

ATT SPEGLA NATUREN

EN STUDIE ÖVER BIOMIMIKENS
MÖJLIGA TILLÄMPNINGAR INOM
LANDSKAPSARKITEKTUR



SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap

Institutionen för stad och land, avdelningen för landskapsarkitektur, Uppsala

Examensarbete för yrkesexamen på landskapsarkitekturprogrammet

EX0504 Självständigt arbete i landskapsarkitektur, 30 hp

Nivå: Avancerad A2E

© 2014 Oscar Malmerberg, e-post: oscar.malmerberg@gmail.com

Titel på svenska: Att spegla naturen - En studie över biomimikens möjliga tillämpningar inom landskapsarkitektur

Title in English: The Application of Biomimicry in Landscape Architecture

Handledare: Ylva Dahlman, institutionen för stad och land

Examinator: Per G Berg, institutionen för stad och land

Omslagsbild: Skapad av författaren.

Övriga foton och illustrationer: Av författaren om inget annat anges. Samtliga bilder/foton/illustrationer/kartor i examensarbetet publiceras med tillstånd från upphovsman.

Originalformat: A4

Nyckelord: biomimik, landskapsarkitektur, biomimicry, landscape architecture.

Online publication of this work: <http://epsilon.slu.se>



Jag skulle vilja tacka min handledare Ylva Dahlman för stöd och handledning genom arbetet, samt min familj och mina vänner.



SAMMANFATTNING

Att gestalta med hållbarhet i åtanke är en uppgift som blivit alltmer efterfrågad inom landskapsarkitektur. Enligt kalkyler från FN beräknas andelen människor som lever i städer att kraftigt öka under kommande årtionden, vilket med förestående miljö- och klimatproblematik gör hållbarhetsfrågan mycket aktuell. Biomimik är en ny vetenskap där naturen studeras som modell, mått och mentor och vars lösningar på hållbarhetsproblem översätts till den mänskliga kontexten. Genom 3,6 miljarder år av evolution har naturen utvecklat en i det närmaste idealbild av hur hållbarhet kan gestaltas, och bör således värderas som en viktig inspirations- och kunskapskälla för samtliga aktörer inom den samhällsbyggande kåren, inte minst bland landskapsarkitekter.

Syftet med uppsatsen är att undersöka biomimikens tillämpningsmöjligheter inom landskapsarkitektur, med målet att främja en hållbar samhällsutveckling. Målgruppen är i första hand landskapsarkitekter, men arbetet riktar sig även till andra med ett intresse för en hållbar samhällsutveckling.

Till grund för arbetet ligger en litteratursökning, varefter ett stort antal vetenskapliga artiklar studerats. Tre fördjupningsområden av biomimik: form, material och ekosystem utgör tillsammans arbetets resultat. Då endast en bråkdel av den studerade litteraturen behandlar biomimik utifrån perspektivet av en landskapsarkitekt, följde en tillämpningsanalys som avser att ge en mer konkretiserad bild av biomimikens tillämpningsmöjligheter inom landskapsarkitektur.

Resultatet visar att biomimik har breda tillämpningsmöjligheter inom landskapsarkitekturen som spänner från gestaltandet av sittmöbler till hela städer. Genom att fokusera på de principer och strategier naturen använder sig utav, snarare än imitationen av enskilda organismer, har biomimiken goda möjligheter att bli kompletterande gestaltningsverktyg i landskapsarkitektens arbetsprocess.

ABSTRACT

The world's population is increasing at a rate never before witnessed, and recently exceeded seven billion people. According to calculations made by the United Nations the proportion of people living in urban environments is estimated to significantly increase in the following decades, which will make the urban environment home to the great majority of our planet's inhabitants. As landscape architects play a prominent role in designing these environments, it is important to explore what sustainable design methodologies are available.

Biomimicry is representing a design method, which name combines the Greek word *bios* (life) and the Latin word *mimesis* (imitation). It is a practice centered around learning from nature and its solutions that have been developing through the process of evolution over the last 3,6 billion years, and then translating these to the human context. Biological organisms showcase an impressive array of technologies and strategies, and have in many cases already solved the problems regarding sustainability that we as humans are facing today.

PURPOSE

This thesis aims to explore biomimicry's applicational values in landscape architecture, with the goal to promote sustainable development. The practice of biomimicry is relatively new and in the world of landscape architecture quite unexplored, which creates an exciting basis for an exploration into its research.

The thesis focuses on a main question: *how can biomimicry be applied by landscape architects?* Three selected areas for further studies were selected: form, material and ecosystem, which correspond to the three levels of biomimicry: form, process and ecosystem.

METHOD AND SCOPE

The process of writing this thesis began with a literature survey, conducted in order to establish what research into the subject has already been made and to gather information. The survey was carried out by using a variety of search engines such as Google, Google Books, SLU library's own search engine Primo, Uppsala University Library search engine and also video sources such as YouTube. The keywords used were: *biomimicry*, *biomimetics*, *nature-inspired*, *landscape architecture*, *architecture*, *biomorphism*, *bioinspired* and *biodesign*.

Three areas of biomimicry were selected for more in-depth studies. They were categorized as form, material and ecosystem and together formed the results chapter. The decision to divide the results into three separate parts was made in order to show the potential applications of biomimicry and also to make the information more accessible. Each chapter of the results was concluded with a summary, which formed the basis for the next section, the application analysis.

Since only a very limited amount of the literature discussed biomimicry from the vantage point of a landscape architect, a chapter which translated the results to be applicable by landscape architecture was needed. This chapter was named application analysis and aims to show the reader how the results can be translated and begin to form a design methodology for landscape architects.

RESULTS

The results chapter was, as mentioned, arranged into three different parts: form, material and ecosystem. The arrangement was made in order to clarify the results and was based on the three different levels of biomimicry: form, process and ecosystem.

Form

Looking to nature for design inspiration has historically been a popular, and successful, approach to discovering new architectural designs. These design have mostly, however, been centered on the aesthetics of biology, rather than its functions. By applying biomimicry landscape architects have new ways to view the forms found in nature. By employing strategies such as: form follows function, multifunctional designs, material efficiency by different design techniques and adaptation to the local environment, organisms have an impressive library of sustainable forms and techniques, readily available for imitation. With new digital fabrication technologies, such as 3D-printing, on the rise, biomimicry has a great potential to change the way we, as landscape architects, create the forms that occupy our urban environments.

Materials

Mankind's relationship with materials has largely been, and still is, influenced by processes invented during the industrial revolution. Urban development is an industry that consumes vast amounts of materials, which often have a negative impact on the environment. By applying methods found in nature, biomimicry offers an alternative way to both producing and cycling materials. Through the use of a zero-waste mentality, inspired by nature and further developed by biomimicry, landscape architects may change the way they choose materials and how they incorporate cyclic material flows into their designs.

Ecosystem

Ecosystems display an ideal picture of how sustainable systems can be designed, and should be viewed as an inspirational source for landscape architects. By either mimicking the sustainable principles that are employed by ecosystems or the services provided by them, humans have a successful model showing how different components of the urban environment can work together as a system, rather than individual parts. An important characteristic of ecosystems is that they are linked by energy and material flows, with the surrounding ecosystems. Employing the same strategies in urban design, and utilizing the knowledge of interdisciplinary work groups, is surely a start to designing more sustainable places and cities.

DISCUSSION

There is no doubt that nature is a model worth studying in our journey towards designing a more sustainable world. This thesis has shown that biomimicry has readily available applications in landscape architecture; spanning from how a bench, inspired by the skeleton of bird, can drastically reduce the amount of materials used, to how ecosystems can help planners design entire cities that move towards a zero-waste system.

Rather than, as is the practice of many users of biomimicry, look for specific organisms to mimic it seems a better approach to, within the frame of landscape architecture, have a more holistic view towards biomimicry. By applying the principles and strategies of nature into the design process, rather than looking for specific characteristics of certain organisms to imitate, landscape architects will find biomimicry to be a successful and inspiring design tool.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1.	INTRODUKTION	8
	Bakgrund	9
	Problematisering	10
	Syfte	10
	Frågeställningar	10
	Metod	11
2.	TEORETISK ÖVERSIKT	12
	Begreppet biomimik	12
	Biomimetik och biomorfism	13
	Naturen som modell, mått och mentor	14
	Naturens livsprinciper	16
3.	RESULTAT	17
	Form	18
	Shinkansen - ettjapanskt exempel	19
	Formstrategier	19
	Formtekniker	21
	Sammanfattning	24
	Material	25
	Skillnader mellan mänsklig och naturliga materialhantering	26
	Från kartong till kaviar - ett vagga-till-vagga-exempel	28
	Att använda lokala material	29
	Växtmaterial	29
	Sammanfattning	30
	Ekosystem	31
	Att imitera ekosystem	32
	Skillnader mellan mänskliga och naturliga system	32
	Ekosystems principer	33
	Ekosystemens tjänster	35
	Sammanfattning	37
4.	TILLÄMPNING	38
	Form	39
	Material	40
	Ekosystem	42
5.	DISKUSSION	46
	Metod	46
	Resultat	47
	Biomimik och framtiden	48
	Slutord	49
6.	REFERENSER	50

INTRODUKTION

Inom landskapsarkitektur har det under de senaste årtiondena uppstått en ökande efterfrågan på hållbara lösningar. Att gestalta med framtiden i åtanke är visserligen ingenting nytt, men i och med rådande klimat- och miljöproblematik har intresset för hållbarhet vuxit sig allt starkare. En hållbar utveckling definieras enligt en rapport för FN, framtagen av Brundtlandkommisionen 1987, som en utveckling som:

”... tillgodoser dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillgodoses sina behov”.

(United Nations 1987, s. 15)

Hur en hållbar samhällsutveckling på bästa sätt förverkligas, är en fråga som kan diskuteras. Det finns en mängd olika hållbara lösningar, tekniker och metoder att tillgå beroende på uppgift och sammanhang. Som framtida landskapsarkitekt anser jag att det är viktigt att ha inblick i de möjligheter till hållbarhet som finns tillgängliga. Biomimik är ett av de moderna, snabbt växande och enligt mig mer spännande, alternativen.

Även om biomimik anses vara en relativt modern vetenskap, har naturen sedan länge fungerat som en viktig inspirations- och imitationskälla inom arkitektur. Le Corbusiers modernistiska bostadsbyggnad Unité d’Habitation i Marseille anses inspirerats av ett bisamhälles vaxkaka (Pawlyn 2012, s. 2) och Antonio Gaudís Sagrada Familia i Barcelona inrymmer många hyllningar till naturen, exempelvis de trädlika pelarna som stöttar kyrktaket. Det var emellertid genom boken Biomimicry: Innovation Inspired by Nature, skriven av den amerikanska forskaren och författaren Janine Benyus 1997, som termen biomimik populariserades ytterligare och vetenskapen utvecklades. Benyus menade att lösningarna till människans hållbarhetsproblem redan existerade i organismers former, processer och ekosystem, som tillsammans ger en idealbild av hållbarhet kan åstadkommas. Biomimik har redan skördat framgångar inom flera forskningsområden, däribland byggnadsarkitektur som genom tillämpning av biomimik utvecklat innovativa metoder att skapa hållbara byggnader.

Inom landskapsarkitektur har biomimiken inte haft samma genomslag och lite forskning om dess tillämpningar finns, vilket skapar ett spännande underlag för ett examensarbete.

Bild 1 och 2. De trädlika pelarna i Gaudís Sagrada Familia och Le Corbusiers Unité d’Habitation.





Bild 3. Janine Benyus anser att den industriella revolutionen har distanserat människan från naturen.

BAKGRUND

Människans tid på jorden är, i relation till dess totala utvecklingstid, mycket kort. Enligt Lennart Andersson, författare till boken *Naturen & Människan*, har människan som art existerat i 300 000 år, men de tidigast funna fossilerna av den moderna människan härstammar från 40 000 år tillbaka (Andersson 2000, s. 129). Vår tidiga historia präglas av ett naturnära leverne, där samling och jakt på lokala naturresurser låg till grund för överlevnad. I mindre grupper rörde sig våra förfäder från plats till plats i sökandet efter föda. Denna tid som samlare-jägare, då människor levde i en nära symbios med naturen, är med god marginal den längsta i vår historia, och motsvarar mer än 99 % av vår tid på jorden (Andersson 2000, s. 129).

Det var först för ungefär 10 000 år sedan som människan blev mer bofast. Genom att plantera frön från växter de tidigare samlat i naturen uppstod det tidiga jordbruket, som revolutionerade den mänskliga utvecklingen och framförallt skapade förutsättningar för en väsentlig befolkningsökning (Andersson 2000, s. 129). Jordbrukarna började samlas i byar, som i takt med att de växte, tog allt mer naturmark i anspråk. Med tiden förbättrades jordbrukstekniker och således även matproduktionen, vilket gav möjlighet till större befolkningar och stadsbildningar (Andersson 2000, s. 130).

Den industriella revolutionen, som inleddes i mitten av 1700-talet, innebar i flera avseenden en vändpunkt för mänskligheten. Den kommande tiden präglades av nya innovationer som banade väg för en expansiv befolkningsökning och en högre levnadsstandard (Andersson 2000, s. 131). Samtidigt bidrog de tekniska framstegen till ett mer kommersialiserat synsätt till naturens resurser. Enligt Janine Benyus (1997, s. 1, 5) utvecklades människan till en *Homo industrialis* och fick en allt mer distanserad relation till naturen, i takt med att vi lärde oss att kontrollera den. Revolutionen baserades på förbränning av fossila bränslen som kol, olja och gas, i stället för solenergi som är den kraftkälla allt annat liv förlitar sig på. Mark Lynas, en brittisk journalist, författare och miljöaktivist, menar att det är de fossila bränslena som mer än någon annan faktor gjort människan så framgångsrik på jorden (2007, s. 249).

När det traditionella muskelarbetet ersattes med maskinkraft påbörjades en era av fantastisk teknisk innovation och en utbredd urbanisering. På senare år har emellertid konsekvenser av vår snabba och ibland ogenomtänkta framfart börjat blottläggas i form av miljö- och klimatproblem (Benyus 1997, s. 2).

PROBLEMATISERING

Landskapsarkitekter innehar en framträdande roll i utvecklingen av framtidens samhällen och besitter således ett viktigt ansvar gentemot kommande generation att utforma en hållbar värld. De globala miljöproblem som är resultatet av vårt industriella förhållningssätt till jorden, kommer utan lösning, med stor sannolikhet att leda till humanitära katastrofer.

Enligt uppgifter från FN:s urbaniseringskalkyler, beräknas cirka 90% av industriländernas respektive 60% av utvecklingsländernas befolkning att år 2050 leva i städer (Förenta nationerna 2011, s. 4). Den urbana miljön kommer således att stå i centrum för den mänskliga samhällsutvecklingen, och det är vitalt för människans framtid att städerna kan hantera en växande befolkning och framtidsscenarioer för klimatutvecklingen på ett hållbart sätt.

Naturen har genom en häpnadsväckande evolutionär process utvecklat en i det närmaste perfekt idealbild av hur hållbara system kan konstrueras, och bör således värderas som en viktig inspirations- och kunskapskälla för samtliga aktörer inom den samhällsbyggande kären, inte minst bland landskapsarkitekter.

SYFTE

Arbetets syfte är att identifiera möjliga tillämpningar av biomimik inom landskapsarkitektur, med målet att gynna en hållbar samhällsutveckling. Vidare syftar arbetet till att skapa ett underlag för diskussion och fortsatta studier inom ämnet.

FRÅGESTÄLLNINGAR

Under arbetets gång har en huvudfråga understödd av två delfrågor fungerat som vägledning. Huvudfrågan, som varit uppsatsens röda tråd, lyder:

Hur kan biomimik tillämpas inom landskapsarkitektur?

Ovanstående fråga besvaras genom två delfrågor.

Vad innebär biomimik och hur kan den bidra till en hållbar samhällsutveckling?

Denna delfråga besvaras genom den teoretiska översikten.

Vilka områden av biomimik har störst tillämpningsmöjligheter inom landskapsarkitektur?

Frågan besvaras genom resultatavsnittet, som är kategoriserad i tre delar baserade på biomimikens tre nivåer: form, material och ekosystem.

METOD

Arbetsprocessen inleddes med litteratursökningar, vilka även fortgick under skrivandet när ny information insamlades. Sökningar gjordes med målet att skapa en bild av vad biomimik innebar, samt få en inblick i vad som redan skrivits om ämnet. De genomfördes med en rad olika söktjänster såsom Google, Google Books, SLU bibliotekets egen söktjänst Primo, Uppsala Universitetsbiblioteks söktjänst samt videokällor som Youtube och SvtPlay. Då det i ett tidigt skede stod klart att lite information fanns tillgänglig på svenska söktes det även efter källor på engelska. De sökord som användes var: biomimik, biomimetik, naturinspirerad, landskapsarkitektur, arkitektur, biomimicry, biomorphism, biomimetics, bioinspired och biodesign. Utifrån sökningen studerades artiklar samt böcker, och en överblick sammanfattades med mål att ge läsaren en grundläggande kunskap inom ämnet inför det kommande resultatavsnittet.

Tre områden inom biomimik valdes ut för mer djupgående studier. De kategoriserades som form, material samt ekosystem och utgör tillsammans resultatavsnittet. Beslutet att dela upp resultatavsnittet gjordes för att tydliggöra informationen och samtidigt visa på möjliga tillämpningsområden inom ramen för landskapsarkitektur. Varje resultatavsnitt avslutas med en sammanfattning, som ligger till grund för nästa avsnitt: tillämpningsanalysen.

Då endast ett fåtal källor behandlade biomimik utifrån en landskapsarkitekts perspektiv, vände sig majoritet av den studerade litteraturen till andra yrkesgrupper. För att ge exempel på hur biomimik kan översättas och tillämpas inom landskapsarkitektur var det viktigt att ha en del som behandlade biomimik med landskapsarkitektur i fokus. Tillämpningsdelen utgår från de tre resultatsammanfattningarna och konkretiserar biomimikens tillämpningar inom landskapsarkitektur.

Arbetet riktar sig i första hand till studerande eller verksamma landskapsarkitekter, med ett intresse för hållbara lösningar. Utöver landskapsarkitekter har arbetet relevans för andra yrkesgrupper inom den samhällsbyggande sektorn.

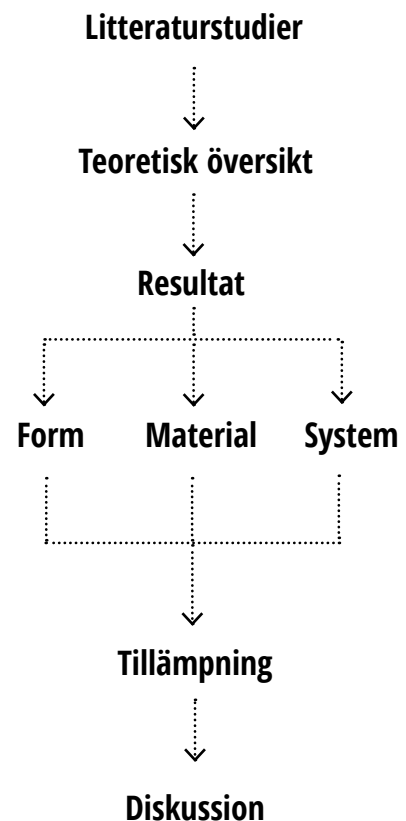


Illustration 1. Arbetets uppbyggnad.

TEORETISK ÖVERSIKT

BEGREPPET BIOMIMIK

Termen biomimik är en sammansättning av grekiskans *bios* (liv) samt *mimesis* (imitation) och påträffas första gången 1962 i samband med en vetenskaplig artikel skriven av en amerikansk neurofysiker (Bensaude-Vincent et al. 2002, s. 1). Ursprungligen refererade termen till all slags imitation av livsformer, men omformades under 1980-talet, främst av forskare inom materiallära, till att innebära en förståelse för de metoder naturen använder för att lösa sina problem (Bensaude-Vincent et al., 2002, s. 1).

Under de senaste tio åren har det enligt Michael Pawlyn, en brittisk arkitekt som förespråkar biomimikmetoden och som varit inblandad i flera uppmärksammade biomimikprojekt, att det uppstått ett ökande intresse för vetenskapen och dess tillämpningar inom arkitektur (2012, s. 2). Det växande intresset kan härledas till de möjligheter som biomimiken har att dels finna nya spännande innovationer och dels dess potential att bidra med hållbara lösningar, något som i dagsläget eftersträvas inom arkitekturbranschen (Ali El-Zeiny 2012, s. 503).

Det växande intresset för biomimik har lett till varierande men snarlika tolkningar av begreppets betydelse. Nedan följer några, inom ämnet, inflytelserika författares begreppsförklaringar:

"The conscious emulation of nature's genius"

Janine Benyus (1997, s. 2)

"Mimicking the functional basis of biological forms, processes and systems to produce sustainable solutions"

Michael Pawlyn (2012, s. 2)

"Biomimicry is the emulation of strategies seen in the living world as a basis for design and is a source of innovation, particularly in the creation of more sustainable architecture. It is the mimicry of an organism, an organism's behaviour or an entire ecosystem in terms of its form, material, construction method, process strategies or function."

Maibritt Pedersen Zari (2010, s.1)

Bild 4. Huskroppen på Eero Saarinsens TWA terminal på JFK Airport i New York är inspirerad av en fjärils vingar. Inom arkitektur har biomorfism sedan länge tillämpats i gestaltningsprocesser.



BIOMIMETIK OCH BIOMORFISM

Det existerar flera begrepp som liknar biomimik. För att klargöra och undvika sammanblandning följer här en kortare redovisning över två snarlika begrepp.

Biomimetik är ett begrepp som ofta används synonymt med biomimik, samtidigt som sakkunna menar att det finns skillnader i ordens betydelser. Arkitekt Anna Maria Orru, som undervisar i biomimik på KTH Arkitekturskola, menar att begreppen skiljer sig i det avseendet att biomimetik inte har samma mål som biomimik att skapa resurssnåla och hållbara miljöer (Gunne 2012, s. 23-24). Vidare påpekar hon att biomimetik är mer tillåtande gentemot manipulation av naturen genom till exempel genmodifiering (Gunne 2012, s. 23-24). Michael Pawlyn är av samma uppfattning och påpekar i sin bok *Biomimicry in Architecture* att biomimetik även har applicerats inom forskning med militära ändamål (Pawlyn 2012, s. 2).

Ett exempel på biomimetik, som väckt stor uppmärksamhet, inte minst genom häpnadsväckande YouTube-videos på dess naturtrogna sätt att röra sig, är roboten BigDog utvecklad av Google-ägda företaget Boston Dynamics. Projektet har finansierats av USA:s armé som avser att använda den terränggående roboten som en packåsa för marksoldater (Raibert, Blankespoor, Nelson & Playter 2008, s. 4).

Att enbart efterlikna naturligt förekommande former eller mönster för att uppnå en estetisk eller symbolisk effekt brukar benämnas *biomorfism*. Denna typ av naturimitation har sedan länge figurerat inom konst- och designkretsar och varit utgångspunkten för många kända arkitekters verk exempelvis Anthoni Gaudís tidigare nämnda Sagrada Família i Barcelona med de trädliknande pelare eller Eero Saarinens TWA terminal på JFK Airport i New York som inspirerats av fjärilsvingar. Biomorfism tar emellertid inte hänsyn till de bakomliggande processerna och funktionerna hos sina naturliga förebilder, vilket är den väsentliga skillnaden jämfört med biomimik (Pawlyn 2012, s. 2)

Bild 5. Roboten BigDog visar hur biomimetik tillämpats med militärt syfte.



NATUREN SOM MODELL, MÅTT OCH MENTOR

Inom biomimik urskiljs tre olika förhållningssätt till naturen: som *modell*, som *mått* och som *mentor* (Benyus 1997, förord). Nedan följer en sammanfattning över de tre förhållningssätten.

MODELL

Att studera naturen som modell för imitation förefaller, av litteraturen att döma, att vara det vanligaste förhållningssättet inom biomimik och är huvudsakligt fokus för denna uppsats. Enligt Benyus innebär detta förhållningssätt att naturen studeras som en inspirerande modell, vars design tolkas och översätts till den mänskliga kontexten, med slutmålet att skapa en hållbar produkt (1997, förord). Maibritt Pedersen Zari, doktor och forskare inom biomimik och arkitektur på Victoria University i Nya Zeeland, påpekar att resultatet av denna översättningsprocess är en gestaltning som inte behöver påminna om ursprungsorganismen till utseendet, men som tillämpar samma funktionella koncept (2010, s. 173). Pedersen Zari menar vidare att inte alla organismer eller ekosystem är lämpliga för översättning till den mänskliga kontexten, men att den samhällsbyggande sektorn bör uppmärksamma naturen som en viktig inspirationskälla för lösningar på exempelvis de förestående klimatförändringarna (2010, s. 173).

Inom biomimiken urskiljs tre nivåer av modellimitation: form, process och ekosystem (Biomimicry Guild 2007 se Pedersen Zari 2007, s. 3).

Form

Enligt Jamie Miller, professor på kanadensiska OCAD University, är imitation av form den vanligaste och enklaste typen av biomimik, då den fokuserar på de fysiska egenskaperna hos en organism (Miller 2010, s. 1). Exempelvis har biltillverkaren Mercedes Benz inspirerats av en så kallad koffertfisks strömlinjeformade kropp för att utveckla en ny bilkaross. Bilen är trots sitt något klumpiga utseende förvånansvärt aerodynamisk och bränslesnål (Pawlyn 2012, s. 5).



Bild 6. En koffertfisk.

Miller påpekar att även om slutresultatet av biomimik på formnivå är en hållbar produkt, behöver tillverkningsprocessen och materialhanteringen nödvändigtvis inte tillämpa hållbarhet (2010, s. 1). Därför bör även de dessa processer beaktas, om biomimik ska anses vara en långsiktigt hållbar metod (Miller 2010, s. 1).

Process

Förutom former imiteras även olika biologiska processer, med målet att inspirera till hållbara lösningar. Naturen uppvisar en enorm mängd processer, som skulle kunna revolutionera sättet vi producerar material på eller samlar energi. Till exempel har den amerikanske forskaren Brent Constantz funnit metoder att tillverka betong genom att tillämpa samma mineraliseringsprocess som koraller (Zaelke, Young & Andersen 2011, s. 3).



Bild 7. Koraller bildar en betongliknande struktur genom en process som forskare lyckats återskapa genom att mineralisera koldioxidutsläpp från industrier. Exemplet visar hur naturliga processer kan imiteras i syftet att hitta hållbara lösningar.

Ekosystem

Den mest djupgående nivån av biomimik är imitation av hela ekosystem (Miller 2010, s. 1). Målet är att skapa produkter och processer som är anpassade till ett större system, som i likhet med naturens egna ekosystem, arbetar för att återställa snarare än att utarma jordens resurser (Miller 2010, s. 1). Pedersen Zari anser att biomimik på ekosystemsnivå kan tillämpas genom två metoder: imitationen av hela ekosystem eller imitation av de ekologiska principer som hittas hos ekosystem (2007, s. 4). Hon menar även att form och process är aspekter av en organism som kan studeras och imiteras, medan ekosystemet är där man söker efter aspekter att imitera (Pedersen Zari 2007, s. 3).

Det internationellt verksamma arkitektkontoret HOK har sedan 2008 ingått i ett samarbete med *The Biomimicry Guild*, en organisation fokuserad på biomimikforskning. HOK har planerat hela städer, i bland annat Indien och Kina, utifrån biomimik på ekosystemsnivå (Lazarus & Crawford 2011, s. 50).

MÅTT

Förutom att betraktas som modell, menar Benyus, att naturen bör ses som ett mått att förhålla sig till, när hållbarheten hos gestaltningar ska bedömmas (Benyus 1997, förord). Då naturen genom miljarders år av evolution utvecklat idealbilden av hållbara system bör den även vara det mått vi människor förhåller oss till, när vi själva konstruerar system (Benyus 2010). Benyus påpekar att naturen visar vad som fungerar, vad som är lämpligt och vad som är hållbart (Benyus 1997, förord).

Benyus påpekar att naturen utgår ifrån ett antal principer, som inom biomimiken även används som en slags målsättning i gestaltningsprocesser

- *Naturen drivs av solenergi*
- *Naturen använder bara den energi som den behöver*
- *Naturen anpassar form efter funktion*
- *Naturen återvinner allt*
- *Naturen belönar samarbete*
- *Naturen uppmuntrar diversitet*
- *Naturen söker lokal expertis*
- *Naturen begränsar överskott*
- *Naturen ser begränsningar som möjligheter*

(Benyus 1997, s. 7)

I slutet av en gestaltningprocess kan ovanstående principer även fungera som en checklista, där förhoppningen är att samtliga av de nio naturprinciperna har tillämpats (Benyus 1997, s. 291).

MENTOR

Det mest abstrakta förhållningssättet till naturen förefaller vara det Janine Benyus väljer att benämna mentor. Hon menar att biomimiken är ett nytt sätt att studera och värdera naturen, baserat på vad vi kan lära oss från naturen, istället för vad vi kan extrahera från naturen (Benyus 1997, förord). Det är först när vi ser naturen som en mentor, som vår relation till den levande världen förändras (Benyus 1997, s. 9).

NATURENS LIVSPRINCIPER

The Biomimicry Institute och *The Biomimicry Guild*, två organisationer centrerade kring biomimik och biologiforskning, har genom ett samarbete sammanfattat århundraden av vetenskaplig naturforskning till en överskådlig lista med de viktigaste livsprinciperna (Zanowick 2011, s. 1). Med livsprinciper avses de generella strategier som under miljarders år av evolution utvecklats och som tillämpas av samtliga biologiska organismer och system. Tanken är att listan ska fungera som en handbok över naturens livsprinciper och som ett hjälpmedel under designprocesser med biomimikinriktning (Zanowick 2011, s. 1). En tydlig fördel med att utgå ifrån dessa principer är att vi vet att de fungerar (Zanowick 2011, s. 1).

1. UTVECKLA FÖR ATT ÖVERLEVA

- *Upprepa fungerande strategier*
- *Integrera det oväntade*
- *Omfördela information*

2. VAR RESURSEFFEKTIV

- *Använd multifunktionell design*
- *Använd lågenergiprocesser*
- *Återvinn alla material*
- *Anpassa efter funktion*

3. ANPASSA EFTER FÖRÄNDRADE FÖRUTSÄTTNINGAR

- *Uppgradera och förnya*
- *Upprätta motståndskraft genom variation, överflöd och decentralisering*
- *Införliva mångfald*

4. INTEGRERA UTVECKLING & TILLVÄXT

- *Kombinera modulära & kapslade komponenter*
- *Bygg från grunden*
- *Självorganisera*

5. VAR LOKALT ANPASSAD OCH RESPONSIV

- *Använd lättillgängliga material- och energiformer*
- *Odlingssamarbetsrelationer*
- *Utnyttja cykliska processer*
- *Använd återkopplingar*

6. ANVÄND MILJÖVÄNLIG KEMI

- *Bygg selektivt få element*
- *Bryt ner material i godartade beståndsdelar*
- *Använd miljövänlig kemi*

Som ovanstående principer visar, är naturen en rik källa på hållbara strategier och principer. Genom att förhålla sig till naturen som modell, mått och mentor menar förespråkare av biomimik att människan har en idealbild av hur ett hållbart samhälle kan konstrueras. Teoriavsnittets syfte har varit att ge en sammanfattning av biomimikens vetenskapliga lärobyggnad, som ligger som grund för den kommande resultatdelen, som syftar på att visa på tre olika tillämpningsområden av biomimik inom landskapsarkitektur.

RESULTAT





Bild 8. The Eden Project i sydvästra Storbritannien är en besöksattraktion med världens största växthus. De artificiella biosfärerna är konstruerade med hjälp av biomimik och inspirerade av strukturen hos bambu. Projektet är det enda Världsnaturarv skapat av en nu levande person; arkitekt Nicholas Grimshaw, Grimshaw Architects.

FORM

Att finna forminspiration i naturen är inget nytt. Arkitekter har sedan länge influerats av dess former, trots att begrepp som biomimik uppkommit långt senare (Knippers & Speck 2012, s. 1). Formstilen Art Nouveau, från slutet av 1800-talet, är ett tydligt exempel där organiska former tagna från naturen haft genomslag inom arkitektur (Vincent et al. 2006, s. 473). Enligt Jan Knippers och Thomas Speck, tyska biomimikforskare, kan man ur historien utläsa ett mönster där tidsepoker av organiska former växlat med epoker av geometriska former (Knippers & Speck 2012, s. 1). De menar att en arkitektonisk era, där teknisk funktionalism och postmodernism varit i blickfånget nu börjat ersättas av ett formspråk inspirerat av naturens rörelser och rumslighet (Knippers & Speck 2012, s. 1). Janine Benyus är av samma mening och anser att den urbana rumsgestaltningen rör sig mot mer organiska former; vilket hon tolkar som ett tecken på att människan söker en närmare kontakt med naturen (Benyus 2010).

Biomimik handlar emellertid inte, som tidigare poängterats, om estetik eller de visuella aspekterna av naturen, utan om de funktionella egenskaper som biologiska former uppvisar (Benyus 2010). Benyus menar att naturen inte uppvisar former som inte tillhandahåller någon funktion (Benyus 2010). Denna typ av effektivitet benämns som *form följer funktion* och är ett återkommande tema i den studerade biomimiklitteraturen. Ett övergripande inslag hos organismers former är att de är mycket materialsnåla, och använder evolutionärt utvecklade tekniker för att åstadkomma så mycket som möjligt, med så lite som möjligt. Dessa tekniker är resultatet av miljardtals år obarmhärtlig strävan att överleva och att anpassa sig efter en värld i konstant förändring (Pawlyn 2012, s. 9).

SHINKANSEN - ETT JAPANSK EXEMPEL

Ett exempel där imitationen av de funktionella egenskaperna hos en naturlig form lett till framgångsrika resultat är vid designen, eller snarare omkonstruktionen, av det japanska höghastighetståget Shinkansen (Benyus 2010). Då bullernivån vid färd genom tunnlar märkbart ökade, fick en ingenjör i uppdrag att reducera det störande ljudet, vilket visade sig bero på den stora mängd luft som tåget sköt framför sig (Benyus 2010). Av en händelse såg ingenjören en naturfilm om Kungsfiskaren, en fågel som lever på att dyka efter småfisk och därför utvecklat ett mycket strömlinjeformat huvud. Formen imiterades vid konstruktionen av tågloket och resulterade i en minskning av både bullernivå och energianvändning, samtidigt som tågets hastigheten ökade med 10% (Benyus 2010).

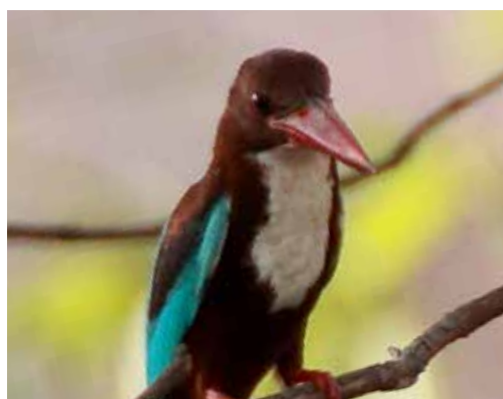


Bild 9 och 10. Det japanska höghastighetståget Shinkansen är konstruerat efter kungsfiskarens strömlinjeformade huvud (Benyus 2010).

FORMSTRATEGIER

Utifrån den studerade litteraturen utmärker sig ett par gemensamma faktorer, gällande hur naturen formger.

Form följer funktion

I naturen utvecklas former utifrån de funktioner en organism behöver (Knippers & Speck 2012, s. 3). Denna strategi kallas *form följer funktion* och innebär att organismer endast skapar det som är absolut nödvändigt, med minsta möjliga material (Benyus 1997, s. 65). Exempelvis anpassas formen av många fåglars näbbar speciellt för att kunna öppna de nötter som finns i deras ekosystem (Zanowick 2011, s. 3). Marie Zanowick, en amerikansk biomimikexpert, menar att människan bör följa samma strategi och välja form efter den funktion en design ska utföra (Zanowick 2011, s. 3).

Multifunktionell design

Organismer har, genom evolutionen, utvecklats att maximera effekten av sina former så att de fyller fler än en funktion (Benyus 1997, s. 265). Zanowick kallar detta för multifunktionell design och menar att strategin tillåter organismen att utföra flera nödvändiga funktioner via en elegant designad komponent (Zanowick 2011, s. 3). Även Benyus menar att multifunktionaliteten möjliggör att färre komponenter behövs (Benyus 1997, s. 265). Knippers och Speck påpekar att det är på grund av de ständigt föränderliga miljöförhållandena på jorden som organismer har utvecklat multifunktionella lösningar (Knippers & Speck 2012, s. 1).



Bild 11. De mekaniska lyktstolparna på Schouwbergplein i Rotterdam, ritade av West8, kan anses tillämpa naturens strategi om anpassning till de lokala förhållandena, då de går att justera efter ändamål.



Bild 12. I parken Gardens by the Bay i Singapore står dessa artificiella träd, upp till 50 meter höga och skänker skugga, samlar solenergi och regnvatten och fungerar som vertikala trädgårdar.

I Gardens by the Bay, en park i centrala Singapore som färdigställdes 2012, visas hur en multifunktionell strategi, med inspiration från naturen, kan tillämpas (Gardens by the Bay (GBTB) 2013). I parken reser sig stora trädliknande konstruktioner med en höjd på mellan 25 och 50 meter (GBTB 2013). De totalt arton tornen kallas Supertrees och är menade att fungera likt naturliga träd och är utrustade med solceller, som samlar energi och driver platsens belysning och nattliga ljusshower (GBTB 2013). Ytterligare funktioner omfattar skuggning, vertikal odling för över 200 slags växter och regnvattensamling för bevattning och fontäner (GBTB 2013).

Mindre material - mer design

Pawlyn menar att organsimer följer en strategi som kan sammanfattas som: "mindre material - mer design" (Pawlyn 2012, s. 9), en mening som stöds av Benyus (1997, s. 265). I naturen använder organismer material på ett så effektivt vis som möjligt, då material och energi är de enda utgifter eller kostnader de har (Faludi 2005). Ett bisamhälles vaxkaka är ett exempel på denna strategi, då dess tunna hexagonala celler inkapslar en mycket stor rumslighet, med minimal materialanvändning (Benyus 1997, s. 265). Pawlyn anser att studier av naturligt förekommande former kan leda till en minimering av de material som i dagsläget används inom till byggda miljön (Pawlyn 2012, s. 9).

Anpassning till lokala förhållanden

I naturen har former under sin långa utvecklingstid anpassat sig i det närmaste perfekt till de lokala förutsättningarna. Detta beror på att organismer ständigt försöker nå ett stabilt och balanserat tillstånd med sin omgivning (Zanowick 2011, s. 3). Zanowick menar att deras överlevnad är baserad på en konstant vaksamhet över de förändrande förhållandena i den lokala miljön (Zanowick 2011, s 3). Ett exempel på strategin hittas hos fjällräven, som anpassar sin pälsfärg efter hur landskapet ser ut under säsongerna.

På Schouwbergplein, en torgyta i Rotterdam ritad av det holländska arkitektkontoret West8, står ett antal kranliknande lyktstolpar, som visuellt har få kopplingar till naturen (se bilden till vänster ovan). De mekaniska lamporna går emellertid att justera efter lokala evangemang, vilket kan ses som en tolkning av naturens strategi om att former ska vara anpassningsbara till de lokala förhållandena. Hållbarhetsaspekten av lyktstolparna kan dock ifrågasättas.



Bilder 13-15. Rolling Bridge av den brittiske arkitekten Thomas Heatherwick visar hur en tillämpning av naturens utvecklande formteknik kan se ut. Bron är inspirerad av en muskulatur och vecklas genom hydraulik ut när fotgängare behöver passera kanalen.

FORMTEKNIKER

I sin strävan att överleva har organismer utvecklat ett brett bibliotek av formskapande tekniker, som i många avseenden skiljer sig från människans. Enligt Pawlyn har människans arkitektur traditionellt präglats av tunga och statiska konstruktioner, som i jämförelse med naturens lösningar upplevs som ograciösa och materialödslande (Pawlyn 2012, s. 33). Genom de senaste årens tekniska utveckling har emellertid nya gestaltningsmöjligheter uppstått, då möjligheten att experimentera med avancerade former ökat. Nedan följer ett urval av de tekniker som organismer tillämpar, och som har god möjlighet att appliceras inom landskapsarkitektur.

Utvecklande form

En utvecklande form kännetecknas av sin förmåga att kunna vecklas ut eller expandera från ett komprimerat tillstånd och till följd få utökade funktioner (Korkmaz 2009, s. 7). Denna dynamiska förmåga gör det även möjligt för formen att vara responsiv och anpassningsbar till lokala förhållanden och ändrade förutsättningar. Enligt Sinan Korkmaz, en ingenjör specialiserad på biomimetiska strukturer, finns det även stora ekonomiska fördelar med utvecklande former, då både lagrings- och transportkostnader sjunker (Korkmaz 2009, s. 7).

Bild 16 och 17. Torget vid Al-Masjid an Nabawi moskén i Medina kännetecknas av sina stora parasoller, som beroende på de lokala väderförhållandena kan fällas ned och skänka skugga.



Ett illustrerande exempel är gångbron *Rolling Bridge* i London, ritad av arkitekten Thomas Heatherwick, som är konstruerad efter samma principer som en muskel (Pawlyn 2012, s. 30). I det komprimerade läget påminner bron om en ihoprullad boll, och tillåter båttrafik att passera obehindrat. När fotgängare ska passera kanalen vecklas bron ut och överbryggar den barriär som vattnet tidigare utgjort.

De stora parasollerna på torgytan invid Al-Masjid an Nabawi moskén i Medina, ritade av arkitekten Bodo Rasch, är ett annat exempel på en utvecklande form (Pawlyn 2012, s. 31). När solen står som högst vecklas de stora paraplydukarna ut och ger skugga åt besökarna, inte helt olikt en ökenblommas kronblad. Formtekniken gör att platsens funktioner och rumslighet förändras efter de lokala klimatförhållandena.

Pneumatisk form

Enligt Judith Kimpian, professor i biomimik på University of Bath i England, har pneumatik, eller tryckluftsteknik sedan det tidiga 1900-talet fångat människans fantasi och använts till såväl luftsballonger som rymddräkter (Kimpian 2001, s. 12). I naturen återfinns pneumatiska former hos olika slags membran, som fiskars simblåsor och däggdjurs lungor, vilka tros ha inspirerat människans första tryckluftskonstruktioner (Pawlyn 2012, s. 26). Fördelar med pneumatiska former är att de kräver mycket lite material, då stabilitet uppnås genom luft under tryck. I sin doktorsavhandling beskriver Kimpian pneumatiska former som en utmärkt inspirationskälla till lätt och ekonomiskt fördelaktig arkitektur (Kimpian 2001, s. 115).

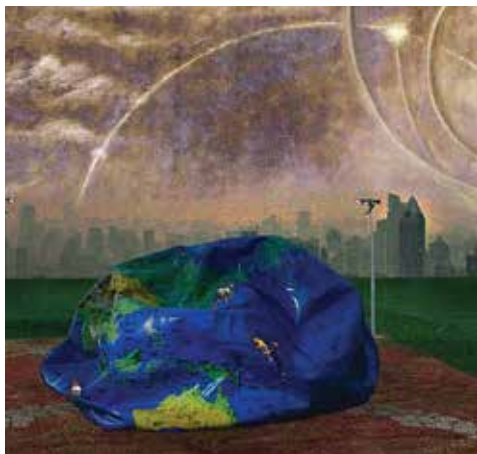


Bild 18 och 19. Förslaget *Använd ditt förnuft* av Anna Norén och Örjan Lindbeck, samt *The Douglas River Bridge* av arkitektkontoret *Exploration Architecture* visar båda på tillämpning av pneumatisk formteknik.

The Douglas River Bridge är ett förslag till en bro, som genom pneumatisk formteknik, skapar en stabil men lätt brokonstruktion med mycket lite material. Förslaget är ritat av det brittiska arkitektkontoret *Exploration Architecture* och använder sig av två luftfyllda pontoner, som under tryck spänner sig över ett vattendrag och sammanlänkar två naturområden. Då brons stabilitet uppnås genom användandet av tryckluft är förslaget, enligt Pawlyn, mycket materialeffektiv (Pawlyn 2012, s. 26).

Ett mer konstnärligt projekt som uppvisar pneumatisk teknik är landskapsarkitektstudenterna Anna Norén och Örjan Lindbecks vinnande förslag till tävlingen *Oyster 2009*. Förslaget kallades *Använd ditt förnuft* och bestod av en uppblåsbar jordglob, som barn kunde leka på. Vid lek skulle luften långsamt pysa ut och globen börja sjunka ihop, varefter en återhämtning fodrades. Förutom att skapa en metaforisk liknelse till människans påverkan på jorden

och dess behov av återhämtelse visar föreslaget även hur lufttryck på ett effektivt vis kan tillämpas inom ramen för konstnärlig landskapsarkitektur.

Skelettform

Under de senaste åren har det enligt Pawlyn gjorts stora tekniska framsteg som gynnat imitationen av biologiska skelett för arkitektoniska ändamål (Pawlyn 2012, s. 21). Förutom digitala tillverkningsmetoder har även avancerade 3D-modelleringsprogram bidragat till denna utveckling (Pawlyn 2012, s. 22). Skelettstrukturer följer en enkel men effektiv princip; på de platser där tryckkoncentrationen är hög adderas material, medan det på platser med lite eller ingen tryckkoncentration inte adderas något material alls (Pawlyn 2012, s. 21). Resultatet blir en produkt som Pawlyn anser har en perfekt effektivitet, då inget onödigt material används, och formen är fulländad för sitt ändamål (Pawlyn 2012, s. 21).

Kostika Spaho, en amerikansk arkitekt, har i samarbete med den holländska designern Marieka Ratsma utvecklat en högklackad sko, utifrån skelettstrukturen hos ett fågelkranium. Skon visar hur skelettformer kan tillämpas för att skapa biomimetiska produkter som, förutom att ha ett vackert formuttryck, även är perfekt anpassade för sitt ändamål och enbart använder den mängd material som behövs.

Benyus menar att genomslaget av tredimensionella skrivare och digitala tillverkningsmetoder öppnat upp enorma möjligheter när det kommer till skapandet av avancerade former, inspirerade av skelett och andra organiska förebilder (Benyus 2013). Påståendet får medhåll av Pawlyn som anser att den digitala och tredimensionella tekniken kommer spela en allt större roll inom arkitektur (Pawlyn 2012, s. 22).

Andra formtekniker

De formtekniker som har presenterats är ett litet urval från den stora mängd former som förekommer i naturen. Naturen uppvisar ett brett spektrum av former och tekniker som har en effektivitet och sparsamhet som, i jämförelse med människans, är svårslagen. Pawlyn nämner exempel som spindelnät och olika växtlövs förmåga att omvandla en tvådimensionell yta till tredimensionellt objekt med rumslighet som intressanta inom ramen för arkitektur (Pawlyn 2012, s. 22).



Bild 20. Hur skulle naturen formge en högklackad sko? Denna fråga ställde sig den amerikanska arkitekten Kostika Spaho som tillsammans med den holländska designern Marieka Ratsma utvecklade en sko inspirerad av strukturen hos ett fågelkranium.

SAMMANFATTNING

Judith Kimpian sammanfattar organismers sätt att formge med att påpeka att i naturen är det materialet som är kostsamt för organismen, medan formen är billig, medan det i människans fall typiskt sett råder det motsatta förhållandet, där material är billigt men form dyrt. Genom att ta lärdomar från naturens formgivning finns det möjlighet att formge smartare och mer hållbart.

- Låt form följa gestaltningens funktion.
- Med hjälp av multifunktionella lösningar tillåts en gestaltning att göra mer med färre komponenter.
- Genom att tillämpa tekniker inspirerade av naturen, kan materialeffektiviteten ökas.
- Anpassning till lokala förhållanden låter gestaltningar att förändra sig efter dynamiska förutsättningar.

MATERIAL

”Extracting and refining materials that are used for their structural or material properties and not as energy source, contributes significantly to a number of pollution- and resource-related impact categories...”

(UNEP 2010, s. 83)

Det föregående avsnittet behandlade hur organismer kan inspirera till innovativa och materialsnåla former, vilket är en metod att uppnå hållbarhet. I detta avsnitt redovisas biomimetiska metoder som behandlar hur material hanteras i naturen.

Urbanisering är idag ett pågående och globalt fenomen, som under de kommande decennierna beräknas att öka (FN 2011). Städer konsumerar stora mängder material och enligt William E. Rees, professor på University of British Columbia, står den byggda miljön för 40% av de material och en tredjedel av den energi som konsumeras i världen (Rees 1999, s. 205). Rees menar att för att nå en långsiktigt hållbar nivå behöver denna material- och energikonsumtion minska med 50% (Rees 1999, s. 205). Att tillämpa gröna byggnadstekniker ökar möjligheter att nå detta mål, men han påpekar samtidigt att de storkonsumerande välfärdsländerna kan behöva sänka sin materialkonsumtion med upp till 90%, innan en hållbar nivå nås (Rees 1999, s. 206). Rees menar att sådana drastiska förändringar är osannolika att realiseras

Bild 21. Koncept för takodling utvecklat för staden Liuzhou i Kina av arkitektkontoret William McDonough + Partners. William McDonough är medförfattare till boken Cradle to Cradle som förespråkar en materialhantering som imiterar naturens kretslopp. Gröna tak och urban odling är en tekniker som biomimiken företräkar.



utan en betydande ekologisk reform (Rees 1999, s. 206). Han och påpekar samtidigt att de verksamma inom den samhällsbyggande sektorn, till exempel landskapsarkitekter, har ett ansvar:

“Dessa grundläggande fakta understryker det faktum att stadsplanerare, arkitekter, skapare av byggmaterial, egentligen alla som är med och bygger samhället har en stor men ännu orealiserade roll att spela i förbättrandet av hållbarheten i våra städer under 2000-talet.”

(Rees 1999, s. 207)

En mer utbredd urbanisering innebär en högre grad av markexploatering och således även en ökande efterfråga på olika konstruktionsmaterial. Mängden material som produceras och konsumeras av den samhällsbyggande sektorn är mycket stor, vilket följdaktligen i dess miljöpåverkan. Enligt en rapport från Förenta Nationernas miljöprogram är materialtillverkning den största källan till resursutarmning och föroreningsproblem, efter fossila bränslen och jordbruk (UNEP 2010, s. 83).

SKILLNADER MELLAN MÄNSKLIG OCH NATURLIG MATERIALHANTERING

Det råder inga tvivel om att det existerar stora skillnader i hur människan jämfört med naturen hanterar och producerar material. Inom ett ekosystem cirkulerar material i ett kretslopp, understött av interagerande arter i komplexa nätverk. Människans relation till material och resurser har i grova drag präglats av exploatering med liten eftertanke på dess miljöpåverkan (Braungart & McDonough 2009, s. 27).

Heat, beat and treat - ett arv från industrialismen

Sedan den industriella revolutionen har våra materiella tillverkningsmetoder präglats av vad Benyus hänvisar till som *Heat, beat, and treat*-metoden, som står i stark kontrast till naturens egna metoder (Benyus 1997, s. 97). Genom energiintensiv brytning, krossning, smältning, förädling och formning skapas ett råmaterial som under fortsatta, ofta kemiska, behandlingar slutligen når sitt användningsområde (Pawlyn 2012, s. 35). Hanteringen är i sitt förlopp linjärt, där slutresultatet både är resursödslande och förorenande (Braungart & McDonough 2009, s. 165).

Ur ett historiskt perspektiv har material haft ett stort inflytande på mänskligheten, vilket återspeglas i namngivningen av olika epoker såsom stenålder, bronsålder och järnålder (Benyus 1997, s. 96). Benyus menar att vi med varje epok alltmer distanserat oss från naturen och de lärdomar som hittas där (Benyus 1997, s. 96). För att möta utmaningarna med en hållbar samhällsutveckling är det essentiellt att se över hur vi hanterar och tillverkar de samhällsbyggande materialen, och hur vi kan effektivisera vår användning utav dem (Braungart & McDonough 2009, ss. 43-44).

INDUSTRIELL REVOLUTION➡ EKOLOGISK REVOLUTION

Janine Benyus menar att den industriella revolutionens metoder är förlegade, och att människan bör blicka mot naturen för att finna inspiration till hur hållbara metoder kan utarbetas.



Bild 22. I dagbrottet Garzweiler I-II i västra Tyskland utvinns brunkol till kraftverk. Bilden visar de förödande effekter heat, beat and treat metoden kan ha på landskapet och miljön.

Vagga-till-vagga – en metod hämtad från naturen

I boken *Cradle to cradle: Remaking The Way We Make Things*, skriven av den amerikanske arkitekten William McDonough i samarbete med den tyske biologen Michael Braungart, redovisas en ny metod för materialhantering. Inspirationen är hämtad hos naturliga kretslopp, där material är i ett konstant omlopp i motsats till, vad författarna hänvisar till som, människans linjära materialhantering (Braungart & McDonough 2009, s. 112). Enligt författarna är dagens materialhantering mycket energi- och resurskrävande, och skapar dessutom stora mängder restprodukter som är svårnedbrytbara och förorenar planeten (Braungart & McDonough 2009, s. 112). Den linjära hanteringen innebär även att mängder av avfall skapas, när vi efter uttjänat syfte kasserar materialen på soptippar alternativt gräver ned eller bränner upp det (Pawlyn 2012, s. 36). Ett exempel är dagbrottet Garzweiler I-II, västra Tyskland, där brunkol bryts för förbränning i kraftverk. Området sträcker sig över 100 kvadratkilometer och beräknas vara färdigexploaterat år 2045 (RWE 2011). Garzweiler I-II är ett exempel på vad McDonough och Braungart kallar för *cradle-to-grave*, eller vagga-till-grav modellen; ett namn som symboliserar materialens linjäritet. Även om förekomsten av återvunna produkter är relativt utbredd, sker detta nästan alltid enligt en så kallad *downcycling*-princip, eller nedgraderingseffekt, som innebär att den återvunna produkten är av sämre kvalité och funktionalitet (Braungart & McDonough 2009, s. 56). Gradvis försämras kvalitén hos materialen allteftersom de återvinns, för att slutligen förlora sitt värde och kasseras.

Som boktiteln antyder förordar författarna en ny slags hanteringsmodell som de väljer att kalla *cradle-to-cradle*, eller vagga-till-vagga modellen. Enligt denna modell behålls alla material i ett slutet kretslopp, där nya produkter skapas av återvunna material utan att någon nedgraderingseffekt sker. Deras modell utgår ifrån en uppdelning av materialen i två separata kategorier: biologiska och tekniska. De biologiska materialen inkluderar organiska fibrer, såsom träprodukter och växtmaterial, och ska vara fullt nedbrytbara så att de efter sin livslängd kan återabsorberas av jorden. Metall- och mineralmaterial, såsom stål och betong, kategoriseras som tekniska material, och ska stanna i ett permanent omlopp efter att de brutits (Braungart & McDonough 2009, ss. 105-115). Det vill säga kunna återanvändas utan att en nedgraderingseffekt uppstår.

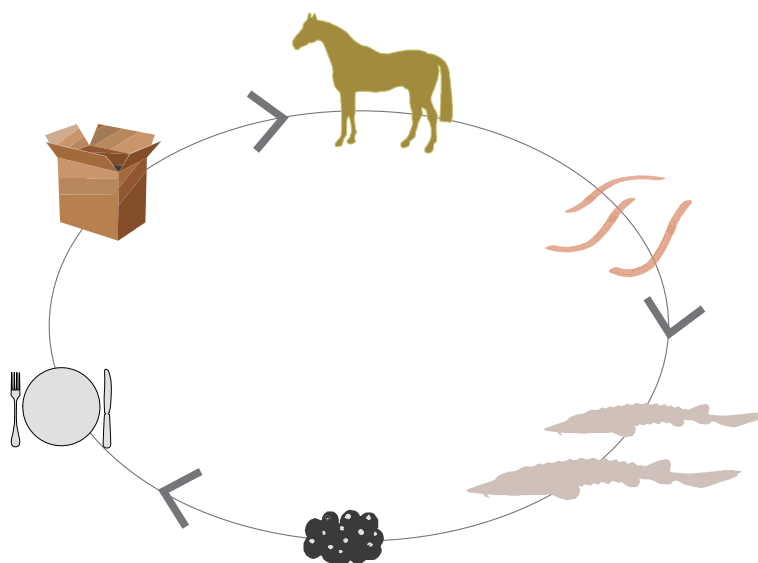


Figuren visar de uppdelningar utav material som McDonough och Braungart förespråkar, där biologiska och tekniska material separeras i olika livscyklar.

Detta kräver att landskapsarkitekter finner nya metoder för hur vi använder materialen, och att de hårda kemiska eller fysikaliska bindningar som ofta är integrerade i de tekniska materialens sammansättning kan brytas, så att materialet kan ingå i nya kompositioner.

FRÅN KARTONG TILL KAVIAR - ETT VAGGA TILL VAGGA EXEMPEL

Ett projekt som genom sin tillämpning av vagga-till-vagga metoden blivit en förebild för hållbar materialhantering är *The Able Project*, eller *The Cardboard to Caviar Project* som det är mer känt som. Projektet började som ett rehabiliteringsarbete för heroinmissbrukare i staden Kirklees and Calderdale i norra England och visar hur en linjär och oekonomisk materialhantering kan förvandlas till ett slutet cykliskt flöde (Pawlyn 2012, s. 56).



Från kartong till kaviar projektet uppvisar många likheter med hur naturen hanterar material och resurser. Genom att låta materialet ingå i ett cykliskt flödesschema med olika steg uppnås en metod som imiterar naturens kretsloppssystem.

Projektets första steg var insamling av gamla kartonger, från lokala restauranger, som sedan strimlades och såldes till ridskolor som strömaterial. Det använda och numer näringsrika strömaterialen återsamlades till en kompost, i vilken en maskodling anlades. Med maskarna som foder etablerades en fiskodling med Sibirisk stör, som producerade en fin kaviar. Denna såldes sedan tillbaks till restaurangerna. Med tiden utvecklades projektet ytterligare och sammanlänkades med frukt- och grönsaksodlingar och integrerades med närliggande industrier. Projektet har dessutom visat sig ha en anmärkningsvärd hög rehabiliteringsgrad för de inblandade missbrukarna, vilket kan anses bidra till de sociala och ekonomiska hållbarhetsaspekterna (Pawlyn 2012, s. 56).

The Able Projekt tillämpar flera av de naturprinciper som Benyus förespråkar (se s. 16). I det cykliska materialflödet används avfallet från en process som en resurs för en annan, vilket innebär att resursanvändningen är sparsam. Då lite avfall skapas och de metoder som används är miljövänliga, är föroreningen liten. Projektet samarbetar även med sin lokala omgivning och hämtar sina resurserna därifrån. Sammanfattningsvis visar exemplet att biomimik, förutom att tillämpas på fysiska produkter, även kan appliceras på hela processer.

ANVÄNDANDET AV LOKALA MATERIAL

Vikten av att använda sig av lokala material återkommer i den studerade litteraturen. Braungart och McDonough anser att hela idén kring hållbarhet utgår ifrån användandet av lokala material (Braungart & McDonough 2009, s. 125). Benyus menar att naturen *handlar lokalt*, och påpekar att organismer inte har möjlighet att importera material från exempelvis Hong Kong, utan använder de material som återfinns i den lokala omgivningen (Benyus 1997, s. 276). Fördelarna med att handla lokalt är flera. Den brittiske arkitekten Alan Ruff konstaterar att genom att välja lokala byggmaterial och att återvinna restprodukter kan energikonsumtionen inom landskapsarkitekturen minskas, vilket bistår att skapa ekologiskt hållbara landskap (Ruff 1982, s. 177). Genom att använda sin kunskap om platsen bygger biologiska organismer med det som återfinns lokalt, något som Pawlyn anser även bör tillämpas inom arkitekturen (Pawlyn 2012, s. 59). Förutom den energiödslande transporten är bristen på kontakten mellan producent och konsument en negativ effekt vid global materialhantering, då människor förlorar kontakten med materialets ursprung (Benyus 1997, s. 276).

En annan egenskap som kännetecknar biologiska organismer är att de använder de material som finns i lokalt överflöd (Pawlyn 2012, s. 58). Om ett material i ett ekosystem är outnyttjat kommer en organism att utveckla en nisch och börja använda materialet (Pawlyn 2012, s. 58). I människans fall är restprodukter och avfall ett överflödigt material som kan och bör användas i en större utsträckning (Pawlyn 2012, s. 58). Benyus är av samma åsikt och påpekar att *naturen ser begränsningar som möjligheter* (se s. 16).

Enligt Pawlyn finns det emellertid begränsningar i användandet av enbart lokala material (Pawlyn 2012, s. 59). Moderna och högteknologiska byggnadselement kan behöva tillverkas utanför det lokala området, på särskilda fabriker eller platser (Pawlyn 2012, s. 59). Han påpekar dock vikten av att i största möjliga utsträckning använda sig av lokalt anförskaffningsbara material, för att minska energiödslande transporter (Pawlyn 2012, s. 59).

VÄXTMATERIAL

Janine Benyus menar att vi bör se till hur ekosystemen fungerar när vi väljer växter, då ekosystem uppvisar effektivitet, stabilitet och är skötselfria (Benyus 1997, s. 37). Hon förespråkar en odlingsmetod som kallas *permakultur*, vilken kortfattat kan beskrivas som en skötselfri och vildlik odling inspirerad av naturens ekosystem, där balans uppnås genom interaktionen mellan arter. Exakt hur en permakultursodling anläggs är bortom ramen för detta arbete, men det finns gott om litteratur och experter med kunskap inom ämnet.

Benyus menar att människan bör spegla naturens mest produktiva och stabila växtsamhällen och utgå från dessa när vi skapar gröna ytor i urbana miljöer (Benyus 1997, s. 39). Genom att spegla naturens mest stabila och produktiva växtsamhällen, och sedan leva mitt bland dem, menar Benyus att människan kan medverka i dess skönhet, harmoni och jordbeskyddande produktivitet (1997, s. 39).

Att eftersträva en variation och heterogenitet hos växtmaterial är, inom den biomimetiska litteraturen, ett återkommande tema. Braungart och McDonough menar att källan till ett stabilt och livskraftigt ekosystem är en hög grad av biodiversitet (Braungart & McDonough 2009, s. 122). En hög biodiversitet innebär att fler produktiva funktioner utförs av ekosystemen (Braungart & McDonough 2009, s. 122). De menar även att ett ekosystems vitalitet är beroende av de artrelationer och utbyten av material och energi som sker med den lokala omgivningen (Braungart & McDonough 2009, s. 121).

Braungart och McDonough är av åsikten att lokalt växtmaterial bör användas då risken för en såkallad bioinvasion undviks (Braungart & McDonough 2009, s. 125), vilket även stärks av biomimikens generella regel om lokal materialanvändning. När växtmaterial överförs från en region till en annan, finns en risk att de icke lokala arter påverkar det sköra ekosystemet (Braungart & McDonough 2009, s. 125).

Pedersen Zari anser att, genom tillämpning av biomimiktekniker, urban vegetation har möjlighet att förse den lokala omgivningen med livsmedel (2010, s. 180). Hon föreslår tekniker som urbana skogar, vertikal växtlighet, gröna tak och permakultur för att åstadkomma detta. Flera av dessa tekniker tillämpas redan inom landskapsarkitektur, men det finns goda möjligheter att utveckla användningen ytterligare.

SAMMANFATTNING

Människans relation till material har präglats av den industriella revolutionen, vars metoder inom biomimiken anses vara förlegade. I naturen finner vi en förebild för hur material kan tillverkas och hanteras på ett vis som ur ett långsiktigt perspektiv är hållbart. Utifrån det presenterade resultatet kan några slutsatser dras:

- Välj material som kan ingå i ett vagga-till-vagga system.
 - Miljövänligt framställda biologiska material som kan brytas ned.
 - Miljövänligt framställda tekniska material som kan återanvändas utan nedgraderingseffekt.
 - Undvik vagga-till-grav modellen.
- Använd i största möjliga utsträckning lokala material.
- Se avfall eller restprodukter som en möjlighet och resurs.
- Använd lokalt växtmaterial och satsa på hög biodiversitet.
- Genom att implementera permakultursstrategier så undviks skötselintensiva och monokulturella planteringar.



Bild 23. I Wuhan, Kina, har arkitektfirman HOK ritat ett förslag till en ny stad, som tillämpar biomimikstrategier. Förslaget eftersträvar att imitera det lokala ekosystemen och understödja naturens kretslopp.

EKOSYSTEM

Begreppet ekosystem myntades 1936 av Arthur G. Tansley och innebär ett system som omfattar interaktionen mellan levande varelser och deras livsmiljö (Lyle 1985, s. 16). Även om begreppet ekosystem är relativt nytt har människan skapat och gestaltat ekosystem ända sedan jordbruket uppstod för 12 000 år sedan (Lyle 1985, s. 1). Under årtusenden har människan förändrat landskapet och därmed ekosystemen, utan förståelse för hur de naturliga processerna fungerar och hänger samman (Lyle 1985, s. 178).

Under de senaste 50 åren har människans påverkan på ekosystemen ökat dramatiskt, och aldrig tidigare har vi förändrat ekosystemen fortare och mer genomgripande än i dagsläget (Millennium Ecosystem Assessment (MEA) 2005, s. 1). En betydande orsak till människans degraderande effekter på ekosystemen är vårt växande behov av resurser, vilket har lett till stora och, i vissa fall, oåterkalleliga skador på biodiversiteten (MEA 2005 s. 1).

Peter Graham, doktor i arkitektur på UNSW universitetet i Australien, menar att samhällsbyggande överlag har en negativ effekt på ekosystemen (Graham 2003, s. 10). Detta beror till stor del på bygnadssektorns relation till naturen, där stora mängder resurser hämtas utan att de återgäldas (Graham 2003, s. 10). Graham menar att det är ett resultat av bygnadssektorns icke-ekologiska strukturer och en historisk brist på miljömedvetenhet (Graham 2003, s. 1).

ATT IMITERA EKOSYSTEM

Enligt Richard Hyde och Aroscha Gamage, professor respektive doktorand inom arkitektur på Sydney University, bör ekosystem beaktas som ideala modeller för hur den byggda miljön kan fungera ur ett ekologiskt perspektiv (Gamage & Hyde 2012, s. 225). Pedersen Zari och Storey är av en liknade åsikt och påpekar att biomimik på ekosystems nivå visar hur den byggda miljön kan fungera mer som ett system än som en uppsättning enskilda objekt (Pedersen Zari & Storey 2007, s. 2). De menar även att människan har möjlighet att göra värdefulla observationer av ekosystem, vilka kan hjälpa oss att interagera vår livsmiljö med de ekosystem vi är en del utav (Pedersen Zari & Storey 2007, s. 2).

Genom att studera naturens funktioner samt interaktionerna mellan organismer och deras levnadsmiljö, anser Gamage och Hyde att lösningar som kan översättas till den byggda miljön kan hittas (Gamage & Hyde 2012, s. 225). De påpekar att en effektiv materialanvändning samt tillämpning av biomimetiska formtekniker ger människan möjlighet att minimera arkitekturens negativa miljöpåverkan (Gamage & Hyde 2012, s. 226).

Inom landskapsarkitektur är imitationen av ekosystem en metod som visar hur urbana och naturliga processer kan existera i symbios (Lyle 1984, s. 187). Ett viktigt karaktärsdrag hos ekosystem är att de är sammankopplade, genom energi- och materialflöden, med omkringliggande ekosystem (Lyle 1985, s. 17). Matproduktion, djurliv, rekreation, bostäder, resursbevaring, vatten- och näringsåtervinning och visuell estetik länkas samman genom nätverk uppbyggda av interagerande processer (Lyle 1984, s. 187). Som landskapsarkitekt menar Lyle att det slutgiltiga målet med ekosystemsgestaltning bör vara att människans och naturens miljöer kopplas samman till en organisk enhet (Lyle 1984, s. 187).

SKILLNADER MELLAN NATURLIGA OCH MÄNSKLIGA SYSTEM

Den urbana miljön, med sin intensiva och aktivitetsfyllda karaktär, kan upplevas som isolerad från naturen och de processer som pågår där. De båda miljöerna har emellertid några fundamentala likheter; de är bägge beroende av de grundläggande processer som utförs av ekosystemen (Lyle, 1984, s. 4). Pedersen Zari och Storey menar det går att utläsa stora skillnader mellan hur mänskliga och naturliga system fungerar, även om människan onekligen är en del av de naturliga systemen (Pedersen Zari & Storey 2007, s. 2). Pawlyn sammanfattar de viktigaste skillnaderna som:

Naturliga system	Mänskliga system
<i>Komplexa</i>	- <i>Enkla</i>
<i>Slutet system av resurser</i>	- <i>Linjärt flöde av resurser</i>
<i>Symbiotiskt</i>	- <i>Monofunktionellt</i>
<i>Dynamisk</i>	- <i>Statisk</i>
<i>Inget avfall</i>	- <i>Avfallrikt</i>
<i>Inga toxiner</i>	- <i>Frekvent användande av toxiner</i>
<i>Distribuerat och varierat</i>	- <i>Centraliserat och monokulturellt</i>
<i>Solenergi</i>	- <i>Fossila bränslen</i>
<i>Återgivande</i>	- <i>Utvinnande</i>
<i>Lokala resurser</i>	- <i>Globala resurser</i>

Figur översatt och anpassad från Michael Pawlyn (2012, s. 54)



Bild 24. HOK:s utvecklingsplan för staden Lavasa i Indien utformades i samarbete med biometiker. Genom att studera de lokala ekosystemen, fick arkitekterna ett mål för de ekologiska funktioner den byggda miljön ska ersätta.

Pawlyn påpekar att det finns undantag från denna lista, men att skillnaderna generellt sett stämmer (Pawlyn 2012, s. 54). Som listan påvisar existerar alltså stora skillnader mellan hur de mänskliga och naturliga systemen fungerar. De naturliga systemens komplexitet gör imitation av ekosystem till en svår uppgift, men Lyle påpekar att det ändå är nödvändigt att skapa ekosystemsinspirerade miljöer, om hållbara lösningar eftersträvas (Lyle 1984, s. 179).

EKOSYSTEMENS PRINCIPER

Ekosystemens komplexa organisminteraktioner visar på ett inspirerande sätt hur urbana miljöer i framtiden kan utformas och integreras med omgivande ekosystem (Pedersen Zari 2010, s. 181). Genom att studera de strategier som hittas i ekosystem anser Pedersen Zari att arkitekter får tillgång till en framgångsrik förebild för hur den byggda miljön kan utformas (Pedersen Zari 2010, s. 177). Hon menar att fördelen med biomimik på ekosystemsnivå är att den kan kombineras med biomimik på de andra nivåerna; form och process (Pedersen Zari 2007, s. 7). Dessutom kan redan existerande hållbara tekniker, som i sig inte nödvändigtvis är biomimetiska, tillämpas inom en biomimetisk ekosystemsgestaltning (Pedersen Zari 2007, s. 7). Samtidigt påpekas att få egentliga exempel av biomimik på ekosystemsnivå har realiserats bortom en metaforisk estetik (Pedersen Zari & Storey 2007, s. 2). Detta kan förmodligen härledas till det faktum att ekosystemens uppbyggnad och processer är, som tidigare beskrivits, komplexa, vilket gör att de kan vara svåra att till fullo implementera i gestaltningar.

Pedersen Zari & Storey presenterar i artikeln *An ecosystem based biomimetic theory for a regenerative built environment* sex ekosystemprinciper som de anser ger en generaliserad bild över hur de flesta ekosystem fungerar (Pedersen Zari & Storey 2007, s. 3). Principerna är en summering av analyserad ekosystemslitteratur inom ekologi, biologi, industriell ekologi, ekologisk design samt biomimik och är avsedda att ge en interdisciplinär förståelse för hur

ekosystem fungerar (Pedersen Zari & Storey 2007, s. 2). De påpekar att principerna skall ses som utgångspunkter och inte exakta lagar för hur ekosystem fungerar (Pedersen Zari & Storey 2007, s. 3). Tanken är att principerna ska fungera som hjälpmedel vid utvecklandet av gestaltningsmetoder som gynnar en hållbar samhällsutveckling (Pedersen Zari & Storey 2007, s. 3).

1. Ekosystem är beroende av förnyelsebar energi

- *Solljus är källan till energi.*
- *Solljus fungerar som en mekanism som organiserar tid och rumslighet.*

All energi till jordens ekosystem kommer, bortsett från månens gravitationseffekter, från solen (Pedersen Zari & Storey 2010, s. 4). Solen fungerar även, hos exempelvis växter, som en rums- och tidsmekanism vilket innebär att växter följer solens rörelse och anpassar sig efter säsongerna (Pedersen Zari & Storey 2010, s. 4). Klimatfaktorer som vind och regn är också indirekt kopplade till solen.

2. Ekosystem optimerar systemet i stället för dess komponenter.

- Material är i ett cykliskt kretslopp och energi omvandlas effektivt .
- Material och energi används för flera funktioner.
- Form bestäms av funktion.

Ekosystem cirkulerar material via ett sammankopplat kretslopp, där avfall från en organism blir till näring för en annan (Pedersen Zari & Storey 2010, s. 4). Pedersen Zari och Storey menar att vi bör eftersträva multifunktionella lösningar, slutna materialkretslopp och effektiva energiflöden (Pedersen Zari & Storey 2010, s. 179). Jeremy Faludi, amerikansk forskare inom hållbar samhällsutveckling, följer samma tankebana och anser att man med få komponenter bör integrera många funktioner (Faludi 2005).

3. Ekosystem är anpassade till och beroende av de lokala förhållanden.

- Material anskaffas och används lokalt.
- Lokala resursöverflöd ses som möjligheter.

Denna princip innebär att den byggda miljön ska vara anpassad till sina lokala förhållanden, vilket sker genom en bred förståelse för platsens lokala egenskaper såsom ekologiska och kulturella sammanhang (Pedersen Zari & Storey 2010, s. 179). De material som används bör anförskaffas lokalt och restprodukter ses som unika möjligheter till gestaltning (Pedersen Zari 2010, s. 179).

4. Ekosystem uppvisar en bred diversitet av komponenter, relationer och information.

- Hög diversitet ökar motståndskraftighet.
- Relationer är komplicerade och fungerar i olika hierarkier.
- Ekosystem består av ömsesidigt beroende samarbeten.
- Komplexa system är självorganiserande och spridda.

Ekosystemens överlevnad baseras på en bred mångfald av arter, organismer, samarbeten, ömsesidiga beroende och informationsutbyten (Korhonen 2001, s. 255). Enligt Pedersen Zari och Storey bör relationerna mellan exempelvis byggnader eller komponenter i den byggda miljön beaktas (Pedersen & Storey 2010, s. 179). Informationsflöden ska berikas och medborgarmedverkan uppmuntras (Pedersen Zari 2010, s. 179).

5. Ekosystem skapar gynnsamma villkor för liv.

- Produktioner och funktioner är miljövänliga.
- Ekosystemen berikar biosfären.

Tillämpningen av denna princip leder till att den urbana miljön både producerar energi och resurser, samt berikar den biologiska mångfalden i staden (Pedersen Zari & Storey 2007, s. 6). Produktionen och funktionerna av den byggda miljön ska även vara miljömässigt godartade (Pedersen Zari 2010, s.179).

6. Ekosystem utvecklas och anpassas.

- Genom ett konstant flöde uppnås balans.
- Begränsningar ses som kreativa möjligheter.
- Ekosystem har förmåga att självläka.

Byggda miljöer ska, i likhet med ekosystem, vara mottagliga för förändringar som sker med tiden (Pedersen Zari & Storey 2007, s. 7). Pedersen Zari och Storey anser att detta kan åstadkommas genom tillämpning av metoder som gör gestaltningen flexibel inför olika framtidsscenarier (Pedersen Zari & Storey 2007, s. 7).

EKOSYSTEMENS TJÄNSTER

Ett alternativt tillvägagångssätt till ekosystemsimitation är att simulera de funktioner eller tjänster som ekosystem tillhandahåller människan. Detta innebär att, istället för att direkt imitera hur ett ekosystem fungerar, fokusera på de tjänster och produkter ett ekosystem tillhandahåller. Dessa innefattar en rad livsnödvändiga produkter som kallas ekosystemtjänster. Ekosystemtjänster definieras av The Economics of Ecosystems and Biodiversity som: "Ekosystemens direkta och indirekta bidrag till människors välbefinnande." (Naturvårdsverket 2012, s. 5).

Ekosystemtjänster inkluderar bland annat livsmedel, dricksvatten, klimatreglering samt fixering av solenergi och delas upp i fyra kategorier:

<i>Försörjande</i>	som livsmedel, dricksvatten, energi och fiberråvaror.
<i>Reglerande</i>	exempelvis pollinering och klimatreglering.
<i>Upprätthållande</i>	som jordartsbildning och fixering av solenergi.
<i>Kulturella</i>	exempelvis rekreation, hälsa och estetiska värden.

Pedersen Zari menar att imitationen av ekosystemtjänster bidrar till att minska de negativa effekterna på miljön samtidigt som de naturliga ekosystemen avlastas (Pedersen Zari 2010, s. 178). Exakt hur den urbana miljön kan imitera de naturliga ekosystemtjänsterna är en fråga som det forskas inom (Pedersen Zari 2010, s. 178). Tanken är emellertid att den urbana miljön ska fungera som ett system, som i likhet med ekosystemen producerar exempelvis livsmedel, energi, råmaterial, dricksvatten, ren luft och biotoper där arter kan samexistera med människan (Pedersen Zari 2010, s. 178).

Nedan följer en tabell som visar på olika typer av ekosystemtjänster och hur en urban miljö, med hjälp av existerande designtechniker, kan imitera dessa. De kulturella ekosystemtjänsterna



Bild 25. En översiktsplan för ett nytt bostadsområde kring Meixisjön i Wuhan, Kina av arkitektfirman HOK. Projektet är utvecklat med ekosystemsbiomimik och inrymmer flera av de presenterade designtechnikerna.

är inte med då de, enligt Pedersen Zari, redan i stor utsträckning tillgodoses av den urbana miljön (Pedersen Zari 2010, s. 178).

Janine Benyus anser att den byggda miljön bör utgå ifrån en plats ursprungliga ekologiska egenskaper, eller ekosystemtjänster, som ett mått för vad de byggda miljön bör åstadkomma

Ekosystemtjänst	Funktion	Designtechniker
<i>Försörjande</i>	Livsmedel, energi, råvaror och vatten etc.	• Gröna tak • Vertikal odling • Regnvattensamling • Solenergi
<i>Reglerande</i>	Regulera klimat Pollinering	• Gröna tak • Urbana skogar • Genomsläppliga markmaterial • Filtrering
<i>Upprätthållande</i>	Bidra till jordbildning och jord-näring Skapa habitat för djur och växtliv	• Kompostering • Vagga-till-vagga design • Återvinning och återanvändning • Ekodukter • Gröna kilar • Urban permakultur

Tabell anpassad och översatt från Pedersen Zari (2010, s. 180).

(2010). Den urbana miljön får genom sina byggnader, hårdgjorda och gröna ytor ersätta det naturliga ekosystemet som tidigare existerade på platsen innan exploatering, och ska då tillhandha samma grad av ekosystemtjänster som det ursprungliga ekosystemet (Benyus 2010). Pedersen Zari är av samma uppfattning och menar att imitationen av ekosystemtjänster ger designers tydliga ekologiska mål för vad ett projekt bör uppnå, om det ska integreras med existerande ekosystem och bidra, snarare än utarma, den ekologiska hälsan (Pedersen Zari 2010, s. 178).

SAMMANFATTNING

“Landscape architects may consult the genius of the place, but they do not expect the genius of the place to design it.”

(Iverson Nassauer 1995, s. 196)

Den urbana miljön anses i allt större utsträckning bära ett betydande ansvar för de globala miljöproblemen, där stora mängder avfall, material och energi förbrukas (Pedersen Zari 2010, s. 181). Stora förändringar behöver ske i hur den urbana miljön formas, bebos och underhålls för att undvika ytterligare skador på ekosystemen (Pedersen Zari 2010, s. 181). Att tolka och överföra ekosystemens komplexitet till en urban miljö är ingen entydig uppgift, men om den urbana miljön ska samverka med naturens processer krävs att gestaltningen, förutom det rent visuella, även beaktar de bakomliggande naturliga processer som pågår på platsen (Lyle 1984, s. 16).

Genom litteraturstudier framgår två olika metoder av biomimik på ekosystems nivå: imitation av ekosystemsstrategier och imitation av ekosystemtjänster.

Ekosystemsstrategier

- Använd solens ljus som energikälla
- Miljön ska kunna anpassa sig efter årstider och klimat.
- Se restprodukter som tillgångar att använda
- Utvidga systemets gränser och koppla samman energi- och material flöden med omkringliggande system
- Anpassa miljön till de lokala förhållandena och använd lokala material
- Systemet ska berika den biologiska och sociala mångfalden
- Systemet ska vara flexibelt och mottagligt för framtida förändringar
- Komponenter i systemet ska vara multifunktionella

Ekosystemtjänster

Med naturliga ekosystemtjänster som mått och genom användandet av nya och existerande tekniker utgår metoden från att platsen ska producera minst samma grad av ekosystemtjänster som det ursprungliga ekosystemet.



Bild 26. På torget Kardinaal Mercier i den belgiska staden Jette står dessa skugggivande metallträd, ritade av det belgiska arkitektkontoret Omgeving. Trots sin tydliga biomorfism, visar de på hur naturinspirerade former framgångsrikt kan implementeras i det urbana landskapet. Hade dessa skapelser haft förmågan att samla solenergi eller regnvatten hade de rört sig bortom en rent estetisk funktion och blivit biomimetiska, då de tillämpar funktioner liknande ett riktigt träd.

TILLÄMPNING

Tillämpningen av biomimik har inom arkitekturbranschen primärt rört husprojekt och att finna exempel på landskapsarkitektur där uttalade biomimikmetoder använts är svårt. Påståendet förstärks av Pedersen Zari och Storey som menar att endast få exempel av biomimik i den byggda miljön har rört sig bortom rent estetiska värden (Pedersen Zari & Storey 2007, s. 2). Detta avsnitt är menat att börja konkretisera biomimikens tillämpning inom landskapsarkitektur, genom att visa hur de principer och strategier som presenterats under resultatavsnittet kan tolkas och översättas. Som nämndes i teoridelen har biomorfism och naturinspiration varit utgångspunkten till arkitektoniska storverk och både Benyus (2010) och Knippers och Speck (2012, s. 1) anser att arkitekturbranschen rör sig mot en era där organisk form och rumslighet är i fokus. Samtidigt är efterfrågan på hållbara lösningar hög, vilket ger ett spännande underlag för att utforska hur biomimik kan appliceras inom landskapsarkitektur.

FORM

Utifrån den studerade litteraturen framstår de projekt som involverar biomimik på formnivå vara de mest uppmärksammade. En anledning till detta kan vara att projekt på formnivån har en högre visuell slagkraft än de på process- och ekosystemnivåerna, som tenderar att verka mer i det dolda. Formnivån anses vara en ytligare form av biomimik, jämfört med process- och systemnivåerna (Boks & Volstad 2011, s. 192), men i målet att skapa ett initialt intresse för biomimik och hållbarhetsfrågor, anser jag att formnivå har goda möjligheter att bidra till detta. Tillämpning av biomimik på formnivå innebär även att gestaltungsprocessen ändras, vilket öppnar upp för att nya och spännande formspråk föds, som förutom att bidra till en hållbar samhällsutveckling även kan tillföra estetiska kvalitéer till den urbana rumsligheten.

I resultatdelen framgick att naturen tillämpar flera framgångrika strategier och tekniker för formgivning, varav flera skulle kunna översättas till landskapsarkitektur. Nedan följer idéer hur strategierna kan tolkas och tillämpas.

Inom biomimiken står de funktionella egenskaperna hos en form i fokus, en strategi som har goda möjligheter att appliceras inom, exempelvis urbana gestaltningar. Konceptet är inte nytt och har bland annat tagit sig i uttryck genom funktionalismen, där idén att den tilltänkta funktionen skulle styra formgivningen, utan tankar på estetik var central. Inom landskapsarkitektur är denna strategi högst tillämpningsbar och ger gestaltningar möjlighet att maximera de funktioner de ska tillhandahålla. Att låta form följa funktion kan fungera som vägledning i gestaltningar i olika skalor, från mindre och enskilda objekt som belysningsarmaturer, till helhetskoncept för platser. Exempelvis bör en sittmöbel gestaltad efter denna strategi ha just ett bekvämt och välfungerande sittande som mål. Grundtanken är att om de funktionella egenskaperna maximeras, leder det till att gestaltningens hållbarhet ökar.

Förutom att ha funktionen i åtanke, förespråkar även biomimiken multifunktionella lösningar, då de möjliggör att fler funktioner kan utföras med färre komponenter. Sadahisa Kato och Jack Ahern, forskare på University of Massachusetts, menar att genom tillämpning av multifunktionella gestaltningar kan bidra till att öka hållbarheten hos ett landskap (Kato & Ahern 2009, s. 1). Strategin är applicerbar i olika skalor, och kan låta mindre komponenter ha fler än en funktion, exempelvis skulle en sittmöbel även samla solenergi till belysning. I en större skala kan hela platser gestaltas efter konceptet om multifunktionella lösningar. Detta kan innebära att ett offentligt rum ändrar sin form efter de funktioner som behövs, exempelvis att ett gaturum kvällstid blir till en bilfri yta där marknader, evenemang eller andra aktivitetsfunktioner kan äga rum. Förutom att bidra med flera aktivitetsfunktioner finns även möjligheten att, i olika skalor, bidra med ekosystemtjänster.

Som tidigare beskrivits uppvisar naturen en mängd olika inspirerande materialeffektiva formtekniker, där grundregeln lyder: mer design, mindre material. Under resultatavsnittet presenterades en rad av dessa tekniker, som har goda tillämpningsmöjligheter inom landskapsarkitektur. Hur skulle till exempel ett vindskydd tänkas se ut, gestaltad efter samma principer som ett skelett tillämpar? Eller väghinder som genom pneumatisk teknik blåses upp nattetid för att låta ett offentligt rum att ändra sin funktion? Tillämpningsområdena är breda och i dagsläget är det endast fantasin som sätter gränser för vad biomimiken i framtiden kan tänkas åstadkomma.



Bild 27. På en kaj i Västerås står detta vindskydd på skenor av konstnären Carsten Höller, som går att anpassa efter de lokala väderförändringarna.

Organismer anpassar sig efter de lokala förutsättningarna, både ur ett längre och kortare tidsperspektiv. Ur ett längre perspektiv innebär detta att en plats ska vara väl förankrad och gestaltad efter de lokala förutsättningarna, samt ha en viss flexibilitet, då platsens förutsättningar kan komma att förändras i framtiden. I den kortare tidsaspekten bör gestaltningen ta hänsyn till och kunna anpassa sig efter dynamiska faktorer såsom väder, vind och säsongbetingelser. Inom landskapsarkitektur har det redan experimenterats med anpassningsbara element, till exempel i Västerås där ett vindskydd av konstnären Carsten Höller på skenor tillåter användare att flytta på det, så att det skyddar mot de vindar som blåser på platsen tillfället.

Janine Benyus anser att naturen, trots att dess huvudsakliga fokus ligger på funktionalitet, även är vacker (Benyus 1997, s. 292). Inom biomimik kan detta tolkas som att en gestaltning som tillämpar biomimik även bör se till de estetiska värdena. Samtidigt uppstår en risk vid imitation av naturliga former att gestaltningen blir mer biomorf, än biomimetisk, och alltså fokuserar på en yttligare form av imitation. Pawlyn påpekar emellertid att det kan uppstå en gråzon, mellan vad som är genuin biomimik och vad som tangerar att klassas som biomorfism (Pawlyn 2012, s. 2). Samtidigt menar han att biomorfism inte ska avfärdas att enbart ha ett symboliskt värde, då biomorfism kan samspela med biomimik för att ge en gestaltning ytterligare dimensioner, genom att förmedla en känsla av naturnärhet och hållbarhet (Pawlyn 2012, s. 2).

MATERIAL

Resultatavsnittet visade att människans relation till material är starkt präglad av den industriella revolutionen, vilket den fortsatt att vara. Dagens förhållningssätt till planetens resurser är ohållbar och en förändring i hur vi ser på material och resurser behöver ske. Det framgick även att den samhällsbyggande sektor, som landskapsarkitekter är en del

av, konsumerar stora mängder material i olika former, vilket följdaktligen innebär att de materialval vi gör får konsekvenser för miljön.

Naturen är en rik källa på inspirerande metoder för att på ett hållbart vis tillverka och hantera material. Dessutom går det att som landskapsarkitekt planera in gestaltungsmoment som bidrar till en lokala och cykliska flöden. Nedan sammanfattas hur landskaparkitekter kan implementera biomimetiska tankesätt gällande material i sina gestaltningar.

Materialval

Enligt Braungart och McDonough bör material väljas med insikt om dess effekter på både den lokala och globala nivån (Braungart & McDonough 2009, s. 125). Som landskapsarkitekt har man möjlighet att välja material som tillverkats och hanterats ansvarsfullt och som följer naturinspirerade flöden som vagga-till-vagga, där biologiska material som träprodukter kan återgå till det naturliga kretsloppet och tekniska material som metaller och mineraler återvinns utan nedgraderingseffekt. Genom att använda sig utav lokala material, vare sig det handlar om granit, träprodukter eller växtmaterial följer man naturens strategi om att *handla lokalt* och undviker energiödslande transporter.

Som Benyus påpekar ses avfall eller överblivet material som en tillgång i naturen (Benyus 1997, s. 254). En tolkning av denna princip är att i största möjliga mån återanvända material. Vid gestaltning finns goda möjligheter att se till platsens förutsättningar och tillgångar, och om möjligt återanvända material som redan finns på platsen.

Inom landskapsarkitektur är material, förutom en byggnadskomponent, även en förmedlare av budskap (Schröder 2005, s. 49). Genom att använda material skickas signaler, både till platsens användare och industrisektorn, om de värden som kommuniceras via materialen. Här finns goda möjligheter för landskapsarkitekter att sätta press på industrierna genom sina materialval, och på så vis snabba på evolutionen mot en mer ekologisk och naturinspirerad industri.

Shanghai Houtan Park, belägen i Shanghai i Kina, är ett exempel som uppvisar flera av de föreslagna naturinspirerade lösningarna. Parken fungerar likt en levande organism och innefattar flera regenerativa funktioner som rening av förorenat flodvatten, dämpning av översvämningsrisk, skapning av habitat och biodiversitet samtidigt som den har sociala och estetiska funktioner (Rottle & Lacson 2011). Vid anläggningen återanvändes över 37 ton stål och 34 000 tegelstenar som funnits på platsen, och de drygt 5 kilometer långa trädäckspromenaderna som leder besökare genom delar av parken är konstruerade av fullt nedbrytbart bambuträ (Rottle & Lacson 2011).

Lokala materialflöden

Förutom att välja material utifrån biomimetiska strategier finns det möjlighet att i en gestaltning planera in element som understödjer lokala materialflöden. Genom att tillämpa naturinspirerade strategier om lokala cykliska flöden menar Pedersen Zari att den urbana miljön bättre kan sammanlänkas med de naturliga ekosystemen, vilket bidrar till att en regenerativ effekt uppnås, snarare än en degenerativ (Pedersen Zari 2010, s. 181). Inom landskapsarkitektur känns flera av dessa tekniker igen och tillämpas redan med syftet att öka gestaltningens ekologiska hållbarhet, exempel är gröna tak och lokal dagvattenhantering. Då branschen rör sig alltmer mot hållbara lösningar finns det goda möjligheter att utveckla användandet av gröna tekniker inspirerade av naturen.



Bild 28. The Shanghai Houtan Park av kinesiska arkitektkontoret Turenscape är gestaltad som en levande organism och tillämpar flera tankar från biomimiken.

Ett exempel kan hämtas från det ovanstående exemplet, Shanghai Houtan Park, där 2,4 miljoner liter vatten renas varje dag med hjälp av biologiska processer som fungerar med renande växter (Rottle & Lacson 2011). Ett annat projekt finns i den amerikanska staden Seattle, där en urban matskog planeras under namnet The Beacon Food Project i ett stadsnära läge (Morgan 2012). Projektet imiterar en skogs ekosystem och tillämpar permakultur och avser att, förutom att bistå en större mängd människor med lokalt producerade matvaror, även rehabilitera ekosystemet (Morgan 2012). Ett liknande projekt på svensk mark är Matparken i Gottsunda, strax utanför centrala Uppsala, som sedan 2010 framgångsrikt försett de lokala invånarna med grönsaker.

EKOSYSTEM

Ekosystem anses vara den mest omfattande av de tre nivåerna inom biomimiken, då ett ekosystem inkluderar alla de biologiska processer och funktioner som sker i naturen. Detta innebär att det är svårt att precist imitera ett helt ekosystem och översätta detta till exempelvis en urban miljö. Ett mer framgångsrikt koncept är att, inom ramen för landskapsarkitektur, imitera strategier och tjänster hämtade från ekosystemen. Under resultatdelen framkom att det ur biomimiklitteraturen går att utläsa två olika metoder av ekosystemsimitation; imitation av de strategier ekosystem tillämpar samt imitationen av ekosystemtjänster. Nedan presenteras en analys över hur dessa två metoder kan appliceras inom ramen för landskapsarkitektur.

Ekosystemsstrategier

All energi som används i ett ekosystem kommer ifrån solen, och är således förnyelsebar. På samma vis ska då den energi som används i en gestaltning komma ifrån solen, alternativt komma från en annan miljövänlig källa av förnyelsebar energi, till exempel vindkraft.



Bild 29. Under markbeläggningen på Stora torget i Uppsala leds spillvärme från ett badhus, vilket skapar en is- och snöfria vintertid. Exemplet visar på hur den offentliga miljön och byggnader kan sammankopplas och fungera mer som en system.

Genom att föreslå solceller för att driva belysning och andra energidrivna funktioner inom gestaltningen öppnas för möjligheten att platsen blir självförsörjande på energi. Att uppmuntra energisnåla transportsmedel som cykel- och gångtrafik är ett annat sätt att uppnå en hållbar energiförbrukning.

Ett ekosystem optimerar hela systemet, snarare än enskilda komponenter, är en strategi som Pedersen Zari och Storey menar kan översättas till den mänskliga kontexten genom tillämpning av multifunktionella lösningar, slutna materialkretslopp och effektiva energiflöden (Pedersen Zari & Storey 2010, s. 179). Inom den urbana miljön finns det goda möjligheter att genom interdisciplinära samarbeten skapa närmare kopplingar mellan byggnader och den omgivande miljön. Ett exempel hittas i Uppsala där spillvärme från ett närliggande badhus leds till Stora torget via värmeslingor under markbeläggningen och till uppvärmda sittbänkar (von Fábry-Eichne 2008). Värmen skapar en is- och snöfri markbeläggning samt behagliga sittmöjligheter på vintern. Detta visar både hur effektiva energiflöden och multifunktionella lösningar kan appliceras i en urban situation.

I naturen är *ekosystemen anpassade till och beroende av de lokala förhållandena*. Under form- och materialavsnitten visades hur anpassning till den lokala miljön kan åstadkommas. Det krävs även en förståelse för kulturella, sociala och ekonomiska aspekter för att platsen ska bli välförankrad i den lokala omgivningen.

Ekosystem uppvisar en bred diversitet, både när det gäller komponenter, relationer och informationsutbyten. Pedersen Zari menar att medborgarsamverkan är en metod att närma sig ekosystemens rika informationsutbyten. Socialt kan denna strategi tolkas att heterogena grupper av människor skapar ett stabilt system, vilket innebär att exempelvis blandade upplåtelseformer bör eftersträvas i ett planeringsskede. En bred diversitet bör även representeras i form av växtmaterial, då detta skapar stabila biologiska system. Genom att i planeringsprocessen låta interdisciplinära arbetsgrupper samarbeta, ökar även möjligheterna

att olika delar i den urbana miljön kan kopplas samman vilket bidrar till att skapa ett stabilare system.

I ett ekosystem skapas *villkor som är gynnsamma för livet*, vilket innebär att en gestaltning ska vara miljömässigt godartad och berika biosfären. Tolkningen av denna strategi kan ses som övergripande och handlar om att ständigt förhålla sig till naturen vid gestaltning, och vilka konsekvenser de val man gör har på miljön.

För att skapa ett hållbart och stabilt samhälle krävs även att det är byggt så att det klarar av att *utvecklas och anpassas för framtida scenarier*, liksom ett ekosystem. Detta innebär att man redan i planeringsskedet är insatt i olika framtidsscenarier som befolkningstillväxt eller klimatförändringar och på så vis tillåter en viss flexibilitet.

Ekosystemtjänster

Ekosystemtjänster vitala för människans och jordens hälsa och den urbana miljö har överlag en negativ inverkan på dem. I resultatavsnittet presenterades en rad olika designtechniker, föreslagna av Pedersen Zari, som kan appliceras i en urban miljö för att komplettera och understödja de naturliga ekosystemtjänsterna. En tydlig fördel med att imitera ekosystemtjänster är, som Pedersen Zari påpekat, att flera redan existerande designtechniker kan tillämpas vilket innebär att goda resultat kan erhållas utan krav på vidare forskning inom ämnet (Pedersen Zari 2007, s. 7).

Flera av de föreslagna teknikerna som understödjer produktionen av ekosystemtjänster används redan frekvent inom branschen, men kanske utan insikt i exakt hur de bistår de naturliga ekosystemen.

Genom att arbeta i interdisciplinära grupper med biologer och ekologer har landskapsarkitekter möjlighet att odla en djupare förståelse för hur naturliga ekosystem kan bistås och avlastas med hjälp av olika gröna tekniker samt vilka typ av ekosystemtjänster som bör satsas på, om det ska vara försörjande, regulerande eller upprätthållande, då detta sannolikhet varierar från projekt till projekt. Att generiskt implementera "gröna tekniker" utan att ha undersökt platsens behov bör undvikas.

- *Vertikal odling*
- *Regnvattensamling*
- *Solenergi*
- *Gröna tak*
- *Urbana skogar*
- *Genomsläppliga
markmaterial*
- *Filtrering*
- *Kompostering*
- *Vagga-till-vagga design*
- *Återvinning och
återanvändning*
- *Ekodukter*
- *Gröna kilar*
- *Urban permakultur*

Exempel på designtechniker som imiterar naturliga ekosystemtjänster.



Bild 30. Rogers Environmental Studies Magnet School i Stamford USA. Campuset är ritat av det amerikanska arkitektkontoret Mikyoung Kim och omfattar ett brett spektra av ekosysteminspirerade funktioner som lokal dagvattenhantering som renas genom biologiska processer, gröna tak och förnyelsebar energi.

DISKUSSION

Syftet med arbetet var att undersöka biomimikens möjliga tillämpningar inom landskapsarkitektur, med det slutgiltiga målet att gynna en hållbar samhällsutveckling. Med vägledning av uppsatsen huvudfråga har biomimiken studerats utifrån perspektivet av en landskapsarkitekt. Resultatet uppfyller syftet och visar att biomimik har goda möjligheter att bli ett värdefullt verktyg i landskapsarkitektens arbetsprocess, särskilt i projekt där gestaltningens hållbarhet är i fokus. Uppsatsen visar även att biomimik i dagsläget ej bör betraktas som en fullständig arbetsmetod, men som ett viktigt och värdefullt komplement till landskapsarkitektens övriga arbetsmetoder.

METOD

Arbetsprocessen inleddes med litteratursökningar, som genomfördes via olika sökmotorer. Genom att använda sig av en rad olika söktjänster, breddades informationsinsamlingen, vilket var nödvändigt då det i ett tidigt skede visade sig att lite information om biomimik inom landskapsarkitektur fanns att tillgå. Den följande litteraturstudien innefattade både artiklar av biomimikförespråkare samt andra källor, med målet att ge en nyanserad bild över dagssituationen gällande hållbarhetsbehovet.

Innan resultatet presenterades kändes det viktigt med ett inledande teoriavsnitt, där läsaren fick en grundläggande inblick i biomimikens teori och bakgrund. Teorin visade att flera författare till den studerade litteraturen hade olika uppfattningar om vad biomimik egentligen innebär, vilket medgav att de teorier som ansågs vara mest relevanta för arbetet sammanställdes.

Ett beslut att kategorisera resultatet i tre delar togs i ett tidigt skede. Anledningen till detta grundade sig en vision att tydliggöra och strukturera resultatet, då informationen samlades från ett stort antal källor. Kategoriseringen utgick från biomimikens tre nivåer av imitation: form, process och ekosystem, och var även tänkt att visa hur de tre nivåerna av biomimik kunde tolkas och tillämpas inom landskapsarkitektur. Då en tydlig majoritet av den studerade litteraturen behandlade biomimik utifrån andra yrkesgruppers perspektiv, som byggnadsarkitektur eller industridesign, krävdes att en tolknings- och översättningsprocess utfördes under arbetsprocessen. Detta så att informationen kunde sättas i perspektivet av en landskapsarkitekt. Denna process fortgick parallellt med skrivandet, då den insamlade informationen sällades och det som ansågs kunna ha relevans inom landskapsarkitektur analyserades.

Med avsikt att konkretisera och ge exempel på hur den information som presenterats under resultatet kan tillämpas, togs beslutet att även ha en analysdel. Genom att ge praktiska exempel på hur naturens strategier och principer kan tolkas och tillämpas i en gestaltungsprocess, är analysdelen menad att fungera som en inspirationskälla för läsaren.

Metoden har överlag fungerat bra och lyckats ge arbetet en god och översiktlig insyn i biomimikens tillämpningsmöjligheter inom landskapsarkitektur. Att ha kompletterat med intervjuer av biomimikkunniga hade gett arbetet ytterligare ett djup, och även varit hjälpsamt i tolkningen av biomimikens, ibland otydliga, teori. Arbetets uppdelning, baserad på biomimikens nivåer, medgjorde att problematik rörande hur informationen skulle kategoriseras stundtals uppstod. Då landskapsarkitektur är ett mångfasetterat yrke kunde kategoriseringen av form, material och ekosystem ibland verka begränsande. Men då



Bild 31. Masterplanen för Världutställningen i Dubai 2020 är framtagen av arkitektkontoret HOK, som är kända för sitt samarbete med Janine Benyus och The Biomimicry Guild. Världsutställningar rankas som en av de största globala tillställningar i klass med de Olympiska spelen och fotbolls-vm.

biomimik till stor del rör den ekologiska aspekten av en hållbar samhällsutveckling, kändes kategoriseringen ändå relevant och fungerande.

RESULTAT

Resultatet pekar mot att det finns svårigheter att enbart arbeta med biomimik som metod i rollen av en gestaltande landskapsarkitekt. Liknande åsikter går att utläsa från flera av författarna till den studerade litteraturen, där avsaknaden av tydliga definitioner av tillvägagångssätt lyfts fram. Landskapsarkitektens yrkesroll är mångfasetterad och fodrar förståelse för såväl estetiska, ekologiska och sociala faktorer. Detta innebär att en rad olika arbetsverktyg ofta behöver tillämpas för att framgångsrikt lyckas med komplexa gestaltungsoppgifter som stadsrum. Arbetet visar att biomimik har god potential att bli ett viktigt och värdefullt komplement till landskapsarkitektens övriga verktyg, speciellt i syftet att skapa ekologiskt hållbara lösningar.

Utifrån litteraturstudierna förefaller de flesta fall av biomimik utgå från imitation av enskilda organismer. Denna metod av biomimik har visat sig framgångsrik inom exempelvis materialutveckling men är, enligt mig, ett alltför begränsande koncept inom ramen av landskapsarkitektur. Möjligtvis kan denna typ av imitation fungera i utvecklingen av produkter som kan användas inom landskapsarkitektur, som nya markmaterial eller belysningsarmaturer. Som gestaltande landskapsarkitekt bör man istället fokusera på de mer övergripande strategier och principer som naturen tillämpar. Genom att låta naturen vägleda och visa oss hur den har löst olika problem, fås en inspirerande insikt i problemlösning och hållbar utveckling.

Det finns en risk att resultatet kan uppfattas som allmängiltigt, då de principer och lärdomar som hämtas från naturen, i renodlad form, handlar om grundläggande hållbarhetskoncept. Användandet av lokala material, implementeringen av cykliska kretsloppsflöden och tillämpningen av grön teknik är ingenting nytt inom landskapsarkitektur, utan har länge



Bild 32. Visualisering av ett gaturum belagd med Solar roadways markmaterial. Genom den inbyggda LED-belysningen ges möjligheten att förändra platsens funktioner.

förespråkats. Dessa hållbarhetskoncept tillämpas ofta sporadiskt eller med avsikt att verka säljande, utan efterforskning på deras egentliga miljöeffekter eller samarbeten med naturliga ekosystem. De kan naturligtvis minska gestaltningens negativa miljöpåverkan, men för att uppnå en verklig hållbar samhällsutveckling krävs att man går ett steg längre. Genom att tillämpa biomimik ges möjligheten att gestaltningar fungerar mer som organiska enheter, än som enskilda objekt. En sådan förändring kräver en djupare förståelse för naturen samt hur vi som människor kan inspireras av den. Först då kan gestaltningars helhet ha en regenerativ miljöeffekt, snarare än en negativ.

BIOMIMIK OCH FRAMTIDEN

Efterfrågan på hållbara lösningar inom landskapsarkitektur kan i framtiden förväntas att öka, i takt med att urbanisering och befolkningstillväxten tilltar. Detta skapar ett gott underlag för biomimiken, att inom de kommande åren, få ett större genomslag. Samtidigt pågår ny forskning inom biomimik, som ju är en relativt ny vetenskap, vilket leder till nya tekniker och innovationer, vars tillämpningar inom landskapsarkitektur kan komma att bli aktuell. De utvecklas även nya tekniker som i sig inte klassas som biomimetiska, men som kan implementeras i en gestaltning vars helhet är menad att fungera som ett naturligt system. I USA har exempelvis ett företag vid namn Solar Roadways utvecklat ett markmaterial med inbyggda solceller och LED-belysning, som kan användas till alla slags hårdgjorda ytor såsom gator, gångvägar och torg. En sådan teknik skulle fungera väl i samarbete med andra tekniker, för att skapa en biomimetisk gestaltning.

Användningen av digitala gestaltungs- och tillverkningsprocesser, som 3D-skrivare, kommer i framtiden med största sannolikhet att öka. Detta kan komma revolutionera de former vi i dagsläget kan åstadkomma och ge möjlighet att skapa nya, materialsnåla och naturinspirerade former. Detta skapar ett spännande underlag för biomimikens tillämpningar i gestaltning av enskilda objekt, som exempelvis möbler.

Inom biomimiken förespråkas att gestaltningar, såsom torg eller parker, bör beaktas som system, vars kopplingar med omkringliggande system och ekosystem är viktiga i målet att uppnå hållbarhet. Detta är ett mycket angeläget synsätt som jag tror, och hoppas, kommer bli allt vanligare i framtiden. För att kunna uppnå detta krävs att interdisciplinära samarbeten, redan i tidiga skeden, blir vanligare. Kommunikationen mellan arkitekter, landskapsarkitekter och ekologer behöver stärkas. Först då kan staden börja fungera som en organisk enhet, där kopplingarna mellan byggnader, offentliga miljöer och ekosystem samarbetar mot ett mer hållbart samhälle.

SLUTORD

Processen med att skriva detta arbete har varit spännande och lärorik. Trots att det stundtals varit kämpigt, har arbetet lett till en förståelse för vikten av en hållbar samhällsutveckling. Arbetet har visat mig hur naturen är en fantastisk inspirationskälla till hållbara lösningar, något jag kommer dra nytta av och ta med mig ut i arbetslivet. Då hållbarhet blivit alltmer efterfrågat, och numer närmast ett krav i moderna projekt, tror jag biomimik som metod kommer bli alltmer populär.

Jag hoppas att detta arbete gett en viss klarhet kring hur biomimik kan tillämpas inom landskapsarkitektur, och även att det kan fungera som en språngbräda för kommande arbeten inom samma ämne.



“Making a great effort of optimism, we can easily imagine that if any architect of the 21st century is to be remembered as great, it will almost certainly be in the field of landscape”

Luca Molinari, italiensk arkitekt och skribent (Pozzi 2011, s. 7)

REFERENSER

Ali El-Zeiny, R. (2012). Biomimicry as a Problem Solving Methodology in Interior Architecture. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 50, ss. 502 – 512.

Andersson, L. (2000). *Naturen och människan*. 6. ed. Uppsala: Hallgren & Fallgren Studieförlag AB.

Bensaude-Vincent, B., Arribart, H., Bouligand, Y., Sanchez, C. (2002). Chemists and the school of nature. *New Journal of Chemistry*, vol. 26 [Elektronisk].
<http://pubs.rsc.org/en/content/articlepdf/2002/nj/b108504m> [2013-02-26]

Benuys, J. (1997). *Biomimicry – Innovation Inspired by Nature*. New York: HarperCollins Publisher Inc.

Benyus, J. (2010). *Biomimicry in the Built World: Consulting Nature as Model, Measure, and Mentor* [video]. Berkeley: University of California.
<http://www.youtube.com/watch?v=yVHtAjQoWmg> [2014-01-7]

Benyus, J. (2013). *Janine Benyus at the Circular Economy 100 Annual Summit* [video].
<http://www.youtube.com/watch?v=EheyNp163ig#t=10> [2014-02-22]

Boks, V. & Volstad, N.L. (2011). On the use of Biomimicry as a Useful Tool for the Industrial Designer. *Sustainable Development*, vol. 20, ss. 189-199

Bolden, J. Buck, J. Vedishcheva, A. (2012). NASA, Roscosmos Assign Veteran Crew to Yearlong Space Station Mission. *NASA News Releases*, vol. 12-406 [Elektronisk].
http://www.nasa.gov/home/hqnews/2012/nov/HQ_12-406_ISS_1-Year_Crew.html [2013-03-04]

Braungart, M. & McDonough, W. (2009). *Cradle to cradle: Remaking the way we make things*. London: Vintage

Dubé, R., L. (1997). *Natural Pattern Forms: A Practical Sourcebook for Landscape Design*. New York: Van Nostrand Reinhold Staff

Dukes, J. (2003). *Burning Buried Sunshine: Human Consumption Of Ancient Solar Energy* [Elektronisk]. Salt Lake City: University of Utah.
http://globalecology.stanford.edu/DGE/Dukes/Dukes_ClimChange1.pdf [2013-03-07]

Faludi, J. (2005). Biomimicry For Green Design (A How To). *Worldchanging Newsletter*. San Francisco: Architecture for Humanity.
<http://www.worldchanging.com/archives/003680.html> [2013-03-11]

FN – Förenta Nationerna. (2011). *World Urbanization Prospects: The 2011 Revision* [Elektronisk]. <http://esa.un.org/unup/CD-ROM/Urban-Rural-Population.htm> [2013-03-13]

Förenta Nationerna (United Nations Department of Economic and Social Affairs/Population Division). (2011). *World Urbanization Prospects: The 2011 Revision*. New York: Förenta Nationerna

Gamage, A. & Hyde, R. (2012). A model based on Biomimicry to enhance ecologically sustainable design. *Architectural Science Review*, 55:3, 224-235, DOI: 10.1080/00038628.2012.709406

Gardens by the Bay. (2013). *Supertree Grove*.
<http://www.gardensbythebay.com.sg/en/the-gardens/attractions/supertree-grove.html#!/overview> [2014-05-26]

Graham, P. (2003). *Building ecology – first principles for a sustainable built environment*. Oxford: Blackwell Publishing. [Elektronisk]
<http://books.google.se/books?id=zyCHMQQifTwC&pg=PA228&lpg=PA228&dq=peter+graham+2002+building+ecology&source=bl&ots=OCoavgGyHB&sig=uCk-ijDYh-PXBN-kuDiuJ-8LXL6w&hl=en&sa=X&ei=-P13UpfRLciN4wSR4YH-gAw&sqi=2&ved=0CEsQ6AEwAw#v=onepage&q&f=false> [2013-09-04]

Gunne, N. (2012). Från organism till arkitektur. *Arkitekten*, vol. 5.

Iverson Nassauer, J. (1995). Messy Ecosystems, Orderly Frames. I Swaffield, S. (red.) *Theory in Landscape Architecture*. Philadelphia: University of Pennsylvania Press, ss. 196-206.

Julian F. V., V., Olga, A., Bogatyreva, N., R., Bogatyrev, N., R., Bowyer, A. & Pahl, A-K. (2006). Biomimetics: its practice and theory. *J. R. Soc. Interface* 2006, vol. 3, ss. 471-482. [Elektronisk].
<http://rsif.royalsocietypublishing.org/content/3/9/471.full.pdf+html> [2013-09-15]

Kato, S. & Ahern, A. (2009). *Multifunctional landscapes as a basis for sustainable landscape development*. Departement of Landscape Architecture and Regional Planning. Amherst: University of Massachusetts

Kimpian, J. (2001). *Pneumatrix - The architecture of pneumatic structures in the digital world*. Diss. Royal College of Art. London.

Knippers, J & Speck, T. (2012). Design and construction principles in nature and architecture. *Bioinspiration & Biomimetics* vol. 7 [Elektronisk].
<http://stacks.iop.org/BB/7/015002> [2013-10-20]

Korhonen, J. (2001). Four ecosystem principles for an industrial ecosystem. *Journal of Cleaner Production*, vol. 9, ss. 253–259.

Korkmaz, S. (2009). *Biomimetic characteristics of an active deployable structure* Ph.D. Research Proposal, Swiss Federal Institute of Technology, Lausanne.
<http://infoscience.epfl.ch/record/148333/files/Biomimetic%20Characteristics%20of%20an%20Active%20Deployable%20Structure.pdf>

Lazarus, M. A. & Crawford, C. (2011). Returning Genius to the Place. *Architectural Design*, v. 81(6) ss. 48-53.

- Lyle, J.T. (1985). Designing for human ecosystems. I Swaffield, S. (red.) *Theory in Landscape Architecture* (2002). Pennsylvania: University of Pennsylvania Press, ss. 178-188.
- Lynas, M. (2007). *Sex grader – Vår framtid på en varmare jord*. Stockholm: Ordfront förlag
- Marshall, A. (2009). *Wild Designs - Ecofriendly Innovations inspired by Nature*. Berkeley: North Atlantic Books. [Elektronisk]
http://books.google.se/books?id=9jcbzY1UY8UC&pg=PA36&dq=da+vinci+inspired+by+nature&hl=sv&sa=X&ei=Or_OUqeHMs bZ4ATihIGQBw&ved=0CEAQ6AEwAQ#v=one-page&q&f=false
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Washington, DC: Island Press.
<http://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>
- Miller, J D. (2010). *Biomimicry in Engineering Education*. I Proceedings of the 1st CEEA Conference: Queen's University Kingston. Ontario, Kanada Juni 7-9, 2010.
<http://library.queensu.ca/ojs/index.php/PCEEA/issue/view/338>
- Mora, C. Tittensor, DP. Adl, S. Simpson, AGB. Worm, B. (2011). How Many Species Are There on Earth and in the Ocean?. *PLOS Biology*, vol. 9(8). [Elektronisk]
<http://www.plosbiology.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pbio.1001127>
 [2013-03-04]
- Morgan, H. (2012). Edible Forest is Coming to Life in Fertile Seattle Park for Community Gardening. <http://inhabitat.com/edible-forest-is-coming-to-life-in-fertile-seattle-park-for-community-gardening/> [2014-03-10]
- Naturvårdsverket. (2012). *Sammanställd information om Ekosystemtjänster*. Stockholm: Naturvårdsverket.
<http://www.naturvardsverket.se/upload/miljoarbete-i-samhallet/miljoarbete-i-sverige/regeringsuppdrag/2012/ekosystem-ekosystemtjanster/ekosystem-tjanster.pdf>
- Olin, L., (1988). Form, Meaning and Expression in Landscape Architecture. *Landscape Journal*, vol. 7:2, ss. 149-169.
- Pawlyn, M. (2011). *Biomimicry in Architecture*. London: RIBA Publishing.
- Pedersen Zari, M. & Storey, J. B. (2007). *An Ecosystem Based Biomimetic Theory for a Regenerative Built Environment*. Lisbon Sustainable Building Conference 07. Lisbon, Portugal.
- Pedersen Zari, M. (2007). *Biomimetic Approaches to Architectural Design for Increased Sustainability*. The SB07 NZ Sustainable Building Conference. Auckland.
- Pedersen Zari, M. (2010). Biomimetic Design for Climate Change Adaption and Mitigation. *Architectural Science Review*, vol. 53:2, ss. 172- 183
- Pozzi, P. (2011). *Contemporary Landscape*. Milano: Skira Editore

Raibert, M., Blankespoor, K., Nelson, G & Playter, R. (2008). *BigDog, the Rough-Terrain Quaduped Robot*. Waltham: Boston Dynamics
http://www.bostondynamics.com/img/BigDog_IFAC_Apr-8-2008.pdf

Reap, J., Baumeister, D. & Bras, B. (2005). *Holism, Biomimicry and Sustainable Engineering*. ASME International Mechanical Engineering Conference and Exposition. USA: Florida

Rees, W. E. (1999). The built environment and the ecosphere: a global perspective. *Building Research & Information*, 27:4-5, 206-220, DOI: 10.1080/096132199369336

Rottle, N. & Lacson, D. (2011). *Landscape Performance Series – Shanghai Houtan Park*.
<http://www.lafoundation.org/research/landscape-performance-series/case-studies/case-study/424/> [2014-03-05]

RWE. (2011). *Tagebau Garzweiler*.
<http://www.rwe.com/web/cms/de/1140420/umsiedlung/tagebau-rekultivierung/tagebaue-genehmigte-abbaufelder/tagebau-garzweiler/> [2014-05-28]

Ruff, A. (1982). An Ecological Approach. I Swaffield, S. (red.) *Theory in Landscape Architecture*. Philadelphia: University of Pennsylvania Press, ss. 175-177.

Schröder, T. (2005). *Recombinations: Büro Kiefer landscape design*. Berlin: Ulmer

Sproule, P. (2010). *Biomimicry: The Potential for Biomimicry in Architectural Design*. Manchester School of Architecture (Dissertation 2010).

Stach, E. (2010). Structural morphology and self-organization. Capri, A & Brebbia, C.A. (red.) *Design and Nature V*. Southampton: WIT Press

UNEP – United Nations Environment Program. (2010). *Assessing the Environmental Impacts of Consumption and Production: Priority Products and Materials* [Elektronisk].
http://www.unep.fr/shared/publications/pdf/DTIx1262xPA-PriorityProductsAndMaterials_Report.pdf [2013-03-13]

United Nations. (1987). *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*.
http://conspect.nl/pdf/Our_Common_Future-Brundtland_Report_1987.pdf

von Fábry-Eichne, P. (2008). *Stora Torget, Uppsala*.
<http://www.arkitekt.se/s13722?skip13708=-1> [2014-02-02]

WWF – World Wide Fund for Nature (formerly World Wildlife Fund). (2012). *Living Planet Report 2012* [Elektronisk].
http://awsassets.panda.org/downloads/1_lpr_2012_online_full_size_single_pages_final_120516.pdf [2013-03-05]

Zaelke, D., Young, O. & Andersen, S.O. (2011). *Scientific Synthesis of Calera Carbon Sequestration and Carbonaceous By-Product Applications*. Santa Barbara: University of California.
http://www.igsd.org/climate/documents/Synthesis_of_Calera_Technology_Jan2011.pdf

Zanowick, M.B. (2011). *Biomimicry: Nature's Time-Tested Framework for Sustainability*.
http://peakstoprairies.org/library/webinars/2012_biomimicry/Biomimicry_overview_01_12.docx

BILDREFERENSER

Bild 1. *La Sagrada Familia* av Ran Yaniv Hartstein (Licens Creative Commons BY NC SA)
<http://www.flickr.com/photos/ranh/5804703209/>

Bild 2. *United habitation - Le Corbusier* av Steve Tiesdell (Licens Creative Commons BY)
<http://www.flickr.com/photos/78183227@N04/8775813773>

Bild 3. *Pollution everywhere* av Musa (Licens Creative Commons BY NC SA)
<http://www.flickr.com/photos/14731015@N06/8487796433>

Bild 4. *Un-named* av Evan P. Cordes (Licens Creative Commons BY)
<http://www.flickr.com/photos/51035644690@N01/130880377>

Bild 5. *Matador* av Gordon Tarpley (Licens Creative Commons BY NC SA)
<http://www.flickr.com/photos/ranh/5804703209/>

Bild 6. *Elusive Yellow Boxfish* by Jukka Siltanen (Licens Creative Commons BY NC SA)
<http://www.flickr.com/photos/jukkasiltanen/8216876345>

Bild 7. *Tafoni* av Dawn Endico (CC BY-SA 2.0)
<https://www.flickr.com/photos/candiedwomanire/84148980/>

Bild 8. *The Eden Project, Cornwall, UK* av Jin Limwood (Licens Creative Commons BY)
<http://www.flickr.com/photos/54238124@N00/703329428>

Bild 9. *White Throated King Fisher* av Brian Gratwicke (Licens Creative Commons BY)
<http://www.flickr.com/photos/19731486@N07/3597036644>

Bild 10. *Shinkansen* av Richard Fisher (Licens Creative Commons BY)
<http://www.flickr.com/photos/26693938@N08/3646439708>

Bild 11. *Ballets of lights..* av Marja van Bochove (Licens Creative Commons BY)
<http://www.flickr.com/photos/7539060@N06/2849204789>

Bild 12. *Gardens by the Bay* av Jirka Matousek (Licens Creative Commons BY)

Bild 13. *London* av Christina Bejarano (Licens Creative Commons BY)
<http://www.flickr.com/photos/10600686@N06/6261587850>

Bild 14. *London* av Christina Bejarano (Licens Creative Commons BY)
<http://www.flickr.com/photos/cristinabe/6261587654/>

Bild 15. *London* av Christina Bejarano (Licens Creative Commons BY)
<http://www.flickr.com/photos/cristinabe/6261588328>

Bild 16. *Al-Masjid al-Nabawi* av Abdulla Al Muhairi (Licens Creative Commons BY)
<http://www.flickr.com/photos/serdal/11381688226/>

Bild 17. *Al-Masjid al-Nabawi* av Basheer Olakara (Licens Creative Commons BY)
<http://www.flickr.com/photos/34068250@N08/6156319723>

Bild 18. *Använd ditt förnuft* av Anna Norén och Örjan Lindbeck. Med tillstånd från upphovsman.

Bild 19. *The Douglas River Bridge*. Med tillstånd från upphovsman, Michael Pawlyn.

Bild 20. Biomimik-sko, designad av arkitekten Kostika Spaho och designern Marieka Ratsma. Fotografi av Thomas Vanschaik (www.thomasvanschaik.com). Med tillstånd från upphovsman.

Bild 21. Koncept för takodling utvecklat för staden Liuzhou i Kina av arkitektkontoret *William McDonough + Partners*. Med tillstånd från upphovsman.

Bild 22. *Open coal mine Garzweiler II* av Bert Kauffman (Licens Creative Commons BY)
<http://www.flickr.com/photos/22746515@N02/3281728778>

Bild 23. Koncept för staden Mexicali av HOK. Med tillstånd från upphovsman.

Bild 24. Lavasa Station Hill, Indien, av HOK. Med tillstånd från upphovsman.

Bild 25. Koncept för staden Mexicali av HOK. Med tillstånd från upphovsman.

Bild 26. *Kardinaal Mercier* av Omgeving. Med tillstånd av upphovsman.

Bild 27. *Vindskydd på kajen i Västerås* av Fredrik Wass (CC BY-NC-SA 2.0)
<https://www.flickr.com/photos/bisonblog/771020990/>

Bild 28. *The Shanghai Houtan Park* av Turenscape. Med tillstånd från upphovsman.

Bild 29. *Stora Torget i Uppsala*. Foto av Pascal Vossen. Med tillstånd av upphovsman.
www.pascalvossen.com

Bild 30. *Rogers Environmental Studies Magnet School* USA. Med tillstånd av upphovsman.
www.warcholphotography.com

Bild 31. *Dubai World Expo* av HOK. Med tillstånd från upphovsman.

Bild 32. *Solar Roadways* av Sam Cornett. Med tillstånd från upphovsman.