroszkopikus bolyhokkal borított a felületük [bal felső ábra].

A bolyhoknak pont akkora a méretük és pont olyan sűrűn helyezkednek el, hogy a víz felületi feszültségét megnövelik, emiatt az gömbbé áll össze és legurul a levélen, miközben magával viszi az esetleges szennyeződések. Ez az ún. lótuszhatás.

Ezt már létező termékekben használják. Előállítottak már olyan bevonatot, amelyet a falra lehet felkenni [bal alsó kép], száradás után alakulnak ki a mikrobolyhok, onnantól vízlepergető a felület és nem is koszolódik.

Emellett textilszálakat képeznek bolyhos felületűvé [jobb felső kép], az ebből készített kelmén szintén gömbbé áll össze a vízcsepp [jobb alsó kép]. Az interneten egyre több videót lehet találni arról, hogy hófehér férfiinget viselő úriemberekre vörösbort, ketchupot és egyéb, maguk után színes foltot hagyó anyagot öntenek, ami lefolyik róluk anélkül, hogy bármi elszíneződést okozna. Ezek az ingek már kaphatók egyes webáruházakban!

Gondoljunk csak bele: ha ezt a fizikai felületet leutánozzuk más ruhadaraboknál is, mennyi vegyszert, vizet és időt spórolunk meg a mosáson!

20. DIA

Biomimikri alapelvek

A biomimikri ikonikus alakja Janin M. Benyus, amerikai biológusnő, aki több könyvet is jelentetett meg a témában, valamint számos előadását lehet megtalálni az interneten is.

21. DIA

22. DIA

Biomimikri alapelvek

Benyus a 20. dián bemutatott könyvében írta le az élet/fenntarthatóság/biomimikri alapelveit, amelyeket megfigyelései alapján fektetett le. A 9 alapelv leírja a természet fenntartható működését, amit érdemes lenne eltanulnunk ahhoz, hogy mi is fenntarthatóan tudjunk élni.

Az alapelvekről „A biomimikri 9 alapelve” című ppt-hez tartozó, „A biomimikri 9 alapelve” című modulban található szövegben írunk részletesen.

23. DIA

Gyakorlati példák

A projekt keretében tartott tanulmányúton, Hollandiában ellátogattunk egy oktatóközpontba, ahol a programkínálatban szerepel a biomimikri is. Egy teremben különböző feladatok elvégzéséhez szükséges eszközök voltak kitéve tematikus csoportosításban. Az egyik feladatlapon a méhekről szólt: azt figyelhettük meg, hogy a hatszögletű lapocskákból többet lehet letenni ugyanakkora felületre, mint a kör alakú lapokból [jobb oldali kép]. A másik feladatsorban a legyek tapadókorongját vizsgáltuk: két vödörbe homokot lapátoltunk, lemértük, majd felakasztottuk a tapadókorongot utánzó szerkezetre. A bal oldali képen jól látszódik, hogy hatalmas súlyokat képes megtartani.

A lótuszhatást figyelhetjük meg, ha vetítés módban a „Sarkantyúka levele” feliratra kattintunk. Elindul egy rövid videó, melyen azt látjuk, hogy ha vizet spriccelünk a levélre, akkor az apró cseppek leperregnek a levél felületéről és golyó formájában gyűlnek össze.

24. DIA

Köszönjük, hogy velünk tartott a biomimikri megismerésében!