



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

EKOSYSTEMBASERAD BIOMIMIK – HANTERING AV KLIMATFÖRÄNDRINGAR MED HÅLLBAR DESIGN

ECOSYSTEM BIOMIMICRY – MANAGING CLIMATE CHANGE WITH SUSTAINABLE DESIGN



Johanna Hedlund

Fakulteten för Landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap
Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) Alnarp
Landskapsarkitektprogrammet

2013-05-28

Ekosystembaserad biomimik – hantering av klimatförändringar med hållbar design

Ecosystem-based biomimicry – managing climate change with sustainable design

Johanna Hedlund

Handledare: Eva-Lou Gustafsson, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning, SLU Alnarp

Examinator: Eivor Bucht, ebucht@slu.se, SLU Alnarp

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Kandidatexamensarbete i landskapsarkitektur

Kurskod: EX0649

Program/utbildning: Landskapsarkitektprogrammet

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2013

Omslagsbild: Visualisering av Johanna Hedlund. Bakgrundsfoto av Neil Palmer/CIAT.

Tillgänglig: <http://www.flickr.com/photos/ciat/4574916424/>. Foto över New York. Tillgänglig: <http://hdw.eweb4.com/out/632358.html>.

Seriebild: Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: biomimik, biomimikry, ekosystem, ekosystembiomimik, ekosystemdesign, hållbar design, klimatförändringar; biomimicry, ecosystem design, sustainable design, climate change

Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap
Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

□ □ □ □

SAMMANDRAG

Inom hållbar design har man under senare år börjat härma naturen för att hitta nya lösningar på människans problem. Naturens ekosystem fungerar som praktiska modeller för kretsloppsfungerande miljöer där energi och material tas om hand – precis som visionen för den hållbara staden. Genom att dels förstå ekosystemets uppbyggnad, dels övergången från ekologi till design, kan man efterlikna ekosystem i den urbana miljön. Designstrategin *biomimik* är en tillämpning av detta förhållningssätt, där man efterliknar naturens processer i arkitektur. Tack vare den ekosystembaserade designens omhändertagande funktioner har den även potential att vara en effektiv resurs i hanteringen av klimatförändringar. Strategin är trots detta relativt oanvänd i Sverige, vilket är bakgrunden till att jag undersöker metoden och dess effektivitet mer ingående.

I uppsatsen undersöks huvudfrågeställningarna: *Hur kan man använda sig av ekosystembaserad design som grundar sig på forskning?* samt *På vilka sätt kan ekosystembaserad design bidra när det gäller hanteringen av klimatförändringar?* Uppsatsen presenterar metoder, principer, problem och praktiska exempel för att hitta svar på dessa frågor.

Hållbar design och klimatförändringarnas påverkan på vår miljö är ett aktuellt ämne, vilket gör att fler yrken kommer involveras. Kunskaperna inom landskapsarkitektur omfattar många av de områden som ingår i detta arbete. I uppsatsen undersöks därför landskapsarkitektens roll i den ekosystembaserade designen, samt hur vi som yrkesverksamma kan arbeta med hanteringen av klimatförändringarna genom ekosystembiomimik. Syftet är att skapa ett underlag för diskussion och visa praktiska metoder som kan användas i arbetet.

Studien har genomförts genom granskning och analys av litteratur, undersökningar av praktiska projekt samt en intervju. Resultatet visar att efterliknandet av ekosystem är mycket komplext, vilket gör att det behövs tydliga forskningsbaserade metoder om ekosystembiomimik ska kunna fungera som ett effektivt medel mot klimatförändringar. Det kräver också ett bättre samarbete mellan olika discipliner i arbetet mot hållbarare miljöer.

ABSTRACT

In recent years, the mimicking of nature to find solutions to human environmental problems has been developing in the field of sustainable design. The ecosystems of nature are practical models for creating environments where energy and material flow in cycles – just like the vision for the sustainable city. By understanding the structure of ecosystems and the transformation from ecology to design, an emulation of ecosystems in urban environment is possible. The design strategy *biomimicry* is an application of this approach, where mimicking nature in architecture can create systems and functions which nature provides clear and functional models for. Because of the cycling functions of ecosystem design, the approach has also potential for being an effective resource in managing climate change. Despite of this, the strategy is relatively unused in Sweden, which is the reason why I have examined the method and its effectiveness closer.

The paper presents two main questions: *How can you use a ecosystem-based design founded in research?* and *How can ecosystem-based design contribute when it comes to managing climate change?* The paper presents methods, principles, problems and practical examples in approaching these issues.

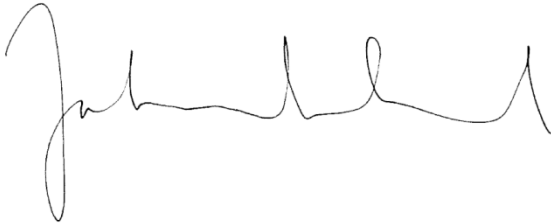
Sustainable design and the impact of climate change on our environment is a current topic, involving several professions. Special knowledge in landscape architecture covers many of the areas included in this work. The role of landscape architects in ecosystem-based design is therefore examined in the paper, and how we as professionals can work with managing climate change through ecosystem biomimicry. The purpose is to create a basis for discussion and demonstrate practical techniques that can be used in the work.

The study was conducted through review and analysis of literature, the study of practical projects, and an interview. The result shows that there is a great complexity in mimicking ecosystems, which requires explicit research-based methods if ecosystem biomimicry is to function as an effective tool against climate change. It also requires better collaboration between different disciplines in working towards a more sustainable environment.

FÖRORD

Detta självständiga arbete beskriver ekosystembaserad biomimik, och tar upp övergången mellan ekosystem och design, samt den ekosystembaserade designens inflytande i hanteringen av klimatförändringar. Arbetet skrivs inom kursen EX0649 – Kandidatexamensarbete i landskapsarkitektur vid Landskapsarkitektprogrammet på Sveriges Lantbruksuniversitet i Alnarp.

Jag vill tacka min handledare Eva-Lou Gustafson som bidragit med värdefull kunskap och stöd i processen. Ett tack riktas även till professor Noël Holmgren för att han har gett en ekologs perspektiv på ekosystembaserad design, samt till de personer som gett mig tillåtelse att använda de figurer och bilder som publiceras i uppsatsen. Till alla er övriga som har läst och bidragit med diskussion kring ämnet vill jag säga: ingen nämnd, ingen glömd.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Johanna Hedlund'. The signature is fluid and cursive, with a large initial 'J' and a long horizontal stroke.

Johanna Hedlund
Stockholm, 2013-05-28

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sammandrag

Abstract

Förord

1. Inledning

1.1	Bakgrund	7
1.2	Mål och Syfte	7
1.3	Metod och Material	8
1.4	Avgränsningar	9
1.5	Disposition	9
1.6	Begreppsförklaringar	10

2. Ekosystem och design

2.1	Ett ekosystems uppbyggnad	11
2.1.1	Struktur	11
2.1.2	Funktion	11
2.1.3	Plats	13
2.1.4	Form	13
2.2	Från ekosystem till design	13
2.2.1	McHarg: platsens lämplighet	13
2.2.2	Lyle: regenerativ design	14
2.2.3	Biomimicry Institute: designspiralen	14
2.3	Ekosystembiomimik – en designstrategi	15
2.3.1	Gamage och Hyde: teoretisk modell och teoretiskt ramverk	15
2.4	Städer som urbana ekosystem	17

3. Ekosystembaserad biomimik och klimatförändringar

3.1	Hantering av klimatförändringar	18
3.2	Biomimikens betydelse i hanteringen av klimatförändringar	19
3.3	Exemplet Lloyd Crossing Project	20

4. Diskussion och slutsats

4.1	Ekosystembaserad designs fördelar och nackdelar	21
4.2	Ekosystembaserad designs effektivitet	23
4.3	Biomimik – ett framtida arbetssätt i landskapsarkitektens yrkesroll?	23
4.4	Slutsats och vidare forskningsfrågor	24

5. Avslutande reflektioner

25

Referenser

Tryckta källor

Otryckta källor

Elektroniska källor

Bilagor

1. INLEDNING

1.1 BAKGRUND

I sex principer för hållbar design¹ beskriver McLennan (2004, s. 43) härmning av naturen, *biomimik* (biomimicry), och respekten för lärdomen från de naturliga systemen som den grundprincip som inom de närmsta åren kommer att bli den viktigaste inom området. McLennan menar att orsaken är att principen inbegriper platsspecifik design, tar ställning för hanteringen av klimatförändringar samt bidrar till vårt eget välbefinnande. Principen omfattar därför även de fem andra principerna på olika sätt. Biomimik är en formgivningsprocess där man söker lösningar på funktionella problem genom att leta efter svar hos lokala organismer eller ekosystem som redan bemästrar funktionen (Benyus, 2013, s. 168).

Trots detta är principen för biomimik och de naturliga systemen den mest utforskade av de sex. I den byggda arkitekturen börjar dock efterliknandet av organismers egenskaper få genomslag på många håll runt om i världen. Inom mimiken av naturliga system, *ekosystembiomimik* (ecosystem biomimicry), finns däremot en stor lucka i både vetenskaplig forskning och i genomförd praktik. En tillämpning skulle kunna kopplas till klimatförändringar. Klimatförändringar är ett av de största problemen som vi i vår tid måste hantera. Därför krävs nya sätt att bemöta detta problem med långsiktiga och ekosystembaserade lösningar. Problemet är dock att arkitekter och designers ofta saknar relevant kunskap inom den ekologiska disciplinen för att kunna implementera sådana lösningar i praktiken. Landskapsarkitekter har därför en viktig roll att spela, tack vare den tvärvetenskapliga kunskap inom ekologi och design som vi besitter.

1.2 MÅL OCH SYFTE

I mitt kandidatarbete är målet att undersöka på vilka sätt både teoretisk och praktisk kunskap om ekosystembaserad design, särskilt ekosystembiomimik, kan bidra vid hanteringen av klimatförändringar. Anledningen till att jag vill studera detta är att det är ett aktuellt och angeläget ämne för dagens och framtidens landskapsarkitekter. Mina huvudfrågor är därför:

- Hur kan man använda sig av ekosystembaserad design som grundar sig i forskning?
- På vilka sätt kan ekosystembaserad design bidra när det gäller hanteringen av klimatförändringar?

För att besvara dessa frågor krävs en undersökning av ekosystemets form och struktur, överföringen från ekosystem till design, samt hur biomimik av ekosystem fungerar som designstrategi. Studien sker på en översiktlig nivå, då ämnet alltså fortfarande är utforskat och få djupgående studier har gjorts. En viktig del av undersökningen är att studera såväl fördelar som problem när man använder ekosystembaserad design. I studien undersöker jag även hur denna design används för att hantera de ökade klimatförändringarna, samt ger ett praktiskt exempel på detta. Mitt mål är också att diskutera landskapsarkitektens roll i den ekosystembaserade designen. Syftet är att skapa diskussion kring design med inspiration från ekosystem och ge uppslag för att i högre grad ge landskapsarkitekter motivation att implementera denna strategi i sitt arbete med hanteringen av klimatförändringar.

¹ 1) Respect for the wisdom of natural systems – the biomimicry principle 2) Respect for people – the human vitality principle 3) Respect for place – the ecosystem principle 4) Respect for the cycle of life – the “seven generations” principle 5) Respect for energy and natural resources – the conservation principle 6) Respect for process – the holistic thinking principle (McLennan 2004, s. 38).

1.3 METOD OCH MATERIAL

Insamlingsmetod

Mina insamlingsmetoder för information till uppsatsen är sökningar i databaser som Primo, Libris och Google Scholar, på orden *biomimicry*, *ecosystem biomimicry*, *ecosystem design*, *ecosystem climate change*, *biomimicry climate change*, samt referenslistor i relevanta vetenskapliga artiklar. Här har jag hittat material så som böcker, artiklar och Internet-källor med vetenskaplig relevans. Jag har även letat fakta från olika discipliner, ekologi såväl som arkitektur, för att få ett nyanserat förhållningssätt till ämnet ur olika perspektiv.

Eftersom mycket av den litteratur jag har använt är skriven av arkitekter och designers, har jag i uppsatsen gjort en kortare intervju med Noël Holmgren, professor i teoretisk ekologi, för att utöka mitt material och få en tvärvetenskaplig syn på ämnet. Jag valde att intervjua Noël Holmgren med anledning av hans kunskaper som ekolog, men också för att han varit delaktig i ett projekt genomfört av Jämtlands Designcentrum och Högskolan i Skövde, där studenter från ekologiprogrammet och designingenjörsprogrammet haft ett gemensamt kursmoment inom biomimik som designmetod (Nätterlund, 2012 [online]). Slutligen har jag studerat ett praktiskt exempel på ekosystembaserad, klimatanpassad biomimik, The Lloyd Crossing Project. Detta exempel valde jag eftersom många av mina källor tog upp projektet som en bra modell för ekosystembiomimik, och för att få andra projekt inom ämnet har gjorts.

Analysmetod

I litteraturen har jag sökt information om den ekosystembaserade designens förmåga att hantera klimatförändringar, vilket tidigare inte har varit ett uttalat område att applicera biomimik på. Med hjälp av materialet har jag försökt se strukturer och mönster, som jag sedan reflekterat kring och dragit slutsatser från. Utifrån källorna har jag hittat en struktur för uppsatsens disposition. I litteraturen letade jag både efter processen, från ekosystem till design, och produkten, den färdiga designen. Delar av litteraturen innehåller även avsnitt där författarna diskuterar och förhåller sig kritiska till sitt ämne, vilket jag upplevde som väldigt utvecklande för tankeprocessen och mina reflektioner. Detta har ibland utgjort en grund för min egen diskussion.

Mitt andra material är intervjun, genom vilken jag på ett djupare plan har kunnat analysera ämnet. Mina fyra intervjufrågor till Noël Holmgren var

- Vad tror du det finns för problematik i överföringen mellan ekologi och design?
- Finns det några viktiga punkter som man borde förhålla sig till i denna överföring?
- Vad tror du om att använda ekosystembiomimik i hanteringen av klimatförändringar?
- Vad tror du det finns för fördelar respektive nackdelar med ekosystembaserad biomimik?

Syftet har hela tiden varit att ställa källorna mot varandra, för att få ett nyanserat förhållningssätt och kunna dra grundade slutsatser kring frågeställningarna.

Material

Jag har sökt svar på mina forskningsfrågor i källor som består av mer teoretiska än empiriska studier. En del av litteraturen har utgjort källor som blivit mitt huvudmaterial, då det har befunnit sig i skärningspunkten mellan ekosystembiomimik och klimatförändringar eller hållbar design. John T. Lyles två böcker har fungerat som huvudkällor i uppsatsens första del. Böckerna beskriver principer och metoder för hur mänskliga miljöer kan fungera hållbart, i likhet med naturliga ekosystem. Lyle vänder sig i sina böcker både till engagerade medborgare och landskapsarkitekter, planerare och andra praktiker inom ämnet. I den andra delen har forskaren Maibritt Pedersen Zaris vetenskapliga artiklar varit givande kunskapskällor. Andra delar av litteraturen har blivit mina sekundära källor, som då ofta rört sig specifikt om ekologisk design, ekologi eller klimatförändringar.

Att hitta litteratur som täcker mötet mellan ekosystembiomimik och klimatförändringar har inte alltid varit lätt, då ämnet ekosystembiomimik är relativt outforskat. De flesta källor jag har hittat om det specifika ämnet är dock mycket relevanta och aktuella. Forskningen är hittills mestadels gjord i USA, Nya Zeeland och Australien. Biomimik är ett forskningsområde som myntades av Janine Benyus på 90-talet, men om man bortser från litteraturen av Ian McHarg och John T. Lyle, är de flesta av mina artiklar skrivna under de senaste åren då man börjat koppla ihop biomimik med klimatförändringarnas påverkan. Vidare har jag sökt litteratur kring de separata områdena för att kunna göra egna kopplingar. Fördjupade frågeställningar har även upptäckts under arbetets gång, vilket har gjort att jag löpande har letat nytt material till uppsatsen.

I några fall har jag inte haft tillgång till alla ursprungskällor i litteraturen. Vissa elektroniska källor är inte heller publicerade i ett vetenskapligt och objektiva syfte, och jag har därför försökt förhålla mig till dem med en extra granskande blick.

1.4 AVGRÄNSNINGAR

Biomimik omfattar vanligtvis mimik av både organismer och ekosystem, men i uppsatsen undersöks enbart ekosystemen och deras egenskaper som verktyg att ta efter i design. Den engelska termen *biomimicry* översätts till svenska som *biomimetik*, *biomimikry* eller *biomimik*. Jag gör i min uppsats en distinktion mellan begreppen biomimetik och biomimikry eller biomimik. Begreppen står för samma princip, men används beroende på vilket fält man verkar inom (Westerlund, 2013 [online], Gamage & Hyde, 2012, s. 228). Medan biomimetik ofta används inom produktdesign och materialutveckling, har orden biomimikry och biomimik börjat användas av arkitekter, stadsplanerare och systemvetare där orden även har en viktigare innebörd för ekologisk hållbarhet. På grund av att uppsatsen ligger inom den senare disciplinen, samt att orden i uppsatsen används med tanke på ekologisk hållbarhet, har jag valt att använda termen biomimik som begrepp för mimik av naturen. Jag har valt ordet biomimik framför biomimikry som översättning för *biomimicry* eftersom ordet mimik finns i svenskt språkbruk sedan länge. Man bör dock vara medveten om att orden ibland används som synonymer.

1.5 DISPOSITION

Uppsatsen innehåller tre huvuddelar. De två första delarna behandlar arbetets två huvudfrågeställningar, och den sista delen diskuterar resultatet av dessa. I den första delen, *Ekosystem och design*, ligger fokus på att gå tillbaka till ekosystemets grundpelare för att urskilja vad det är som definierar ett ekosystem. Syftet med denna del är med andra ord att vi som designers ska förstå ekosystemet för att sedan kunna koppla de ekologiska kunskaperna till design. Den första delen inkluderar därför även metoder för övergången från ekosystem till design. De är viktiga för att designern ska kunna arbeta med ekosystem som bas. Slutligen introducerar den första delen ekosystembiomimik som ett exempel på ekosystembaserad design.

I uppsatsens andra del, *Ekosystembaserad biomimik och klimatförändringar*, appliceras designstrategin ekosystembiomimik på hanteringen av klimatförändringar. Här demonstreras även ett praktiskt exempel på hur den färdiga designen kan se ut. Denna del skulle kunna ses som ett resultat av uppsatsens tidigare del. Dock är fördjupningen mot ekosystembiomimiks tillämpning på klimatförändringar genomförd som en litteraturstudie. Den tredje huvuddelen, *Diskussion och slutsats*, fungerar som ett uppföljande diskussionsunderlag kring frågeställningarna och landskapsarkitektens roll i ekosystembiomimik i hanteringen av klimatförändringar.

1.6 BEGREPPSFÖRKLARINGAR

Biomimik

Biomimik är design och innovation som inspirerats av naturen. Det är en strategi som efterliknar en organism, en organisms beteende eller ett ekosystem för att lösa mänskliga problem (Benyus, 1997, s. 2).

Design

Ordet design används i uppsatsen om en fysisk utformning på alla olika skalor, så som den engelska termen *design* används. Detta innefattar med andra ord även den större skalan, som vi i svenskan vanligtvis benämner planering.

Ekomimik

Ekomimik är socialt och miljömässigt ansvarstagande design för en plats baserad på de organismer och ekosystem som finns på platsen (Marshall, 2007, s.2). Ekomimik skiljer sig från ekosystembiomimik, då den förstnämnda innebär design med användning av lokala resurser, medan den andra innebär ett efterliknande av ekosystem i design.

Ekosystem

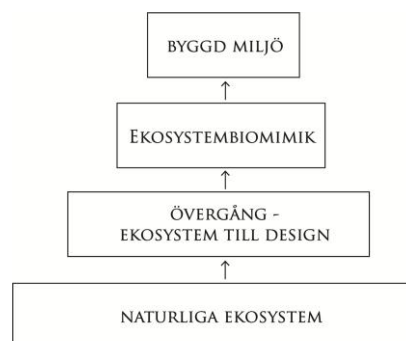
Begreppet ekosystem definierades första gången 1935 av Albert Tansley, och innebär en dynamisk uppbyggnad av organismer, de fysiska faktorer som formar deras miljö samt den konstanta samverkan mellan dessa som ger upphov till systemet. Ekosystemet kan ha varierande storlek. Moderna ekologer tenderar även att se ekosystemet som ett kretslopp av energi, kol och näring (Mackenzie, Ball & Virdee, 2001, s. 176).

Ekosystembiomimik

Ekosystembiomimik är en tillämpning av biomimik, som föreslår strategier för överföring av vetenskaplig kunskap inom ekologi till design.

2. EKOSYSTEM OCH DESIGN

I denna del behandlar jag min första forskningsfråga: *hur kan man använda sig av ekosystembaserad design som grundar sig i forskning?* I Figur 1 illustreras hur delen av uppsatsen är konstruerad. Inledningsvis beskrivs hur ett ekosystem är uppbyggt, därefter ett antal principer och metoder när ekosystemen översätts till design. Slutligen diskuteras designstrategin ekosystembiomimik och staden som ett urbant ekosystem.

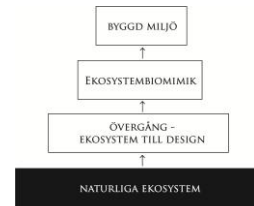


Figur 1. *Processen från ekosystem till färdig produkt.*
(Figur av Johanna Hedlund, 2013-05-28)

2.1 ETT EKOSYSTEMS UPPBYGGNAD

With so many different kinds of information involved in shaping a landscape, the most difficult methodological problem is putting the information together in a sufficiently coherent form to represent reality.

(Lyle, 1985, s. 194)



I sin bok *Design for Human Ecosystems* betonar landskapsarkitekten John T. Lyle (1985, s. 16) sambandet mellan människa och ekosystem i sin definition av ordet ekosystem: "... *the interacting assemblage of living things and their non-living environment*". Han poängterar således att allt levande även inkluderar människan, trots att ekologer ofta väljer att studera ekosystem skilda från mänsklig aktivitet, och att människan själv också ofta väljer att se sig som avskild från ekosystemen. Istället för detta separerade synsätt är det viktigt att förstå hur människa och ekosystem är integrerade parter som fungerar tillsammans. Lyle menar att vi människor är komponenter som fungerar på alla nivåer i ekosystemet.

Att skilja på ekosystemets struktur, funktion och form är viktigt för att kunna urskilja olika betydelser i ekosystemet. Lyle (1985, s.194) beskriver ekosystemets *struktur*, *funktion* och *plats*. Strukturen utgörs av sammansättningen av organismer och landskapets abiotiska element, medan ekosystemets funktion är det flöde av energi och material som cirkulerar däri. Strukturen och funktionen varierar utifrån dess plats. Dessutom är *formen* en viktig del av ekosystemets uppbyggnad.

2.1.1 Struktur

Att definiera strukturer som samhällen är ett av de äldsta synsätten inom ekologi (Lyle, 1985, sid. 194-195). Sådana samhällen kan ses som homogena enheter, eller varierande utifrån olika platsers förutsättningar. Viktiga karaktärsdrag hos samhällena är diversitet (antal arter som finns på en plats), växtform (på vilket sätt en art växer), dominans (kontroll genom storlek, antal eller aktivitet), relativt överflöd (proportionen av en art) och tropisk struktur (vem som äter vad).

Det som håller ihop samhällena är att ekosystemets struktur är ett nätverk av parter som interagerar på olika nivåer i systemet genom samband som är beroende av varandra. Systemets synergi är dess styrka, och det som gör att helheten inte faller isär när delarna dör. Det som med andra ord styr ekosystemens struktur är samhällenas interaktioner och samspel. Lyle menar att konceptet om struktur kan ha inflytande på praktisk design genom att det skapar stabilitet i systemet.

Senare forskare vidgar konceptet om ekosystems struktur till att innefatta fler dimensioner. Laszlo (1978) i Gamage & Hyde (2012, s. 226) föreslår fyra grundläggande faktorer:

1. Ordning och absolutitet – delars relation till andra delar
2. Självregering – system benägna att reagera oberoende av transformation
3. Självorganisation – fysiska och kemiska processer
4. Hierarkisk struktur

Dessa faktorer är tänkta att tillsammans förklara kombinationen av rum, tid och funktion som tillsammans utgör hela det komplexa ekosystemets struktur.

2.1.2 Funktion

Den dynamiska strukturen ger ekosystemet dess kretsloppsbaseerade funktioner, där energi och material ständigt är i omlopp (Lyle, 1985, s. 196). Energi som cirkulerar i ett system följer alltid de två termodynamiska lagarna. Den första lagen innebär att energi som flödar i systemet aldrig kan

förstöras, utan endast transformeras från en form till en annan. Enligt den andra lagen bryts energin vid varje transformation ner till en mer skingrad form. De två lagarna gör det möjligt att lättare förstå flödet av energi genom ett ekosystem. I naturens fall består dock detta energiflöde till största del av en kedja av organismer som äter andra organismer. I människans fall blir energiflödet mer komplext när energin ska användas och transformeras samt flyttas från en källa till en annan. Genom att se till de termodynamiska lagarna kan människan få effektivare energianvändning, samt göra mer genomtänkta val när det gäller flödet av energi i det mänskliga ekosystemet.

Enligt John T. Lyle används material som cirkulerar i ekosystem av organismer under en bestämd tid, för att sedan användas av en annan organism i ett konstant mönster. Människan tenderar att ändra dessa mönster på olika sätt, genom att bland annat påskynda cyklernas hastighet och därmed ibland förstöra kretsloppets funktion. Detta kan leda till att det på vissa platser samlas höga koncentrationer av material som naturen har svårt att hantera.

Forskarna Maibritt Pedersen Zari och J.B. Storey (2008, s. 3) formulerar i sin artikel *An ecosystem based biomimicry theory for a regenerative built environment* sex principer för ekosystemets funktioner (observera att dessa ej ska blandas ihop med de sex principerna för hållbar design i början av uppsatsen). Dessa lyder:

1. Ekosystem är beroende av solljus.
 - Solen är källa till energi.
 - Solen fungerar som en mekanism som organiserar tid och rum.
2. Ekosystem optimerar systemet framför dess komponenter.
 - Material cirkulerar och energi transformeras effektivt.
 - Material och energi är multifunktionella.
 - Form bestäms oftast av funktion.
3. Ekosystem är anpassade till och beroende av lokala förhållanden.
 - Material anskaffas och används lokalt.
 - Lokalt överflöd utgör möjligheter.
4. Ekosystem innehåller mångfald i dess komponenter, relationer och information.
 - Diversitet ger motståndskraft.
 - Relationer är komplexa och verkar i olika hierarkier.
 - Ekosystem är uppbyggda av självständiga kooperativ och konkurrerande relationer.
 - Framväxande effekter förekommer.
 - Komplexa system är ofta självorganiserande och fördelade.
5. Ekosystem skapar gynnsamma förhållanden för fortsatt liv.
 - Produktion och funktion är fördelaktiga för miljön.
 - Ekosystemens verkan stärker biosfären.
6. Ekosystem anpassas och utvecklas på olika skalor i olika takt.
 - Ständig förändring uppnår obalans.
 - Gränser är ofta kreativa mekanismer.
 - Ekosystem har viss förmåga att självläka.

De sex principerna för ekosystemets funktioner är tänkta som en hjälp för designers att lättare förstå ekosystemets uppbyggnad, för att utifrån principerna sedan kunna implementera funktionerna i designen.

2.1.3 Plats

Struktur och funktion varierar (Lyle, 1985, s. 197) beroende på platsens fysiska förutsättningar, som är unika genom den långa utveckling av landskapsform, klimat och artsammansättning som ofta har skett. Mänsklig påverkan ändrar ofta denna utveckling. Jämfört med den tidskrävande process som naturen har genomgått förändrar människan sin miljö i en snabb takt. En skillnad i hur människan påverkar sin miljö ligger även i förståelsen för och anpassningen till de tidigare mönster som funnits på en plats. Om skapandet av nya platser följer de tidigare förhållandenas former och processer, kan mänskliga ekosystem fungera i harmoni med de utvecklade mönster som redan finns där.

2.1.4 Form

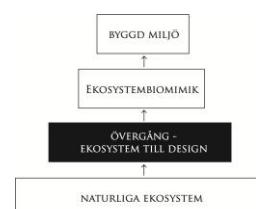
Man kan också se ett ekosystems form som en viktig faktor. Ekosystemets form är integrativ, där många små delar bygger upp ett större, sammanhängande system. Som tidigare formulerat i Pedersen Zaris och Storeys sex principer för ekosystemets funktioner, bestäms ekosystemets form av dess funktion. Detta menar även författarna Gamage och Hyde (2012, sid. 233), som beskriver hur de interna, funktionella krafterna i ett ekosystem tillsammans med de externa krafterna som kommer av naturlig anpassning ger ekosystemet dess form. De naturliga systemens uttryck kan sedan kartläggas i linjer, volymer, texturer, färger och mönster enligt grunderna för design. Dessa uttryck i naturen kan ge geometriska former att arbeta med i gestaltningen.

Genom att beskriva och förstå ekosystemets uppbyggnad samt dess olika delar får man en teoretisk grund som kan implementeras i praktisk design. Det finns sedan olika sätt och metoder för att hitta en lösning på designproblemet.

2.2 FRÅN EKOSYSTEM TILL DESIGN

Övergången från ekosystem till design kan se ut på olika sätt och vara formulerad i modeller, principer, ramverk eller andra sätt. Olika forskare har gett förslag på hur man kommer från ekosystem till design genom att ge stöd i processen på olika sätt. En del forskare lyfter fram principer som beskriver olika förhållningssätt, medan andra försöker samla allt i en modell.

Åter andra bygger ramverk som man använder beroende på vilket syfte man har med den design man skapar. I detta avsnitt beskrivs några uttalade metoder som formulerats som stöd för övergången från ekosystem till design.



2.2.1 McHarg: platsens lämplighet (1969)

Med boken *Design with Nature* (1969) var Ian McHarg bland de första att använda kunskap om ekologi som grund för samhällsbyggnad. Metoden var att kartlägga områden för att definiera platsernas lämplighet för olika ändamål med hänsyn till ekosystemet (Lyle, 1985, s. 130). McHarg använde sig av matriser för att analysera hur platsens olika variabler och mänskliga aktiviteter interagerar. Hans designprocess bestod av logiska steg som ledde till den bästa lösningen för just den platsen. Senare forskare har dock kritiserat McHarg för att förenkla designprocessen som de menar är betydligt mer komplex.

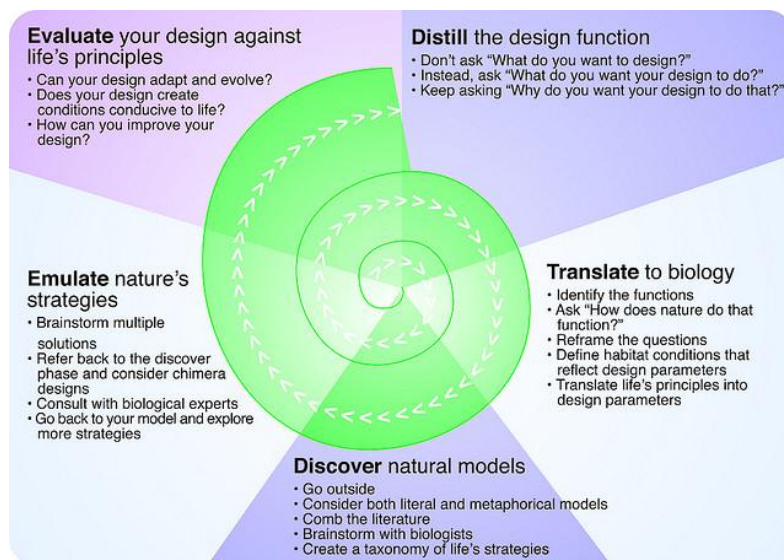
2.2.2 Lyle: regenerativ design (1994)

I sin bok *Regenerative Design for Sustainable Development* (Lyle, 1994, s. 38-45) definierar John Tillman Lyle regenerativ design som ”*Regenerative design means replacing the present linear system of throughput flows with cyclical flows at sources, consumption centers, and sinks.*” (s. 10). Med hjälp av tolv principer beskriver han hur en sådan design kan karaktäriseras (Se bilaga 1, i min översättning).

Lyle menar att ekosystem kan fungera som ramverk för att samla inslag från olika discipliner, och ge designers en bild om en interagerande helhet. Kunskap om hur system fungerar är särskilt användbart i komplexa situationer med koordinerade discipliner. Regenerativ design, menar Lyle, är en kombination av konst och vetenskap som fungerar tillsammans, inte separat. De tolv designprinciperna är ett stöd i att definiera de regenerativa systemens egenskaper som en kontrast till industriella, teknologiska system.

2.2.3 Biomimicry Institute: designspiralen (2007)

I sin bok *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature* (Benyus, 1997, intro) menar grundaren till biomimikkonceptet, Janine Benyus, att vi borde se på naturen som en modell, ett mått och en mentor. På The Biomimicry Institute, också grundat av Benyus, använder man en designspiral som system i övergången från ekologi till design. Metoden är ett sätt att visualisera övergången i en spiral, som skulle vara visuella och mer lättillgänglig för designers (Gamage & Hyde, 2012, s. 229). Designspiralen omfattar fem steg: identifikation, översättning, upptäckande, efterliknande och utvärdering (Se Figur 1). I det första steget (Hållbarhetsguiden, årtal saknas, [online]) ställer sig designern frågan ”Vad är det designen ska göra?”. Därmed identifieras designens funktion. I nästa steg försöker man hitta sätt som naturen hanterar denna funktion på – funktionen översätts till biologi eller ekologi. En databas, AskNature, har utvecklats för att designers ska kunna hämta information om naturens lösningar på olika problem. I steg tre, upptäckandet, undersöks de naturliga modellerna genom observation, litteratur, besök och konsultation. I steg fyra sker efterliknandet, då brainstorming och utforskning av strategier skapar själva designen som hämtar naturens lösningar. I det sista steget utvärderas designen och ställs mot omgivningen. Här bedöms även dess förmåga att utvecklas, anpassas och förbättras.



Figur 2. *Designspiralen* (Figure 3.5 i boken *Design is the Problem* av Nathan Shedroff, tillgänglig via: <http://www.flickr.com/photos/rosenfeldmedia/3258161413/> [2013-05-14])

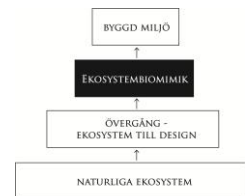
I metoderna kan man se att synsättet på ekosystembaserad design har breddats de senaste femtio åren, genom att fler teoretiska och vetenskapligt grundade modeller utvecklats. Noël Holmgren, professor i teoretisk ekologi (2013-05-13, e-post), menar att det finns en fara i att tro att biomimetiska lösningar alltid är bättre än lösningar som tagits fram på annat sätt, då alla designförslag alltid måste granskas kritiskt. Han menar dock att det finns en fördel om man som designer förstår hur den biomimetiska lösningen har utvecklats. I intervjun säger han vidare:

”Det är viktigt att man har kriterier för den lösning man söker och prövar den mimetiska lösningen mot den. En bra fråga att ställa sig är varför lösningen har evolverat i naturen, då kan man förstå andra fördelar som förmodligen finns där också, men den kan även ge indikation om att det finns icke önskvärda egenskaper.”

Även arbetssätten kan variera. Gamage och Hyde (2012, s. 228) beskriver att man i sin designmetod kan ha antingen ett *problem drivet* eller ett *lösning drivet* arbetssätt. I det problemdrivna arbetssättet utvecklar designern med utgångspunkt i ett problem en lösning genom att hitta metoder i ekologin. Det lösningsdrivna arbetssättet å andra sidan innebär att med utgångspunkt i ekologiska lösningar efterlikna dessa i mänskliga designsystem.

2.3 EKOSYSTEMBIOMIMIK – EN DESIGNSTRATEGI

”Det räcker inte med att härma naturens strategier utan något sammanhang. Den verkliga kunskapen finner vi inte i enskilda imitationer utan i den magiska helheten.” (Benyus, 2013, s. 168)

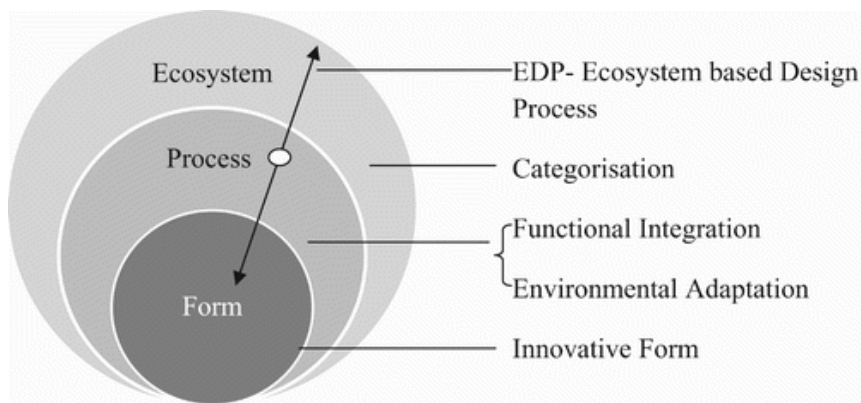


Ekosystembiomimik är efterliknandet av ekosystems uppbyggnad och processer i design. Ekosystemen är strukturer som visar en redan etablerad verksamhet med material och funktioner i omlopp. Systemen demonstrerar metoder för att uppnå dessa mål, samt ger mängder av exempel som kan tas efter i design (Pedersen Zari, 2010, s. 172). Designstrategin är därför ett sätt att skapa realistiska mål som baserats på fysisk verklighet. Trots att den modell som ekosystemen ger är så pass tillgänglig, är mimik av ekosystem ändå ett outforskat område. De praktiska exemplen få och behovet av ytterligare forskning är stort.

Med de tidigare nämnda metoderna för övergången mellan ekosystem och design som bakgrund har en modell och ett ramverk för ekosystembiomimik utkristalliserats.

2.3.1 Gamage och Hyde: teoretisk modell och teoretiskt ramverk (2012)

Forskarna Gamage och Hyde (2012, s. 230) ligger bakom en designmodell, *biomimicry theoretical model*, som beskrivs tillsammans med ett ramverk, *biomimicry theoretical framework*, för implementeringen av biomimik i design i artikeln *A model based on Biomimicry to enhance ecologically sustainable design*. I Figur 2 presenterar modellen hur de olika delarna i en mimik är beroende av varandra. Här sker en artkategorisering på ekosystemnivå, men modellen behandlar ändå hur systemet sammanbinder process och form på mikronivå. För detta, menar författarna, krävs en förståelse för de mönster som demonstrerar det holistiska förhållandet mellan formen, processen och ekosystemet. Modellen visar hur man är del av helheten i processen, och är en illustration av hur processen och formen är delar av varandra, och var man som designer befinner sig i den helheten.



Figur 3. *Biomimik – teoretisk modell* (Gamage & Hyde, 2012, s. 231).

Författarna beskriver därefter i ett ramverk, *biomimicry theoretical framework*, hur designprocessen kan utvecklas steg för steg (se Tabell 1). Med hjälp av ramverket försöker man hitta systematiska strategier för att identifiera den integration som sker mellan ekosystemens funktioner och deras miljöanpassningar. Designprocessen börjar med en kategorisering på översiktig nivå, och övergår därefter till de funktioner som designen ska tillgodose. Efter detta anpassas designen till den kringliggande miljön och systemen den är en del av. Anpassningen är viktigt för designen, då det är en grundläggande egenskap i naturen som gör organismer bättre anpassade för sitt habitat. I den sista fasen utvecklas själva formen, som Gamage och Hyde menar bestäms av funktionen. Ramverket är uppbyggt genom en analys av andra undersökta strategier (däribland designspiralen) för att översätta ekosystemstrukturer till design, där olika funktioner har valts ut för att bilda det nya, mer omfattande ramverket. Ramverket bygger med andra ord på några befintliga teorier, plockar funktioner från dessa, och sammanfattar det aktuella läget där den teoretiska designen befinner sig just nu och vilka faktorer som är viktiga att ha med.

Scale of application	Design process	Direct approach: specific mimicking	Indirect approach: general mimicking
Ecosystem: <i>How does it fit with the whole?</i> →	Categorization What is the type of classification? ↓	Type of species, physical characteristics, climatic zones, ↔ Relationship between species, size and form variations	Identification of building type, types of users, size variations, form variations, relationship with users and organisms, climatic zones
↕ Process: → <i>How does it perform and how is it made?</i> ↕ →	Functional integration – What are the innovative strategies? ↓	Hierarchy of functions: primary, secondary, techniques physical characteristics, ↔ Mechanisms, Patterns, behavioural patterns, needs, communication, organization	Users and user needs, hierarchy of functions: primary, secondary functions, techniques, physical characteristics, mechanisms, user behaviour, patterns, needs, occupancy, communication
	Environmental adaptation – what are the innovative strategies? ↓	Macro and micro ↔ environment, physical characteristics, habitat, topography, macro and micro climate: wind, sun path, temperature, humidity, rainfall	Macro and micro environment, physical characteristics, habitat topography, macro and micro climate: wind, sun path, temperature, humidity, rainfall
Form: → <i>What is the shape?</i>	Innovation of form – what is the expression?	Design fundamentals: lines, shape, texture, colour, patterns, geometric progression: module, unit to whole, scale and proportions	Design fundamentals: lines, shape, texture, colour, patterns, geometric progression: module, unit to whole, scale and proportions

Tabell 1. *Biomimik – teoretiskt ramverk* (Gamage & Hyde, 2012, s. 231).

I artikeln nämns också att ramverket kan appliceras både på direkta och indirekta (Se Tabell 1) tillvägagångssätt för design (Gamage & Hyde, 2012, s. 228). Medan det direkta tillvägagångssättet undersöker ekosystemens kapacitet för att översättas till den byggda miljön med referens till en specifik organism i systemet, abstraherar det indirekta tillvägagångssättet principer och koncept från naturen som en helhetsprocess. Med andra ord är det direkta tillvägagångssättet en specifik mimik av system, medan det indirekta tillvägagångssättet är en generellare mimik för ramverkets förfarande.

Modellen och ramverket fungerar tillsammans genom att modellen visualiserar ett tankesätt kring den ekologiska designprocessen och analysen av ett översättningssystem vid framtagningen av ramverket. Ramverkets huvudsakliga betydelse utgörs av att det organiserar designprocessen utifrån de faktorer som sammanbinder ekosystemet på alla nivåer och att det översätter ekosystemets processer till kreativ form.

Metoderna som har presenterats här och i det tidigare stycket är grundade i forskning. Det är nödvändigt eftersom det är komplext att efterlikna ekosystem. Därför är forskningsbaserade arbetssätt en förutsättning för att kunna arbeta med ekosystembiomimik. Det är också i utvecklingen av metoder som man befinner sig i forskningen i dagens läge.

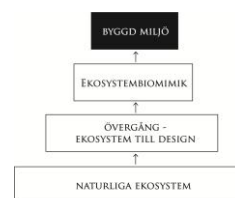
Det komplexa i att efterlikna ekosystem kan också vara en anledning till att ämnet är outforskat. Ekosystembiomimik skiljer sig på det sättet från mycket annan naturinspirerad design, eftersom den innebär ett överförande av vetenskaplig kunskap inom ekologin till design, istället för att efterlikna ekosystemet som en symbolisk metafor skapad av arkitekter (Pedersen Zari, 2010, s. 173). Terminologi som "metabolism" är ett exempel på ett ord som blivit inkorporerat i arkitektvärlden på ett yligt sätt, utan att dess innebörd faktiskt applicerats på designen. Litteraturen tar upp även upp problemet med att designers har för lite kunskap inom ekologi (Pedersen Zari & Storey, 2008, s. 3) för att kunna använda strategin bortom den metaforiska nivån. McLennan menar att strategin är svår att ta till sig eftersom den kräver nytänkande och omlärning av samhällets konventionella strukturer. För att förändra den synen måste vi därför ändra våra sätt att gå till väga i designprocessen.

"It is the hardest principle to come to terms with because it completely opposes what conventional society teaches, rewards and recognizes. The biomimicry principle is no less than a replacement of a worldview – of how we fit into the scheme of things, our own limitations and the limitations of the world around us. Acceptance of this worldview for the designer demands that we change how we approach every step of the design process and for the most, to begin the humble process of unlearning and relearning everything that we do." (McLennan, 2004, s. 43)

2.4 STÄDER SOM URBANA EKOSYSTEM

Mänskliga faktorer gör att humana ekosystem skiljer sig från naturliga ekosystem. Ett humant ekosystem är det urbana. Urbana ekosystem är dynamiska system där interaktionen mellan biofysiska och mänskliga interaktioner gör systemet komplext (Nicolis & Prigogine 1977 i Alberti, 2008, s. 20).

Först att använda termen "urban ekologi" var Chicago School of Sociology på 1920-talet, då man försökte förstå urbana mönster genom kunskapen om ekosystem (Burgess 1925, Park et al. 1925 i Alberti, 2008, s. 9). Målet var inte att studera ekologiska relationer, utan att bättre förstå stadens ekosystem genom att använda sig av ekologiska analogier. Man visade att städer styrs av samma drivkrafter och mekanismer som styr ekosystem. Burgess, Park och McKenzie menade också att konkurrensen om begränsade urbana resurser, som mark, får människor att organisera



sin miljö. Denna organisation sker bland annat genom att man delar in mer eller mindre attraktiva delar av staden i zoner. Förändringar i markanvändning liknade författarna vid succession.

Urbana ekosystem skiljer sig från naturliga ekosystem på viktiga punkter. Några ekologer har beskrivit städer som heterotrofa ekosystem, som är beroende av tillförd energi och material och att göra sig av med stora mängder utsläpp och avfall (Odum 1963, Duvigneaud 1974, Boyden et al. 1981, Collins et al. 2000 i Alberti, 2008, s. 62). Andra skillnader kan vara att urbana ekosystem skiljer sig från naturliga ekosystem för att rester av naturliga habitat inte är integrerade, att det finns ett stort antal utländska arter och att succession kontrolleras utifrån (Trepl 1995 i Alberti 2008, s. 62). Med dessa faktorer förändras ekosystemets mikroklimat. Stadens ekosystem blir varmare och fuktigare, avrinningen ökar och koncentrationerna av tungmetaller, organiskt material och daggmaskar stiger. Allen (2002) i Pedersen Zari och Storey (2008, s. 4) menar också att en stor skillnad mellan mänskliga ekosystem och biologiska ekosystem ligger i att de senare bryter ner energi i ett stort antal små steg istället för i ett få antal stora steg, vilket ofta är fallet i mänskliga ekosystem.

Det finns med andra ord en distinkt skillnad mellan naturliga ekosystem och ekosystem i städer. Poängen med ekosystembiomimik är inte att försöka åstadkomma naturliga ekosystem i urbana miljöer, eftersom staden har andra förutsättningar än den naturliga miljön. I ekosystembaserad design får man inte ha uppfattningen att man bygger upp ett naturligt ekosystem från grunden i staden, eftersom stadens ekosystem är annorlunda än de som finns i naturen. Om man vill arbeta med hållbar design, är det dock viktigt att bygga upp staden enligt samma principer som ett uthålligt ekosystem, och viktigt att snegla på naturen när man gör det. De ekosystem som är k-strategier (mer komplexa och med längre livstid) och inte domineras av människan, tenderar att fungera mer dynamiskt hållbart och vara mer långlivade (Pedersen Zari & Storey, 2008, s. 2). Det är således viktigt att både kunna se till dessa naturliga system för att *observera* viktiga funktioner som kan efterliknas i de mänskliga ekosystemen, och att samtidigt i skapandet av mänskliga miljöer försöka *integrera* och *regenerera* de ekosystem som de är en del av.

3. EKOSYSTEMBASERAD BIOMIMIK OCH KLIMATFÖRÄNDRINGAR

I detta avsnitt behandlar jag min andra forskningsfråga: *På vilka sätt kan ekosystembaserad design bidra i hanteringen av klimatförändringar?* Här undersöks tillämpningen av ekosystembaserad biomimik i hanteringen av klimatförändringar, för att se vilka typer av klimatförändringar som designstrategin fungerar på ett effektivt angreppssätt. Ett exempel på denna strategi är The Lloyd Crossing Project som avslutningsvis illustrerar hur ekosystembiomimik som anpassning till klimatförändringar kan se ut i praktiken.

3.1 HANTERING AV KLIMATFÖRÄNDRINGAR

På grund av ekosystemens goda förmåga att lösa problem i samma klimatförhållanden som vi människor lever i, är de en viktig inspirationskälla vid hanteringen av klimatförändringar. Bland de egenskaper som gör ekosystemen motståndskraftiga och anpassningsbara kan finnas stor potential för lösningar i den byggda miljön.

Hanteringen av klimatförändringar i urban miljö kan delas in i två kategorier (Pedersen Zari, 2010, s. 173). Den första kategorin innebär att hantera klimatförändringarna genom att mildra orsakerna (*mitigation*), exempelvis minska utsläppen av växthusgaser. Ekosystembaserade metoder för klimatförändringar beskrivs ofta som långsiktiga (Pedersen Zari, 2011, s. 181), då de ofta behandlar just denna typ av hantering. Den andra kategorin bearbetar anpassningen (*adaptation*) av den befintliga och framtida urbana miljön för att hantera klimatförändringarnas påverkan.

Effekterna av klimatförändringar kan ses som direkta eller indirekta. De direkta innebär en omedelbar påverkan på den fysiska strukturen av den byggda miljön, medan de indirekta effekterna påverkar de ekonomiska, sociala och miljömässiga villkoren. Det är väsentligt att anpassa städer eftersom det är tydligt att de direkta effekterna enligt IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) kommer att öka kraftigt i framtiden (IPCC i Pedersen Zari, 2008, s. 772).

3.2 BIOMIMIKENS BETYDELSE I HANTERINGEN AV KLIMATFÖRÄNDRINGAR

Studier visar att många arkitekter hittills har haft en reducerande inställning inom hållbar design, då man försökt minska mängden material och energi som använts i designen. Biomimik är istället ett sätt att använda ett holistiskt förhållningssätt där klimatjänssten inte ligger i att använda mindre material och energi (vilket kan göra designen svårhanterlig) utan att inkorporera ekosystembaserade handlingar till en ekologisk, sammankopplad helhet (Gamage & Hyde, 2012, s.233). Noël Holmgren (2013-05-13, e-post) menar i intervjun att det finns många fördelar med att använda ekosystembiomimik i hanteringen av klimatförändringar. Fördelarna med biomimetiska lösningar kan enligt honom sammanfattas:

- De är ofta energieffektiva och bygger i princip aldrig på fossila energikällor.
- De är anpassade för att klara förändringar, de är lokalt anpassade och flexibla.
- De använder miljövänliga material.
- De är resurseffektiva.
- De integrerar utveckling med tillväxt.
- De har evolverat för överlevnad.
- De är nedbryttningsbara i naturen.

Helt kort, menar Holmgren, kan man säga att biomimetiska lösningar har utvecklats för att fungera på jorden i dess ekosystem. Möjliga nackdelar, enligt Holmgren, är dock att naturen inte alltid är harmonisk eller gynnar hela ekosystemet. Anpassningarna har utvecklats för att gynna individerna som förändras. I naturen finns till exempel kemisk krigföring, vilket gör att naturliga substanser inte alltid är önskvärda att sprida i större skala.

Ekosystembiomimik ska inte förväxlas med ekosystemtjänster. Medan biomimik av ekosystem är ett systematiskt överförande av ekologisk kunskap till den byggda miljön (Pedersen Zari, 2012, s. 56) och därmed ofta en mer tidskrävande, långsiktig klimatanpassning, innebär ekosystemtjänster att man utnyttjar de funktioner som ekosystemen direkt eller indirekt bidrar med för att gynna människan. I hanteringen av klimatförändringar är ekosystemtjänsterna ett sätt att uppnå klimatanpassning och motståndskraft med hjälp av naturens egna processer, istället för mimiken av dessa. Exempel på detta kan vara musselodlingar för vattenrening eller anläggningar av våtmark som kan fungera som vattenupptag vid översvämningar.

Biomimik skulle möjligtvis kunna ses som en ekosystemtjänst på lång sikt, då man med hjälp av ekosystemets funktioner bidrar till att lösa problemet med klimatförändringar. Designstrategin är ofta en kombination av ekologiska och tekniska lösningar. Då ekosystembaserade lösningar, så kallade *mjuka* lösningar, skulle ha svårt att stå emot intensiteten i en naturkatastrof, kan de när de fungerar tillsammans med *hårda* lösningar attackera klimatproblemen i både ett kortsiktigt och långsiktigt perspektiv (PEDRR, 2010, s. 15). Författarna till boken *Ecosystem-based adaptation* menar att en kombination mellan mjuk och hård infrastruktur är den bästa lösningen för klimatförändringarnas extremskeden, då ekosystemlösningar i sig själva skulle ha svårt att stå emot kraften i naturkatastrofer (Uy & Shaw, 2012, s. 47).

Man kan även göra kopplingar till hur de två lösningarna fungerar för samhället idag. Ekosystemtjänster är relativt etablerade som klimatlösningar, medan biomimik är mer utforskat och tar längre tid att utveckla. Om man ser till fattigare länder kan ekosystemtjänster vara till stor

hjälp vid klimatanpassning, då de är kostnadseffektiva (PEDRR, 2010, s.8) och lätta att inkorporera med små medel. Ekosystembaserade lösningar kan även bidra både i förebyggande arbete mot naturkatastrofer, då välfungerande ekosystem kan lindra effekten av katastrofen, men även vara en värdefull resurs för samhällen i efterdyningarna av den (Sudmeier-Rieux et al., 2006, s. 1). Kanske är det ekosystemtjänsterna som har störst värde för att hantera klimatförändringar på kort sikt, medan ekosystembiomimik är en viktig lösning i det långa loppet.

Klimatanpassande biomimik har redan tillämpats i byggnadsarkitektur på många sätt (Gonot, 2013 [online]), och är där mer etablerat än i landskapsarkitekturen. Kanske är det så att den biomimik som härmar egenskaper hos organismer lämpar sig bättre för byggnader, medan design inom landskapsarkitektur och den urbana miljön har större potential att efterlikna de mer holistiska ekosystemen, vars strukturer får komponenter att hänga samman och skapa en hållbar helhet.

3.3 EXEMPLET LLOYD CROSSING PROJECT

Ett holistiskt synsätt är det som behövs mest inom hållbar utveckling idag. Enligt Bert Gregory på arkitektföretaget Mithun behöver designers *“move beyond green buildings... to jump to the next level, to look to neighborhoods as systems”* (Hayter, 2005 [online]). Företaget, tillsammans med landskapsarkitektföretaget GreenWorks, är ett av få som utfört ett projekt för att ta innebörden i ordet hållbarhet till en ny nivå, då projektet blir regenerativt. Projektet, kallat Lloyd Crossing Project (Figur 3) och beläget i Portland, Oregon, var från början ett initiativ från stadens utvecklingskommission.



Figur 4. *Lloyd Crossing Project i Portland, USA* (Mithun, 2004, tillgänglig via: http://mithun.com/knowledge/article/sustainable_urban_catalyst/ [2013-05-16])

Lloyd Crossing Project skulle både uppnå målet att utveckla det 35 kvarter (260 000 m²) stora området till en ny urban miljö, och samtidigt minska områdets miljöpåverkan till ett värde likt en orörd skogs. För att anta denna utmaning arbetade man i flera steg. Man började med att kartlägga hur det ekologiska systemet på platsen såg ut före mänsklig påverkan. Denna studie resulterade i en plan som innebar att intensiv urban utveckling kan användas för att vända den miljöpåverkan som förekommer idag. Det fanns exempelvis specifika mål för naturliv, vattenanvändning och energikonsumtion inkluderade i planen. I kartläggningen för platsens

tidigare utseende kom man fram till att 90 procent hade varit täckt av äldre barrskog. I planen fanns därför målet att ha en 25-30 procentig täckning av skog. I målen för vattenanvändningen planerades regnvattnet att tas om hand för att utnyttjas på plats. Även energikonsumtionen planerades likna platsens tidigare sol- och kolcykler, men med ökad solenergianvändning och minskad förbrukning av kol.

Det nya i projektet är att det är ett omfattande designarbete som gjorts med inspiration från ekosystemets funktioner och struktur. Trots att Lloyd Crossing Project ännu inte realiserats, har projektet vunnit många priser och beskrivs som något som "...could move the entire urban planning field forward - not just in Portland, but around the nation and the world." (Hayter, 2005 [online]). Man menar att ledning och finansiering hittills varit det som stått i vägen för verkställandet, trots att Mithun 2009 gick ut med att man möjligtvis hittat en intressegrupp för projektet (Mithun, 2009 [online]). Till dess menar man att Lloyd Crossing Project har skapat diskussion och uppmärksamhet kring en ny form av hållbar design, och fungerat som inspiration till *EcoDistrict Planning*, en omfattande hållbarhetsstrategi på kvartersnivå framtagen av Mithun, Portland Sustainability Institute, City of Portland och Portland State University.

Man kan jämföra detta storskaliga projekt med ett konkret, ekologiskt projekt i mindre skala. I avrinningsområden i Australien har man använt sig av ekosystembiomimik för att återskapa de ibland livsviktiga funktioner som ekosystemen bidrar med. Där hade försaltning blivit en konsekvens av att de naturliga systemen trängts undan av jordbruket (Lefroy 1999 i Benyus, 2013, s. 169). Det ursprungliga savannsystemet som rubbats av den salta konstbevattningen var grunden för vattenbalansen i området. Med statlig finansiering genomförde man en ekosystemimitation i den urbana miljön. Man återförde livet i marken genom att efterlikna strukturella mönster som funnits i naturen tidigare. Projektet är en direkt ekologisk imitation, där man till skillnad från Lloyd Crossing Project härmat ett specifikt ekosystem istället för att efterlikna de strukturer och funktioner som karaktäriserar ekosystem i en generell bemärkelse. De två projekten visar att ekosystembiomimik kan användas på olika sätt och i olika skalor.

Svenska projekt som har tagit inspiration från ekosystem i sin design är exempelvis Bo01 i Malmö och Akademiska Hus projekt Albano i Stockholm. Dessa projekt har inte tagit steget mot en fullständig hållbarhetslösning lika långt som Lloyd Crossing Project, men utnyttjar vissa imitationer som kan härledas tillbaka till ekosystem. Bo01 har en effektiv energianvändning som är lokalt förnybar genom att området skapar lika mycket el och värme som det gör åt (Eon, årtal saknas [online]). Albano är ett projekt där naturen integreras i den nya stadsdelen genom att teknologiska innovationer kombineras med ekologiska system (Eriksson, 2013, s. 33). Däremot saknas en helhetsdesign som fungerar som ett mer omfattande system. Ekosystembiomimiken är inte fullt uppnådd i projekten, även om de är bra exempel på vägar till ekosystembaserad design.

4. DISKUSSION OCH SLUTSATS

I min undersökning har jag försökt besvara två forskningsfrågor. I denna del diskuterar jag och drar slutsatser av de resultat jag funnit om ekosystembaserad design, med fokus på ekosystembiomimik, och dess effektivitet vid hantering av klimatförändringar, samt landskapsarkitektens roll i detta arbete.

4.1 EKOSYSTEMBASERAD DESIGNS FÖRDELAR OCH NACKDELAR

Ekosystembaserad design har enligt forskning stor potential i utvecklingen av hållbar design. Lokal tillgänglighet och tillämpning bidrar till färre transporter, samtidigt som ekosystembaserade lösningar har visat sig mer kostnadseffektiva än dyrare tekniska lösningar. Detta utgör ett starkt

argument i den ökade urbaniseringen, då utsatta städer i utvecklingsländer inte alltid har de ekonomiska tillgångar som krävs för att implementera tekniska lösningar när klimatförändringar påverkar deras livsmiljö.

Designstrategin ger samhället en förståelse för de naturliga systemen och deras betydelse för vår överlevnad. Forskning har även visat hur en ekologiskt byggd miljö kan ha positiv påverkan på människors hälsa (Kellert, 2005, s. 96). Exempel på element som skulle kunna ha en sådan inverkan är organiskt inspirerade former, exponering för naturligt ljus, naturlig ventilation, naturliga förändringsmönster, naturliga rytmer och ljud, och integrering av lokala växt- och djurarter i den byggda miljön (Benyus, 2013, s. 162). Ekosystembaserade lösningar ger samtidigt samhället större förståelse för sådana ekosystem som håller på att utrotas, och som på grund av ökad urbanisering kanske inte kommer att finnas i vår närmiljö på samma sätt i framtiden.

Ekosystembiomimik har dock kritiserats på grund av svårigheterna att förstå ekosystem och utforma designlösningar efter dem. Kibert (2006) menar att "... *the mimicking of nature in human designs is one dimensional [and] non-complex...*" (Kibert i Pedersen Zari, 2010, s. 173). Metoderna som presenterats i uppsatsen, och som utarbetats för att underlätta svårigheterna i ekosystembiomimik, har alla för- och nackdelar. Även de som utvecklats på senare år kan fortfarande upplevas svårförståeliga och därför ohanterliga för designers i deras arbete. För att den ekosystembaserade designen ska användas mer i samhället idag, kanske fördelarna inte endast borde ligga i ett hållbart samhälle på längre sikt, utan även ha fördelar för designers när de arbetar med metoderna idag. Att göra metoderna lättanvända och därefter etablerade i designarbete borde därför vara ett krav och skulle kunna öka användandet av ekosystembiomimik.

Man kan även förhålla sig kritisk till biomimik eftersom ingenting i metoden egentligen säger att designen måste vara ekologisk. Många exempel på biomimik är design som fortfarande innehåller ohållbara material, bland annat då endast formen används för att efterlikna naturen. Det är därför viktigt att ta efter både struktur och funktion i naturen för att få en hållbar design, samt öka kraven på att biomimikprincipen även ska innehålla ett ekologiskt tänkande. Man måste kombinera ekologisk, hållbar design med biomimiken för att strategin ska uppnå sitt potentiella värde. John Tillman Lyle tar i sin bok *Design for Human Ecosystems* (1985, s. 194) upp Eiffeltornet som ett exempel på ekosystembaserad design. Detta kan ses som ett exempel på när designen inte består av ekologiska material och inte heller fungerar som ett kretslopp där allt tas om hand. Liknelsen vid ett ekosystem ligger här i ett system som är uppbyggt av mindre beståndsdelar, vilket är en del av ekosystemets struktur men som i det här fallet motsvarar en form som har efterliknats. Kraven på ekosystemdesign är med andra ord högre idag än när Lyle skrev sin bok om ekosystemdesign 1985.

Man ska också vara medveten om att ekosystembaserade lösningar ofta är väldigt specifika för platsers olika förutsättningar (PEDRR, 2010, s. 10), samt beroende av ekosystemets komposition i storlek, täthet och artsammansättning (PEDRR, 2010, s. 15). John Tillman Lyle menar (1985, s. 194) att om ekosystemets integrativa lagar håller, kommer ekosystembaserad design alltid vara mindre förutsägbar och mindre precis än arkitektonisk design, både i den information designen använder och i de resultat den ger. Detta kan låta negativt, men förmågan att anpassa sig är en otroligt viktig egenskap hos ekosystemen. Vid klimathantering är detta en av de viktigaste funktionerna att försöka ta efter i urban miljö. Utan förmågan att anpassa sig är städernas sårbarhet långt högre. Att skapa diversitet kan bland annat vara ett medel till att öka städernas kapacitet att anpassas till förändring.

En svårighet för ett ekosystembaserat tillvägagångssätt är även att det ställer krav på de ekonomiska och juridiska ramverk som gäller på olika platser. Eftersom ekosystemstrategin går ut på system som är förbundna med varandra, kräver det att samhällen länkas samman i en större skala. Detta kan vara utmanande i områden där geografiska, ekonomiska och juridiska förhållanden skiljer sig. Det kan även betyda att strategin tar lång tid att implementera (Pedersen Zari, 2008, s. 776). Detta är ännu ett tecken på att ekosystembaserade lösningar för klimatförändringar kan vara mest tillämpliga ur ett långsiktigt perspektiv. De ekonomiska

kostnaderna för de projekt som hittills föreslagits har ofta också varit höga. Resultaten av detta har antingen blivit att projekten blivit storslagna och prestigefyllda byggnationer, eller inte genomförts alls, som det orealiserade Lloyd Crossing Project, vars designplan vid skrivandet av den här uppsatsen färdigställdes för snart tio år sedan.

4.2 EKOSYSTEMBASERAD DESIGNS EFFEKTIVITET

Min andra forskningsfråga behandlade hur man kan använda sig av ekosystembaserad design i klimatförändringar. En viktig slutsats är att det finns en viktig skillnad mellan att använda sig av ekosystemens form eller funktion. Om man använder sig av formen finns egentligen inga krav på ett ekologiskt tänkande. Vid hanteringen av klimatförändringar är därför funktionen den viktigaste aspekten att inspireras av. Man kan även blanda funktioner från olika ekosystem för att uppnå ett optimalt resultat. Benyus skriver: ”Detta fokus på funktion visar på en avgörande skillnad mellan de byggnader som härmar naturen för att ’se ut som naturen ser ut’ i ett dekorativt eller symboliskt syfte, och de som härmar naturen för att ’göra som naturen gör’ i syfte att vara mer funktionsdugliga.” (2013, s. 160)

Biomimik är ett sätt att hantera klimatförändringarna utifrån den byggda miljöns negativa påverkan genom att effektivisera energianvändning, förbättra sophantering och göra ekologiska materialval för att skapa en genomtänkt och varaktig miljö (Gamage & Hyde, 2012, s. 225). Designstrategin är ett möjligt alternativ vid ett långsiktigt arbete i hanteringen av klimatförändringar. Långsiktiga lösningar kan behandla problem som tar längre tid att åtgärda, som minskning av växthusgaser eller energieffektivitet. Som tidigare nämnts beskrivs ekosystembaserade metoder för klimatförändringar ofta som långsiktiga, men då klimatförändringarna tar sig uttryck i exempelvis naturkatastrofer, behövs även en design- eller planeringslösning som åtgärdar problem på kort tid.

I sådana sammanhang kan ofta en kombination av ekologiska och tekniska lösningar behövas. Medan tekniska lösningar ofta bidrar vid enstaka tillfällen, hanterar ekosystembaserade lösningar grunden till problemet genom att i det långa loppet bidra till att naturkatastroferna minskar i antal och effekt. Det är ett klimatvänligt tillvägsgångssätt där material och metod i lösningen också är hållbara. Det finns inte heller någon garanti för att de hårda lösningarna alltid kan hantera naturkatastrofernas kraft vid ett extremskede. Som tidigare nämnts är biomimik just ofta en kombination av ekologi och teknik, och kan därför fungera effektivt som designmetod i hanteringen av klimatförändringar. Men att fortfarande bedöma platsen och problemet utifrån dess specifika förutsättningar, som Ian McHarg tidigt poängterade, är en grundläggande faktor för att designen ska bli så effektiv som möjligt.

Dokumentationen för det undersökta exemplet Lloyd Crossing Project visar inga indikationer på att man i arbetet använt sig av några specifika tillvägagångsstrategier för överföringen mellan ekosystem till design. Kanske hade arbetet underlättats om det hade funnits en lättanvänd metod. Som tidigare sagt är många strategier för biomimik idag väldigt teoretiska, men att de inte tillämpats i större utsträckning tyder kanske på att de fortfarande är svårhanterliga. Självklart är designmetoderna också väldigt nya, men biomimik av organismer har som tidigare nämnts redan slagit igenom som metod i byggnadsarkitektur. Förmodligen är det också avsaknaden av praktiska exempel från vilka kunskap kan föras tillbaka till teorin som gör att de teoretiska modellerna inte utvecklats till att bli optimala.

4.3 BIOMIMIK - ETT FRAMTIDA ARBETSSÄTT I LANDSKAPSARKITEKTENS YRKESROLL?

*Only if we can comprehend and envision the entity we are trying to shape
as a dynamic whole can we have any hope of dealing with it creatively.*

(Lyle, 1985, s. 194)

Som tidigare nämnts är designers brist på kunskap inom det ekologiska ämnesfältet ett hinder i ekosystembaserad design. Det självklara borde vara att använda landskapsarkitekter med kunskap inom båda fälten som en resurs i detta arbete, men på få ställen i litteraturen nämns landskapsarkitektens roll inom ekosystembaserad design. I framtiden behövs inte endast tekniska lösningar vid hanteringen av klimatförändringar. När ekosystembaserad design blir viktigare i planeringen kommer landskapsarkitekter ta över en del av ingenjörernas roll i klimatplaneringen. Om en kombination av ekologiska och tekniska lösningar är optimalt, blir också samarbetet mellan ekologer, ingenjörer, arkitekter och landskapsarkitekter mycket viktigt. Landskapsarkitektens arbete förändras också då behovet av klimatplanering i utvecklingsländer blir större i och med mer klimatpåverkan och en större globalisering.

Det är dock inte bara kunskap inom ekologi som är viktigt i den ekosystembaserade designen, utan även en förståelse för design av system i kontrast till design av enskilda komponenter. Här är landskapsarkitekters förmåga att ha ett helhetsgrepp på designen också en viktig resurs utöver de tvärdisciplinära kunskaperna som yrket ger. Att behärska denna typ av systemdesign kan dock behöva etableras bättre inom utbildning och praktik, då arbetssättet utmanar det konventionella sättet att tänka kring arkitektur. Till följd av de urbana ekosystemen som Alberti diskuterar (se s. 17) kan vi inte heller bortse från människans inflytande på systemen när vi designar dessa, och som Lyle (se s. 11) också poängterar, inte glömma att människan är en viktig del av dem. Att se ekosystem som separerade från människan har blivit ett förlegat synsätt.

Klimatanpassande biomimik har blivit mer etablerat i byggnadsarkitektur än i landskapsarkitektur. Kanske är det så att den biomimik som härmar organismer lämpar sig bättre för byggnader, medan design inom landskapsarkitektur och den byggda miljön runtomkring har en större potential att efterlikna de mer holistiska ekosystemen, som strukturer som får allt att hänga samman och skapa helhet. Medan man inom byggnadsarkitekturen idag kan hitta många exempel på biomimik av organismers egenskaper, är designstrategin inom landskapsarkitekturen och härmsningen av ekosystem fortfarande mer av ett teoretiskt förhållningssätt än en praktisk metod. Pedersen Zari och Storey skriver i sin konferensrapport *An ecosystem based biomimetic theory for a regenerative built environment* (2008, s. 5) att ekosystemens mängd relationer och styrkan i dessa är viktigare än antalet organismer för att uppnå dynamisk stabilitet. Detta kan man likna vid den byggda miljön, som i likhet med ekosystemen borde designas som system där allt hänger ihop, istället för enskilda delar som inte bidrar till att vara komponenter av en helhet.

4.4 SLUTSATS OCH VIDARE FORSKNINGSPRÅGOR

Mycket litteratur diskuterar i slutändan olika ramverk för ekosystembaserad hantering av klimatförändringar. Metoderna är fortfarande mycket teoretiska, och Lloyd Crossing Project är ett av de första exemplen på ekosystembaserad design i praktiken. Det behövs därför mer forskning kring inkorporering i praktiken, samt fler praktiska exempel. Avgörande är troligtvis sedan att ett utbyte mellan teoretiker och praktiker sker, för att ge insikter om problem och nya utvecklingsmetoder. Projektet Lloyd Crossing Project ger exempelvis nya insikter till teorin. Det framkommer som tidigare nämnts däremot inte i någon dokumentation att arkitekterna använt sig av någon specifik metod i övergången från ekosystem till design. En sådan strategi är även svår att läsa av resultatet. Däremot har man i projektet tillämpat ekosystemets funktioner, vilket också stödjer tesen om att ekosystemets funktioner är de viktigaste att ta efter i hanteringen av klimatförändringar.

På grund av komplexiteten i ekosystembaserad design behövs även ett bättre samarbete mellan ekologer och designers. Eftersom designers ofta har en otillräcklig kunskap inom ekologi är det också viktigt att det finns användbara metoder som är lätta att använda utan att behöva skapa sig en bred kännedom inom det ekologiska fältet. Man får inte heller glömma vikten av att den

ekosystembaserade designen i de flesta fall är platsspecifik, och att de lokala förhållandena och möjligtvis platsens tidigare förhållanden (som i Lloyd Crossing Project) måste studeras för att designen ska uppnå ett optimalt resultat. Att biomimik utvecklas till en strategi där hållbarhet är ett krav i designen är också en viktig punkt för att metoden ska bli optimal.

Om man ser till att efterlikna specifika ekosystem mer ingående, är inte alla ekosystem perfekta förebilder att använda i design. En vidare undersökning hade således varit att se över vilka särskilda ekosystem vars funktioner och strukturer som hade varit mer lämpade än andra att efterlikna i klimatdesign. Som tidigare nämnts är en av de viktigaste egenskaperna hos ekosystemen förmågan att anpassa sig. Att undersöka hur man kan göra städer anpassningsbara och skapta för förändring är en viktig fråga där behovet av praktiska exempel åter igen är stort.

5 AVSLUTANDE REFLEKTIONER

Syftet med detta arbete har varit att beskriva ekosystembaserad design och hur den kan användas teoretiskt och praktiskt vid hanteringen av klimatförändringar. I min slutsats menar jag att både teorin och praktiken kring ämnet behöver utvecklas eftersom ekosystembiomimik fortfarande kan ses som abstrakt och svårt att ta till sig. Min uppsats förhåller sig också relativt abstrakt och teoretisk, men jag hoppas ändå att den uppmanar till mer praktisk användning av ekosystembaserad biomimik. Det finns alltid en fara i att konceptualisera och förenkla sådant som är väldigt komplext, men en medvetenhet om denna komplexitet gör att resultatet blir bättre. Allt tyder ändå på att denna designstrategi för med sig många fördelar i hanteringen av klimatförändringar idag. Med en större användning och bättre etablering av strategin utvecklas även landskapsarkitekters roll, inte minst i arbetet med klimatförändringar och inom hållbar design. Landskapsarkitektens arbetsätt utgörs också ofta av en helhetssyn och att hålla i trådar från olika discipliner. Vi är därför redan införstådda med det komplexa i att designa städer och kan arbeta med förhållningssättet på ett sätt vi redan känner. I *Hållbarhetens villkor* skriver Benyus (2013, s. 169) att landskapsarkitektur ”är ett av de områden där den biofila formgivningen kan göra skillnad globalt, framförallt med tanke på klimatförändringarna”.

Man kan förhålla sig kritisk till litteraturen på grund av att mycket inom den är riktat mot byggnadsarkitektur och teknisk design. Få gånger framkommer tillämpningen inom landskapsarkitektur. Källorna tar oftast inte heller upp de sociala, psykologiska eller estetiska aspekterna av ekosystembaserad design.

De fyra metoder som presenteras i avsnittet om övergången från ekosystem till design är utvalda på grund av att de representerar en utveckling av designstrategier under femtio år. De är däremot inte heltäckande för denna övergång, och fler metoder skulle med stor säkerhet kunna redogöras för i mer omfattande studier. Designmetoden *Cradle to Cradle* är ett exempel på en biomimetisk strategi som handlar om att hantera skräp i ett cykliskt system som en evig resurs, i likhet med ett ekosystem. Denna metod har jag dock valt att inte ta upp i uppsatsen, då den framförallt riktar sig till design av produkter och industri.

Processen med uppsatsen har, precis som ett ekosystem, varit cyklisk med ständiga växlingar av min egen energi och av det material och de resurser jag har använt. Till slut har små delar byggts upp till en helhet, som ett sammanhängande system. Lyckligtvis har vissa delar bestått när andra delar av uppsatsen strukits. Komplexiteten i arbetet har legat i att forma tydliga ramar för ämnet, samt att förstå metoder och principer som till en början känts väldigt abstrakta. Arbetet har anpassats till nya kunskaper och förhållningssätt under tidens gång, vilket tyder på att dess förmåga att anpassas och förändras har varit hög. Uppsatsen har också utvecklats på olika skalor i olika takt. Jag hoppas slutligen att uppsatsen, precis som ekosystemet, har skapat gynnsamma förhållanden för fortsatt liv.

REFERENSER

TRYCKTA KÄLLOR

Böcker

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

Benyus, J. M. (2013) Biomimetik, biofil och arkitektur. I: Telemark, H. (red) *Hållbarhetens villkor*. Malmö: Arena, s. 158-171.

Kellert, S. (2005) *Building for Life : Designing and Understanding the Human-Nature Connection*. Covelo: Island Press.

Lyle, J. T. (1985) *Design for Human Ecosystems*. New York: Van Nostrand Reinhold Company Inc.

Lyle, J. T. (1994) *Regenerative Design for Sustainable Development*. New York: John Wiley & Sons.

McKenzie, A., Ball, A. S. & Virdee, S.R. (2001) *Ecology*, 2. ed, Oxford: Bios Scientific Publishers.

McLennan, J. F.(2004) *The Philosophy of Sustainable Design*. Kansas City, Ecotone LLC

Tillgänglig: [http://books.google.se/books?id=-](http://books.google.se/books?id=-Qjadh_0IeMC&printsec=frontcover&hl=sv&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

[Qjadh_0IeMC&printsec=frontcover&hl=sv&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](http://books.google.se/books?id=-Qjadh_0IeMC&printsec=frontcover&hl=sv&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

Sudmeier-Rieux, K., Masundire, H., Rizvi, A., Rietbergen, S. (red.) (2006) *Ecosystems, livelihoods and disasters: an integrated approach to disaster risk management*. Gland & Cambridge: ICUN. Tillgänglig: <http://earthmind.net/drr/docs/references/iucn-2006-disasters.pdf>

Uy, N. & Shaw, R. (2012) The Role of Ecosystems in Climate Change Adaptation & Disaster Risk Reduction I: Uy, N & Shaw, R. (red) *Ecosystem-based Adaptation*. Bingley: Emerald Group Publishing Limited, s. 41-62.

Tillgänglig: [http://books.google.se/books?id=XbgGqoq54RUC&printsec=frontcover&dq=Eco](http://books.google.se/books?id=XbgGqoq54RUC&printsec=frontcover&dq=Eco+system-based+adaptation+noralene&hl=sv&sa=X&ei=zYVmUdLoF8PR4QTKvICACA&ved=0CC4Q6AEwAA)
[system-](http://books.google.se/books?id=XbgGqoq54RUC&printsec=frontcover&dq=Eco+system-based+adaptation+noralene&hl=sv&sa=X&ei=zYVmUdLoF8PR4QTKvICACA&ved=0CC4Q6AEwAA)
[based+adaptation+noralene&hl=sv&sa=X&ei=zYVmUdLoF8PR4QTKvICACA&ved=0CC4Q](http://books.google.se/books?id=XbgGqoq54RUC&printsec=frontcover&dq=Eco+system-based+adaptation+noralene&hl=sv&sa=X&ei=zYVmUdLoF8PR4QTKvICACA&ved=0CC4Q6AEwAA)
[6AEwAA](http://books.google.se/books?id=XbgGqoq54RUC&printsec=frontcover&dq=Eco+system-based+adaptation+noralene&hl=sv&sa=X&ei=zYVmUdLoF8PR4QTKvICACA&ved=0CC4Q6AEwAA)

Artiklar

Eriksson, S. (2013) Världsledande hållbarhet i Albano. *Aba*, vol. 5, s. 30-37.

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

Tillgänglig: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00038628.2012.709406>

Marshall, A. (2007) The theory and practice of ecomimicry, *Working Paper Series: no. 3*, Curtin University of Technology, Alcoa Centre for Stronger Communities.

Tillgänglig: [http://espace.library.curtin.edu.au/cgi-](http://espace.library.curtin.edu.au/cgi-bin/espace.pdf?file=/2008/11/13/file_15/20328)
[bin/espace.pdf?file=/2008/11/13/file_15/20328](http://espace.library.curtin.edu.au/cgi-bin/espace.pdf?file=/2008/11/13/file_15/20328)

Pedersen Zari, M. (2010) Biomimetic design for climate change adaptation and mitigation, *Architectural Science Review*, 53:2, s. 172-183.

Tillgänglig:

<http://www.ingentaconnect.com/content/earthscan/asre/2010/00000053/00000002/art00004>

PEDRR (2010) Demonstrating the Role of Ecosystem-based Management for Disaster Risk Reduction. Partnership for Environment and Disaster Risk Reduction.

Tillgänglig: http://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/2011/en/bgdocs/PEDRR_2010.pdf

Konferenstryck

Pedersen Zari, M. (2008) Bioinspired architectural design to adapt to climate change.

[Elektronisk] I: Foliente, G.; Paevere, P.; Luetzkendorf, T.; Newton, P. (red.) *Proceedings of the Conference on Sustainable Building SB08 Melbourne. Volume 2* (s.771-778). Melbourne, Australien, 21-25 September 2008. Tillgänglig: <http://www.irb.fraunhofer.de/CIBlibrary/search-quick-result-list.jsp?A&idSuche=CIB+DC15879>

Pedersen Zari, M. & Storey, J.B. (2008) An ecosystem based biomimetic theory for a regenerative built environment. [Elektronisk] I: (okänd red.) *SB07 Portugal: Sustainable Construction, Materials and Practices: Challenge of the Industry for the New Millenium* (okänd sida). Rotterdam, Nederländerna, 12-14 September 2007. Tillgänglig: <http://www.irb.fraunhofer.de/CIBlibrary/search-quick-result-list.jsp?A&idSuche=CIB+DC11734>

Bildkällor

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

Tillgänglig: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00038628.2012.709406>

Mithun (2004) [online] Tillgänglig:

http://mithun.com/knowledge/article/sustainable_urban_catalyst/ [2013-05-16]

Palmer, N. (2010) [online] Tillgänglig: <http://www.flickr.com/photos/ciat/4574916424/> [2013-05-17]

Shedroff, N. (2011) *Design is the Problem: the future of design must be sustainable*. New York: Rosenfeld Media. Tillgänglig: <http://www.sfu.ca/~asnip/capstone/Design-is-the-Problem.pdf>

OTRYCKTA KÄLLOR

Muntliga källor

Holmgren, Noel, Professor i teoretisk ekologi vid Högskolan i Skövde, Institutionen för Vård och Natur, intervju per e-post, 2013-05-13

ELEKTRONISKA KÄLLOR

Eon, årtal saknas, *Västra hamnen – en del av ett hållbart samhälle*. <http://www.eon.se/vastrahamnen> [2013-05-27]

Gonot, J. (2013) Biomimicry: Using Nature's Genius for Human Innovation. *Land 8* [Blogg]. 5 mars. <http://land8.com/profiles/blogs/biomimicry-using-nature-s-genius-for-human-innovation> [2013-04-29]

Hayter, J. A. (2005) *Lloyd Crossing Sustainable Urban Design Plan and Catalyst Project—Portland, Oregon*. <http://site.iugaza.edu.ps/falqeeq/files/2010/02/Lloyd-Crossing-Sustainable-Design-Plan.pdf> [2013-05-13]

Hållbarhetsguiden (årtal saknas) *Design Spiral*.
<http://www.svid.se/Hallbarhetsguiden/Mojligheter-verktyg/Metoder-att-minska-paverkan/Biomimicry-design-spiral/> [2013-05-21]

Mithun (2009) *Lloyd Crossing Sustainable Urban Design Plan soon to be realized?*
http://mithun.com/news/article/lloyd_crossing_sustainable_urban_design_plan_soon_to_be_realized/ [2013-05-13]

Mithun (2012) *The Evolution of Performance Metrics in Practice*.
http://mithun.com/knowledge/article/the_evolution_of_performance_metrics_in_practice/ [2013-05-13]

Nätterlund, K. (2012) Ekolog + Designingenjör = Oändliga möjligheter. *JamtDesign* [Blogg]. 12 maj. <http://jamtdesign.blogspot.se/2012/05/ekolog-designingenjor-oandliga.html> [2013-05-17]

Westerlund, H.(2013) *Biomimicry (biomimitik) härmar naturens lösningar*.
<http://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=3345&artikel=5426495> [2013-04-19]

BILAGA 1

John Tillman Lyles 12 principer (Lyle, 1994, s. 38-45) för övergången mellan ekosystem till design:

1. Låt naturen göra jobbet
Använd den lokala naturens processer och resurser för att lösa mänskliga problem.
2. Se naturen som både modell och kontext
Bevara och återupprätta kontinuitet och samband i naturen.
3. Slå samman istället för att isolera
Se helheten, inte de separata delarna.
4. Sök optimala nivåer för flera funktioner istället för maximum- eller minimumnivåer för enstaka mål.
Se inte bara se till ett enstaka mål, utan ett intervall av värden. Regenerativ design har alltid mer än ett mål. Detta skapar komplexitet, och därför är det viktigt att inte söka isolerad precision, utan att istället försöka närma sig fler värden.
5. Matcha teknik till behov.
Reglera teknisk lämplighet, samt dess kostnader efter långsiktig hållbarhet.
6. Använd information för att ersätta ström.
Med rätt information kan man uppnå exakta passformer mellan mål och medel, och mellan system och funktion. Detta är viktigt i användningen av energi. Om system bli designade för att passa situationen, behöver man inte använda ett överflöd av ström.
7. Erbjud flera banor
Regenerativ design är ofta anpassad för specifika tillämpningar i bestämda kontexter. Utnyttja olika resurser på platsen för att skapa fler möjligheter för designen. Detta gör att om ett tillvägagångssätt hindras, finns det fortfarande andra vägar att gå.
8. Sök gemensamma lösningar på olikartade problem
Relationerna mellan system, och hur olika egenskaper hos processer kan vara användbara i andra processer.
9. Förvalta lagerutrymme som ett steg mot hållbarhet
Välbalanserade lagerutrymmen är kärnan i hållbar design. Att balansera graden av användning och påfyllning i lagerutrymmen är därmed viktigt. Alla naturliga processer har lagerutrymmen, till exempel avrinningsområden och akvifärer för vatten, atmosfären för syre och kväve och träd för biomassa. Insikten om att dessa inte är statiska utan ständigt varierar, är viktigt för att förstå regenerativa system. Systemen kan sedan dra nytta av de naturliga lagerutrymmena, eller implementera andra typer av lager som exempelvis täta material som sten, tegel eller vatten för att lagra värme.
10. Skapa form för att leda flöde
Energi och material flödar i den fysiska miljön, som bestämmer i vilken takt och riktning flödet sker. Flödet följer formen som följer flödet.
11. Skapa form för att visa process
Att visualisera processer gör dem till en del av vårt dagliga liv och ökar vår förståelse för vår omvärld. Regenerativ design måste bli en integrerad del av vårt samhälle. Om man förstår processerna, kan man forma städernas visuella uttryck efter dem. Dessa former sammanbinder människor med dess miljö, och får dem att acceptera ny design.
12. Prioritera hållbarhet
Hållbarhetsaspekten måste prioriteras och finnas med i alla beslutstaganden på alla nivåer. Regenerativ design måste ersätta industriell teknologi.