

FOREST SHORTCUT TO INNOVATION

Seeking inspiration? WELCOME!

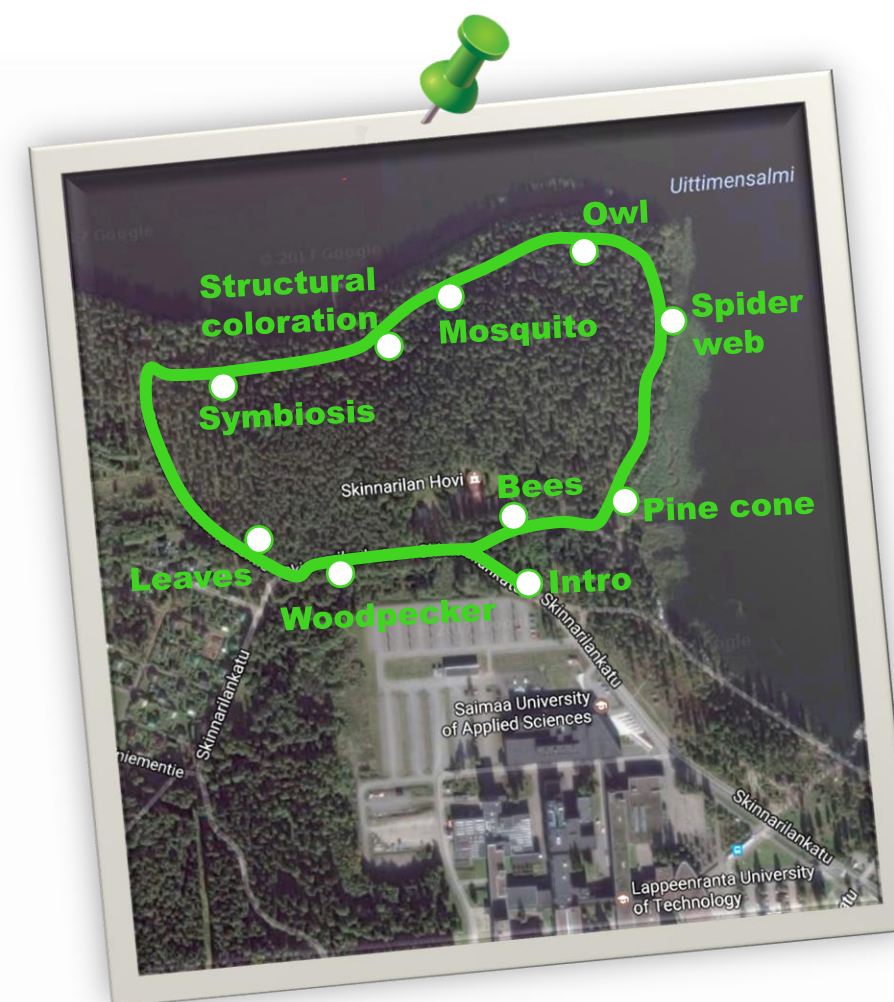
It took 3.8 billion years of evolution for living organisms around us to become as they are. On that long way they have been solving crucial issues of life and death, reproduction, adaptation and occupying new niches. Survived only successful ones.

Can we learn from them? YES.

Biomimetics (or biomimicry) is about nature inspired design, the transfer of ideas from biology to technology.

Along this trail you can find several info stands, each describing some natural phenomenon that has been or can be a prototype for an innovation. The story of each stand continues with a video presenting applications of these ideas into technology or science (install QR-code scanner if you do not have one).

All material <http://www.biotrail.org>
For questions and comments: mariia.kozlova@lut.fi



LUONNOSTA MALLI INNOVAATIOILLE

Etsitkö inspiraatiota? TERVETULOA!

Vei 3,8 miljardia vuotta evoluutiolta, jotta ympärillämme elävät organismit kehittyivät sellaisiksi kuin ne nyt ovat. Tuon pitkän ajan kuluessa ne ovat ratkaisseet välttämättömiä lisääntymiseen, sopeutumiseen ja uusille elinalueille levittäytymiseen liittyviä ongelmia. Vain menestyneimmät niistä selviytyivät.

Voimmeko oppia niiltä? KYLLÄ.

Biomimetiikka on luonnon inspiroimaa suunnittelua, joka siirtää ideoita biologiasta tekniikkaan.

Tämän polun varrelta löytyy useita tauluja, jotka esittelevät luonnonilmiöitä, jotka ovat olleet tai voivat olla prototyyppinä jollekin innovaatiolle. Jokaisen taulun tarina jatkuu videolla, joka esittelee näiden ideoiden sovelluksia tekniikassa tai tieteessä. (Lataa QR-koodilukija nähdäksesi videot.)



<http://q-r.to/biomimetics>

WHY do we need biomimetics?

– Watch the video to find out.

MIKSI tarvitsemme biomimetiikkaa?

– Katso video.

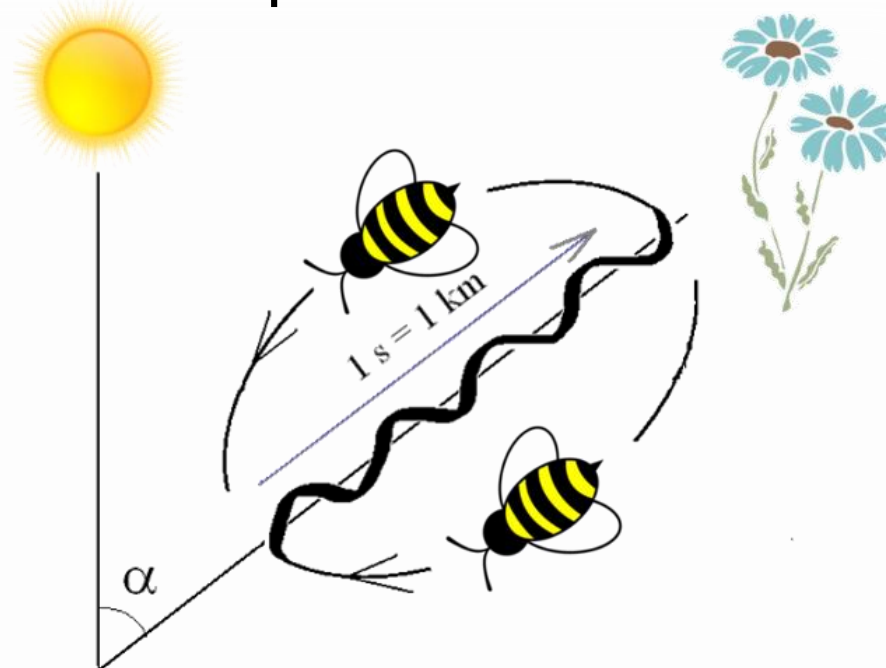
BEEES

HOW do thousands of bees coordinate the food search?

Ability of social animals to decentralized self-organizing behavior is known as swarm intelligence. Following simple interaction rules individual agents form complex intelligent behavior on the population level. Bees foraging behavior, first documented by Aristotle, is one of the examples of swarm intelligence.

A bee colony is divided into scout bees and foragers. Scout bees randomly search flowers around the hive. When they find a food source, they return to the hive and tell foragers about it by means of the waggle dance. Its angle

shows the direction, length indicates the distance and waggle amplitude defines the abundance of the food. After harvesting foragers can also perform the waggle dance increasing the colony foraging efficiency.



How is the wisdom of bees used in industry and science? – Watch the video to find out.

Miten mehiläisten viisautta käytetään teollisuudessa ja tieteessä? – Katso video.



<http://q-r.to/bees>

MEHILÄISET

MITEN tuhannet mehiläiset koordinoivat ruoanhaun?

Yhdyskuntaeläinten kyky hajautettuun itsenäiseen käyttäytymiseen tunnetaan laumaälykkyytenä. Noudattaen yksinkertaisia vuorovaikutussääntöjä, parven yksittäiset yksilöt muodostavat monimutkaisen älykkään käyttäytymisen populaation tasolla. Mehiläisten ruoan etsiminen, jonka ensimmäisenä havainnoi Aristoteles, on yksi esimerkki laumaälykkyydestä.

Mehiläisyhteiskunta jakautuu tiedustelijamehiläisiin ja ruoanhakijoihin. Tiedustelijamehiläiset etsivät kukkia sattumanvaraisesti pesän ympäriltä. Löytäessään ruoanlähteen ne palaavat pesälle ja ilmaisevat sen ruoanhakijoille mehiläistanssilla. Tanssin kulma osoittaa suunnan, pituus etäisyyden ja heilumisen määrä kertoo ruoan runsauden. Ruoan keruun jälkeen ruoanhakijat voivat myös esittää mehiläistanssia lisäten mehiläisyhteiskunnan ruoanetsintätehokkuutta.

BIOTRAIL LAPSILLE
Skannaa koodi



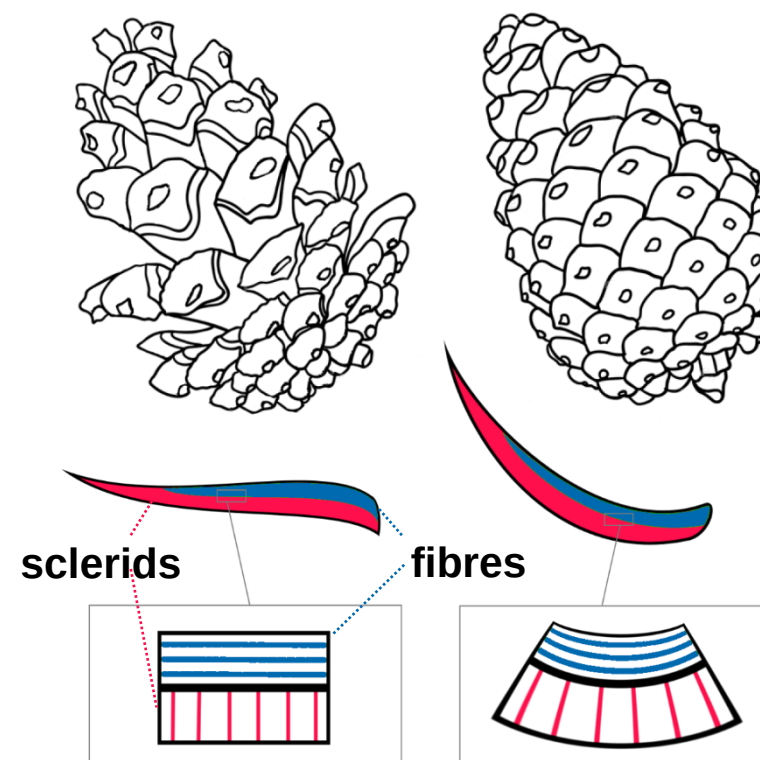
PINE CONE

Do you see a pine cone around?
Is it close or open? WHY?

Scales of pine cones are self-opening when it is dry and closing otherwise. The cells are dead, so the mechanism is passive, no energy is needed to perform it, the trick is in its structure. The scale functions as a bilayer with different orientation of cellulose microfibrils.

“In sclerids, the microfibrils are wound around the cell (high winding angle) allowing it to elongate when damp. Fibres have the microfibrils orientated along the cell (low winding angle) which resists elongation.

The ovuliferous scale therefore functions as a bilayer similar to a bimetallic strip, but responding to humidity instead of heat.” Dawson et.al (1997). How pine cones open. Nature.



MÄNNYNKÄPY

Näetkö männynkäpyä lähettyvilläsi?
Onko se kiinni vai auki? MIKSI?

Männynkäpyjen suomut avautuvat itsestään, kun ilma on kuivaa, ja sulkeutuvat muulloin. Käpyjen solut ovat kuolleet, joten mekanismi on passiivinen eikä sen tekemiseen tarvita energiaa. Ominaisuus johtuu siis suomujen rakenteesta. Kävyn somu toimii kaksoiskerroksena, jossa on selluloosan mikrosäikeitä eri suuntiin.

”Suomun ulkopinnan soluissa (sclerids) mikrosäikeet ovat poikittain antaen somun venyä, kun on kosteaa. Sisäpuolen soluissa (fibres) mikrosäikeet ovat suuntautuneet solujen suuntaisesti, mikä vastustaa venymistä.

Aukeava somu toimii siis kaksoiskerroksena samoin kuin kaksoismetalliliuska, mutta reagoi lämmön sijasta ilmankosteuteen.” Dawson et al. (1997). How pine cones open. Nature.

How can we use it? – Watch the video to find out.
Kuinka voimme hyödyntää tätä? – Katso video.



<http://q-r.to/pinecone>

BIOTRAIL LAPSILLE
Skannaa koodi



SPIDER WEB

HOW tough should spider silk be to catch and keep preys? **HOW** do spiders avoid bird collision?

Spider silk is known to be as strong as steel. Its tensile strength is about 1,3 GPa (steel 0,5-2 GPa), while it is six times less dense than steel. If a spider made a silk strand around the Earth, it would weight just about 500 grams. In addition, spider silk is very stretchy, some types of it can be stretched five times of their relaxed length without breaking. Due to the combination of strength and ductility spider silks are very tough and equivalent to synthetic fibers like Kevlar.

Orb-web spiders need to locate their webs in open space ensuring high flow of preys. But it also creates a risk of bird collision. To avoid that spiders invented UV-reflective silk, so the spider web becomes visible for birds (as well as butterflies and honeybees), but stays transparent for flies and other preys.

CAN spider silk replace synthetic fibers?
WHAT else can be learnt from spiders?
– Watch the video to find out.

VOIKO hämähäkinverkko korvata synteettiset kuidut? **MITÄ** muuta hämähäkeiltä voidaan oppia?
– Katso video.



<http://q-r.to/spiderweb>

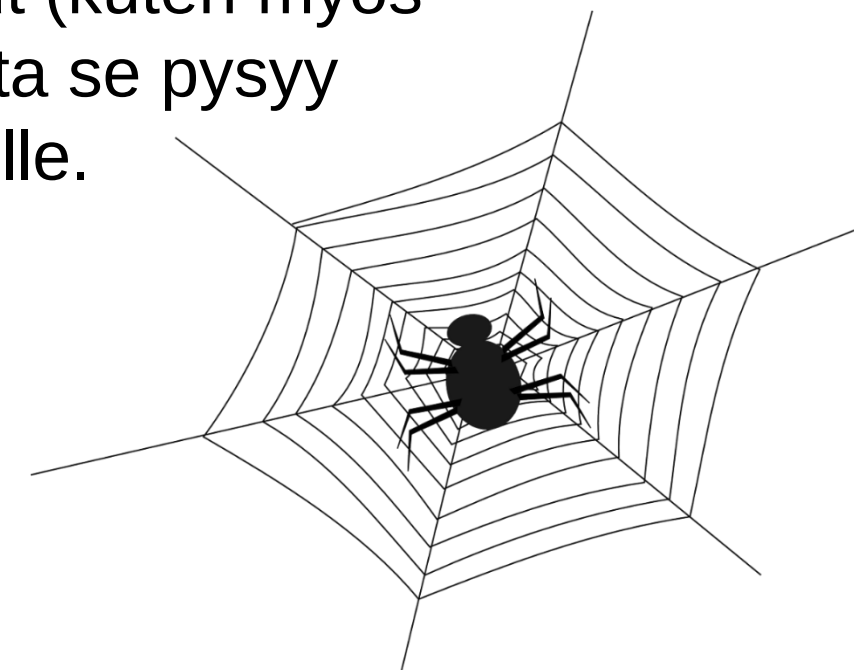
HÄMÄHÄKINVERKKO

KUINKA vahva hämähäkin verkon tulisi olla napatakseen ja pitääkseen saaliita? **MITEN** hämähäkit välttävät yhteentörmäyksen lintujen kanssa?

Hämähäkinverkon tiedetään olevan yhtä vahvaa kuin teräs. Sen vetolujuus on n. 1,3 GPa (gigapascal) (teräksen 0,5-2 GPa), vaikka se on tiheydeltään kuusi kertaa harvempaa kuin teräs. Jos hämähäkki kutoisi säikeen maapallon ympäri, säie painaisi vain n. 500 grammaa. Lisäksi hämähäkinverkot ovat hyvin venyviä, joitakin niistä voidaan venyttää jopa viisinkertaiseksi niiden normaaliin pituuteen nähden, rikkomatta niitä. Vahvuuden ja sitkeyden yhdistelmästä johtuen hämähäkinverkot ovat erittäin kestäviä ja verrattavissa synteettisiin kuituihin, kuten esim. Kevlariin.

Ristihämähäkkien täytyy sijoittaa verkkonsa avoimeen kohtaan taatakseen suuren saaliin. Se luo kuitenkin riskin törmätä lintuihin. Välttääkseen tämän, hämähäkit kehittivät UV-valoa heijastavan verkon, jolloin linnut (kuten myös perhoset ja mehiläiset) näkevät sen, mutta se pysyy näkymättömänä kärpäille ja muille saaliille.

BIOTRAIL LAPSILLE
Skannaa koodi



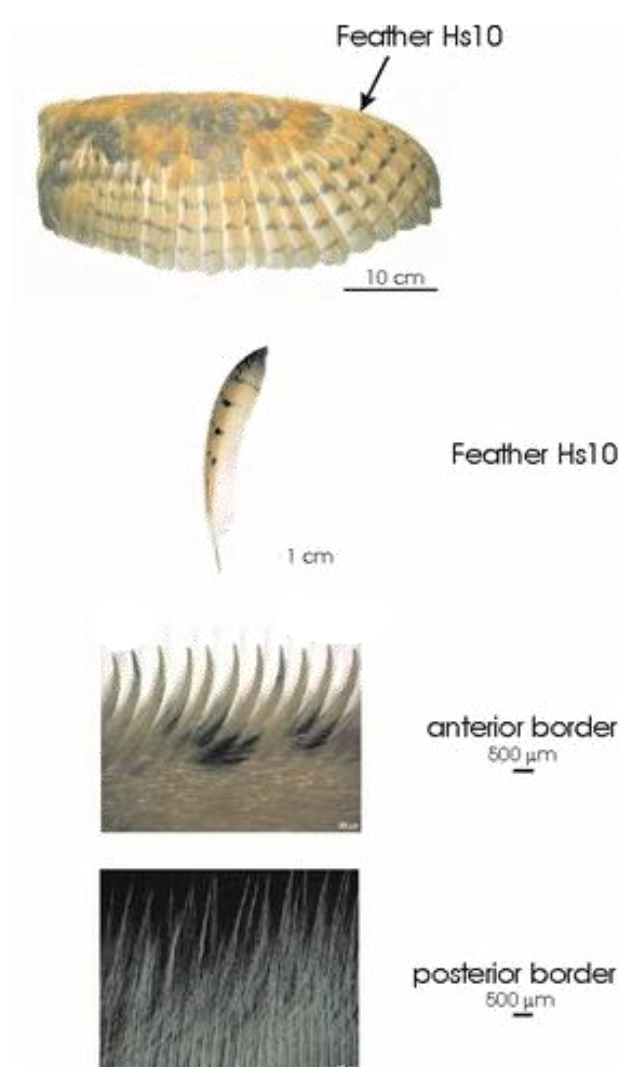
OWL

Have you seen an owl?
Have you ever heard its fly?

Owls hunt at night time. Being quiet allows them to approach preys unnoticeable and is crucial for successful hunting.

Generally, the noise of bird flight comes from turbulences of the air rushing through the clapping wings. Owls have different feather design to reduce the sound.

Barn owl wing



Pigeon wing



The front feather of the wing has hooked structures breaking up the air flow (see anterior border). Moreover, each feather is fringed along the trailing edge, further damping the noise (see posterior border). This allows wings silently slide through the air.

RWTH Aachen University, Department for Zoology and Animal Physiology
<http://www.bio2.rwth-aachen.de/index.php?id=83>

PÖLLÖ

Oletko nähnyt pöllöä?
Oletko koskaan kuullut sen lentävän?

Pöllöt metsästävät yöllä. Hiljaa oleminen antaa niiden lähestyä saaliita huomaamattomasti, mikä on välttämätöntä onnistuneen metsästyksen kannalta.

Tavallisesti linnun lentämisestä aiheutuva ääni tulee ilman pyörteistä, jotka syntyvät ilman syöksyessä hakkaavien siipien läpi. Pöllöillä sulkien muoto on erilainen tämän äänen vähentämiseksi.

Pöllön siiven etusulissa on koukkumainen rakenne, joka hajottaa ilmavirtauksen (katso "anterior border"). Lisäksi jokainen höyhen on hapsutettu pitkin siiven takareunaa, mikä edelleen vaimentaa ääntä (katso "posterior border"). Tämä sallii siipien liukumisen hiljaa ilmassa.



<http://q-r.to/owls>

WHY is the secret of the silent flight useful?

– Watch the video to find out.

MIKSI hiljaisen lennon salaisuus on hyödyllinen?

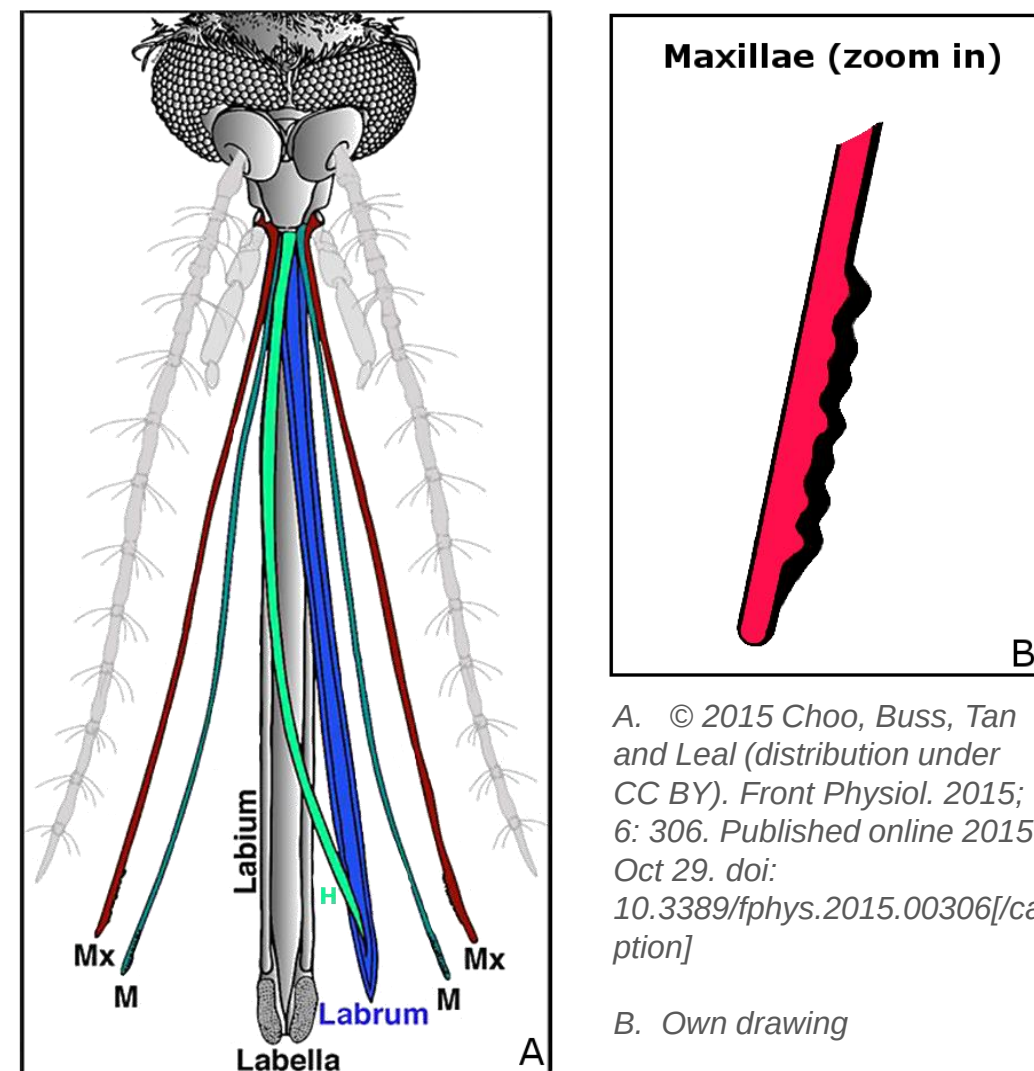
– Katso video.

BIOTRIL LAPSILLE
Skannaa koodi



MOSQUITO

Do you like mosquitos? Is it itchy after they bite you?
But is the bite itself painful?



Mosquito's mouth or proboscis is not just one needle. Actually, it contains six needles or stylets, each performing different functions while biting. Mosquito penetrates into the skin not by piercing it, but by sawing it. First, it uses two outer stylets, maxillae, with sharp teeth to saw through the

skin. Then holding the tissue apart with mandibles, it pierces a vessel and sucks the blood out of it with the feeding needle. The last needle, hypopharynx, injects anti-coagulant into our blood to keep it flowing.

Researchers studied mosquito's proboscis (Kong & Wu, 2010) found out that the two maxillas work as variable frequency micro-saw. This enables mosquito to penetrate the human skin with very low force (average of 16.5 μ N).

HYTTYNEN

Pidätkö hyttysistä? Eikö kutitakin pureman jälkeen?
Mutta onko purema itsessään kivulias?

Hyttysten suu tai imukärsä ei ole vain yksi piikki. Itse asiassa se sisältää kuusi neulaa tai tuntoelintä, joista jokaisella on oma tarkoituksensa hyttysen purressa. Hyttynen tunkeutuu ihoon lävistämisen sijaan sahaamalla. Ensin se käyttää kahta ulointa tuntoelintään (maxillae), joissa on terävät reunat, sahatakseen ihon läpi. Sen jälkeen pitämällä kudosta auki leuoillaan, se lävistää suonen ja imee verta imuneulallaan. Sisin neula (hypopharynx) pistää vereemme hyytymistä estävää ainetta, pitääkseen sen juoksevana.

Tutkijat tutkivat hyttysen imukärsää (Kong & Wu, 2010) ja saivat selville, että kaksi ulointa tuntoelintä toimivat muuttuvalla taajuudella mikroskooppisena sahana. Tämä mahdollistaa hyttysen tunkeutumisen ihon alle hyvin pienellä voimalla (keskimäärin 16,5 μ N (mikronewton)).



<http://q-r.to/mosquito>

HOW it can be useful? – Watch the video to find out.

MITEN tätä voidaan käyttää? – Katso video.

BIOTRIL LAPSILLE
Skannaa koodi



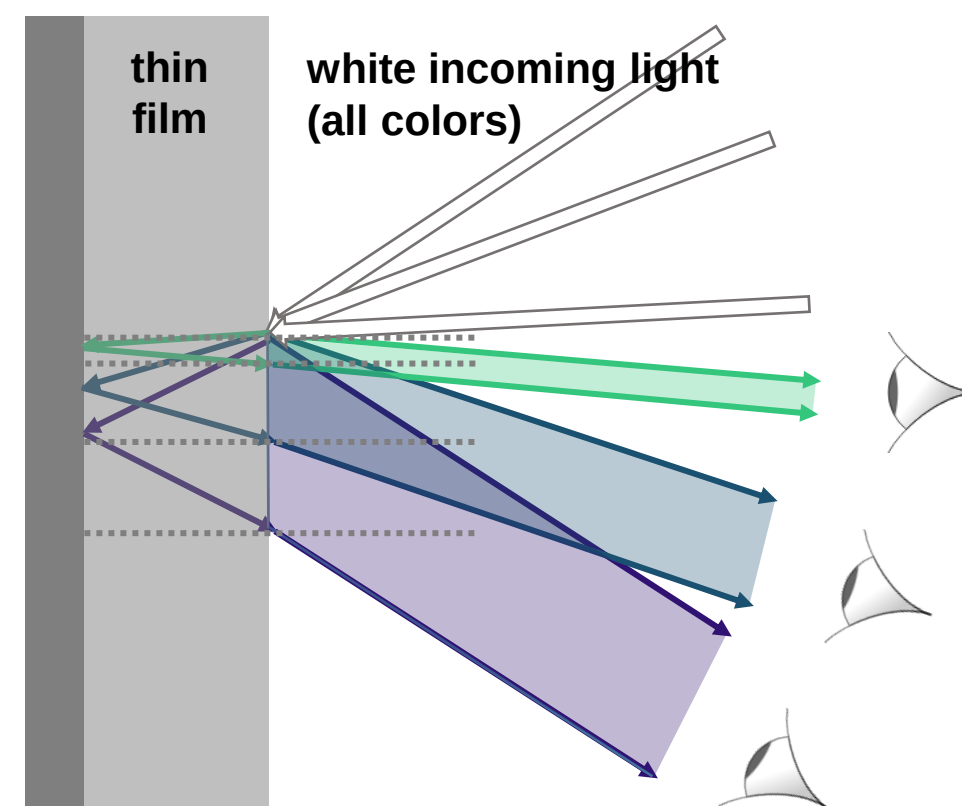
STRUCTURAL COLORATION

Have you noticed magnificent green-blue color of a male duck head? What is its secret?

Usually different colors appear from pigments that reflect light waves of particular length (color) and absorb all the others. However, colors can be produced from such optical phenomena as light interference and diffraction. A simple example is thin film interference that can be observed in soap bubbles. Resulting color is iridescent, it depends on the thickness and refractive index of the film, as well as the angle of light falling or observing.

In nature structural color can be found in many birds, including magpies and peacocks, some butterflies and beetles, and even berries (the marble berry).

Apart from thin films, the natural world uses various mechanisms to play with light, like diffraction gratings, selective mirrors, photonic crystals, crystal fibres and deformed matrices.



BIOTRAIL LAPSILLE
Skannaa koodi



RAKENTEELLINEN VÄRITYS

Oletko huomannut upean sinivihreän värityksen koirassorsan päässä? Mikä on sen salaisuus?

Tavallisesti eri värit esiintyvät pigmentteinä, jotka heijastavat tietyn pituisia valoaaltoja (näemme värin) ja imevät muun pituiset aallot. Värejä voidaan tuottaa myös sellaisista optisista ilmiöistä kuin valon interferenssi ja diffraktio. Yksinkertainen esimerkki on ohut kalvo-interferenssi, jota voidaan havaita saippuakuplissa. Saippuakuplassa nähdään sateenkaaren värit, jotka riippuvat kalvon paksuudesta ja taitekertoimesta sekä valaistuksen tai havainnoinnin kulmasta.

Rakenteellisia värejä voi nähdä monissa linnuissa, kuten harakoissa ja riikinkukoissa, eräissä perhosissa ja kovakuoriaisissa, ja jopa marjoissa (esim. *Pollia condensata*).

Ohuiden kalvojen lisäksi luonto käyttää erilaisia mekanismeista leikkiessään valolla, kuten diffraktiohiloja, valikoivia peilejä, fotonikiteitä, kristallikuituja ja epämuodostuneita matriiseja.



<http://q-r.to/color>

What industries can benefit from structural coloration? – Watch the video to find out.

Mitkä teollisuudenalat voivat hyötyä rakenteellisesta värjäämisestä? – Katso video.

LEAVES

Is it shady and cool in the forest even on a sunny day? WHY?

Leaves evolved to sophisticated instruments of light capturing. Their disposition, called leaf mosaic, allows maximum exposure to direct sunlight with minimum loss of intervening space. Therefore, less light comes through tree crowns providing freshness in the shade of the forest.

Sunlight is used for photosynthesis taking place in tiny little green organelles called chloroplasts. They convert light, water and CO₂ into sugars and, thus, are an important element of the plants feeding system.

Worldwide fight with CO₂ emissions incentivizes scientists to develop new ways of carbon capture. The ability of trees and other green plants to absorb CO₂ has been attracting researchers' attention in search for the solution. Ideas of artificial photosynthesis emerge, but their implementation is still on a conceptual stage.

WHAT else leaves can serve inspiration for?
– Watch the video to find out.

MITÄ muuta inspiraatiota lehdet voivat tarjota?
– Katso video.



<http://q-r.to/leaf>

LEHDET

Eikö metsässä olekin varjoisaa ja viileää jopa aurinkoisena päivänä? MIKSI?

Lehdet kehittyivät hienostuneiksi välineiksi valon vangitsemiseen. Niiden sijoittuminen puun oksistossa mahdollistaa enimmäisaltistumisen suoralle auringonvalolle niin, että mahdollisimman vähän tilaa menee hukkaan. Siten puiden latvuston läpi pääsee vähemmän valoa, mikä tarjoaa raikkauden metsän varjossa.

Auringonvaloa käytetään yhteyttämiseen pienen pienissä vihreissä soluelimissä, joita kutsutaan viherhiukkasiksi. Ne muuttavat valoa, vettä ja hiilidioksidia sokereiksi ja ovat siten tärkeä osa kasvien ruokintajärjestelmää.

Maailmanlaajuinen taistelu hiilidioksidipäästöjen kanssa kannustaa tutkijoita kehittämään uusia tapoja hiilidioksidin talteenottoon. Puiden ja muiden vihreiden kasvien kyky imeä hiilidioksidia on vetänyt tutkijoiden huomion puoleensa, heidän etsiessään ratkaisua ongelmaan. Ideoita keinotekoisesta yhteyttämisestä on noussut esiin, mutta niiden toteutus on edelleen ajatuksen tasolla.

BIOTRAIL LAPSILLE
Skannaa koodi

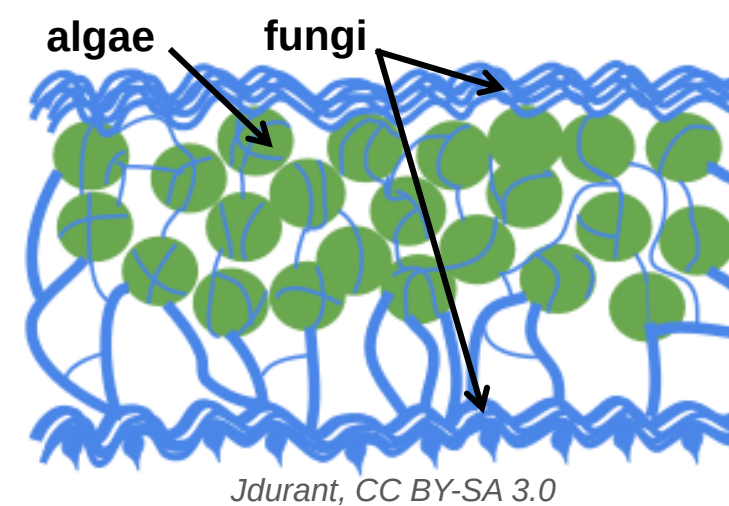


SYMBIOSIS

Can you see some dry grayish plants on trees and stones around you? They are not plants...



It is lichens. Lichens are algae and fungi living together in symbiotic relationship and forming one composite organism. Fungi provide support for algae cells and protect them from drying out. Whereas algae photosynthesize and feed fungi. Together they obtain new properties as a living organism and occupy new niches, like surfaces of stones and trees.



Another example of symbiosis that grows in Finland is heath spotted orchid. When it is a small underground bulb, it only can grow in a symbiosis with fungi. However, when it becomes a mature flower with green photosynthesizing parts, it feeds the fungi back. Symbiotic relationships are also common among animals.



BIOTRAIL LAPSILLE
Skannaa koodi



SYMBIOOSI

Näetkö kuivia harmahtavia kasveja ympärilläsi puissa ja kivillä? Ne eivät ole kasveja...



Se on jäkälää. Jäkälät ovat levää ja sienirihmastoja, jotka elävät symbioottisessa suhteessa ja muodostavat yhdistelmäorganismien. Sienirihmasto tarjoaa tukea leväsoluille ja suojaaa niitä kuivumiselta. Se myös kerää ravinteita, joista levät yhteyttävät ja ruokkivat sienirihmastoja. Yhdessä ne saavat uusia ominaisuuksia elävänä organismina ja valtaavat uusia elinalueita, kuten kivien ja puiden pintoja.

Toinen esimerkki symbioosista on maariankämme (Dactylorhiza maculata), joka myös kasvaa Suomessa. Sen ollessa pieni maanalainen sipuli, se voi kasvaa vain symbioosissa sienirihmaston kanssa. Kun siitä tulee täysikasvuinen kukka, jolla on vihreät, yhteyttävät osat, se puolestaan ruokkii sienirihmastoja. Symbioottiset suhteet ovat yleisiä myös eläinten keskuudessa.



<http://q-r.to/lichens>

Any symbiosis inspired inventions?
– Watch the video to find out.

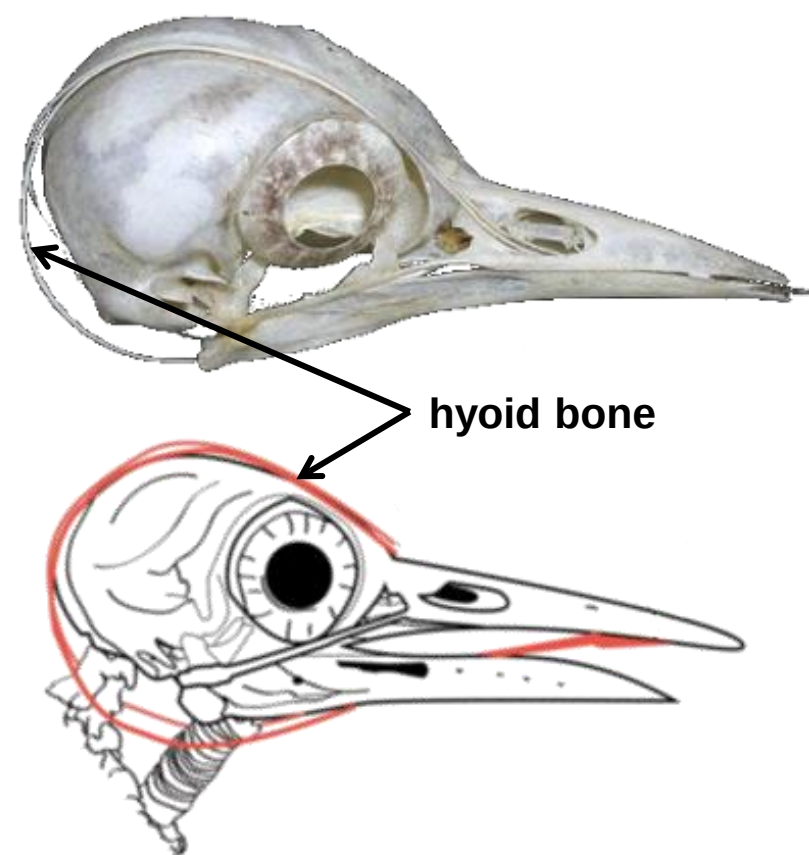
Onko keksintöjä, joiden inspiraationa on symbioosi?
– Katso video.

WOODPECKER

Have you heard a woodpecker drumming a tree? Can you estimate the frequency?

Woodpeckers drum hard wooden surface of trees with average frequency of 20 Hz (20 times per second). Nature equipped their head with a shock absorbing system to avoid brain damage.

- Comparing to other birds woodpeckers have less space between the skull and the brain.
- Special spongy bone at the frontal part of the skull damps the stress force.



- So called hyoid bone that exceeds into tongue acts as a belt fastening the skull and redirecting the stress force into muscles.
- The asymmetric structure of the beak (the upper part is longer) further reduces the impact of drumming on the head.

TIKKA

Oletko kuullut tikan rummuttavan puuta? Osaatko arvioida rummutuksen taajuuden?

Tikat rummuttavat puiden kovaa kuorta 20:n hertsin keskitaaajuudella (20 kertaa sekunnissa). Luonto on varustanut niiden pään iskuja vaimentavalla elimistöllä aivovaurioiden välttämiseksi.

- Muihin lintuihin verrattuna tikoilla on vähemmän tilaa kallon ja aivojen välillä.
- Erityinen huokoinen luusto kallon etuosassa vaimentaa kuormituksen voimaa.
- Tikan kimmoisa kieliluu, toimii ikään kuin vyönä kiinnittäen kallon ja vaimentaa kuormitusta lihaksiin.
- Nokan epäsymmetrinen rakenne (yläosa on pidempi) myöskin vähentää rummutuksen vaikutusta päähän.



<http://q-r.to/woodpecker>

WHERE it might be useful? – Watch the video to find out.
MISSÄ tämä voisi olla hyödyllistä? – Katso video.

BIOTRAIL LAPSILLE
Skannaa koodi

