





### W3.1 LATEN WE EEN NEST BOUWEN

(OPTIONEEL)

#### Vogelnest functies en kenmerken

<b>FUNCTIES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bescherming - eieren veilig houden, ook met zorgvuldig gekozen locatie</li> <li>• Nakomelingen grootbrengen</li> <li>• Sterkte bieden - bestand tegen schade door harde wind/regen</li> <li>• Communicatie – geef informatie voor partnerkeuze</li> <li>• Regelen (controle) temperatuur</li> <li>• Bescherm tegen levende bedreigingen – voorkom microben, parasieten</li> <li>• Luchtstroom/ventilatie regelen</li> <li>• Voorkom detectie (camouflage)</li> <li>• Afbraak na gebruik (biologisch afbreekbaar)</li> </ul>
<b>MATERIALEN – STRUCTUUR</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• takken/twijgen</li> <li>• stenen/grind</li> <li>• modder</li> <li>• boomstam (holtenest)</li> <li>• bodem</li> <li>• zegge/riet/gras</li> <li>• water</li> <li>• door de mens gemaakte materialen</li> </ul>
<b>MATERIALEN – BEKLEDING</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• veren</li> <li>• gras</li> <li>• bladeren</li> <li>• haar/bont</li> <li>• houtsnippers</li> <li>• door de mens gemaakte materialen</li> </ul>
<b>INRICHTING</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• solitair</li> <li>• gemeenschap</li> </ul>
<b>CONSTRUCTIE METHODEN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• weven</li> <li>• draaien</li> <li>• snijden</li> <li>• graven (in de grond)</li> </ul>

## W3.2 LATEN WE EEN NEST BOUWEN

(OPTIONEEL)

### Voorbeelden van nesten en hun functies



#### VINKEN NEST

Functie:

- Bescherming – eieren veilig houden
- Nakomelingen grootbrengen
- Regelen (controle) van temperatuur
- Beschermen tegen levende bedreigingen – voorkomen van microben, parasieten
- Luchtstroom/ventilatie regelen

Foto: "[HOUSE FINCH NEST AND EGGS](#)" by CARIBOUB gelicenseerd onder CC BY-SA 2.0



#### PRIEELVOGEL NEST (met natuurlijke en kunstmatige elementen)

Functie:

- Communicatie – informatie verscaffen voor partner selectie (vrouwtjes aantrekken)

Foto: "[Bower Bird's Nest](#)" by MrDays gelicenseerd onder CC BY-NC-SA 2.0



#### WEVER NEST

Functie:

- Communicatie – informatie voor partnerkeuze geven
- Bescherming - eieren veilig houden
- Nakomelingen grootbrengen
- Bescherm tegen levende bedreigingen – voorkomen van microben, parasieten
- Regelen (controle) van temperatuur
- Luchtstroom/ventilatie regelen

Foto: "[Weaver's Nest](#)" by berniedup gelicenseerd onder CC BY-SA 2.0



## W4.1 PLANNEN EN ONTWERPEN

### Functie groepen

Elke kaart geeft vragen die de aandacht van leerlingen focussen.

#### **Behouden van vorm en kracht (menselijke activiteiten ondersteunen; storm weerstaan)**

Denk aan:

- Hoe je gebouw zijn vorm/vorm behoudt ?
- Hoe beschermt het tegen extreem weer?
- Welke materialen ondersteunen dit?
- Hoe laat de natuur vormen en materialen groeien?
- 

#### **Schoon blijven en verontreinigende stoffen verwijderen**

Denk aan:

- Hoe scheidt de natuur materialen?
- Hoe verwijdert de natuur vervuilende stoffen?
- Hoe kan energieverbruik worden geminimaliseerd? Hoe kan het worden geproduceerd?

#### **Een constante temperatuur behouden (opwarmen/afkoelen)**

Denk aan:

- Wat beïnvloedt de temperatuur (plaats van ramen, muurtypes, verlichting, toestellen, enz.)?
- Ventilatie – hoe wordt de lucht door het gebouw verplaatst?
- Hoe kunnen natuurlijke processen de temperatuur beïnvloeden?

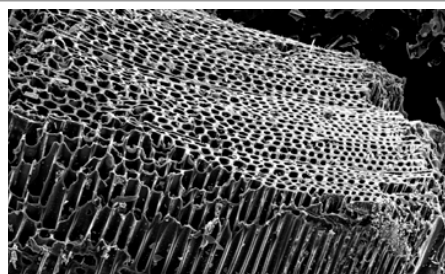
#### **Samenwerking tussen (menselijke) gebruikers stimuleren**

Denk aan:

- Hoe kun je beweging maximaliseren?
- Hoe kun je informatie doorgeven aan gebruikers?
- Hoe kun je ruimte bieden om bij elkaar te komen en elkaar te ontmoeten
- Hoe kun je rust en harmonie creëren?

## W4.2 PLANNEN EN ONTWERPEN

### Behouden van vorm en kracht (menselijke activiteiten ondersteunen; stormen weerstaan)



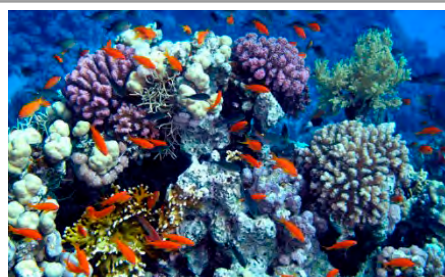
#### HOUT STRUCTUUR

De structuur van de jaarringen zorgt voor een structuur die tegelijkertijd dicht (sterkte) en flexibel is. Hout bestaat voornamelijk uit twee materialen: cellulose en lignine. Cellulose is als touw, erg sterk als eraan wordt getrokken, niet als het wordt samengedrukt. Lignine is als cement, sterk in compressie maar niet in spanning.



#### SPINNENWEB

De meeste draden van spinnenwebben hebben uitzonderlijke mechanische eigenschappen. Ze vertonen een unieke combinatie van hoge treksterkte en rekbaarheid (ductiliteit). Hierdoor kan de zijdevezel een grote hoeveelheid energie opnemen voordat deze breekt. Als spinnenzijde wordt vergeleken met andere materialen, gewicht voor gewicht, is spinnenzijde 5x sterker dan staal, en 3x taaier dan Kevlar.



#### KORAALRIF

Koralen maken hun bouwmaterialen (voornamelijk kalksteen) zonder mijnbouw van kooldioxide (CO<sub>2</sub>) en zeewater. Kalksteen is het hoofdbestanddeel van cement; koralen bieden het recept om op een minder energie-intensieve manier cement te maken.



#### ZEEKOMKOMMER

De huid van zeekomkommers is meestal soepel, waardoor ze door nauwe ruimtes tussen rotsen en koralen kunnen glijden. Maar bij aanraking zorgt een afweerreactie ervoor dat hun huid binnen enkele seconden stijf wordt, dankzij enzymen die eiwitvezels aan elkaar binden. Een tweede set enzymen kan die bindingen verbreken om de huid weer zacht te maken.



#### BOTSTRUCTUUR

De structuur van botten is zo ontworpen dat ze gewicht kunnen dragen met zo min mogelijk materiaal. Ook kunnen botten zich aanpassen aan verhoogde of verminderde stress en belasting. De Eiffeltoren in Parijs is ontworpen door de trabeculaire en macrostructuur in een dijbeenbeen te bestuderen. Onder de laag van compact bot zit het sponsachtige bot of trabeculair bot. Het sponsachtige bot is veel luchtiger dan het compacte bot, hier zitten gaatjes in.



#### BIJEN HONINGRATEN

"Een zeshoekige honingraat is de manier om het meeste gebied met de minste omtrek in te passen." (Thomas Hales wiskundige). Ruimteefficiëntie is niet het enige voordeel van bouwen met zeshoeken. Op elkaar gestapeld vullen zeshoeken overspanningen in een offset-opstelling met zes korte wanden rond elke 'buis', waardoor structuren een hoge druksterkte krijgen.

Nog meer inspirerende vormen en structuren in de natuur; voorbeelden voor biomimicry-doeleinden kunnen worden gevonden door online te zoeken.



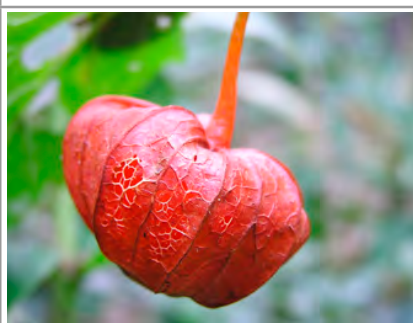
Slakkenhuis



Wespennest



Nest van de bladrollende snuitkever



Physalis-vrucht



Dennenappel

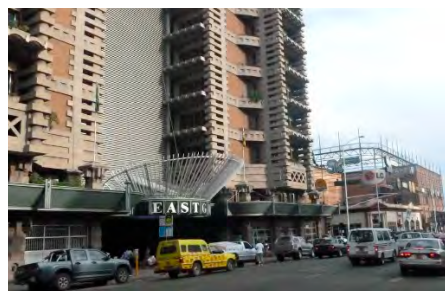


Tonderzwam

## W4.3 PLANNEN EN ONTWERPEN

### Een constante temperatuur behouden (opwarmen/afkoelen)

Enkele inspirerende oplossingen:



#### TERMIETENHEUVELS

*Termietenheuvels en de ventilatie van het Eastgate Centre, Zimbabwe*

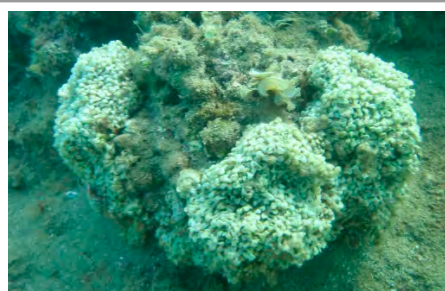
De heuvels werken als een 'externe long', waarbij temperatuurverandering (tussen dag en nacht) wordt benut om ventilatie te stimuleren. Binnenin de heuvel is een grote centrale schoorsteen die is verbonden met een systeem van leidingen in de dunne, fluitachtige steunberen van de heuvel. (<https://www.sciencemag.org/news/2015/08/how-termite-mounds-breathe>)

“Architect Mick Pearce, een van de ontwerpers van het Eastgate Centre, liet zich inspireren door modellen van interne temperatuurregeling in termietenheuvels. Ten tijde van het ontwerp van het gebouw hadden onderzoekers de hypothese dat termietenheuvels een stabiel binnenklimaat hebben door een fysieke structuur die een passieve interne luchtstroom mogelijk maakt. Hoewel daaropvolgend onderzoek naar termietenheuvels ons begrip van de functie van de heuvelstructuur heeft veranderd, bereikt het Eastgate Center nog steeds een gecontroleerd binnenklimaat m.b.v. kosteneffectieve en energie-efficiënte mechanismen die oorspronkelijk zijn geïnspireerd op termietenheuvels.”

(<https://asknature.org/idea/eastgate-centre/>)

Voor meer informatie:

- <https://materialslab.wordpress.com/2015/11/26/learning-from-termites/eastgate-zimbabwe-apartment-building/>
- <https://inhabitat.com/how-biomimicry-can-help-designers-and-architects-find-inspiration-to-solve-problems/>



#### ZEESPONS

*30 St Mary Axe (the Gherkin), Londen – luchtventilatiesysteem is vergelijkbaar met zeesponzen en anemonen.*

“De lucht in het gebouw wordt via drukverschillen tussen de aangesloten verdiepingen verdeeld voor de natuurlijke ventilatie. Dit mixed-mode ventilatiesysteem zorgt voor passieve koeling en verwarming, afhankelijk van het seizoen. In de winter houdt de isolerende werking het gebouw warm door middel van passieve zonne-energie. In de zomer trekken externe drukverschillen de warmere lucht naar buiten. In wezen ademt het gebouw in en uit via de luchtstroom erdoorheen. Deze luchtstroom in en omhoog door het gebouw bootst de stroom van water en voedingsstoffen door Venusmandje (een spons) na.” (<https://steemit.com/architecture/@snaves/biomimetic-architecture-the-gherkin>)

Voor meer informatie:

<http://www.miamiironside.com/blog/biomimetic-architecture>

**PINGUÏN VORM**

Het lichaam van de pinguïn is aangepast om te zwemmen. Zijn lichaam is spoelvormig (aan beide uiteinden taps toelopend) en gestroomlijnd.  
<https://seaworld.org/animals/all-about/penguins/physical-characteristics/>

Deze vorm kan worden gebruikt in de aerodynamica van gebouwen, zoals geïllustreerd in een industrieel en kantoorgebouw in Hongarije. De deksels van de schoorsteen zijn pinguïnvormig en helpen bij het ventileren van het gebouw.

<https://energiadesign.hu/en/article/projects/hungarys-first-energy-positive-industrial-and-office-building-komlo-2012>

**MYCELIUM**

Mycelium (schimmeldraden van paddenstoelen) kan als verpakking worden gebruikt en heeft ook goede isolerende eigenschappen.

Zie meer in de "Natuurlijke economie module"

Voor meer ideeën over isolatie in de natuur, kijk ook naar:



Gras

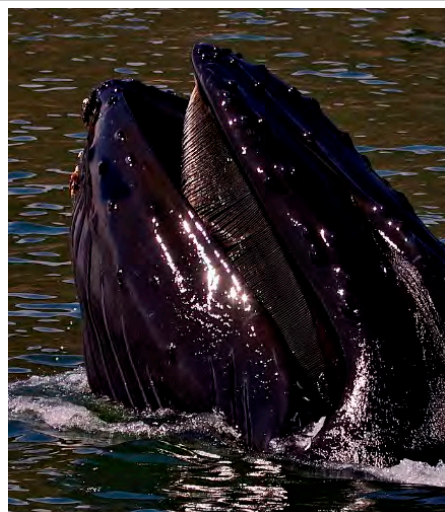
Vacht: Grijs eekhoorn, *Sciurus vulgaris*

Veren

## W4.4 PLANNEN EN ONTWERPEN

### Schoon blijven en verontreinigende stoffen verwijderen

Enkele inspirerende oplossingen:



#### BALEINWALVIS (*Mysticeti*)

De mond van de baleinwalvis heeft gespecialiseerde structuren die het mogelijk maken om kleine organismen efficiënt te consumeren, vooral kleine garnaalachtige schaaldieren die krill worden genoemd. Krill zwemt in enorme wolken in de oceaan, waar baleinwalvissen ze opscheppen, met water en al, en ze door hun baleinfilter-toevoersysteem sturen.

<https://asknature.org/strategy/baleen-plates-filter-food/>

*De waterfilters van Baleen Filters* zijn ontwikkeld op basis van het bovenstaande idee. Het is een zeer efficiënte, niet onder druk staande, zelfreinigende scheidingstechnologie die betrouwbare, probleemloze filtratie biedt tot 25 micron zonder chemische hulp.

<https://asknature.org/idea/baleen-filters-water-filters/>



#### REGENWORM (*Lumbricidae*)

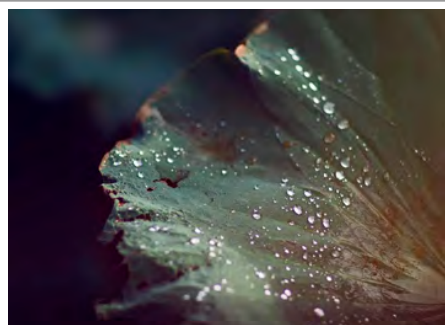
Regenwormen kunnen helpen bij het verwijderen van verontreinigingen uit afvalwater. Er zijn waterzuiveringssystemen die gebruik maken van regenwormen en kevers.



#### WOESTIJNRABARBER (*Rheum palaestinum*)

Bladeren en wortels maximaliseren de wateropvang: de woestijnrabarber onderscheidt zich door een geavanceerd wateropvangsysteem dat water diep in de grond transporteert en absorbeert. Ten eerste verzamelt regenwater zich op het oppervlak van de bladeren van de rabarber. De rabarber heeft bladeren van één tot vier meter lang met een reeks achtereenvolgens bredere, hydrofobe (waterafstotende) groeven die in de zijkanten zijn ingebed. De groeven leiden regenwater langs het blad, vergelijkbaar met een systeem van rivieren en krekens langs een berg.

<https://asknature.org/strategy/leaves-and-root-maximize-water-collection/>

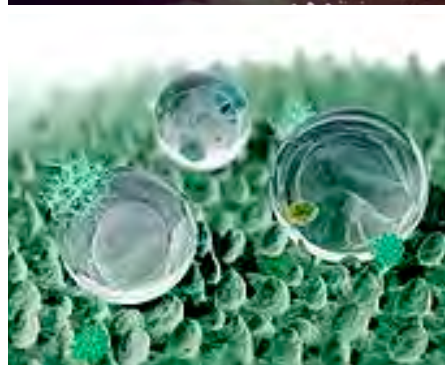


**LOTUS BLAD**

Lotus bladeren blijf schoon zonder wasmiddelen. De cuticula van de plant is extreem waterafstotend. Dit wordt bereikt door microscopisch kleine bultjes op hun bladoppervlak. Dit vermindert de kleverigheid van waterdruppels aan het oppervlak, zodat ze gemakkelijk weglopen en tegelijkertijd vuil verwijderen.

<https://asknature.org/strategy/surface-allows-self-cleaning/>

Dit wordt nagebootst in zelfreinigende verf (Zie ook Water, water overal water... module.)



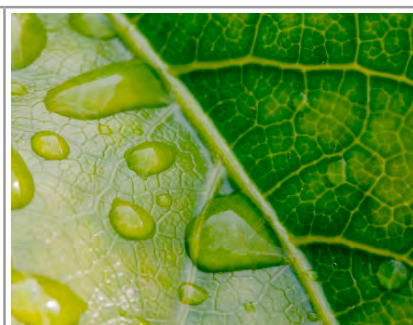
Enkele andere inspirerende ideeën:



Huislook (sempervivum) - water opslag



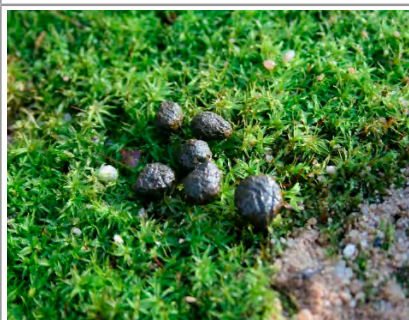
Distels – waterafstotend



Groen blad – waterdistributie



Rottende appel– alle natuurlijke producten zijn biologisch afbreekbaar



Uitwerpselen – alle natuurlijke producten zijn biologisch afbreekbaar



Zaailingen op vergaand hout laten upcycling in de natuur zien

## W4.5 PLANNEN EN ONTWERPEN

### Samenwerking tussen (menselijke) gebruikers stimuleren

Enkele inspirerende oplossingen:



#### BIJEN 'PRAAT'

Honingbijen hebben een heel slimme manier om te communiceren waar lekkere bloemen zijn naar de rest van de kolonie. Ze communiceren deze informatie door een dansje (waggle dance) te doen met tillende bewegingen in de vorm van een 8. De oriëntatie van de dans geeft de richting van de bloemen weer. De lengte van de waggelbewegingen geeft de afstand tot het bloemenveld aan.

Foto: "Honey Bee & Gray Nickerbean" by bob in swamp gelicenseerd onder CC BY 2.0



#### BOSBADEN

Bosbaden, of Shinrin-Yoko zoals het wordt genoemd in Japan, is de gewoonte om tijd door te brengen tussen de bomen. Het is bewezen dat het kalmerende neuropsychologische effecten creëert door het stresshormoon cortisol te verminderen en het immuunsysteem te stimuleren.

Bomen geven ook een organische verbinding af, fytonciden genaamd. De vrijgekomen geur wordt geassocieerd met verminderde adrenaline en verminderde hartslag.

Foto door Rudolf Jakkelt via Pexels



#### KLEUREN – BLOEIENDE WEIDE, HERFSTBLADEREN

Een bloeiende weide heeft bloemen met heel veel verschillende kleuren.. Ondanks de diversiteit is het uitzicht rustgevend. Het doel van de vormen, kleuren en geuren is om insecten aan te trekken en deze kleuren hebben ook een positieve invloed op het menselijk welzijn.

De herfst wordt vaak gezien als het meest kleurrijke seizoen. Je kunt bruine, gele en rode bladeren vinden en ze zijn allemaal geharmoniseerd. Het lijkt verstandig om kleuren uit de natuur te gebruiken voor onze gebouwen.

Foto door Freddie Ramm via Pexels



#### ZWERMENDE VOGELS

Spreeuwen vliegen in grote aantallen bij elkaar zonder tegen elkaar aan te botsen. Spreeuwen slagen hierin door goed te letten op de snelheid en richting van de zeven vogels die het dichtst bij hen zijn. Hoewel er duizenden vogels zijn, is het voldoende om alleen de dichtstbijzijnde zeven te observeren om uit elkaar en veilig te blijven. Inzicht: soms leidt teveel informatie tot slechtere beslissingen.

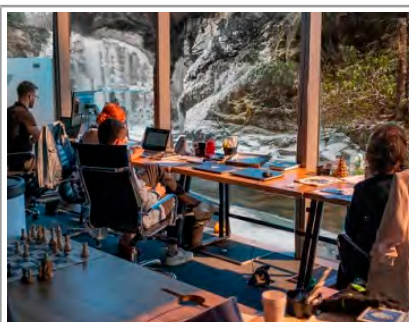
Foto: "Starling Murmuration Near Starved Rock State Park IL DDZ\_0104" by NDomer73 gelicenseerd onder CC BY-NC-ND 2.0

**Biofiel ontwerp: Welzijn**

Regelmatig contact hebben met de natuur heeft goed onderzochte gezondheidsvoordelen. Natuurlijk zijn we een onderdeel van de natuur, maar we omringen ons vaak met meer beton dan bomen. Biofiel ontwerp (biophilic design) brengt de natuur in gebouwen om een tastbaar effect te hebben op het welzijn van de bewoner. Het bootst ook de vormen van de natuur na in het ontwerp van gebouwen om een meer 'natuurlijk aanvoelend' gebouw te creëren.



Kamerplanten



Natuurlijk licht



Groene muur



Water in het gebouw



Natuurlijk gebouw



Spelen met licht

Denk ook aan geluiden, geuren, ruimte, licht, luchtkwaliteit - alles waardoor je je beter voelt!



## W4.6 PLANNEN EN ONTWERPEN

### Functies beoordelen

<b>Functie</b> – Wat wil je doen? TIP denk na over de functies die het gebouw moet vervullen  <i>VOORBEELD: Temperatuur reguleren</i>	<b>Vraag het de Natuur</b> – Waar zou je dit in de natuur kunnen vinden? Hoe doet de natuur dit?  <i>Termietenheuvels hebben een stabiele temperatuur door een netwerk van tunnels dat koele lucht aanzuigt en warme lucht verdrijft</i>	<b>Toepassen</b> – Hoe kan de natuur je helpen je uitdaging op te lossen? Wat kun je leren van de natuur, en hoe kan het in deze situatie worden toegepast?  <i>Convectie – gebruik opstijgende warme lucht die ontsnapt via dakopeningen om koele lucht aan te zuigen uit ondergrondse pijpen</i>				



## W5.1 EVALUATIE VAN HET GEBOUW

### Evaluatie wiel

PRODUCT: .....

GEWENSTE FUNCTIE / CONCEPT: .....

**V1:** Op basis van de negen principes van biomimicry, is dit dicht bij hoe de natuur dit product / project zou ontwerpen

ZEER MEE EENS	MEE EENS	NIET EENS OF ONEENS	ONEENS	ZEER ONEENS
---------------	----------	---------------------	--------	-------------

**V2:** Als je kijkt naar je eigen ontwerp en het vergelijkt met de negen biomimicry principes, op welke gebieden is het dan het sterkst? **Waarom is dat het geval?**

.....

**V3:** En op welke gebieden scoort het ontwerp het zwakst? **Waarom is dat zo?**

.....

**V4:** Bedenk één praktische manier waarop je je ontwerp kunt verbeteren.

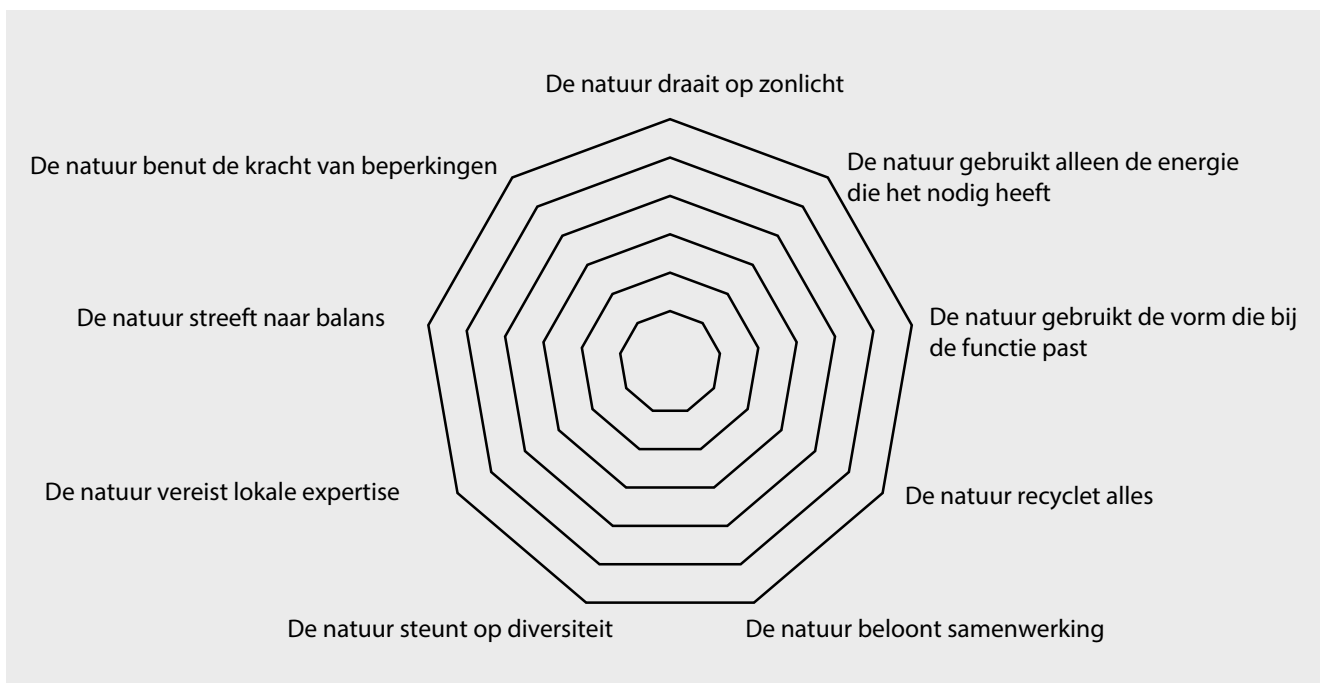
.....



**Je ontwerp verbeteren.**

*Bedenk hoe je de negen biomimicry principes kunt gebruiken om je ontwerp te verbeteren. Hoe zou de natuur het product of de functie ontwerpen die jij probeert tot stand te brengen?*

**TAAK:** Gebruik het onderstaande diagram om uit te stippelen hoe je product presteert met betrekking tot elk biomimicry ontwerpprincipe. Gebruik dit om de sterke en zwakke punten van je ontwerp te overwegen.





## De Negen Biomimicry Principes

(Aangepast naar het werk van Janine Benyus)

### 1. De natuur draait op zonlicht

De natuur gebruikt zonlicht als de belangrijkste energiebron. Organismen gebruiken de warmte en UV-straling van deze oneindige bron. We kunnen dus zeggen dat de natuur wordt aangedreven door zonneschijn. Mensen gebruiken olie en kolen, deze bronnen zijn niet hernieuwbaar, en door ze te verbranden ontstaat CO<sub>2</sub>, een van de gassen die klimaatverandering veroorzaken. Waarom doen we niet hetzelfde en voorkomen we de klimaatcrisis? Een wijs persoon zou de natuur nabootsen en zich beroepen op hernieuwbare energie.

### 2. De natuur gebruikt alleen de energie die het nodig heeft

De natuur neemt alleen wat ze nodig heeft. Dus waarom doen wij niet hetzelfde? Onze economie is gericht op het maximaliseren van de output en is een grote energieverbruiker. We transporteren voedsel over de hele wereld omdat dat economisch goedkoper is. Bij veel beslissingen lijkt het alleen om geld te draaien, niet om ons energieverbruik en de impact die dit heeft op de natuur. Hoe kunnen we leren om de prestaties van onze goederen en diensten zo te optimaliseren dat ze energie 'nippen' in plaats van 'slurpen'?

### 3. De natuur gebruikt de vorm die bij de functie past

Een boom wortelt in de grond om er water en voedingsstoffen uit te halen. Het spreidt zijn takken en bladeren wijd uit om het oppervlak te vergroten en zo het zonlicht te absorberen dat het nodig heeft om energie te produceren en te kunnen groeien. Zaden zijn licht van gewicht en sommige zijn zelfs uitgerust met een soort paraplu zodat ze in de lucht kunnen zweven. De natuur maakt ontwerpen voor de functie die ze bieden. Kunnen we hiervan leren om onze gebouwen, transportsystemen en scholen te verbeteren?

### 4. De natuur recyclet alles

Er is geen 'weg' om dingen te gooien. Alles wat in de natuur wordt geproduceerd, is biologisch afbreekbaar, er is geen afval. Soms lijkt de overvloedigheid een verspilling van materiaal en/of energie (kijk naar alle bloesem aan een kersenboom) maar dat dient allemaal een doel en zal voedsel en voedingsstoffen zijn voor anderen. Zodra het natuurlijke leven van een dennenappel voorbij is, valt het uiteen in essentiële elementen die worden hergebruikt in nieuw leven.

### 5. De natuur beloont samenwerking

We zien competitie in de natuur, maar alleen als die onmogelijk te vermijden is; over het algemeen kost het gewoon te veel energie. Aan de andere kant staat er in de natuur maar heel weinig op zichzelf. Dus, wat voor soort samenwerking hebben we het over? Planten kunnen zich niet voortplanten zonder bestuivers, die zich op hun beurt voeden met de nectar die ze verzamelen. Lieveheersbeestjes voeden zich met bladluizen en helpen planten gezond te blijven. De natuur bevordert samenwerking omdat het de gezondheid van het hele systeem in stand houdt.

### 6. De natuur steunt op diversiteit

Diversiteit is een van de beste verzekeringen van de natuur. Het zorgt ervoor dat wanneer één voedselbron niet beschikbaar is, er andere kunnen worden gevonden. Het zorgt er ook voor dat er meer dan één strategie is om zaden te verspreiden of te verdedigen tegen roofdieren. Soorten met een beperkte genetische diversiteit hebben meer moeite om zich aan te passen aan veranderingen in het milieu, en ecosystemen die rijk zijn aan diversiteit zijn stabiel, vooral in dynamische en turbulente tijden

### 7. De natuur vereist lokale expertise

Natuurlijke systemen zijn inherent lokaal en doen lokaal zaken. Planten en dieren importeren geen materiaal van ver weg. Bepaalde soorten gedijen onder specifieke omstandigheden; lokale en regionale weerpatronen zijn van belang, evenals andere omstandigheden zoals bodem, luchtkwaliteit en watertemperatuur. Relaties worden lokaal gecreëerd en lokale bronnen worden gebruikt. Natuurlijk leggen veel vogels lange afstanden af, maar heb je ze ooit hun voer zien meenemen op die lange reis?

### 8. De natuur streeft naar balans

Ecosystemen zullen altijd proberen in evenwicht te blijven. Meer muizen? Dan zul je meer uilen zien verschijnen die zich met de muizen voeden en de populatie in balans houden. Bosbranden zijn een goed voorbeeld van een natuurlijk fenomeen dat vernieuwt en verfrist, overmatige groei vermindert en regeneratie mogelijk maakt. Maar we weten ook dat elk natuurlijk systeem een omslagpunt heeft waarbij de bestaande balans niet meer bruikbaar/houdbaar is en het zal omslaan in een nieuwe balans.

### 9. De natuur benut de kracht van beperkingen

Onbeperkte groei op een eindige aarde is geen goed idee. Alle levende wezens hebben te maken met beperkingen; leeftijd, klimaat, bevolkingsdichtheid, beschikbare bronnen en vele andere factoren bepalen hoe soorten en systemen zich ontwikkelen. De natuur heeft ingenieuze manieren gevonden om binnen deze grenzen te werken om op de lange termijn zo effectief mogelijk te zijn.