



LUND UNIVERSITY

Ekosystembaserad klimatanpassning

Konceptualisering och kunskapsöversyn

Thoni, Terese; Alkan Olsson, Johanna; Brink, Ebba; Ekroos, Johan; Hanson, Helena; Hollander, Johan; Linder, Sofie; Knaggård, Åsa; Olsson, Pål Axel; Rummukainen, Markku; Sidemo Holm, William

2017

Document Version:

Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Thoni, T. (Red.), Alkan Olsson, J., Brink, E., Ekroos, J., Hanson, H., Hollander, J., Linder, S., Knaggård, Å., Olsson, P. A., Rummukainen, M., & Sidemo Holm, W. (2017). *Ekosystembaserad klimatanpassning: Konceptualisering och kunskapsöversyn*. Centrum för miljö- och klimatforskning, Lunds universitet. CEC Syntes Nr 04.

Total number of authors:

11

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

Ekosystembaserad klimatanpassning

En kunskapsöversyn

Johanna Alkan Olsson | Ebba Brink | Johan Ekroos | Helena Hanson
Johan Hollander | Sofie Linder | Åsa Knaggård | Pål Axel Olsson
Markku Rummukainen | William Sidemo Holm | Terese Thoni

Redaktör: Terese Thoni

Centrum för miljö- och klimatforskning
Lunds universitet



LUNDS
UNIVERSITET

CEC Syntes Nr 04
Lunds universitet 2017

EKOSystemBASERAD KLIMATANPASSNING

Lunds universitet | 2017

Syntesrapporten ingår som nr 4 i serien CEC Synteser.

Sök-/nyckelord: Ekosystem; klimat; klimatanpassning

Citera som: Thoni, T (red) 2017. Ekosystembaserad klimatanpassning: En kunskapsöversyn. CEC Rapport Nr 4. Centrum för miljö- och klimatforskning, Lunds universitet. ISBN 978-91-984349-0-3

Beställ ifrån:

Centrum för miljö- och klimatforskning

Sölvegatan 37

223 62 Lund

www.cec.lu.se/kontakt

Utgiven av Centrum för miljö- och klimatforskning, Lunds universitet

ISBN 978-91-984349-0-3

Tryckt i Sverige av Media-Tryck, Lunds universitet, Lund 2017

Detta verk är skyddat enligt lagen (1960:729) om upphovsrätt till litterära och konstnärliga verk. All form av kopiering, översättning eller bearbetning utan medgivande är förbjuden. Innehållet återspeglar inte nödvändigtvis Lunds universitets officiella ståndpunkt.



Intertek

MADE IN SWEDEN ■■

Media-Tryck är ett miljömärkt och
ISO 14001-certifierat tryckeri.
Läs mer om vårt miljöarbete på
www.mediatryck.lu.se

Innehåll

1. Inledning	5
2. Bakgrund	7
2.1. Definition och relaterade koncept	7
2.2. Det ekonomiska värdet	18
2.3. Den politiska kontexten	22
3. EbA i specifika miljöer	25
3.1. Bebyggd miljö	25
3.2. Kulturmiljö	35
3.3. Kustområden	39
3.4. Skogsbruk	45
3.5. Jordbruk	49
4. Synergieffekter och utmaningar	53
4.1. Synergieffekter	53
4.2. Utmaningar	55
5. Slutsatser	59
Referenser	63

1. Inledning

Även om vi med utsläppsminskande åtgärder kan begränsa klimatförändringarna framöver kommer vi behöva anpassa samhället till ett förändrat klimat för att undvika eller minska negativa, klimatrelaterade effekter⁴. Klimatanpassning innebär att vi anpassar våra system och våra miljöer för att bättre kunna hantera klimatrelaterade risker och skador, eller för att på bästa sätt utnyttja de nya förhållandena⁶.

Klimatanpassning kan i stora drag delas in i tre olika varianter, nämligen: 1) institutionella och sociala åtgärder^a, 2) tekniska och konstruerade/byggda åtgärder^b, samt 3) ekosystembaserade åtgärder^{c7}. Den tredje varianten, *ekosystembaserad klimatanpassning* (EbA) är temat för den här rapporten. Inom EbA används ekosystemtjänster och biologisk mångfald på olika sätt för att anpassa samhället till klimatförändringar.

I den här rapporten har vi sammanställt information relevant för användandet av EbA i Sverige. Rapporten är uppdelad i fem olika kapitel. Efter den här inledningen följer ett bakgrundskapitel (kapitel 2) uppdelat i tre delar. Den första delen består av en introduktion till EbA som begrepp och en diskussion kring hur det förhåller sig till och skiljer sig från liknande begrepp. EbA bygger på begreppet *ekosystemtjänster*. Grundtanken med begreppet ekosystemtjänster är att lyfta och synliggöra värdet av ekosystem. Hur ekosystemtjänster och EbA kan värderas är ämnet för del två av bakgrundskapitlet. Den avslutande delen av Kapitel 2 ger en kort överblick av EbAs politiska kontext.

Kapitel 3 består av information uppdelad på olika miljöer som är speciellt lämpade för implementering av EbA. Dessa miljöer är bebyggd miljö, kulturmiljö, kust, jordbruk och skogsbruk. Varje avsnitt börjar med en kort beskrivning av vilka framtida problem som kan drabba miljön, följt av en redogörelse för vilka möjliga EbA-åtgärder som kan användas för att motverka dessa problem. Exempel på åtgärder inkluderar att plantera fler träd i staden för att ge skugga under varma dagar, och ta hand om dagvattnet för att minska risken för översvämning (se avsnitt 3.1), eller att plantera ålgräs längs våra kuster för att minska risken för erosion (se avsnitt 3.3). De miljöspecifika avsnitten i rapporten skiljer sig åt beroende på tillgänglighet av information. Vissa miljöer finns det mer information om relaterat till EbA, andra mindre.

^a Ibland kallat mjuka åtgärder.

^b Ibland kallat hårda eller grå åtgärder.

^c Ibland kallat gröna åtgärder.

Kapitel 4 innefattar en diskussion kring för- och nackdelar med EbA; vilka synergieffekter implementering av EbA kan medföra, vilka prioriteringar som kan behöva göras, vilka konflikter med andra samhällsliga mål som kan uppstå, samt politisk och samhällslig acceptans.

Rapporten avslutas med korta slutsatser samt rekommendationer för framtida studier (Kapitel 5).

2. Bakgrund

Ekosystembaserad klimatanpassning (EbA) som begrepp dök upp i den internationella debatten om klimatanpassning runt år 2008. Åtgärder som kan klassificeras som EbA har dock använts långt tidigare, och det finns en rad andra begrepp som har stora likheter med EbA. Vilka dessa är och vilka skillnaderna är reder vi ut i det här kapitlet. I det inledande avsnittet ger vi även en överblick av EbAs byggstenar – klimatanpassning och ekosystemtjänster. Det senare bygger vi vidare på i en överblick och diskussion om det ekonomiska värdet av EbA. Kapitlet avslutas med en kort introduktion till den politiska kontexten av relevans för EbA.

2.1. Definition och relaterade koncept

Terese Thoni, Centrum för miljö- och klimatforskning

Markku Rummukainen, Centrum för miljö- och klimatforskning

Ebba Brink, Centrum för studier av uthållig samhällsutveckling

I det här avsnittet presenterar vi ekosystembaserad klimatanpassning (EbA) som koncept och hur det förhåller sig till närliggande begrepp. Vi börjar med att kort presentera bakgrunden till EbA; hur det myntades, vilka begrepp det bygger på hur det tidigare använts och hur det används idag. Därefter presenterar vi en tre närliggande begrepp; 1) Förvaltning av ekosystem och biologisk mångfald, 2) Grön och blå infrastruktur, och 3) Gemenskapsbaserad klimatanpassning. Vi diskuterar likheter och skillnader mellan EbA och dessa närliggande begrepp, och avslutar med att ringa in vad som särskiljer EbA.

Ekosystembaserad klimatanpassning – en definition

Ekosystembaserad klimatanpassning (EbA^d) som koncept dök upp i den internationella diskursen runt 2008^{8,9}. Det användes då främst i en utvecklingskontext, med

^d I det engelska språket används vanligen "Ecosystem-based Adaptation". I vissa sammanhang, till exempel Klimatkonventionen (UNFCCC), används istället "Ecosystem-based approaches to climate change adaptation" i det närmaste synonymt med Ecosystem-based Adaptation. Båda benämningarna förkortas EbA och UNFCCC använder CBDs definition för att förklara begreppet. I den aktuella rapporten används "Ekosystembaserad *klimatanpassning*", för att förtydliga att det är just

motiveringen att fattiga människor i utvecklingsländer är direkt beroende av naturen för sin överlevnad¹⁰⁻¹². Fokus var ofta på frågor med rural anknytning som matsäkerhet, försörjningsmöjligheter, och ursprungsbefolkningars kunskap¹³. En tidig förespråkare av EbA var miljövårdsorganisationen International Union for Conservation of Nature (IUCN), som påpekade EbAs synergier med begreppet *community-based adaptation*¹⁴. EbA ansågs härmed medföra betoning på deltagande, transparens, kulturell acceptans och rättvis- och genusfrågor^{9,15}. På senare år har begreppet EbA börjat användas mer utbrett om ekosystembaserade metoder för klimatanpassning även på norra halvklotet^{10,16,17}.

En tidig EbA-aktör som definierade begreppet brett var Konventionen om biologisk mångfald (CBD). CBDs definition av EbA lyder:

*"[...] användning av biologisk mångfald och ekosystemtjänster som en del av en övergripande strategi för att hjälpa människan att anpassa sig till klimatförändringens negativa effekter. För att tillhandahålla tjänster som gör det möjligt för människan att anpassa sig till effekterna av ett förändrat klimat används inom EbA olika metoder för hållbar förvaltning, bevarande och restaurering av ekosystem. EbA syftar till att upprätthålla och öka ekosystems och människors motståndskraft och minska deras sårbarhet inför klimatförändringens negativa effekter. Ekosystembaserad klimatanpassning integreras lämpligen i mer övergripande anpassningsstrategier och utvecklingsprogram."*¹⁸
egen översättning

CBDs definition inbegriper alltså tre huvudpunkter:

- Den sätter människan i centrum: EbA används för att hjälpa människan att anpassa sig till klimatförändringarnas effekter;
- Den lyfter fram hållbar förvaltning, samt bevarande och restaurering av ekosystem som medel att använda inom EbA;
- Den pekar på att EbA är ett av flera möjliga klimatanpassningsalternativ.

Även om flera aktörer på den internationella arenan har anammat CBDs definition, exempelvis FNs ramkonvention om klimatförändringar¹⁹ och FNs klimatpanel IPCC²⁰, råder det delade meningar inom forskningen, och mellan olika typer av aktörer, kring vilka typer av åtgärder som kan inkluderas i begreppet^{21,22}. Exempel på EbA-åtgärder

klimatanpassning vi talar om. Vi använder den engelska förkortningen av begreppet, EbA, för att tydligt knyta samman den information som presenteras här med den som återfinns i engelskspråkiga publikationer.

som IPCC listar innefattar ekologisk restaurering (såsom återskapande av våtmarker), ökad biologisk mångfald, bevarande och återplantering av mangroveskogar, naturvårdsbränning i skog^e, grön infrastruktur, åtgärder för hållbart fiske, gröna korridorer och liknande åtgärder för att underlätta arters förflyttning, ex situ bevarande av arter, gemenskapsbaserad och lokal förvaltning av naturresurser, samt anpassade markanvändningsstrategier med markbevarande åtgärder som minskar erosion och ökar markens förmåga att absorbera vatten.

Två övergripande begrepp är grundläggande för EbA, oavsett den exakta definitionen: *klimatanpassning* och *ekosystemtjänster*¹⁵.

Klimatanpassning

FNs klimatpanel definierar klimatanpassning som “[p]rocessen att ställa om till ett upplevt eller förväntat klimat och dess effekter”¹⁶, egen översättning. IPCC lyfter även fram att för människans del kan klimatanpassning handla om att bemöta eller undvika negativa effekter, eller att utnyttja nya, gynnsamma möjligheter. Den här definitionen skiljer sig åt från CBDs definition av ekosystembaserad klimatanpassning då den senare inte inkluderar utnyttjandet av positiva förändringar. IPCC delar in klimatanpassningsåtgärder i tre olika huvudgrupper – *strukturella och fysiska*, *sociala*, och *institutionella*²⁰. I den första kategorin, Strukturella och fysiska, återfinns ekosystembaserade klimatanpassningslösningar, såväl som ny teknik, bebyggda “hårda” lösningar samt olika typer av tjänster såsom allmän sjukvård, vaccineringsprogram och sociala skyddsnät. Sociala klimatanpassningsåtgärder inkluderar åtgärder som utbildning och beteendeförändringar, medan institutionella inkluderar bland annat lagar, ekonomiska styrmedel och politiska program.

Förutom IPCCs indelning av klimatanpassning i olika kategorier finns det andra varianter, till exempel att skilja mellan bland andra ”gröna lösningar”, där EbA ingår, som på olika sätt använder sig av naturen för klimatanpassning, och ”grå lösningar”, som använder sig av mänskligt konstruerade/tekniska sätt att möta klimatförändringarna²³.

Ekosystemtjänster

I våra ekosystem bildar organismer processer som i sin tur skapar tjänster och produkter som människan använder sig av²⁴. Det finns tjänster och produkter vars värde för människan är välkända, såsom olika typer av skogsprodukter, men även tjänster som är mer osynliga och svåra att värdera (monetärt eller på annat sätt) såsom psykiskt välbefinnande kopplat till vistelse i vackra naturmiljöer²⁵. Dessa tjänster och produkter sammanfattas av begreppet *ekosystemtjänster*. Användandet av ekosystemtjänster som begrepp spreds i och med lanseringen av rapporten Millennium Ecosystem Assessment

^e Planerad skogsbrand i avgränsat område för att gynna arter som är beroende av bränd skogsmark.

(MEA)²⁶. I rapporten definieras ekosystemtjänster helt enkelt som den nytta ekosystem skänker människan. Ekosystemtjänster delas upp i följande undergrupper^{6,26,27}:

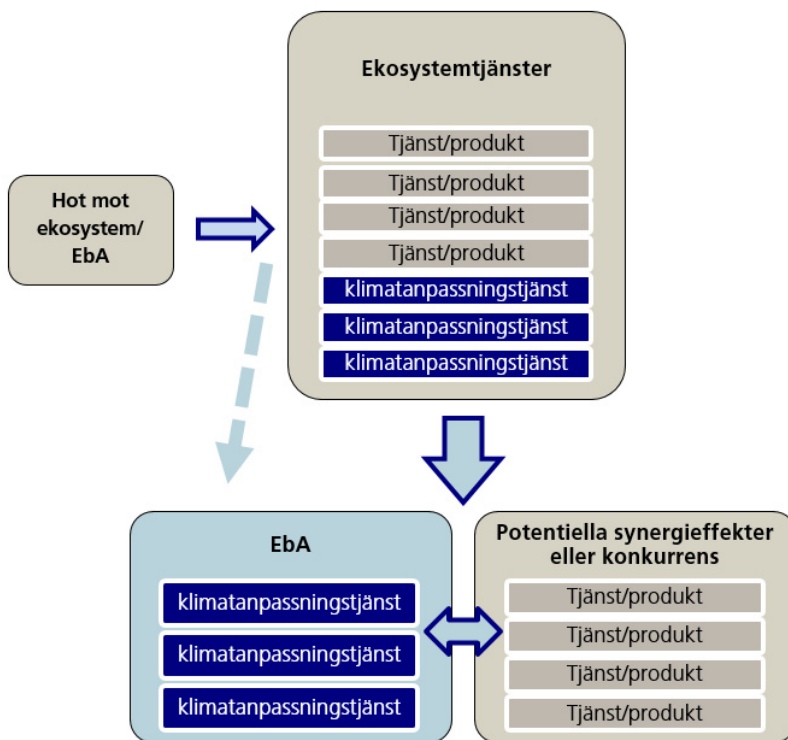
- *Försörjande ekosystemtjänster*: olika typer av produkter vi hämtar och använder direkt ifrån naturen, till exempel mat, vatten, virke och andra råvaror.
- *Reglerande ekosystemtjänster*: naturens förmåga att reglera vår miljö på ett sätt som direkt gynnar människan, såsom klimatreglering, vattenrening och skydd mot översvämning och erosion.
- *Kulturella och estetiska ekosystemtjänster*: naturens/ekosystemens immateriella tjänster som har en positiv inverkan på människans sociala, psykologiska och fysiska välbefinnande, exempelvis naturupplevelser, rekreation och turism.
- *Stödjande ekosystemtjänster*: används inte direkt av människan men möjliggör de andra typerna av tjänster. Innefattar fotosyntes, näringsämnesutbyte i naturen och ekosystemens produktivitet.

Ekosystemtjänster är, precis som EbA, ett människocentrerat begrepp. MEA-rapporten beskriver användningen av begreppet som ett sätt att rikta uppmärksamhet till människans beroende av ekologiska processer. Det möjliggör även att beskriva ekologiska processer i monetära termer, vilket i sin tur gav upphov till en ny form av incitament för att sköta ekosystem, så kallad *Betalning för ekosystemtjänster* (PES^f jfr. ^{28,29}). Ekosystemtjänstegreppet i allmänhet och PES i synnerhet har emellertid utsatts för kritik för att de riskerar att leda till förvaltningsformer som undervärderar de ekosystemtjänster som är svåra att prissätta²¹.

Förhållande mellan EbA och ekosystemtjänster

Medan ekosystemtjänster är en övergripande beteckning, vars definition inkluderar alla typer av tjänster och produkter som vi får från ekosystem, inbegriper EbA endast de ekosystemtjänster som kan användas för människans klimatanpassning¹⁰. Detta innebär att ekosystemtjänster som inte har klimatanpassningsfördelar är mindre centrala för EbA³⁰. Om dessa tjänster kan tillgodogöras eller skapas genom EbA-åtgärder beskrivs de som synergieffekter eller positiva sidoeffekter^{22,31}.

^f Payments for Ecosystem Services



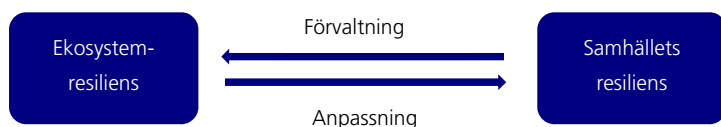
Figur 1. Relation mellan EbA och ekosystemtjänster

Ett exempel på en sådan synergieffekt är att träd som planteras i städer för att reglera mikroklimatet (t.ex. skydda mot värmeböljor) även kan uppfattas som förskönande och därmed öka välbefinnandet. Det senare är inte än klimateanpassningstjänst, utan en annan ekosystemtjänst (kulturell/estetisk). EbA-åtgärder har dock inte alltid enbart positiva sidoeffekter. Konkurrenssituationer förekommer också, exempelvis gällande markanvändning (se kapitel 4).

Förvaltning av ekosystem och biologisk mångfald

Klimatförändringarna påverkar inte bara människan och samhället, utan även ekosystemen. Centralt i begreppet EbA är relationen mellan människa och naturmiljö, och definitionen pekar på behovet av att stärka såväl människans som ekosystemens motståndskraft. EbA är inte synonymt med att anpassa ekosystem till klimatförändringar och andra typer av förvaltning av naturmiljöer.

CBDs definition av EbA omfattar alla typer av insatser där ekosystemtjänster används för att öka människans motståndskraft, eller resiliens, mot klimatförändringar. Däremot inkluderar den inte insatser vars högsta mål är att öka ekosystemens resiliens eller att bevara olika typer av naturmiljöer för deras egen skull; EbA är ett människocentrerat begrepp. Sådana insatser brukar i stället benämnas *förvaltning av ekosystem* ("ecosystem management"³²). Figuren nedan beskriver förhållandet mellan EbA och ekosystemförvaltning. Det är dock inte ovanligt att dessa två begrepp förväxlas i litteratur om EbA³³.



Figur 2. Relation mellan EbA och förvaltning av ekosystem

I praktiken går det ofta inte att särskilja förvaltning av ekosystem och ekosystembaserad klimatanpassning, eftersom det sätt vi förvaltar våra ekosystem på påverkar deras förmåga att tillhandahålla ekosystemtjänster, inklusive de tjänster vi använder för klimatanpassning³⁴. I CBDs definition av EbA anges dessutom hållbar förvaltning, bevarande och restaurering av ekosystem som åtgärder inom EbA, för att stärka ekosystemens förmåga att "tillhandahålla" klimatanpassningstjänster. Detta innebär att bevarande av arter/naturmiljöer, exempelvis genom att klassa vissa områden som skyddade, kan vara en del av en mer övergripande EbA-strategi. Relationen mellan traditionella strategier för naturvård och EbA illustreras i figur 3 nedan.



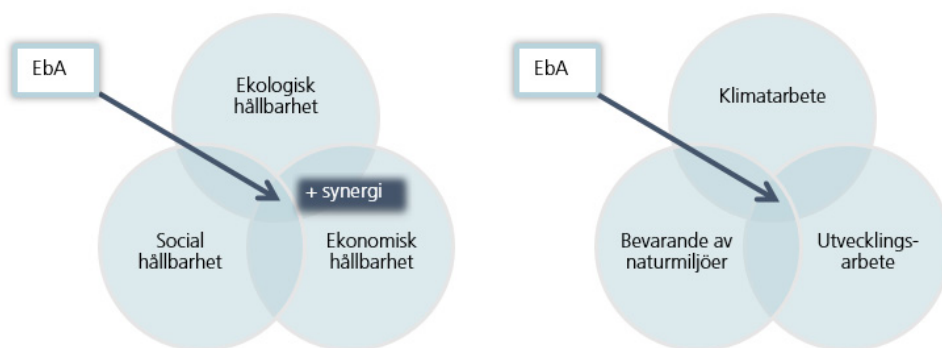
Figur 3. Relation mellan EbA och förvaltning av ekosystem

Ekosystemtjänster möjliggörs av bakomliggande ekosystemprocesser som genereras av olika organismer. Dessa processer fungerar generellt sett bättre och är mer motståndskraftiga när det finns en mångfald av organismer i systemet^{24,35}. Ett ekosystem som har ett överflöd (redundans) av arter är mer skyddat mot negativ påverkan utifrån (exempelvis klimatförändringar)^{36,37}. Det innebär att en ökad biologisk mångfald skulle kunna bidra till att gynna och skydda ekosystemtjänster, och eftersom

ekosystembaserad klimatanpassning är en typ av ekosystemtjänst kan åtgärder för ökad biologisk mångfald räknas som en indirekt EbA-åtgärd. IPCC går ett steg längre och tar upp ökad biologisk mångfald som ett exempel på EbA²⁰.

I CBDs definition av EbA lyfts också det ömsesidiga beroendet mellan människor och ekosystem fram; att friska ekosystem är avgörande för människors välbefinnande (jämför MEA²⁶). På så sätt kan man också argumentera att EbA kombinerar målet om mänskligt välbefinnande med hållbara ekosystem; vi behöver inte välja mellan det ena eller det andra³⁸. En aspekt av EbA handlar alltså om att vidta åtgärder så att ekosystemen nu och i framtiden kan ge oss de tjänster som vi är beroende av för klimatanpassning. Doswald med flera³³ beskriver att EbA är som mest effektivt då alla aspekter av hållbar utveckling (ekologisk, social och ekonomisk) samt synergieffekter innefattas. Således återfinns EbA i skärningspunkten mellan klimatarbete, utvecklingsarbete och åtgärder för bevarande av naturmiljöer³⁰.

Även om EbA sätter människan i centrum, bygger EbA på välmående och motståndskraftiga ekosystem. Hållbar förvaltning av naturresurser är med i EbA-diskussionen, men EbA som begrepp fokuserar på att öka människans motståndskraft, inte naturens²². Det här gör att *argumenten* för införandet av traditionell förvaltning av naturmiljöer och EbA kan skilja sig åt – bevarande för "naturens" skull mot klimatanpassning för människans skull (EbA), vilket kan påverka den politiska viljan eftersom beslutsfattare ofta föredrar åtgärder som sätter deras väljare i fokus, även om åtgärderna i sig liknar varandra³³.



Figur 4. Konceptuell modell av EbA. Doswald et al 2014 till vänster, Hills m. fl. 2013 till höger

Grön och blå infrastruktur

Gröna och blå infrastrukturlösningar innebär att man använder "naturen" i planering av infrastruktur³⁹. Gröna lösningar anspelar på växter och träd, medan blå lösningar handlar om användandet av vatten. Grön infrastruktur är bredare och mer etablerat som begrepp än EbA. Om man söker på internet efter "ekosystembaserad klimatanpassning" får man drygt 250 träffar (september 2017). Söker man istället på "grön infrastruktur" är man uppe i nästan 20000 träffar⁸. Gröna och blå infrastrukturlösningar är bredare än EbA, men samtidigt är det ett begrepp som för tankarna till just infrastruktur och bebyggda miljöer, medan EbA handlar om mer än de direkt fysiska åtgärderna, inklusive alla aspekter av hållbar utveckling³⁴.

Grön infrastruktur återfinns på olika administrativa nivåer. På lokal nivå kan det handla om att anlägga en park för att få in mer grönstruktur i staden och binda ihop olika gröna områden med varandra, på regional eller nationell nivå om att skydda och binda samman större naturområden som fyller en rad olika funktioner, så att olika arter kan förflytta sig mellan olika områden⁴⁰. Grön infrastruktur används inte bara inom klimatanpassning, utan även för att öka det estetiska värdet av miljön, för biologisk mångfald, eller för till exempel att förbättra luften utan tanke på att climateffekter⁴⁰.

Gemenskapsbaserad klimatanpassning och förvaltning av naturresurser

En annan anpassningsstrategi som har likheter med ekosystembaserad klimatanpassning är "lokal, gemenskapsbaserad klimatanpassning" (Community-Based Adaptation, CBA). CBA fokuserar på att öka samhällets motståndskraft mot klimatförändringar genom lokalt förankrade strategier^{22,38,41,42}. CBA beskrivs av IPCC som "klimatanpassning som drivs av, och för, lokalsamhället. Målet med CBA är att främja och stärka det lokala samhällets anpassningsförmåga [...]"⁶, egen översättning.

Det finns skillnader mellan CBA och EbA. Inom CBA kan man använda andra medel än ekosystemtjänster för klimatanpassning. EbA-åtgärder är inte nödvändigtvis förankrade i, eller på initiativ av, lokalsamhället (det lokala beslutsfattande och/eller direkt av folket). Om man jämför EbA-projekt med CBA-projekt internationellt liknar angreppssätten dock ofta varandra, vilket kan ge fördelar; EbA-projekt gör störst nytta om de förankras på den lokala nivån, och CBA-projekt som utnyttjar ekosystemtjänster har bättre förutsättningar för att lyckas^{43h}.

⁸ Google-sökning, incognito. Samma sökning på engelska gav följande fördelning: knappt 160 000 träffar för "ecosystem based adaptation" och 420 000 för "green infrastructure".

^h Här bör dock tilläggas att CBA är utvecklat för utvecklingsländer, och det är inte säkert att man finner samma överlapp i rika länder.

EbA utförs för att människan ska kunna anpassa sig till klimatförändringarna; EbA-insatser grundar sig i samhällsnyttan^{10,33,44-46}, och har en nyttomaximerande grundsyn vad gäller förvaltning av ekosystem²². Det innebär att man bör utföra de åtgärder som flest får nytta av, och det även om ett fåtal skulle missgynnas. Man skulle exempelvis kunna skydda en kustnära zon för att minska översvämningsrisken, även om det slår hårt mot den lokala fiskeriverksamheten. Så kallad gemenskapsbaserad förvaltning av naturresurser (Community Based Natural Resources Management, CBNRM) skulle kunna bidra till att undvika sådana effekter⁴³. CBNRM bygger på antaganden om att den lokala nivån och de som använder och är direkt beroende av naturresurser också är de som har störst incitament för att bevara resurserna; resurserna kommer att bevaras om fördelarna med bevarandet överväger nackdelarna (exempelvis inkomstbortfall); och människan bevarar de resurser som är sammankopplade med människans livskvalitet⁴⁷. CBNRM kan även ses som ett exempel på EbA²⁰.

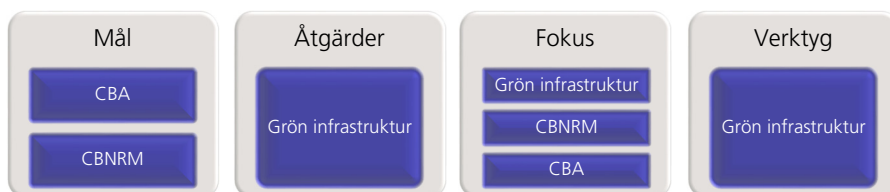
EbA i jämförelse med närliggande koncept

Tabellen nedan sammanfattar informationen om de olika förvaltningsmetoderna som presenterades ovan, i jämförelse med EbA.

Tabell 1. EbA som förvaltningsmetod i jämförelse med närliggande begrepp gällande mål och fokus för åtgärder, verktyg för genomförandet av åtgärder, samt representativa exempel på aktiviteter.

Förvaltning /metod	EbA	Förvaltning av ekosystem (Ecosystem management)	Grön infrastruktur	Samförvaltning av naturresurser (CBNRM)	Gemenskaps-baserad klimatanpassning (CBA)
Definition	“The use of bio-diversity and eco-system services as part of an overall adaptation strategy to help people to adapt to the adverse effects of climate change” ⁴⁶ .	“[...] managing areas at various scales in such a way that eco-system services and biological resources are preserved while appropriate human uses and options for livelihood are sustained. Ecological services are bio-logical, physical, and chemical processes that occur in natural or semi-natural eco-systems and main-tain the habitability of the planet” ⁴⁸ .	“Ett ekologiskt funktionellt nätverk av livsmiljöer och strukturer, natur-områden samt anlagda element som utformas, brukas och förvaltas på ett sätt så att biologisk mång-fald bevaras och för samhället viktiga ekosystemtjänster främjas i hela land-skapet” ⁴⁹ .	Hållbart nyttjande och bevarande av naturresurser genom olika typer av incita-ment och genom att överföra hela ansvaret till den lokala nivån ⁵⁰ .	“Local, community-driven adaptation. Community-based adaptation focuses attention on em-powering and pro-moting the adaptive capacity of commu-nites. It is an ap-proach that takes context, culture, knowledge, agency, and preferences of communities as strengths” ⁴⁶ .
Mål	Ökad motståndskraft hos samhället mot klimat-förändringar. Bevarande av de naturresurser vi behöver.	Bevarande/åter-skapande av naturmiljöer. Ökad motståndskraft ekosystem.	Ökad motståndskraft hos samhället mot klimat-förändringar. God (bebyggd) miljö. Bevarande/återskapande av naturmiljöer.	Ökad motståndskraft hos samhället mot klimat-förändringar. Bevarande av de naturresurser vi behöver.	Ökad motståndskraft hos samhället mot klimat-förändringar.
Exempel, aktiviteter	Gröna tak, dammar för dagvatten-hantering, träd för skugga, gröna korridorer, nya/ högre variation grödor, plantering av kustnära vegetation som skydd.	Skyddade zoner, gröna korridorer. Åtgärder för att öka biologisk mångfald.	Gröna tak och väggar, dammar för dagvattenhantering, träd för skugga, parker för att binda samman urbana miljöer med det omkriggigande landskapet, gröna korridorer, förnyelse-bar energi, åtgärder för att öka biologisk mångfald, urban odling.	Skapa organiserat, gemensamt, lokalt beslutfattande utbildning, anpassa grödor och metoder efter miljö och behov, sprida risker genom att skapa fler inkomstmöjligheter, fler arter/rotation.	Gemensamt, lokalt beslutfattande, utbildning, anpassa grödor och metoder efter miljö och behov, sprida risker genom att skapa fler inkomstmöjligheter, nya (anpassade) arter, nya bevättningstekniker.
Fokus	Människan	Naturen	Människan	Människan	Människan
Verktyg för att uppnå mål	Ekosystemtjänster och biodiversitet.	All typ av förvaltning av ekosystem, inklusive skyddande av områden.	Ekosystemtjänster, ibland i kombination med andra (grå) ansatser.	Främst föreskras lokalt/traditionellt framtagna metoder anpassade efter de lokala förut-sättningarna. Ibland EbA och/eller grå lösningar för samförvaltning av naturresurser.	Främst föreskras lokalt/traditionellt framtagna metoder anpassade efter de lokala förut-sättningarna. Ibland EbA och/eller grå lösningar för gemenskapsbaserad klimatanpassning.

Förenklat kan sägas att det som skiljer EbA från *grön infrastruktur* är att den senare inte nödvändigtvis måste innehålla en utpräglad klimatanpassningskomponent, och dessutom kan den även avse åtgärder som bidrar till utsläppsminskningar. EbA också kan bidra till utsläppsminskningar, men det är aldrig det viktigaste målet utan en positiv synergieffekt. Även *CBNRM* och *förvaltning av ekosystem* kan motiveras utan klimatanpassningsfördelar. Grön infrastruktur, CBNRM och förvaltning av ekosystem kan därför ses som bredare koncept än EbA. Den enda förvaltningsstrategin i tabellen ovan som har samma fokus på klimatanpassning som EbA är *CBA*. Skillnaden mellan dem är att CBA inte nödvändigtvis använder sig av ekosystemtjänster eller biodiversitet, och att EbA inte nödvändigtvis förankras på lokal nivå. Figuren nedan sammanfattar vilka andra förvaltningsstrategier som är mest lika EbA i fråga om mål, åtgärder (implementering), fokus (människa eller natur), samt verktyg som används för att uppnå målet med strategin.



Figur 5. EbA i jämförelse med andra förvaltningsmetoder. Figuren lyfter enbart fram likheter mellan EbA och andra metoder.

EbA delar alltså ett flertal drag med övriga förvaltningsmodeller. EbA har delvis samma mål som CBA och CBNRM. Precis som CBA är EbAs mål människans klimatanpassning, men CBA har inte som mål att bevara naturresurser, även om det ofta ingår som en förutsättning för en hög motståndskraft mot förändringar. CBNRM däremot har som mål att bevara naturresurser för vår skull, men inte nödvändigtvis med klimatanpassning i åtanke.

Allra störst likheter finns med grön infrastruktur. Skillnaden tycks vara att målen för åtgärderna skiljer sig åt. Grön infrastruktur kan, men måste inte, lyfta fram klimatanpassning som målet med åtgärderna.

Vad särskiljer EbA från andra förvaltningsstrategier?

EbAs yttersta mål är klimatanpassning/ minskad samhällelig sårbarhet inför klimatförändringarna

EbA har människans välmående i fokus

EbA använder ekosystemtjänster och/eller biodiversitet som verktyg för att uppnå ovanstående

Målet kan istället vara att främja andra typer av ekosystemtjänster samt biodiversitet.

Samtliga förvaltningsmetoder ovan, förutom förvaltning av ekosystem, sätter människan i fokus. EbA använder ekosystemtjänster och biodiversitet som verktyg för att uppnå klimatanpassning, medan övriga förvaltningsmetoder kombinerar olika verktyg. De gemenskapsbaserade strategierna (CBA och CBNRM) fokuserar på att tillvarata lokal kunskap som är specifik för den aktuella platsen för att åstadkomma bra klimatanpassning. Inom förvaltning av ekosystem är målet att skapa bättre förutsättningar för ekosystemtjänster och biodiversitet.

EbA har sin särart

Att separera olika åtgärder i olika lådor är inte alltid möjligt, och inte nödvändigtvis intressant heller, om effekten blir densamma. Oavsett inramning kan dessa olika förvaltningsstrategier se relativt lika ut om man ser till utförandet. Åtgärder för ökad biodiversitet skulle exempelvis kunna placeras inom samtliga strategier. Skillnaden ligger i *varför* snarare än i *vad* som görs. Främst för människans skull eller för ekosystemens? För klimatanpassning eller på annan grund?

Skillnaderna mellan de olika koncepten kan dock vara viktigt att ha med sig i beslutsfattandet, samhällsdialogen och kunskapsinhämtningen. Begreppsförvirringar kan leda till svårigheter att matcha mål med styrmedel, bortfall av kunskap i processer och olika mentala bilder i samhällsdialoger. Forskning, både globalt¹⁵ och i den svenska kontexten⁵⁰, visar att många åtgärder som i *praktiken* bidrar till EbA inte har klimatanpassning eller riskhantering som primärt syfte. Detta innebär att många EbA-åtgärder idag inte utgår från en analys av framtida klimatförhållanden eller nutida och framtida risker¹⁶. Användandet av begreppet ekosystembaserad klimatanpassning kan även vara ett sätt att visa att klimatanpassning inte bara handlar om att bygga skyddsvallar och att förstora avloppsrören, utan att vi också kan arbeta med de tjänster ekosystemen ger oss.

2.2. Det ekonomiska värdet

William Sidemo Holm, Centrum för miljö- och klimatforskning

Det ekonomiska värdet av en vara eller tjänst brukar likställas med nyttan den tillför en ekonomisk aktör. För EbA beror det ekonomiska värdet dels på nyttan av att minska skador på grund av klimatförändringar och dels skapande av andra nyttor, som till exempel ekosystemtjänster och bevarande av biologisk mångfald. I det här avsnittet diskuterar vi vilket kunskapsunderlag som behövs för att värdera olika EbA-åtgärder.

Som regel gäller att ju bättre kunskapsunderlag, desto mer korrekt värdering. Vi går även igenom olika metoder för att värdera de olika nyttorna som EbA tillför. Värderingsmetoderna är grupperade i tre olika kategorier beroende på om nyttan har ett direkt marknadsvärde, ett indirekt marknadsvärde genom att påverka varor eller tjänster med direkta marknadsvärden, eller ett värde utan anknytning till någon marknad, så kallade icke-marknadsvärden. Vi har samlat exempel på nyttor under dessa kategorier i tabell 2.

Kunskapsunderlag

För att kunna värdera hur EbA minskar skador från klimatförändringar behövs uppskattningar på skadornas omfattning och risken för att de inträffar. Dessutom måste det åskådliggöras var skadorna kommer att ske så att lokala EbA-projekt kan planeras där behovet är störst. För att uppskatta omfattning och plats kan modeller som simulerar framtida klimatscenarier användas. Även om sådana modellers precision har ökat allteftersom de utvecklats, innehåller simuleringarna fortfarande betydande osäkerhet, vilket är viktigt att beakta vid användning för att kunna räkna ut de ekonomiska värdena av EbA.

Förutom kunskap om skadorna behövs det kunskap om åtgärdernas motverkande effekt för att beräkna deras värde. Ju effektivare EbA är på att minska skador, desto kostnadseffektivare är det. Därför är det viktigt att utvärdera åtgärdernas skadereducerande egenskaper i potentiella klimatscenarier och utforska alternativa designer som ökar effektiviteten. Utöver kostnadsreducering behövs kunskap om vilka andra värden EbA tillför.

Förutom omfattning och läge påverkas det ekonomiska värdet av tidpunkten för när en EbA-åtgärd förväntas tillföra nytta. Nyttan från EbA kan inte konsumeras direkt utan tillförs över tid⁴⁵. En del implementerade EbA-åtgärder genererar inte någon nytta alls under den första tiden, till exempel planterade träd som ska minska skadorna från översvämning och torka, utan behöver växa till sig innan någon effekt kan ses⁴⁴.

För att räkna ut dagens värde av framtida nytta används traditionellt en diskonteringsränta. Vanligtvis bestäms en diskonteringsränta av vad för avkastning pengarna skulle ha gett om placerade i alternativa investeringar. Även sannolikheten för att investeringen leder till önskat resultat påverkar diskonteringsräntan. På grund av detta, och på grund av att vi förväntar att se en fortsatt ekonomisk tillväxt i framtiden, värderas en vara eller annan ”nytta” som konsumeras idag högre än om den konsumeras i framtiden. Många ekosystembaserade nyttor kan däremot inte växa på samma sätt vilket gör det problematiskt att använda diskonteringsränta för EbA^{51,52}. Som praktiskt exempel kan nämnas att Trafikverket använder en diskonteringsränta på 3,5 procent vid analys av vilka beslut som är samhällsekonomiska inom transportsektorn⁵³.

Ju längre tid det tar för en investering att börja generera nytta, till exempel på grund av en lång byggtid, desto lägre värde får projektet då diskonteringsräntan gör att nytta sjunker exponentiellt över tid. Till exempel gör en diskonteringsränta på 3,5 procent att nytta som förväntas upplevas om femtio år endast värderas till en sjättedel idag. Av denna anledning har användning av diskonteringsränta för att beräkna om klimatanpassningar är lönsamma fått kritik för att vara oetiskt, bland annat för att det leder till att framtida generationers välfärd värderas lägre än dagens. Även med en lägre diskonteringsränta, till exempel 1,4 procent som föreslogs i Sternrapporten, då ansedd som kontroversiellt låg, värderas nytta som upplevs om femtio år endast till hälften i dagens värde, inflationsneutralt⁵⁴.

Valet av diskonteringsränta får med andra ord stor betydelse för värdet av EbA. Ju längre tidshorisonter, desto större blir den negativa effekten på värdet. Om en diskonteringsränta ska användas vid värdering av EbA behöver den vara fallande om inte värdet ska utraderas när tidshorisonten är lång.

Tabell 2. Exempel på hur olika nyttor från EbA kan värderas.

EbA	Direkt marknadsvärde	Indirekt marknadsvärde	Icke-marknadsvärde
Plantera blommande växter som är anpassade för framtida klimatförändringar vid insektspollinerade grödor	Livsmedel	Pollination Biologisk kontroll	Biologisk mångfald
Plantera buskar och träd vid vattendrag för att reglera vattennivån	biomassa	Minska översvämningsskador	Estetik
Anlägga parker i urbana miljöer för att reglera temperatur och minska andelen hårdgjorda ytor	Turism	Rekreation Upptag av växthusgaser	Estetik Biologisk mångfald

Nyttor med direkt marknadsvärde

Nyttor inom kategorin ”direkt marknadsvärde” har ett monetärt marknadsvärde som de kan handlas för på marknaden⁵⁵. Ett exempel är produktionen av biomassa från träd som planteras som en EbA-åtgärd för att minska risken för framtida översvämningsskador³³. Vid eventuell avverkning kan biomassan säljas till ett marknadspris.

Nyttor med indirekt marknadsvärde

Nyttor utan något direkt marknadsvärde kan ändå uppskattas monetärt ifall de har en positiv effekt på direkta marknadsvärden. Nyttan från att minska framtida kostnader från klimatförändringar har ofta ett så kallat indirekt marknadsvärde. Till exempel skapar EbA-åtgärden att plantera träd för vattenreglering som skydd mot översvämningsskador ett indirekt marknadsvärde genom att minska risken för att något med marknadsvärde skadas³³. Nyttor med indirekta marknadsvärde är ofta svårare att uppskatta än de med direkt marknadsvärde.

Nyttor med icke-marknadsvärde

Nyttor med icke-marknadsvärde saknar anknytning till marknadsvärden⁵⁵. Till exempel har träd som planterats för vattenreglering och skydd mot översvämning ett estetiskt värde som inte har någon relation till marknaden. Nyttornas värde kan istället uppskattas genom att undersöka vad personer anser dem vara värda. Detta kan göras genom att fråga personer om vad de skulle vara villiga att betala för nyttor som inte har något pris eller hur mycket de kräver i betalt för att en nytta utan pris skulle tas ifrån dem. Metoden har emellertid fått mycket kritik för att inte ge rättvisande värden⁵⁶. Likväl har metoden förblivit flitigt använd vid värdering av icke-marknadsvärden och liknar värdesättning på en marknad i det att värden beror på preferenser och betalningsmöjlighet då betalningen innebär mindre resurser kvar för att kunna betala för andra varor eller tjänster⁵⁶. Det innebär att en starkare preferens för ett EbA-projekts icke-användarvärde och en större budget resulterar i ett högre värde för projektet. Trots denna och andra metoder för att mäta icke-marknadsvärden är de vanligtvis svåra att uppskatta.

När är det ekonomiskt fördelaktigt att implementera EbA?

Enkelt sagt tillför en EbA netto nytta när det totala ekonomiska värdet är större än kostnaden för implementeringen och eventuell förlust av befintliga värden. Om EbA tillför icke-användarvärde kan det finnas anledning att implementera även när den monetära kostnaden är högre. På samma sätt kan det finnas anledning att inte implementera när kostnaden innebär förlust av icke-användarvärden. Dessa värden är också viktiga att beakta när en EbAs kostnadseffektivitet jämförs med alternativa klimatanpassningar. Utöver att vara kostnadseffektivare när marknadsvärdena jämförs kan det finnas fall där EbA skapar fler nyttor med indirekta marknadsvärden och icke-användarvärden i form av livskraftigare ekosystem och rekreativa värden jämfört med alternativa klimatanpassningar¹⁰. Flera studier har analyserat olika EbA och påpekat deras potential för mer kostnadseffektiv klimatanpassning^{30,45,57,58}. Det kan också vara

intressant med mer långsiktiga undersökningar av hur nyttan från EbA utvecklas över tid, vilket det idag finns väldigt få exempel på³³.

Genom att uppskatta hela värdet från EbA-projekt kan de planeras för att tillföra största möjliga nytta för samhället⁵⁵.

2.3. Den politiska kontexten

Terese Thoni, Centrum för miljö- och klimatforskning

Åsa Knaggård, Statsvetenskapliga institutionen

Ekosystembaserad klimatanpassning (EbA) har diskuterats inom FN-systemet sedan åtminstone 2009. Intresset för begreppet har sedan dess växt, främst internationellt men på senare tid även i svensk kontext. I det här avsnittet beskriver vi hur det politiska arbetet med EbA har vuxit fram, både internationellt och nationellt. Vi ger en översikt av de viktigaste politiska besluten och dokumenten på området, samt exempel på initiativ relaterade till EbA.

På den internationella, politiska, nivån introducerades EbA först av Konventionen om biologisk mångfald (CBD). År 2009 föreslog CBD en definition som sedan dess har använts av fler aktörer, exempelvis FNs klimatkonvention (UNFCCC) och FNs klimatpanel (IPCC)¹⁸⁻²⁰. De politiska diskussionerna kring EbA förde på internationell nivå förhandlingarna kring biodiversitet och klimatförändringarna närmare varandra. Från att ha få överlapp mellan områdena har nu både UNFCCC och CBD uppmuntrat världens länder att implementera EbA-strategier^{22,59}. De så kallade Rio-konventionerna – CBD, UNFCCC och FNs konvention för bekämpning av ökenspridning (UNCCD) – samarbetar sedan flera år kring EbA⁶⁰. Andra FN-organ som har engagerat sig i frågan om EbA inkluderar FNs utvecklingsprogram (UNDP)^{61,62} och FNs miljöprogram (tidigare UNEP, numera UN Environment)^{63,64}.

På europeisk nivå har den Europeiska kommissionen i sina riktlinjer för framtagandet av anpassningsstrategier bland annat rekommenderat att prioritera åtgärder som ger multipla fördelar, ”no-regret” och/eller ”low-regret”ⁱ, och angett EbA som exempel på en sådan åtgärd⁶⁵. Dessa riktlinjer presenterades efter framtagandet av EUs vitbok från 2009 ”Anpassning till klimatförändring: en europeisk handlingsram”⁶⁶. Man förespråkar att utnyttja naturens förmåga att minska effekterna av climateffekterna,

ⁱ En ”no-regret-åtgärd” innebär en åtgärd som ger positiva resultat oavsett framtidsscenario. Det kan handla om klimatanpassningsåtgärder som för med sig positiva effekter på exempelvis biodiversitet eller hälsa, och att dessa positiva effekter överväger eventuella negativa effekter, även om climateffekterna i framtiden blir mindre än vi idag tror och klimatanpassningsåtgärder blir överflödiga. En ”low-regret-åtgärd” fungerar på samma sätt men tillåter vissa negativa effekter.

både i urbana miljöer och på landsbygden, exempelvis genom användandet av grön infrastruktur⁶⁶.

I Sverige samarbetar omkring trettio sektors- och expertmyndigheter kring arbetet med klimatanpassning⁶⁷. Det finns många exempel på arbeten som staten genom myndigheter eller andra aktörer bedriver eller har bedrivit som relaterar till EbA, även om termen sällan används. Boverket var exempelvis tidigt ute med skriften "Låt staden grönska. Klimatanpassning genom grönstruktur" från 2010⁶⁸. Skriften listat positiva synergieffekter till följd av implementering av grön- och blåstruktur i urban miljö, bland annat bättre välbefinnande hos befolkningen och högre värden på fastigheter och mark. Ett annat exempel är Totalförsvarets forskningsinstitutets (FOI) rapport om att sänka temperaturen i bebyggda miljöer som bland annat förespråkar att skapa mer skugga i städerna med hjälp av parker, träd och andra gröna inslag⁶⁹.

"Klimat- och sårbarhetsutredningen" SOU (2007:60) rekommenderade 2007 att klimatanpassningsarbetet påbörjas utan dröjsmål⁷⁰. En av huvudslutsatserna var att skogs- och jordbruk i Sverige kan komma att gynnas, men att anpassningsarbete behövs även i dessa sektorer för att skydda den biologiska mångfalden. Inom EbA används biologisk mångfald och ekosystemtjänster för klimatanpassning. Den omvända relationen, att skydda biologisk mångfald och ekosystemtjänster, är inte EbA utan förvaltning av biologisk mångfald och ekosystemtjänster. Som tidigare diskuterats (avsnitt 2.1.) är det i praktiken svårt att skilja EbA och den här typen av förvaltning eftersom tillgången på ekosystemtjänster och biodiversitet är en förutsättning för EbA.

Regionalt arbetar Länsstyrelserna med samordningen av klimatanpassningsarbetet. Rent praktiskt har kommunerna ett stort ansvar för implementering av klimatanpassning genom den fysiska planeringen, samt genom de verksamheter som kommunerna är ansvariga för. Regeringen har även fastställt tio etappmål om biologisk mångfald och ekosystemtjänster, som bland annat handlar om att dessa båda värdepunkter ska integreras i alla relevanta samhällsbeslut senast år 2018^{5,71}. Även Länsstyrelser har börjat arbeta med EbA, bland annat Länsstyrelsen Västmanland⁷² och Länsstyrelsen Norrbotten⁷³.

På lokal nivå sker arbetet med EbA mer sporadiskt i form av projekt eller liknande⁵. Under de senaste åren har dock intresset för EbA i kommunerna ökat. Det har märkts bland annat på branschkonferensen Klimatanpassning Sverige, som under de senare åren gett frågan alltmer uppmärksamhet^{73,74}. Exempel på kommuner som har arbetat för att föra in perspektivet i sin planering eller arbete med klimatanpassning är Järfälla⁷⁵, Malmö⁵ och Stockholm⁷⁶. Det är än så länge oklart hur framgångsrika de har varit.

I likhet med etappmålen om biologisk mångfald och ekosystemtjänster fann den statliga utredningen "Synliggöra värdet av ekosystemtjänster" (SOU 2013:68) att frågan om ekosystemtjänster bör integreras inom flera politikområden, inte bara de som direkt

handlar om natur och miljö, samt att arbete med att främja ekosystemtjänster kan generera positiva effekter även på andra områden, exempelvis klimatanpassning⁷⁷.

Den senaste utvecklingen på det klimatpolitiska området i Sverige pekar mot en mer sammanhållen klimatstrategi för landet. 2015 gjorde Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI) en uppföljning av klimatarbetet i Sverige sedan Klimat- och sårbarhetsutredningen 2007⁷⁸. Här föreslås att Sverige tar fram en nationell strategi för klimatanpassning med mer definierade roller för olika samhällsaktörer⁷⁸. Bland annat föreslås att istället för att ha trettio sektors- och expertmyndigheter som delar på ansvaret får olika myndigheter olika roller. Även om det i rapporten läggs mer vikt på hur ekosystem och biodiversitet påverkas av klimatförändringarna än hur ekosystemtjänster och biodiversitet kan utnyttjas i klimatanpassningsarbetet, finns det flera kopplingar även till det senare. Bland annat tas det upp att flera Länsstyrelser anser att det saknas klarhet kring hur krav på användandet av EbA och mångfunktionalitet kan ges utrymme i kommunernas detaljplaner.

Klimatanpassningsutredningen (SOU 2017:42) inkom med sitt betänkande i maj 2017⁷⁹. Utredningen rekommenderar att en nationell strategi för klimatanpassning tas fram och att övriga områden hanteras inom arbetet med strategin. Utredningen rekommenderar att man går ifrån den tidigare modellen med många myndigheter inblandade i klimatanpassningsarbetet, till att istället tillsätta särskilda myndigheter med övergripande ansvar. Utredningen fann även att det område där ansvarsfrågan var mest angelägen att utreda var för *bebyggelse och byggnader*. För området bebyggelse och byggnader föreslås att Boverket ansvarar för samordningen. Utredningen inkluderar också förslag på tillägg till Plan- och Bygglagen (2010:900), samt förändringar i lagen (2006:412) om allmänna vattentjänster. Området bebyggelse och byggnader är, om inte direkt så i alla fall indirekt, relaterat till EbA då det bland annat handlar om möjligheten att avslå bygglov på mark som anses särskilt utsatt. EbA-åtgärder såsom anläggande av nya parker och öppen dagvattenhantering i olika system tar plats och är därmed beroende av att det finns tillräckligt med yta för att genomföra åtgärderna, vilket kan konkurrera med behovet av mer bebyggelse (se avsnitt 3.1 för mer information om EbA och öppen dagvattenhantering). Utredningen föreslår även bygglov för att hårdgöra ytor i trädgårdar, vilket skulle kunna ge mer incitament för ekosystembaserade lösningar.

I juni 2017 röstade Riksdagen igenom Regeringens förslag på ett klimatpolitiskt ramverk som bland annat inkluderar en klimatlag som ska träda i kraft 2018 och ett nytt klimatmål som specificerar att Sverige år 2045 eller tidigare inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser⁸⁰. Ramverket specificerar inte hur Sveriges nationella arbete med klimatanpassning ska se ut, vilket har påpekats av flera remissinstanser⁷⁰. Däremot anges att Sverige internationellt ska vara drivande i arbetet med klimatanpassning i utvecklingsländer.

3. EbA i specifika miljöer

Hur ekosystembaserad klimatanpassning (EbA) ser ut skiljer åt sig mellan olika sektorer och miljöer. I det här kapitlet tittar vi därför närmare på ett antal områden där EbA-åtgärder är särskilt intressanta. Dessa miljöer är den bebyggda miljön, kulturmiljön, kusten, jordbruket och skogsbruket. Varje avsnitt börjar med en kort beskrivning av klimatrelaterade utmaningar. Därefter ger vi exempel på möjliga EbA-åtgärder som kan användas för att motverka dessa problem, och eventuella utmaningar associerade med dessa åtgärder.

3.1. Bebyggd miljö

Helena Hanson, Centrum för miljö- och klimatforskning

Johanna Alkan Olsson, Centrum för miljö- och klimatforskning

Ebba Brink, Centrum för studier av uthållig samhällsutveckling

Allt fler människor lever idag i städer. På många håll råder det bostadsbrist och de urbana områdena expanderar. För att möta kraven från urbaniseringen är förtätning av våra städer en lösning. Med ett förändrat klimat följer även ett ökat behov av klimatanpassning. Ekosystembaserad klimatanpassning (EbA) kräver ofta plats för att kunna anläggas, men kan å andra sidan också ge positiva fördelar utöver klimatanpassning i den bebyggda miljön. Nedan diskuterar vi olika EbA-åtgärder i den bebyggda miljön, vilka effekter dessa åtgärder har eller förväntas ha, samt i vilken omfattning dessa åtgärder används idag. Vi fokuserar på åtgärder som passar i en svensk kontext.

Utmaningar och bakgrund

Klimatförändringarna förväntas leda till att städer behöver anpassas till en ökad förekomst, längd och intensitet på värmeböljor, skyfall och torka. För kustkommuner i södra Sverige tillkommer även havsnivåhöjning som en utmaning (se avsnitt 3.2.). Det geografiska läget avgör vilka klimateffekter som kommer att vara problematiska, men de allra flesta städer kommer att behöva hantera en eller flera av följande klimateffekter: hetta, översvämningar och vattenbrist.

Det finns få vetenskapligt publicerade artiklar i en urban kontext som explicit nämner begreppet ekosystembaserad klimatanpassning¹⁵ och begreppet har ännu inte riktigt tagits upp i svensk kommunal policy och planering¹⁶. Nedan sammanfattas forskningen kring åtgärder som skulle kunna betraktas som EbA-åtgärder, det vill säga åtgärder där gröna eller blå strukturer eller en kombination av dessa används i syfte att motverka problem med hetta, översvämningar och vattenbrist i städer.

En nyligen publicerad litteraturöversikt över EbA-relaterade studier i städer¹⁵ analyserade vilka klimatrelaterade riskkällor som beforskas, vilka typer av ekosystem studeras, hur åtgärder implementeras och utvärderas, såväl som forskningens geografiska utbredning. De flesta av de identifierade studierna återfanns i städer på norra halvklotet, med en tydlig inriktning mot Europa, Nordamerika och östra Asien. Den oftast studerade riskkällan var värmestress/ ökad temperatur, följt av översvämningar orsakade av nederbörd och dagvatten och översvämningar utefter vattendrag. I cirka en tredjedel av artiklarna var grönområden den ekologiska struktur som bidrog med den studerade klimatanpassningsnyttan, följt av träd och buskar, våtmarker, och parker och trädgårdar. Kustekosystem (inklusive mangrovesystem och biogena rev) och gröna tak fick minst uppmärksamhet, trots att många av de studerade städerna var belägna i kustområden.

Medan flera andra EbA-studier pekar på bristen på stödjande (kvantitativt) faktaunderlag^{33,81}, identifierade litteraturöversikten ett stort antal sådana studier kopplade till begrepp som dagvatten, urbana värmeöar och/eller ekosystemtjänster, vilket tyder på att det finns litteratur som är relevant för EbA men som inte använder sig av EbA som begrepp.

Det finns idag ingen allmänt gällande klassificering av EbA åtgärder för urbana miljöer. Vi använder oss av en klassificering likande Geneletti and Zardo ⁸², vilken i sin tur inspirerats av Europeiska Miljöbyråns (EEA) arbete⁸³ (Tabell 3).

Tabell 3. Klassificering av EbA åtgärder, den klimateffekt åtgärden syftar till att begränsa samt vilket effekt EbA-åtgärder har. Modifierad efter Geneletti och Zardo⁸² och EEA⁸³.

EbA åtgärd	Klimateffekt	Effekter av EbA
Skapa blå-grön ventilation	Hetta	Rätt belägna urbana vattendrag och öppna grönytor kan bidra med luftcirkulation och en avkylande effekt
Anlägg gröna tak och väggar	Hetta	Gröna väggar och tak kan ge ett behagligare inomhusklimat, speciellt i varma och torra områden.
Öka andelen urban grönska	Hetta	Urbana grönområden sänker luft och mark-temperaturen genom att ge skugga och öka avdunstningen.
Minska andelen hårdgjord mark	Översvämningar	Ej hårdgjord mark saktar ner ytvattenflöden och infiltrerar vatten, vilket reducerar topp-flöden vid nederbörd.
Bevara, restaurera och skapa gröna och blå områden.	Översvämningar/vattenbrist	Gröna och blå ytor reducerar toppflöden, ökar infiltrationen och fyller på grundvattentäcker.
Anlägg vegetation anpassad till det lokala klimatet.	Vattenbrist	Växtarter som är torktåliga behöver mindre vattenresurser.

Implementering av EbA i städer

Implementering av EbA i städer kan främjas genom styrmedel och planer på lokal och regional nivå¹⁵. Det kan gälla allmänna strategier, visioner och utvecklingsmål för stadsplanering⁸⁴, översikts- och detaljplaner⁸⁵⁻⁸⁸, grönstrukturplaner och förvaltningsövergripande klimatanpassningsstrategier⁸⁴, och förvaltningsspecifikt arbete, exempelvis rutiner för dagvattenhantering^{89,90}, byggnormer⁹¹ och miljövårdplaner^{92,93}.

Brist på fysiskt utrymme i tät bebyggelse är ett vanligt hinder för implementering av EbA¹⁵. I synnerhet innebär den ökande konkurrensen om och prissättningen av mark i staden, tillsammans med ett annat hållbarhetsideal – det om urban förtätning – stora utmaningar för EbA. Olika lösningar från städer världen över är att arbeta med multifunktionella utrymmen, 'återvinning', eller ekologisk restaurering av gammal industrimark⁸⁸, olika (t.ex. juridiska eller ekonomiska) incitament för åtgärder på privat mark och/eller fastigheter⁸⁴, samt långsiktigt och strategiskt markförvärv för EbA⁹⁴.

En nyligen publicerad rapport från Naturvårdsverket, "Implementering av ekosystemtjänstbegreppet i kommunal verksamhet"⁹⁵, inkluderar en särskild delstudie om EbA. Författarna betonar vikten av ett långsiktigt och strategiskt

klimatanpassningsarbete som tar hänsyn till den lokala kontexten och är flexibelt nog att kunna korrigeras eller byggas på allteftersom klimatet – eller samhället – förändras. De framhåller EbA som en flexibel klimatanpassningsstrategi som dessutom ger flera positiva fördelar utöver klimatanpassning. Som exempel på flexibilitet kan nämnas att EbA-åtgärder sällan är permanenta på samma sätt som exempelvis bebyggelse är; det är ofta möjligt att anlägga en EbA-åtgärd på en plats och senare, vid behov, testa något annat⁵. Dessutom fann man att det är viktigt att främja positiva synergieffekter, att kartlägga vilka luckor som finns i klimatanpassningsarbetet, och att fortsätta arbeta på den grund som har lagts, för att få till stånd ett så effektivt klimatanpassningsarbete som möjligt.

Nedan tittar vi närmare på EbA-åtgärder för att hantera problem med hetta och översvämningar i städer som har eller skulle kunna implementeras i svenska städer.

Hetta

Städer är ofta betydligt varmare än den omgivande landsbygden vilket generellt omnämns som den urbana värme-ö effekten⁹⁵. Effekten beror på att byggnader och infrastruktur i staden absorberar mer värme under dagen i jämförelse med en vegetationsklädd yta. Vegetationsklädda ytor har dessutom större avdunstning som har en kylande effekt¹⁰⁰. Byggnader minskar också luftcirkulationen och det alstras mycket värmeenergi i staden genom trafik och luftkonditionering⁹⁶, vilket sammantaget ökar den urbana temperaturen. Under natten strålar lagrad värme tillbaka ut i det urbana landskapet. Den urbana värme-ö effekten är som mest påtaglig i städer i varmare klimatzoner men påverkar även städer på nordligare breddgrader⁹⁷. Problemet med den urbana värme-ö effekten förväntas bli värre med klimatförändringarna då medeltemperaturen förväntas stiga och förekomsten av värmeböljor öka⁹⁸. En ökande omfattning och frekvens av urbana värmeböljor kan potentiellt leda till en försämrad folkhälsa och ett ökat antal sjukdoms- och dödsfall, framförallt hos den äldre delen av befolkningen; kombinationen värme och luftföroreningar är speciellt skadlig. Under värmeböljan som drabbade Europa 2003 rapporterades 35 000 extra dödsfall och urbana områden var speciellt utsatta⁹⁹.

Skapa grön-blå ventilation

Studier visar att bevarande av grönområden är absolut viktigast för att hålla nere värmen, men många stadsområden är även i behov av förändringar i den urbana designen¹⁰⁰⁻¹⁰². I synnerhet kan förhållandet mellan höjd och bredd på de urbana gatutrymmena ha en betydande inverkan på lufttemperatur, solstrålning och vindförhållandena^{103,104}. Orienteringen av gator och byggnader i förhållande till rådande vindriktningar, liksom formen och placeringen av byggnader har en stor inverkan på både utomhus- och inomhusventilation^{105,106}. I ett varmt klimat kan en kompakt stadsplanering resultera i mindre strålning på gatunivå och därmed lägre

temperaturer under dagtid än en spridd stadsplanering^{96,104,107}. Eftersom byggnader inte skuggar vid höga solhöjder (vid middagstid), kan det dock krävas andra typer av lokal skuggning, antingen genom vegetation eller genom solskydd. Detta är framförallt viktigt att tänka på vid sydligare breddgrader, men eftersom många hus och gator i Sverige byggts med ett oförändrat klimat i åtanke kommer höga solhöjder även påverka värmen i städer på dessa nordliga breddgrader^{96,107,108}. I dessa sammanhang kan en kombination av horisontella och vertikala gröna strukturer ge effekt¹⁰⁷.

En kombination av en förändrad struktur och form på den byggda miljön och en integrering av grön-blå områden kan bidra till att lindra den urbana värme-ö effekten. Även småskaliga förändringar kan ha stor inverkan både nu och i framtiden^{100-102,109,110}. Olika discipliner benämner dessa olika lösningar med lite olika namn, vilket gör det svårt att navigera i den vetenskapliga litteraturen och få en översikt över vilka lösningar som är undersökta och inte. Exempel på terminologi som används i litteraturen inkluderar bioklimatiska designprinciper^{109,110}, vattenkänslig urban design och klimatkänslig urban design¹¹¹, blå gröna korridorer¹¹² och urban grönstruktur¹¹³. Vilket begrepp som används handlar om inriktning och intresse där till exempel blågröna korridorer oftare är relaterat till hantering av översvämningar än av hetta¹¹⁴, gröna korridorer eller grön infrastruktur har större fokus på biodiversitet¹¹⁵, och bioklimatisk design handlar om värmehantering¹¹⁶.

Anlägg gröna tak och väggar

Tak och väggar täckta med någon typ av vegetation är en annan typ av EbA-åtgärd möjlig i stadsmiljö. Vegetationen bidrar med att sänka lufttemperaturen genom vattenavdunstning samt mindre absorption av solstrålning jämfört med konventionella tak och väggar. Det finns olika typer av gröna tak och väggar. Den vanligaste typen av gröna tak är extensiva tak, vilka har ett substratdjup på under 20 centimeter, och en låg mångfald av växter¹¹⁷; vanligtvis täckta med sedumarter men även gräs och örttak förekommer. Tak som är tjockare än 20 centimeter kallas intensiva tak. Ett större substratdjup möjliggör plantering av buskar och träd och en högre biologisk mångfald¹¹⁷.

Endast ett fåtal studier har undersökt vilken effekt gröna tak kan ha på temperaturen på stadsnivå. Exempelvis visar resultat från Chicago på att en omfattande implementering av gröna tak på stadsnivå kan sänka temperaturen med upp till tre grader kvällstid jämfört med vanliga konventionella tak¹¹⁸, medan studier från New York visar på en sänkning på under en grad¹¹⁹. Hur högt över markytan som det gröna taket anläggs är också av betydelse för vilken temperatursänkande effekt vegetationen har på lufttemperaturen vid markhöjd. Resultat från både experimentella och simulerade studier med gröna tak visar på att i de fall gröna tak anlagts på halvhöga till höga byggnader (28,6 and 67,4 m) är den temperatursänkande effekten vid markhöjd försumbar¹¹⁹.

Gröna väggar kan delas in i två huvudgrupper: gröna fasader och levande väggar¹²⁰. Skillnaden mellan dessa är att gröna fasader täcks med klätterväxter (planterade i marken eller planteringskärl) som antingen klättrar på eller hänger ner över väggen, medan levande väggar inkluderar material och teknologi som möjliggör plantering på själva väggen¹²¹.

Utöver önskad klimatreglering kan gröna tak och väggar även ha negativa miljöeffekter, och kostnaderna kan skilja sig mellan de olika typerna av tak och väggar. De negativa miljöeffekterna utgörs av näringsämnesläckage¹²², förhöjda halter av metaller och kemikalier i avrinningsvattnet^{122,123} samt belastning för vattenförsörjningen i torra klimatzoner på grund av konstbevattning¹²⁴. Den ekonomiska aspekten handlar om kostnader för materiel, anläggning och underhåll¹¹⁷. Gröna fasader är generellt bättre än levande väggar ur miljösynpunkt och kostar även mindre då de inte innefattar något material och inte heller kräver någon omfattande skötsel^{121,125}. Vilken miljöeffekt och kostnad levande väggar och gröna tak har beror delvis på vilken vegetation som etableras eftersom det avgör hur mycket skötselinsatser som krävs. Exempelvis kräver sedumarter mindre skötsel (konstbevattning, näringstillförsel) i jämförelse med annan vegetation och näringsläckaget kan därför vara mindre från denna typ av tak än i jämförelse med tak som används för urban odling¹²⁶.

En synergieffekt av att anlägga gröna tak och väggar för klimatanpassning är att de kan sänka byggnaders energiförbrukning och därmed bidra till minskade växthusgasutsläpp. Detta beror delvis på den kylande effekten avdunstningen har, samt den minskade absorptionen av strålning, men också på den isolering det gröna taket bidrar med, framförallt substratet. Gröna tak kan minska en byggnads energiförbrukning mellan 1 och 40 procent beroende på byggnadstyp, typ av grönt tak och klimatzon¹¹⁹. Gröna tak är speciellt effektiva för att reducera energianvändningen (både vinter och sommartid) för byggnader med dålig isolering¹²⁷. Varma och soliga förhållanden med låg markfuktigheten ger dock en lägre avdunstning från vegetationen och gröna tak i torra och varma klimat kan därför behöva konstbevattnas.

Gröna tak i Basel

Staden Basel har den största ytan av gröna tak per invånare i världen. Initiativet som syftade till att öka andelen gröna tak drevs först av energi besparingsprogram och därefter av bevarande av biologisk mångfald. Basel stad har gynnat implementeringen av gröna tak genom att investera i bidragsprogram vilka gav stöd för installering av gröna tak under perioderna 1996-1997 och 2005-2006. Bidragsprogrammen finansierades genom Baselinvånarnas energiräkning (5 procent avsattes till gröna tak). 2002 genomfördes en lagändring för Basel stads byggnads och konstruktionslag. Detta innebar att alla platta tak måste förgrönas vid nybyggnation eller reno-vering. Idag är 23 procent av alla platta tak i staden gröna.

(Mer information om projektet via Climate-ADAPT³)

Öka andelen grön infrastruktur

Utöver gröna tak och väggar utgör skogar, parker och gatuvegetation grön infrastruktur som ger skugga och kyler ner luften via avdunstning och reducerar därmed luft och marktemperaturer. Att öka andelen grön infrastruktur i urbana miljöer är därför ytterligare en EbA-åtgärd. Grön infrastruktur kan som bonus i sin tur indirekt minska energiförbrukningen för nerkylningen av bostäder och verksamheter och därmed bidra till utsläppsminskningar. Lufttemperaturen i grönområden, exempelvis parker, är generellt cirka 1 grad lägre än i den omgivande bebyggelsen¹²⁸. Större grönområden kan ha en något mer reducerande effekt på lufttemperaturen¹²⁸. Till exempel visar mätningar runt Kensington Gardens i London att parken kan vara upp till 4 grader svalare än närliggande kvarter¹²⁹. Grönområden har en avkylande effekt även på det omkringliggande bebyggda stadslandskapet, vilket förklaras av att nerkyld luft strömmar ut från grönområdet. Studien från Kensington Gardens visar exempelvis att den avkylande effekten vissa dagar sträcker sig upp till 400 meter från parkgränsen¹²⁹. Flera andra studier har visat på en likande avkylande effekt från större grönområden¹³⁰⁻¹³³. Även inomhustemperaturen kan påverkas av den omkringliggande miljön och studier från Singapore visar att temperaturen kan vara upp till 1,3 grader lägre för fastigheter belägna i närheten av en park än de på ett större avstånd¹³⁰. Också trädgårdar och gröna innergårdar kan ha en avkylande effekt¹³⁴.

Att öka andelen urban grönska kan därmed vara ett sätt att sänka temperaturen i städerna eller att bibehålla den nuvarande temperaturen i relation till klimatförändringarna. Studier från Manchester visar att under ett förändrat klimat skulle en tioprocentig ökning av mängden grönska i den kompakta delen av staden bidra till att bibehålla nuvarande temperaturer vid slutet av det här århundradet trots klimattuppvärmningen¹³⁵. I motsats skulle en minskad andel grönyta från 15 till 4 procent leda till att medeltemperaturen ökade mellan 6-9 grader¹³⁶. Det finns exempel på hur städer arbetar med att öka andelen urban grönska. Ett exempel är grönytefaktor^j som ursprungligen togs fram i Berlin¹³⁷ och som introducerades i Sverige i och med byggandet av Bo01 i Malmö¹³⁸. Grönytefaktor är ett poängsystem som används för att reglera markanvändningen vid exploatering med syftet att skydda befintlig natur och arter samt gynna anläggandet av ny grön infrastruktur¹³⁷.

Översvämningar

En stor del av städernas yta består av hårdgjord mark (gator, parkeringsplatser och byggnader), vilket leder till att nederbörden har svårt att tas upp av marken och istället riskerar att ansamlas och orsaka översvämningar. För att undvika detta leds vanligtvis dagvattnet till underjordiska rörsystem vilka antingen kan vara kombinerade eller separerade med avloppssystemet. Det här konventionella systemet (ofta benämnd grå

^j Biotope area factor

infrastruktur) har generellt betraktats som ett effektivt sätt att hantera dagvatten. I och med en ökad urbanisering, och därmed en ökad andel hårdgjord yta, intensifieras dock belastningen på den grå infrastrukturen, vilket i sin tur späder på risken för översvämningar. Klimatförändringarna förväntas också leda till en ökad förekomst, längd och intensitet på nederbörden vilket ytterligare påfrestar det befintliga grå dagvattensystemet. Att bygga ut det befintliga systemet kan vara komplicerat och kostsamt, speciellt i de tätta delarna av en stad¹³⁹. Det finns därför ett växande intresse för dagvattenlösningar som bygger på grön och blå infrastruktur med ett långsiktigt mål att reducera de dagvattenvolymer som når de kombinerade systemen eller ersätta vissa delar av den grå infrastrukturen. Ytor med vegetation reducerar toppflöden, ökar infiltrationen och fyller på grundvattentäcker. Dagvatten kan även hanteras genom att anlägga större, öppna dagvattensystem i form dammar, strategiskt placerade översvämningsområden, gröna tak, diken och regnträdgårdar. Den här typen av öppen dagvattenhantering går under olika namn^k och kan inkludera grå lösningar. Att kategorisera dagvattenlösningar som antingen grå eller gröna är därmed inte alltid möjligt. Medan vissa lösningar tydligt är grå eller gröna är andra lösningar snarare en mix av grått och grönt.

Förutom vid nybyggnation finns det goda möjligheter att investera i grön-blå lösningar vid renovering av befintliga bostadsområden, underhåll av infrastruktur, markarbeten, eller omvandlingsprojekt (industrimark till annan verksamhet)¹⁴⁰. Flera städer har tagit fram gröna infrastrukturplaner för att bland annat att minska riskerna för översvämningar¹⁴¹⁻¹⁴⁴.

Åtgärder för att omhänderta dagvatten kan också användas för vattenlagring med syfte att kunna förse städer med vatten vid torrperioder. Brist på vatten är globalt sett ett stort problem. Även vissa områden i Sverige är mer utsatta. Exempelvis drabbas Öland och Gotland med jämna mellanrum av vattenbrist.

Minska andelen hårdgjord mark

Hårdgörande av mark är en av de viktigaste faktorerna som påverkar vattenbalansen i städerna och översvämningrisken vid extrema nederbördsmängder¹⁴⁵. Detta beror dels på att vatten flödar snabbare över jämna ytor (t.ex. asfalt, betong) än över ojämna ytor (t.ex. vegetationsklädda), men även på att hårda ytor minskar markens förmåga att ta upp regnvatten. Det har visat sig att redan när andelen hårdgjord mark överstiger 20 procent börjar avrinningshastigheten av ytvatten att öka gentemot en icke hårdgjord yta. När andelen hårdgjord mark passerar 80 procent beräknas 80 procent av nederbördsmängden avgå som ytavrinning¹⁴⁶. Dessutom är markens förmåga att ta upp vatten beroende av jordartstyp, där sandiga jordarter har bättre infiltrationskapacitet än leriga jordarter. Ytavrinningen ökar därför mindre kraftigt vid hårdgörande av marker

^k T.ex. LID (Low impact development), SuDS (Sustainable urban Drainage Systems) och Water Sensitive Urban Design.

med en låg, ursprunglig infiltrationskapacitet¹⁴⁶. De toppflöden som når så kallade recipienter (t.ex. floder, åar) i urbana områden kan vara 30-100 procent högre än de flöden som når recipienter i rurala områden¹⁴⁷. Åtgärder som syftar till att reducera andelen hårdgjord mark är därför viktiga för att minska översvämningssriskerna, exempelvis genom att använda någon av de EbA-lösningar som beskrivits ovan, som att anlägga fler parker, plantera fler träd och installera gröna tak.

Det är också möjligt att arbeta med permeabel asfalt och betong vid anläggning av exempelvis parkeringsplatser, gång och cykelstråk¹⁴⁸ för att reducera toppflöden och förlänga flödestiden¹⁴⁹⁻¹⁵¹. En permeabel gatubeläggning kan se ut på olika sätt men principen är att dagvatten samlas upp, renas och därefter infiltreras genom det underliggande markskiktet¹⁴⁸. Permeabel gatubeläggning använder sig inte av levande material och är därför mer lik en grå lösning, men den utnyttjar markens förmåga att absorbera nederbörd, vilket i sig är en ekosystemtjänst.

Villaträdgårdar kan utgöra en betydande andel av en stads totala grönyta och är en typ av grön infrastruktur som ändå ofta förbises i studier¹³⁶. Privata trädgårdar är också den del av den gröna infrastrukturen som svenska kommuner har svårast att styra över i och med att privata fastighetsägare kan genomföra förändringar på sin tomt såsom asfaltering och stenläggning inom den nuvarande lagstiftningen¹⁵².

I Sverige ansvarar kommunerna för dagvattenhanteringen. I andra länder delas dock ansvaret mellan kommunerna och de privata fastighetsägarna. I Tyskland, till exempel, betalar fastighetsägare en enskild avgift för dagvattenhantering baserad på hur stor yta som avvattnas till V/A-systemet, vilket inkluderar en årlig avgift för dagvatten baserad på andelen hårdgjord yta samt en årlig avgift för avloppsvatten som täcker fastigheten¹⁵³. I många tyska kommuner reduceras avgiften för dagvattenhanteringen när åtgärder (t.ex. gröna tak) genomförs för att öka infiltrationen och avdunstningen, vilket då kompenserar kostnaden för installeringen av åtgärderna.

En aspekt att väga in i införandet av EbA-åtgärder i urbana i miljöer med syfte att öka markens infiltrationsförmåga av regnvatten är att ytvattnet i städer ofta är förorenat. Ökad nederbörd till följd av klimatförändringarna väntas också öka rörligheten och spridning av föroreningar som finns i marken¹⁵⁴.

Skapa grön-blå infrastruktur för översvämningsskydd

Det finns relativt mycket forskning kring de olika gröna och blå strukturer som ingår i öppna dagvattensystem, såsom gröna tak och väggar, dagvattendammar, regnträdgårdar och svackdiken¹. De flesta empiriska studier är dock småskaliga vilket gör det svårt att säga hur effektiva åtgärderna är på en större skala. Det är framförallt substratet i taket som binder vatten och ett djupare tak binder därför mer vatten än ett tunnare, men

¹ Svackdiken är grunda och breda diken med mycket vegetation som kan anläggas för att ta hand om dagvatten och/eller för att låta växtligheten ta hand om en del av föroreningarna i vattnet.

även vegetationstyp påverkar och ett grästak har en större flödesreduktion än ört och sedumtak¹⁵⁵. Studier visar att gröna tak är en effektiv åtgärd för att reducera det sammanlagda nederbördsflödet men är inte lika effektiv för att reducera toppflöden vid längre skyfall¹⁵⁶. Gröna tak kan reducera det första toppflödet, men vattenmättade tak ger ett högre andra toppflöde än konventionella tak¹⁵⁷. Studier från Malmö visar att gröna tak är mer effektiva på sommaren än på vinterhalvåret¹⁵⁶.

Dagvattendammar har blivit ett relativt vanligt inslag i nya bostadsområden i Sverige. Samtidigt som de tar hand om och fördröjer regnvattnet kan dagvattendammar ge området en estetiskt tilltalade, naturlig karaktär och bidra till biologisk mångfald¹⁵⁸. Dagvattendammar minskar andelen hårdgjorda ytor i urbana miljöer och bidrar med en rad ekosystemtjänster¹⁵⁹. Dammar är vanligen konstruerade för att fördröja flödet av

Öppen dagvattenhantering och gröna tak i Malmö

Området Augustenborg i Malmö byggdes i slutet på 1940-talet. Området beboddes till en början av arbetare och tjänstemän. Så småningom lämnade dock många familjer området och området upplevde en social problematik med bland annat hög arbetslöshet. Området drabbades också av återkommande översvämningar på grund av det otillräckliga avlopps-systemet, vilket i sin tur orsakade hälsoproblem. Bostäderna var också dåligt isolerade. För att ta itu med dessa problem inleddes 1998 en extensiv renovering av området. Ansatsen var att ta ett samlat grepp om området och göra om det till ett ekologiskt, socialt och ekonomiskt hållbart område i staden. Översvämningsproblemen löstes genom en öppen dagvatten-hantering, bestående av dammar och kanaler (både grönt och grått) samt genom att anlägga gröna tak.

(Mer information om projektet via Malmö stads hemsida²).

vatten och sediment, delvis med hjälp av sin design, såsom djup, delvis med växter, och använder vegetation för att rena vattnet från föroreningar¹⁵⁹. Rening av vatten med hjälp av anlagda dammar och våtmarker kan på grund av klimatförändringar i framtiden bli en viktig åtgärd i områden där det råder brist på rent vatten¹⁶⁰. Dagvattendammar kan minska avrinningen av förorenat vatten till naturliga vattensystem^{161,162}, och därmed bidra positivt till närmiljön. Samtidigt riskerar förorenat vatten att motverka dammarnas möjlighet att erbjuda rekreativa miljöer för människor och bidra till biologisk mångfald¹⁶³. Undersökningar i Sverige pekar dock på att med god planering är det möjligt att skapa dammar och våtmarker som effektivt hanterar föroreningar och samtidigt främjar biologisk mångfald¹⁶¹. Modellering av dagvattendammar i Danmark visar dock att problemet med föroreningar riskerar att bli värre med klimatförändringar, vilket bör beaktas vid planering av nya dammar¹⁶⁴.

Större öppna dagvattensystem är relativt ovanligt. Det mest kända öppna dagvattensystemet i Sverige finns i Augustenborg i Malmö där man i samband med 100-årsregnet i augusti 2014 kunde se prov på dess effektivitet. Preliminära resultat

visar att Augustenborg drabbades av betydligt färre översvämmade fastigheter jämfört med omkringliggande bostadsområden^{156,165}.

Att anlägga dammar eller våtmarker för att hantera regnvatten är en teknik som inte bara tillämpas i urbana miljöer. I Sverige har det också blivit vanligare att anlägga våtmarker för att hantera avrinningsvatten från jordbruk och vägar¹⁶¹.

Bevara och restaurera grön-blå infrastruktur för översvämningskydd

Naturliga vattensystem likt åar, floder, flodslätter och våtmarker utgör ett skydd mot översvämnningar till följd av extrema nederbördsmängder och/eller stigande vattennivåer. Många urbana och stadsnära vattensystem har dränerats eller kulverterats för att ge utrymme åt bebyggelser och infrastruktur. Att bevara och restaurera våtmarker och flodslätter, både på en större skala och mer platsspecifikt, kan vara effektiva åtgärder för dagvattenhantering¹⁵³. Kustekosystem som träsk och trädbevuxna våtmarker spelar en betydande roll genom att de minskar översvämningsriskerna från stormar¹⁶⁶⁻¹⁶⁸, genom att buffra mot stormvågor och minska vindstyrka¹⁶⁹. Samtidigt har det på många håll i världen har skett en förlust av kustnära våtmarker och det skydd som de erbjuder. Att öka andelen våtmarker förespråkas därför som ett alternativ (eller komplement) till exempelvis vallar och vågbrytare för att skydda kustnära städer som New Orleans från översvämnningar likt den orsakad av orkanen Katrina 2005¹⁷⁰. Forskningsunderlaget kring naturliga vattensystem och dess bidrag till klimatanpassning är dock begränsat¹⁷¹ och det är därför svårt att utvärdera hur effektiva dessa åtgärder är i relation till grå lösningar¹⁷².

Kustnära urbana miljöer diskuteras vidare i avsnitt 3.3.

3.2. Kulturmiljö

Johanna Alkan Olsson, Centrum för miljö- och klimatforskning

Sofie Linder, Centrum för miljö- och klimatforskning

Största delen av Sveriges yta är kulturellt påverkad. Vissa av dessa miljöer skyddas idag på olika sätt mot exploatering. Sådan skyddad kulturmiljö finns både i städerna och på landsbygden och består av allt från enskilda hus till hela landskap^m. Kulturmiljövårdens fokus är att bevara, där förvaltning under olika typer av hot alltid står i centrum. Natur och kultur har historiskt sett varit nära knutet till varandra då vår närmiljö har varit

^m Kulturarv avser alla materiella och immateriella uttryck (spår, lämningar, föremål, konstruktioner, miljöer, system, strukturer, verksamheter, traditioner, namnskick, kunskaper etc.) för mänsklig påverkan. Kulturmiljön är en del av kulturarvet.

central för vår överlevnad^{173,174}. De omgivande ekosystemen har därför alltid haft en central funktion när det handlat om att ta fram vård och förvaltningsplaner för framförallt det materiella kulturarvet¹⁷⁵. I det här avsnittet presenterar vi en övergripande bild av klimateffekter på kulturarvet med fokus på Sverige, samt av ekosystembaserad klimatanpassning av kulturmiljöer.

Klimatrelaterade hot mot kulturarvet

Klimatförändringar är ett nytt hot mot kulturmiljön¹⁷⁶⁻¹⁸⁰ som behöver integreras i bevarandestrategier och planer på olika nivåer i sektorn¹⁸¹. Vad beträffar förberedelser för risker i förhållande till klimatförändringar framhålls den europeiska kulturmiljövårdssektorn som bristfällig¹⁸⁰.

Klimatrisker i relation till kulturarvet kan antingen kopplas till ett torrare klimat, framförallt bränder, eller ett blötare klimat, framförallt översvämningar och stigande havsnivåer som orsakar fuktskador på de hus som man önskar bevara samt förändring av de omkringliggande ekosystemen¹⁸²⁻¹⁸⁶. Enligt Riksantikvarieämbetet är de största klimatrelaterade hoten mot de svenska kulturmiljöerna fukt, mögel och ökade angrepp av skadeinsekter, men även stigande havsnivåer, översvämningar och bränder ses som problematiska¹⁸⁷⁻¹⁸⁹. Vi har valt att avgränsa avsnittet till klimatanpassningsåtgärder som handlar om att hantera brand och översvämning, eftersom de är effekter där ekosystembaserade lösningar är som mest relevanta. Eftersom klimatanpassningsstrategier för att hantera fukt till stor del har att göra med byggnadskonstruktionen och inte byggnader och dess omgivning har vi uteslutit litteratur som berör klimatanpassningsstrategier för fukt.

Översvämningar kan för kulturhistoriskt värdefull bebyggelse leda till fuktskador, mögel- och rötskador, angrepp av skadedjur samt sättningsskador och även ras^{187,188}. Det finns ett flertal studier som undersöker stigande havsnivåer som hot mot kulturarv från olika delar av världen¹⁹⁰⁻¹⁹¹. Med klimatförändringar förväntas även Sverige drabbas av kraftigare, större och mer svårsläckta bränder¹⁹²⁻¹⁹⁴. Dessutom förväntas brandsäsongen bli längre, vilket ytterligare förvärrar hotbilden gentemot kulturarvet¹⁸⁹. Det finns ett antal studier om bränder, kulturarv och klimat^{181,191,195}. Förändringar orsakade av exploatering och klimatförändringar i kulturlandskap kan dessutom ge ökad sårbarhet för både översvämning och bränder^{196,197}.

Klimatanpassningsarbete inom kulturmiljövården

Förenta nationernas organisation för utbildning, vetenskap och kultur, Unesco, arbetar sedan 2005 med att utveckla metoder för fallstudier av klimatrelaterad påverkan på världsarv¹⁷⁸⁻¹⁸⁰. 2012 tog EU fram sin klimatanpassningsstrategi¹⁹⁸ där kulturarvets särskilda problembild vad gäller behovet av platsspecifika val av anpassningsåtgärder

betonas. I EUs strategi för kulturarv tas behovet att utveckla anpassningsstrategier för kulturarvet upp¹⁹⁹. Riksantikvarieämbetet är den svenska myndighet som är ansvarig för förvaltningen av kulturarvet och för att klimathänsyn tas vid förvaltningen¹⁸⁷. Riksantikvarieämbetets klimatarbete har utvidgats mycket under de senaste åren och 2015 togs en handlingsplan fram¹⁸⁹. Man kan också se en växande mängd riskanalyser av olika kulturarv genomförda av olika regionala myndigheter²⁰⁰⁻²⁰¹.

Kunskapen om i vilken utsträckning kulturarvet påverkas av klimatförändringar är begränsad¹⁸¹. Det finns begränsat med verktyg och metoder som specifikt handlar om klimatanpassning av kulturmiljöer^{196,202,203}. Däremot finns det specifika verktyg och metoder för att klimatanpassa kulturarv^{181,183,185}, men dessa fokuserar främst på ”hårda” lösningar och inte ekosystembaserad klimatanpassning.

Forskningen som har kulturarv och EbA som direkt fokus är mycket begränsat. Klimatanpassning av kulturmiljöer som sker med hänsynstagande till den omgivande naturen kan ändå ske i symbios med naturen^{204,205} och omgivande ekosystem utnyttjas för att skydda och upprätthålla kulturhistoriska värden^{174,196,206}. Naturvård kan vara betydelsefullt för klimatanpassning av kulturmiljöer^{183,185}, och EbA kan användas som ett möjligt direkt skydd för natur- och kulturmiljöer²⁰³. Förvaltningsverktyg som använder sig av ekosystembaserad klimatanpassning kan gynna hantering och planering av platsens ekosystem med höga naturvärden, speciellt i områden där natur- och kulturarv samexisterar²⁰³. Planering och kulturmiljövård i kombination kan vara en viktig del av en stads (och ett världsarvs) klimatanpassningsarbete²⁰⁷. Att utöka gröna områden och marknadsföra gröna strukturer för privata invånare samt möjliggöra fler temporära gröna strukturer vilka är reversibla och enkelt kan flyttas är exempel på hur ekosystemtjänster kan utnyttjas för klimatanpassning. Den här typen av åtgärder innebär att gröna strukturer utökas och bli fler utan att de gröna strukturerna blir permanenta installationer, vilket kan vara att föredra i känsliga kulturmiljöer.

Ekosystembaserade klimatanpassningsåtgärder i kulturmiljöer

Trots att ekosystembaserad klimatanpassning som begrepp sällan används i litteraturen om klimatanpassning av kulturmiljöer, nämns åtgärder som kan kategoriseras som EbA. Kulturmiljöforskningen har som tradition att undersöka och förstå vår bebyggelse och kulturmiljös relation till sin omgivning; hur vi en gång i historien har nyttjat vår miljö och anpassat våra verksamheter till klimat, väder, materiella och immateriella förutsättningar. Därför skulle man kunna säga att EbA redan är en del av den grundsyn som styr kulturmiljövården. Nedan beskriver vi möjliga EbA-åtgärder mot översvämning och mot brand i kulturmiljöer.

Översvämning

Gröna och blå strukturer har historiskt sett varit en del av stadens försörjningssystem. Ur ett klimatanpassningsperspektiv ser man gröna eller grön-blå lösningar som ett decentraliserat sätt att hantera stadens dagvatten då de ökar den lokala vattenlagringskapaciteten vilka kan fördröja och/eller avleda vatten för att skydda utsatta eller skyddsvärda områden^{159,162}.

Många av de lösningar som nämns i avsnitt 3.1. om bebyggd miljö är relevanta också för historiska miljöer. Speciellt relevanta är lösningar som handlar om att återskapa strukturer som funnits tidigare såsom gröna tak, fick-parker, dammar, genomsläppliga ytskikt och öppen dagvattenhantering^{140,208-212}.

Städers blåa struktur är idag ofta svårtillgänglig då den är placerad i kulvertar under mark och täckt av privata fastigheter. I återskapande av en äldre, icke-underjordisk, blå-grön struktur måste många olika aktörer involveras. I en studie som utfördes i Ystad år 2015 om historiska blå och gröna strukturer framträdde Klosterdammen, klostrets trädgård och den kulverterade Vassaån som en möjlig utgångspunkt för en möjlig ekosystembaserad klimatanpassning av staden. Genom att öppna Vassaån på ett antal föreslagna platser skulle kulturhistoriska värden och strukturer kunna användas för att omhänderta och avleda vatten vid framtida väderextremer²¹³. Ett annat exempel är arkitektfirman Vincent Callebauts visioner om att nyintroducera ekosystembaserade lösningar i Paris historiska miljöer genom anläggandet futuristiska grön och blå klimatanpassningsstrukturer för luftrening och bevarande av vatten²¹⁴.

Brand

Historiskt sett har den svenska skogen brunnit med jämna mellanrum. Fenomenet är relaterat till successionsförlopp där olika utvecklingsstadier gör skogen mer eller mindre benägen att brinna²¹⁵. I praktiken finns en historisk erfarenhet att hantera brand genom att använda ekosystemets naturliga buffertzoner, så kallade brandrefugiala miljöer, i form av fuktiga granskogar, sumpskogar, raviner²¹⁵ och myrar²¹⁶⁻²¹⁸ kombinerat med olika typer av svedjebruk. Åtgärder som har vidtagits är att bränna skog medvetet, svedjebränning, och att på så sätt minska benägenheten för bränder^{215,219}. Ett annat sätt är att plantera lövskog^{196,220}. Även bete och strategisk avverkning har använts²²⁰.

Det finns några studier som har undersökt vegetationsbränder i relation till kulturarv²²¹. Man har också skapat buffertzoner runt städer genom att använda ovan nämnda åtgärder^{195,219}. Traditionella metoder som kan vara möjliga som klimatanpassningsmetoder inkluderar bondeskog, myrslätter och brandbjörkar¹⁹⁷. Dessa metoder är ekosystembaserade samtidigt som de bidrar till att kulturmiljölandskapet.

Bondeskogar har historiskt varit en betydande del av gårdars försörjningssystem där djuren betade på gårdens utmarker och träden utgjorde vedförråd under vintern. Då djuren betade hölls gräset undan och det fanns mindre tillgång till bränsle för en gräsbrand att uppstå eller breda ut sig på våren²²².

Myrslätter är ett traditionellt sätt att bruka myrar²²²⁻²²⁴. En av de viktigaste faktorerna för igenväxning av myrmark är upphörande av den traditionella slätterhävden och betesdriften²²⁵. Igenväxning av myrar beror även på utdikning och anläggning av vägar samt ökade nedfall av kväve då näringen och därmed växtligheten ökar i marken²²⁶ och klimatförändringar²²⁷. Införsel av slätter och bete på myrarna kan förhöja kulturmiljöns värden och delvis verka som en brandrefugial miljö²¹⁸.

Brandbjörkar är björkar vars placering är ämnad att skapa en kronmur mot granskog och förhindra flygbränder att nå bebyggelse. Efter branden i Umeå 1888 breddades gator och björkar planterades in som grönstruktur i staden^{228,229}.

3.3. Kustområden

Johan Hollander, Biologiska institutionen

Pål Axel Olsson, Biologiska institutionen; Centrum för miljö- och klimatforskning

Terese Thoni, Centrum för miljö- och klimatforskning

Klimatförändringar ställer stora krav på våra kustområden. Det här ökar risken för att betydande ekosystemtjänster, och kustnära infrastruktur som vägar, hamnar och byggnader, påverkas negativt^{7,230}. Längs Sveriges kust är det framförallt Halland, Öland, Gotland och Skåne som påverkas och i synnerhet i Halland och Skåne ser vi stora problem i form av stranderosion²³¹.

Marina kustområden bidrar till många olika typer av samhällsnyttiga tjänster, som är direkt kopplade till miljöer som tillhandahåller flera olika ekosystemtjänster. Många kustområden fungerar som attraktiva rekreativmiljöer, de utgör grunden för kustnära akvakultur och bidrar till biologisk mångfald, och de påverkar och reglerar ekosystemtjänster i angränsande miljöer. Genom ekosystembaserad klimatanpassning i kustnära områden, där man framförallt fokuserar på att reducera stranderosionen, går nu utvecklingen mot att minimera eller helt avlägsna tidigare hårda strukturer och istället använda ekosystembaserade metoder. I det här avsnittet kommer vi först att presentera vilka hårda strukturer som används och har använts för att skydda våra kuster, för att sedan titta närmare på ekosystembaserade alternativ. Avslutningsvis ser vi närmare på EbA-åtgärder även i urbana miljöer i anslutning till kusten.

Grå lösningar

För att minska stranderosionen har det anlagts olika typer av hårda strukturer som friliggande vågbrytare, hövder eller strandskoning. Friliggande vågbrytare är i allmänhet konstruktioner av sprängsten eller betongelement. Det är oftast en avlång friliggande struktur som ligger parallellt med stranden. Vågbrytaren dämpar energin från vågorna, men samtidigt avsätts sediment i området mellan land och konstruktionen²³². I de fall som stranden når ända ut till konstruktionen, kallas detta ”tombolo”, eller ”förskjutningsudde”. En hövd är en konstruktion som löper från stranden vinkelrätt ut i vattnet^{233,234}. Vanligtvis byggs hövder i en serie längs den kuststräcka man avser att skydda. På uppströmssidan ansamlas material och successivt kommer strandlinjen flyttas ut mot hövdens ytterända. Samtidigt kommer hövden förhindra att material transporteras till nedströmssidan, vilket skulle leda till erosion. Strandskoning konstrueras parallellt med kustområdet som ska skyddas och kan bestå av betongplattor, stenblock eller stålspont²³³. Konstruktionen skyddar stranden mot den inkommande vågenergin, men även mot skred och ras.

Även om hårda strukturer, som strandskoning, skyddar lokalt kan de påverka omgivande stränder negativt och därmed leda till ökad erosion^{233,235}. På grund av de många negativa effekterna av hårda strukturer vänder sig nu förvaltningen av kustområden mot alternativa metoder^{234,236,237}. Till skillnad från hårda strukturer som har till uppgift att binda sedimentet på en specifik lokal, bidrar strandfodring med sediment genom att artificiellt tillföra sand från ett område med sedimentöverskott, till ett strandområde med underskott av sand, vanligtvis längs en 1-10 km lång strandremsa²³⁸. Argumentet för att tillämpa strandfodring är ofta att man önskar skydda eller återställa specifika stränder som man anser har ett högt kommersiellt eller socialt värde. Kritik har dock framförts då metoden hävdas kunna ödelägga habitat med dess flora och fauna²³⁸⁻²⁴². Negativa effekter har också identifierats både på den plats som sedimentet tas från och vid mottagarlokalen. Utöver påverkan på enskilda arter kan effekter påverka populationer (demografiska effekter), artsammansättning och hela ekosystem^{241,243-246}.

I Sverige sker strandfodring idag framförallt på två platser, vid Löderups strandbad och vid Ystad Sandskog i Skåne²⁴⁷. Ett kraftigt rör ansluts mellan en mudderbåt och stranden och sedan pumpas sand blandat med vatten upp på stranden. Vanligtvis är strandfodring en regelbunden åtgärd eftersom metoden inte eliminerar erosionen. Livslängden för en strandfodrad kust (tiden när tillförd sand återstår) kan vara så kort som ett par år²⁴⁸. Även om den direkta kostnaden kan bli hög, kan den relativa kostnaden bli låg om exempelvis en turistnäring är direkt gynnad av stranden i fråga. Så länge motsvarande habitat finns tillgängliga i angränsande områden, och är fredade, kan denna typ av pragmatiskt synsätt vara befogat.

Man bör ändå beakta vilken lokal som muddras, då dessa platser i havet kan ha betydande naturvärden. Ett exempel på detta är den sandsugning i Öresund som har

genomförts av danska byggföretag. Fem miljoner kubikmeter sand tas från området Disken för byggprojekt i Köpenhamnsområdet²⁴⁹. Sandsugningen innebär att botten sänks, och då Disken är en viktig biotop för många fiskarter riskerar sandsugningen att påverka det marina livet i Öresund negativt²⁵⁰. Dessutom ökar Sandsugningen strömmarna genom Öresund vid Disken, vilket kan medföra ökad erosion på Ven²⁴⁹ⁿ.

Gröna åtgärder

Det blir allt vanligare att gröna åtgärder ersätter hårda åtgärder i kustområden²⁵¹. Gröna åtgärder ökar inte bara samhällets tålighet mot negativa effekter av klimatförändringar, utan bidrar även till andra ekosystemtjänster^{10,45}.

Vegetationen anses viktig för ekosystembaserad klimatanpassning i kustområden. Ofta nämns ekosystem dominerade av mangroveskogar, sjögräs och våtmarker^{236,237}. Vegetation längs kusten har förmågan att skydda den genom att minska vågenergin, och bidrar till ackumulering av sediment. När sedimentackumuleringen gynnas resulterar det i en transport av sediment till stranden istället för bort från den^{236,237}.

Det finns många studier som har undersökt användandet av vegetation för klimatanpassning på tropiska och subtropiska breddgrader^{34,38,252-254}. En metod som har provats ut med framgång i tempererat klimat, bland annat i Danmark och i Holland²⁵⁵⁻²⁵⁷, är återinplantering av ålgräs. Ålgräsängar är ett multifunktionellt ekosystem med hög produktivitet som fungerar som en barnkammare för många marina fiskar och ryggradslösa djur^{258,259}. Ålgräs finner man i grunda vatten: i Sverige från västkusten med sina höga halter av salt i vattnet till Östersjöns bräckta vatten²⁶⁰⁻²⁶². Bestånden av ålgräs slogs ut under 1930-talet av en svampinfektion^{261,263}. När arten inte längre fanns, eroderade underlaget bort och den typ av botten som ålgräset föredrar försvann²⁶⁴. Det tog lång tid för bestånden att återhämta sig och utbredningen blev inte lika stor som före epidemin^{265,266}. I Sverige och framförallt i Skåne har ålgräset reducerats med cirka 60 procent de senaste 50 åren²⁶¹. I synnerhet är det den ökade övergödningen som har minskat bestånden²⁶⁷.

Utöver att fungera som en viktig biotop i ekosystemet har ålgräsängar en betydelsefull funktion genom att binda sediment och reducera vågenergi. Ålgräs har ett väl utvecklat rotsystem²⁵⁹ som växer nedåt och förankrar plantan mycket hårt, även på exponerade lokaler²⁶⁷. Detta gör att en ålgräsäng binder det marina sedimentet och minskar risken för erosion. Dessutom bidrar bladen till att fånga upp vågenergin och dämpar i och med detta den kraft som slår mot en kust.

Restaurering av ålgräsängar kan ske genom att plantor tas från ett starkt bestånd för att förstärka en svag population eller för att skapa ett helt nytt bestånd²⁶⁷. Det är dock svårt

ⁿ Notera att vetenskapliga data saknas.

att få ålgräsplantor att växa där inga tidigare plantor finns. En lyckad transplantering och etablering kräver att sediment och vattenkvalité är de rätta och att graden av biologisk och fysisk störning inte är för hög eller låg. Vidare måste temperatur, ljustillgång och salthalt vara rätt. Man har sett bättre resultat vid plantering av ålgräs där arten tidigare funnits. En noggrann undersökning av det tilltänka området innan en transplantering initieras är därför viktigt²⁶⁷.

En nyetablering av ålgräsängar skulle kunna ge stora positiva effekter²⁶⁷ genom både de direkta och indirekta ekosystemtjänster de kan bidra med. Primärt skulle en kommun som behöver skyddas från kusterosion skonas från stora ekonomiska kostnader då kustnära byggnader, vägar och industri inte längre löper risk att falla ut i havet. Vidare skulle man erhålla flera andra gynnsamma socioekologiska effekter: 1) kusten kan nyttjas för rekreation och bibehålla sina estetiskt attraktiva miljöer, 2) en mer effektiv dagvattenhantering som följd av ökad nederbörd²⁶⁸, och 3) då vi värnar om marina miljöer som fungerar som barnkammare kommer kommersiellt ekonomisk viktig fisk att öka. Indirekta effekter fås genom att samma miljöer också fungerar som högproduktiva barnkammare till bytesfisk för de kommersiella fiskarterna. Jämfört med hårda konstruktioner, är denna typ av mjuka biotiska strukturer dessutom inte synliga från land, och därmed är de mer estetiskt tilltalande. Ålgräsängar löser dock inte problemet med stigande havsnivåer, för detta krävs andra åtgärder som att klintar och högt belägna kustremsor etableras.

En sekundär effekt av mjuka strukturer, exempelvis ålgräsängar, som man tidigare inte övervägt är den naturliga dynamik som finns mellan det marina och terrestra territoriet. Kustbottnar med en hög andel ålgräs och olika alger leder till ett rikt liv av olika kräftdjur och insekter i kustzonen närmast land²⁶⁹. Detta skapar en födoväv som binder ihop den marina miljön med den på land. Det sker därför inte bara ett utbyte av sand och sediment utan även ett stort utbyte av organiskt material då djur från båda livsmiljöerna vandrar mellan stranden och sanddynerna när de söker föda²⁷⁰. Dessa synergieffekter bidrar till att bevara och/eller öka den biologiska mångfalden. Med hjälp av en tydligt uttänkt strategi för anläggningen av skyddsåtgärder mot erosion och förhöjda havsnivåer kan den biologiska mångfalden gynnas ytterligare.

Skyddsåtgärder mot erosion och förhöjda havsnivåer kan utformas så att de skonas, eller främjar den biologiska mångfalden i strandzonen. Det finns idag mycket kunskap kring vilka faktorer som gynnar biologisk mångfald generellt, och särskilt hotade arter i strandzonen^{271,272}. Sandiga strandmiljöer med särskilt höga värden karaktäriseras av vegetation blandad med fläckar av bar sand, en kuperad topografi, låga näringsnivåer och ett relativt högt pH. Med hjälp av denna kunskap är det möjligt att utforma skyddsåtgärder så att de gynnar den biologiska mångfalden på liknande sätt som har gjorts för sandig gräsmark i allmänhet²⁷³. Kustsanddynen och eroderade sluttningar vid havet är kända för att hysa en betydande biologisk mångfald med ofta högt specialiserade arter^{274,275}. Den biologiska mångfalden i kustområden hotas starkt av

exploatering. Det finns därför mycket att vinna på att anlägga skyddsåtgärder som bidrar till biologisk mångfald, och särskilt om dessa kan bidra till att förstärka bevarandestatusen i områden som redan är kända för en rik biologisk mångfald²⁷⁶. Vidare är spridningen av invasiva arter allvarliga konkurrenter till den sårbara biologiska mångfalden i strandzoner²⁷⁷ och skyddsåtgärderna bör därför utformas så att inhemska arter gynnas. Exotiska arter som bergtall och vresros har tidigare använts för att binda sanden och istället bör dynbildande gräs som sandrör gynnas, liksom ett ökat inslag av lövträd som ek i dynmiljöerna. Tack vare växternas och trädens förmåga att binda sand och bilda dyn minskar de risken för erosion, vilket i sin tur gör kustzonerna mer motståndskraftiga mot klimatförändringar, samtidigt som de bidrar till biologisk mångfald och attraktiva kustmiljöer.

Urbana kustområden

Klimatanpassningsstrategier för att anpassa urbana kustområden kan handla om att 1) flytta bebyggelsen till mer höglänta områden, 2) anpassa bebyggelsen till översvämningar, exempelvis genom att anlägga hus som kan flyta, eller 3) med hjälp av barriärer och olika sätt att minska vågenergin skydda kustområden från översvämning^{278,279}. Som vi diskuterat ovan finns det både tekniska och "hårda" lösningar för att skydda kusten, till exempel att bygga skyddsvallar, men också gröna lösningar; att på olika sätt använda ekosystemtjänster, exempelvis genom att restaurera eller anlägga kustnära växtlighet¹⁵³, för att minska energin som slår mot kusten och minska problem med erosion¹⁶⁹. Ett annat alternativ till att bygga

EbA för att skydda Lommas kustzon

Kustzonsprogrammet för Lomma (2016-2030) är tänkt att lägga grunden för en integrerad förvaltning av kommunens kustzon med hänsyn till den förväntade havsnivåhöjningen. Arbetet inom programmet handlar bland annat om att identifiera hot, värden, visioner och strategier. Ekosystemtjänster och ekosystem-baserad klimatanpassning ges särskild uppmärksamhet. Kustzonen täcker ungefär en fjärdedel av Lomma kommuns totala yta och spelar en central roll i den lokala identiteten och ekonomin. Zonen hotas av över-svämning, kusterosion, och försämrat strandskydd. Det senare inbegriper reducerade naturvärden, ekosystem-tjänster och tillgång till stranden för allmänheten, till följd av såväl ett krympande strandområde som uppförandet av ny infrastruktur för klimatanpassning.

Förutom att involvera relevanta offentliga aktörer ses samråd med och spridning till användare av kusten, exempelvis fiskare, fågelskådare och båtägare, och allmänheten som särskilt viktigt för inrättandet av Kustzons-programmet, genom att skapa utrymme för gemensamt arbete och förändring, samt att berörda aktörer ska känna medansvar för arbetet.

(Lomma kommun 2017. Kustzons-program för Lomma kommun [ej antaget].

Arbetet med Kustzonsprogrammet har även varit en fallstudie i det trans-disciplinära projektet ECOSIMP⁵).

barriärer är att planera för områden som kan översvämmas. Eftersom kustnära ekosystem förväntas påverkas negativt av klimatförändringar, till exempel på grund av stigande hav och/eller temperatur, handlar åtgärderna både om att planera för restaurering/plantering, men också om att hantera förändringar på befintliga system^{280,281}. Det finns dock studier som visar att kustnära ekosystem anpassar sig till stigande hav, men att förmågan kan påverkas negativt av annan mänsklig påverkan såsom förändringar i sedimenteringstakten eller tillförsel av närsalter²⁸².

Att använda kustnära vegetation ses som ett alternativ, eller komplement, till hårda, konstgjorda, lösningar för att skydda urbana kustområden¹⁷⁰. Studier visar att EbA i beslutsfattande i städer generellt kan vara ett sätt att öka implementeringen^{16,207}, och även i planering av och beslutsfattande om kustområden specifikt³⁸. Få studier har dock jämfört EbA med andra lösningar¹⁷², till exempel genom att testa och jämföra EbA med hårda infrastrukturlösningar på en specifik plats³⁴.

Kustområden har ofta stora naturvärden vilket kan vara ett incitament för att implementera klimatanpassningsåtgärder. Ett annat incitament är skydd av bebyggelse. I områden med mycket bebyggelse kan det finnas dåligt med plats för att planera in områden som kan översvämmas. Samtidigt som kustnära områden ofta är extra utsatta, är de nämligen också ofta attraktiva för boende såväl som för rekreation, vilket kan leda till intressekonflikter²⁸³. EbA-lösningar som anläggandet av ekosystem som barriär och/eller planerad översvämning av lämpliga naturområden kräver stor yta jämfört med att exempelvis bygga en vall. I tätbebyggda områden kan tillgång till mark vara ett hinder för EbA-implementering, i synnerhet eftersom kustnära ekosystem ofta redan har dränerats eller tagits bort för att skapa mer plats eller för att göra områden mer attraktiva genom att ta bort sumpmarker och träsk, och ersatts med exempelvis bebyggelse. Det tar dessutom tid att restaurera våtmarker och tid innan de har hunnit etablera sig²⁸⁴. I London har man till exempel implementerat en långtgående strategi för översvämningsskydd, och satsat i huvudsak på olika typer av barriärer, med inslag av naturlig översvämning samt på att öka andelen grön infrastruktur i området. Utöver översvämningsskydd bidrar det till invånarnas välbefinnande²⁸⁵. För att kompensera för förlust av habitat till följd av den väntade havsnivåhöjningen, men också på grund av ökad erosion i områden som inte skyddas av konstgjorda barriärer (se ovan), skyddar man och restaurerar mer mark på annat håll.

Som lagstiftningen ser ut idag faller mycket av ansvaret för att skydda bebyggelse och egendom på fastighetsägaren, men för att få ett effektivt skydd och inte skapa nya problem bör kustskydd anläggas också för närliggande bebyggelse och egendom²⁸³. I Klimatanpassningsutredningen⁷⁹ slås fast att det idag i princip är fastighetsägaren som har ansvaret för att skydda fastigheten mot skador, men är inte skyldig att vidta klimatanpassningsåtgärder. Fastighetsägaren har möjlighet att försäkra sin fastighet för att öka skyddet, men då de flesta försäkringar baseras på principen att de täcker oförutsedda händelser är det oklart huruvida klimatrelaterade skador i framtiden

kommer att inkluderas eller ej⁷⁹. Utredningen slår därför fast att fastighetsägaren idag har ett orimligt stort ansvar, i synnerhet eftersom klimatanpassning ofta bör samordnas. Utredningen föreslår att kommunerna får bära mer av ansvaret, men kompenseras ekonomiskt av staten.

För urbana kustmiljöer i svensk kontext reglerar Strandskyddet (Miljöbalken SFS 1998:808) vad som är möjligt och inte möjligt att anlägga. Syftet med Strandskyddet är tvåfaldigt – att säkerställa Allemansrätten i strandområden, samt att skydda djur- och växtlivet i strandområdet – vanligen inom hundra meter från strandlinjen in på land och ut i vattnet från medelvattenståndet²⁸⁶. Strandskyddet gäller inte bara längs kusten utan även kring sjöar och andra vattendrag. Inom strandskyddet får, kort beskrivet, inget byggas eller grävas, och aktiviteter som ”väsentligt” ändrar växt- och djurlivets förutsättningar är förbjudna²⁸⁶.

2009 förändrades det svenska strandskyddet vilket innebar en skärpning av kraven för att få utvidgat strandskydd. År 2013 tillsattes Strandskyddsdelegationen med uppdrag att se över och förstärka samordningen kring strandskyddet, samt fungera som en arena för dialog²⁸⁷. Delegationen lämnade in sitt betänkande 2015. Delegationen rekommenderade då en utredning kring förändringar av strandskyddet. Den tog bland annat upp att i samband med den senaste lagreformen (2009) lämnade flera remissinstanser in synpunkter om att förstärka skyddet för att omfatta klimatanpassning samt att inte begränsa skyddet till strandzonen utan till naturmiljöer i allmänhet²⁸⁸. Huruvida klimatanpassning syftar till att skydda och möjliggöra anläggandet av all typ av klimatanpassningsåtgärder inklusive byggandet av hårda barriärer, eller begränsat till ekosystembaserade lösningar, framgår inte. Frågan ansågs behöva ytterligare utredning som inte rymdes inom ramarna för lagreformen²⁸⁸. I dagsläget (2017) finns inte någon särskild klimatanpassningsreglering i strandskyddet.

3.4. Skogsbruk

Johan Ekroos, Centrum för miljö- och klimatforskning, Lunds universitet

Klimatanpassning handlar främst om anpassning för att bättre klara av framtida negativa effekter, men kan också handla om att maximera eventuella positiva effekter. Klimatförändringar förväntas påverka det svenska skogsbruket både positivt och negativt. I ett varmare klimat med högre koldioxidhalt kan produktiviteten öka. Ett varmare klimat förväntas dock också öka risken för bland annat stormfällning, torka och högre risk för bränder. I det här avsnittet presenterar vi vilka utmaningar och eventuella möjligheter som det svenska skogsbruket står inför, samt hur ekosystembaserad klimatanpassning kan användas i den här kontexten. Vi har inkluderat åtgärder som är ekosystembaserade, vilket innebär att de bevarar och

restaurerar ekosystemtjänster och/eller biodiversitet²⁸⁹, och som dessutom gör skogsbruket mer motståndskraftigt mot klimatförändringar. Att anpassa skogsbruket till framtida klimatförändringar med hjälp av ekosystembaserade lösningar innebär därmed ofta fördelar för både människan och ekosystemet.

Utmaningar

Trots att produktiviteten i skogarna i Skandinavien förväntas öka i takt med klimatförändringarna²⁹⁰, står det svenska skogsbruket inför en del utmaningar. Det är framförallt vinterklimatet som förväntas bli varmare, vilket innebär en minskad utbredning av tjäle och därmed ökad risk för stormfällning²⁹¹. Framför allt gällande granen, den vanligaste trädsorten i våra ekonomiskogar, kan vi också förvänta oss att klimatförändringarna medför ökad risk för skador förorsakade av rotröta och granbarkborre^{292,293}. Även ökad risk för vårfrost och torka under sommaren förväntas drabba granen speciellt hårt²⁹⁴. Ökade temperaturer kopplade till längre torrperioder under sommaren ökar även sannolikheten för skogsbränder²⁹⁵, vars intensitet kan variera starkt beroende på skogarnas artsammansättning och trädthet²⁹⁶.

Klimatförändringarna väntas påverka avkastningen från skogsbruket på flera olika sätt. Produktiviteten kan komma att öka²⁹⁰, eller minska, då främst på grund av ökad frekvens av skogsbränder och lägre tillväxt hos vissa arter²⁹⁷. Högre temperatur kan även leda till snabbare tillväxt, vilket i sin tur kan leda till försämrad kvalitet på trävaror. Ytterligare en aspekt att betänka är att den klimatzon där gran idag odlas förväntas flytta sig längre norrut samtidigt som förhållandena för exempelvis björk och ek förbättras²⁹⁸. Sett till Europa som helhet väntas de ekonomiska förlusterna för skogsbruket bli stora²⁹⁸.

Det finns få studier om ekosystembaserad klimatanpassning i skogsbruk³³. I den här rapporten tar vi upp ett antal strategier för klimatanpassning i svenska produktionsskogar. Få studier har fokuserat på svenska förhållanden²⁹⁹. Vi har kompletterat med resultat från studier i områden med liknande klimatförhållanden som i Sverige, samt information från myndigheter och organisationer.

Mer variation

Många av de potentiella EbA-åtgärder som presenteras i litteraturen handlar om att på olika sätt öka mångfalden i skogslandskapet. Dessa åtgärder kan bidra till att motverka såväl temperatur- som stormfällningsrelaterade skador.

Inom *Ecosystem-based Management* (EBM) för skogsbruk strävar man efter att i produktionsskogar efterlikna obrukade skogar så långt som möjligt, till exempel genom att ha högre biologisk mångfald och variation i trädens ålder²⁹⁷. Både inom EbA och inom EBM drar man nytta av ekosystemtjänster – för klimatanpassning eller för

förvaltning av naturresurser. I en studie från Kanada där man använde modellering för att jämföra EBM mot traditionellt skogsbruk under olika klimatscenarier fann man att EBM klarade påfrestningen något bättre än traditionellt skogsbruk sett till timmeravkastning, i alla fall kortsiktigt²⁹⁷. Långsiktigt förutspås en drastisk minskning av avkastningen till följd av klimatförändringarna, oavsett bruksmetod, dock något mindre minskning med EBM. De negativa effekterna beror till stor del på en ökad frekvens bränder, samt minskad tillväxt av den nordamerikanska granen i ett förändrat klimat. Resultatet går emot antaganden att skogsbruk på den nordligare hemisfären kommer att gynnas av klimatförändringarna sett till produktivitet.

En vanlig åtgärd som förknippas med EBM i skogsbruk är kontinuitetsskogsbruk, eller hyggesfritt skogsbruk som det också kallas. Ett skogsbruk som i stället för kalhuggningsbaserar sig på en selektiv avverkning av individuella träd i lämplig ålder och storlek minskar sannolikheten för storskaliga skogsskador i samband med stormar, ökad rotröta eller skadedjursangrepp. Kontinuitetsskogsbruk har framförts som en klimatanpassningsåtgärd i Sverige och internationellt, framför allt i granskogar²⁹⁹. Trots att metoden har stor potential i Sverige har den tills vidare inte utnyttjats i någon större grad, bland annat på grund av en oro för minskad avkastning och ökade kostnader²⁹⁹, samt potentiellt en högre risk för rotröta i granbestånd med träd i olika åldrar³⁰⁰.

Snabbare rotation

Förkortade rotationstider i granskogar har framförts som en anpassningsstrategi för att minska sannolikheten för flera klimatrelaterade risker. Sannolikheten för stormskador, skadedjursangrepp, och skador orsakade av torka under sommarhalvåret minskar med kortare rotationstider²⁹⁹. Ett sätt att förkorta rotationstiden är att öka användningen av hybridlövträd. Hybrider mellan den europeiska och amerikanska aspen växer snabbt²⁹⁹, men storskalig användning av hybridaspar är inte förenligt med målsättningen att främst gynna inhemska trädsorter (se nedan). Det är okänt till vilken grad hybridasparna och europeiska vilda aspar kan hybridiseras givet framtida klimatförändringar, och vilka konsekvenser en sådan hybridisering skulle ha på våra naturligt förekommande aspar³⁰¹.

Fler och nya arter

Ökad användning av introducerade barrträdsarter har tagits fram som en klimatanpassningsstrategi för att öka proportionen trädarter i Sverige med reducerad sårbarhet för framtida klimatförändringar²⁹⁹. Jämfört med många andra länder har Svenska skogar en relativt låg andel introducerade trädarter, vilket i alla fall delvis beror på nationell lagstiftning²⁹⁹. Åtgärden begränsas även via skogscertifieringen i Sverige,

(SFC), som endast tillåter upp till 5 procent införda trädslag vid nyplantering av skogar³⁰².

Ökad användning av naturligt förekommande lövträd i produktionsskogar har i litteraturen också rekommenderats som en klimatanpassningsstrategi, för minskad sårbarhet för stormskador och färre negativa klimateffekter jämfört med jämgamla produktionsskogar odlade i monokultur. Blandskogar är även mer motståndskraftiga mot torka jämfört med granskogar²⁹⁹. Den praktiska utmaningen i att öka proportionen av blandskog i skogsbruket har varit de olika långa rotationstiderna för olika arter, samt ökade kostnader för att begränsa skador förorsakade av betande djur på nyplanterade trädbestånd av olika artsammansättning²⁹⁹.

Att skapa blandskogar kan även ge ökad säkerhet mot skadeangrepp eftersom de flesta skadedjur och svampar är artspecifika – de angriper vanligen ett specifikt trädslag och lämnar övriga orörda. I en blandskog som utsätts för skadedjurs- eller svampangrepp drabbas därför i bästa fall bara en del träd, inte alla som hade varit fallet i en monokultur. Den här typen av prevention kan komma att bli viktigare i ett förändrat klimat, eftersom angrepp från svampar och skadedjur väntas öka⁷⁸. En studie som jämfört historiska data för Sverige under perioden 1850-1950 med perioden 1961-2014 fann att klimatfaktorer påverkat insektsangrepp mycket litet under den första perioden, men att klimatfaktorer, i synnerhet högre temperaturer och stormar, sedan 1961 blivit en viktigare förklaring till insektsangrepp³⁰³.

Eftersom klimatzoner på våra breddgrader flyttar norrut²⁹⁸ kan det vara lämpligt att titta söderut för att veta vilka arter som kan vara lämpliga att introducera i en viss region. Det innebär att skogsägare i Götaland (och vissa delar av Svealand) behöver se hur man gör söder om Östersjön, medan skogsägare i norr kan anamma skötselråd som idag gäller för södra Sverige. Skogsägare kan behöva aktivt introducera arter på platser de inte tidigare har funnits men som i ett förändrat klimat passar arten i fråga^{304,305}. Sådan så kallad *assisterad migration* av arter har debatterats flitigt inom forskarvärlden, inte minst för att tankesättet bryter med hur bevarande av arter traditionellt sett har sett ut, då fokus har varit på att bevara arter inom särskilda områden, helst utan mänsklig påverkan^{306,307}. Om assisterad migration ska implementeras storskaligt kan regleringar och normer därför behöva ses över³⁰⁴.

3.5. Jordbruk

Johan Ekroos, Centrum för miljö- och klimatforskning, Lunds universitet

Terese Thoni, Centrum för miljö- och klimatforskning

Det svenska jordbruket påverkas både positivt och negativt av ett förändrat klimat. I ett varmare klimat kan vi tänka oss längre växtsäsonger och möjligheten att odla arter som idag inte lämpar sig för svenska förhållanden. Ett förändrat klimat förväntas dock också leda till förändringar i nederbörden, med torka i vissa delar av landet och skador till följd av ökad nederbörd i andra. I det här avsnittet diskuterar vi vilka ekosystembaserade klimatanpassningsåtgärder som skulle kunna minska negativa effekter till följd av klimatförändringar som det svenska jordbruket står inför, samt eventuella möjligheter.

Utmaningar

Globalt sett kommer klimatförändringarna ha en stor effekt på jordbruksproduktionen^{308,309}. I Sverige förväntas ökade avkastningar under de närmaste 20 åren på grund av ökad medeltemperatur, nederbörd och koldioxidhalt^{78,310,311}. Samtidigt förväntas riskerna med skadeangrepp samt extrema väderhändelser, såsom översvämningar, långvariga värmeböljor och intensiva regn förorsaka ökade skördeskador^{78,310,312,313}. Klimatförändringarna kommer att möjliggöra nya odlings-tekniker samt användningen av nya grödor i delar av landet, såsom majs och på längre sikt möjligtvis även solrosor och sojabönor^{311,314,315}. Trots dessa generellt sett gynnsamma förutsättningar kommer lokala och regionala skillnader vara betydliga. Ett exempel är att i stora delar av Sverige förväntas nederbörden öka, och därmed väntas även dräneringsbehovet bli större³¹⁶, medan konkurrensen om vatten i de sydöstra delarna istället förväntas öka, med risk för brist på vatten under torra somrar⁷⁸. Ökad nederbörd kan också leda till att jordbrukets påverkan på intilliggande områden ökar, till exempel genom näringsurlakning med algblomningar och vattenkontaminering som följd^{311,317}. Ökad torka kan leda till konkurrens om vatten, mellan grödor såväl som olika samhällsfunktioner, och bli ett allt större problem. Andra klimatrelaterade jordbruksproblem som varierar över landet är utbredning av skadeinsekter och svampar till delar de inte tidigare funnits på, samt spridning av för oss nya arter⁷⁸. I en studie som undersökte klimatförändringarnas effekt på jordbruket i Europa fann man att generellt bör effekten vara positiv upp till två graders uppvärmning, därefter negativ³¹⁴. För Sverige fann man att den allra nordligaste odlingszonen kommer att gynnas mest, men då produktionen är liten blir effekten på Europas totala produktion marginell. Mellersta till nordliga delen av Sverige (från Dalarna och Värmland uppåt) väntas ha fortsatt låg produktion, medan södra delen kan se ökad produktion men också ökade problem med torka³¹⁴.

I forskningen har ekosystembaserade anpassningsstrategier i jordbruket fått mer uppmärksamhet jämfört med skogsbruket³³. Däremot har största delen av all forskning nästan uteslutande fokuserat på förhållanden i utvecklingsländer och i mindre utsträckning medelhavsområdet³³. Endast enstaka fallstudier finns att finna i Sverige³¹⁸, studier som inte nämner EbA men använder strategier som kan klassas som EbA inkluderat³¹⁰, vilket återspeglar att relativt få klimatrelaterade riskfaktorer har utpekats som särskilt höga i Skandinavien³¹⁹. Nedan går vi genom ett antal åtgärder som antingen har testats i svenskt eller motsvarande klimat, eller åtgärder som har lyfts upp som potentiellt relevanta för våra förhållanden.

Vi följer Vignola med kollegors definition av EbA i jordbruket. Enligt den här definitionen räknas åtgärder som främjar och återskapar biologisk mångfald och/eller ekosystemtjänster och funktioner samt bygger på ett hållbart resursbruk och som dessutom har klimatanpassningsfördelar för jordbruket som EbA i jordbruk²⁸⁹. Åtgärderna kan antingen implementeras på jordbruksmarken, eller i det omkringliggande landskapet²⁸⁹. Gränsdragningen mellan vad som generellt sett är EbA och vad som är bevarande av ekosystem är något oklar (se avsnitt 2.1.).

Utnyttja längre säsonger

Vintrar med högre nederbörd i kombination med torrare somrar och ökade skadedjursförekomster missgynnar vårsådda grödor, och andelen höstsådda grödor har därför förespråkats som en klimatanpassningsåtgärd i Sverige³¹¹. Förhöjda medeltemperaturer och en förlängd vegetationsperiod minskar utbredningen av tjäle, vilket ytterligare gynnar bruket av höstsådda grödor. Ökad tillämpning av höstsädd är även lämpligt i områden som drabbas av sen vårfröst³¹⁴. God dränering är dock en förutsättning för att kunna utnyttja de längre växtsäsongerna, eftersom marken behöver kunna bearbetas vår och höst⁷⁸.

Mer mångfald i jordbrukslandskapet

Ökad mångfald av grödor kan minska riskerna för klimatrelaterade skördeförluster, eftersom olika grödor är olika känsliga för extrema väderförhållanden^{311,318}. Ökande mångfald av grödor ökar diversiteten i jordbruksekosystem, vilket i sin tur kan gynna skadedjursbekämpande insekter³²⁰. Att anpassa val av grödor efter klimat och välja sådana som är extra tåliga kan också göra jordbruket mer motståndskraftigt mot klimatextremer³²¹. Studier visar även att mindre förändringar, exempelvis att byta till en variant av samma gröda som redan odlas men som är mer motståndskraftig mot klimatförändringar, också kan vara relativt effektivt som anpassningsstrategi, även om

effektiviteten varierar mellan olika grödor^{322,323}. I Roslagen har man gjort ett försök i att variera odlingsdatum för att öka heterogeniteten i grödans utvecklingsstadier, för att öka sannolikheten för att grödan överlever under osäkra klimatförhållanden^{10,318}. Buffertzoner och trädor kan anläggas vid ytor som är särskilt utsatta för översvämningar eller höjda havsvattennivåer³¹⁹.

Ett sätt att motverka ökad skadedjursförekomst är att gynna de organismer som bekämpar skadedjuren, så kallade "naturliga fiender", istället för att använda kemiska bekämpningsmedel^{324,325}. Det är dock viktigt att tänka på att i ett förändrat klimat trivs inte bara nya typer av skadedjur – förutsättningarna för de naturliga fienderna förändras också och arter som trivs i de nya förutsättningarna bör därför gynnas³²⁴. Även odling av olika sorters grödor för att öka variationen av arter^{326,327}, samt genetisk mångfald i arten (grödan)^{289,328}, kan öka tålighet mot angrepp av skadliga organismer. I en studie som sammanfattade information om klimatförändringarnas effekter på veteodling i Europa fann man att följande åtgärder skulle kunna öka odlingens motståndskraft: val av arter med mer genetisk mångfald i grödan, val av grödor som är mer tåliga mot extremt väder, samt framtagning av nya och mer tåliga arter³²⁹.

En annan EbA-åtgärd för jordbruket är att introducera träd och växter som inte utnyttjas i jordbruksproduktionen men som hjälper till att skydda den på olika sätt. Ett exempel är att plantera täckgrödor för att minska avdunstningen från jorden och därmed skydda produktionen mot torka, ett annat att plantera träd längs jordbruksmarker som vindskydd²⁸⁹.

Dammar och våtmark för att skydda jordbruket i Västervik mot översvämning

2010 översvämmades gården Häckenstad utanför Västervik. Översvämningen ledde till stora materiella och ekonomiska skador. För att skydda gården mot framtida översvämningar anlades en våtmark för naturlig översvämning och två dammar.

Förutom översvämningsskydd har åtgärden lett till bättre djurhälsa, minskad spridning av sjukdomar och minskat närsaltläckage (och därmed minskad övergödning av Östersjön).

(Mer information om projektet via Klimatanpassningsportalen¹)

Kombinera jordbruk med andra näringar

Skogsjordbruk^o handlar om att kombinera odling av jordbruksgrödor med träd och buskar, ibland även animalieproduktion. Det är inte vanligt i Europa i allmänhet och Sverige i synnerhet, men skulle kunna fungera bra även här. För sydligare breddgrader

^o Eng. agroforestry.

har studier påvisat att skogsjordbruk bidrar till anpassning, minskar utsläpp^{330,331}, leder till ökad motståndskraft mot störningar såsom extremt väder, ökad biodiversitet och ökad resurseffektivitet³³². Ett skäl är att trädens djupare rötter har möjlighet att tillgodogöra sig närsalter och vatten som inte ytliga grödor kan³³², så även om grödorna torkar ut är det inte säkert att träden gör det. På så sätt ger marken i alla fall viss utdelning till markägaren. Dessutom kan träden förbättra jordkvaliteten och hålla fukten i jorden under torra perioder, men även förbättra dräneringen i marken för att undvika översvämning under kraftiga nederbördsperioder, och därmed gynna ytligt växande grödor³³². Andra fördelar inkluderar vindskydd och skydd mot höga temperaturer genom mer skugga³³².

Mer skugga skulle även kunna gynna djurhållningen, eftersom våra hushållsdjur väntas utsättas för högre värmestress till följd av högre temperaturer⁷⁸. Det här gäller främst djur som vistas inomhus och därmed har svårare att själva reglera sin temperatur⁷⁸. Mer utomhusvistelse för hushållsdjur i miljöer med god tillgång till skugga skulle kunna minska problemen.

Att kombinera olika typer av produktion gör inte bara landskapet mer motståndskraftigt, utan gör även att lantbrukaren har fler möjliga inkomstkällor och därmed ett visst ekonomiskt skydd vid exempelvis klimatrelaterad missväxt³²¹.

4. Synergieffekter och utmaningar

Johanna Alkan Olsson, Centrum för miljö- och klimatforskning

William Sidemo Holm, Centrum för miljö- och klimatforskning

Helena Hanson, Centrum för miljö- och klimatforskning

Åsa Knaggård, Statsvetenskapliga institutionen

Ebba Brink, Centrum för studier av uthållig samhällsutveckling

Terese Thoni, Centrum för miljö- och klimatforskning

Ekosystembaserad klimatanpassning lyfts ofta fram som en förvaltningsmodell som, utöver klimatanpassning, genererar ytterligare fördelar^{16,33,43,252,333}, exempelvis utsläppsminskande effekter, ökad biologisk mångfald och positiva hälsoeffekter. Av den anledningen beskrivs EbA ibland som en strategi med låg, eller ingen, risk; även om strategin inte skulle räcka som klimatanpassning, eller det visar sig att en åtgärd inte behövdes, har den ändå andra positiva effekter^{44,45,334,335} och har därmed inte implementerats förgäves. Samtidigt ses EbA inte alltid som oavkortat positivt eller oproblematiskt. Ibland uppstår konflikter mellan EbA-åtgärder och andra, samhällsviktiga, funktioner. I det här kapitlet diskuterar vi både fördelar och konflikter och andra utmaningar relaterade till EbA. De utmaningar vi tar upp är främst relaterade till implementeringen av åtgärder och svårigheten att värdera flera av de positiva synergieffekter åtgärden kan ha. De behöver inte ses som argument mot EbA, men är aspekter som är bra att ha i åtanke vid planering av EbA-åtgärder.

4.1. Synergieffekter

Den kanske vanligast framhållna synergieffekten av ekosystembaserad klimatanpassning är upptag av koldioxid^{10,45,46,68,335,336} från nyplantering av exempelvis träd. Att skydda ekosystem som annars skulle ha gått förlorade gör att nya utsläpp undviks.

En annan synergieffekt som ofta lyfts fram i litteraturen om EbA är positiv inverkan på biologisk mångfald^{10,22,45}. Gröna tak i stadsmiljö är en EbA-åtgärd som både bidrar till att sänka lufttemperaturen och minskar andelen hårdgjorda ytor och därmed ytavrinningen. Vanligen har taken en tjocklek som är anpassat för att kunna odla låga växter som gräs- och örtarter, men det finns också tak som är konstruerade så att plantering av buskar och träd möjliggörs och därmed kan taket bidra ytterligare till

biologisk mångfald¹¹⁷. Gröna tak kan också bidra med rekreationsmöjligheter, urban odling, energibesparing (bland annat genom isolering) och förbättrad luft i städerna¹¹⁷.

Ett annat exempel på en EbA-åtgärd med positiva synergieffekter på biologisk mångfald är plantering av ålgräsängar i kustområden för att binda sediment och reducera vågenergin och därmed minska risken för erosion²⁶⁷. Samtidigt utgör de en viktig biotop för bland annat kräftdjur och insekter²⁶⁹. Samma effekt har setts i andra typer av kustnära ekosystem. I tropiska vatten verkar mangroveskogar på liknande sätt samtidigt som de fungerar som barnkammare för många fiskarter och därigenom kan bidra till lokala fiskemöjligheter¹⁰.

En annan synergieffekt av EbA som framhålls i litteraturen är dess positiva bidrag till livsmedelsproduktionen och/eller alternativa försörjningsmöjligheter^{10,21,57,236,337}, vilket kan leda till minskad arbetslöshet³³⁶. De flesta studier som behandlar både livsmedelssäkerhet och EbA fokuserar på länder med lägre medelinkomst och varmare klimat än Sverige. Liknande synergieffekter kan dock lyftas fram även i svensk kontext. För både skogsbruket^{297,299} och jordbruket^{311,318} är en av de viktigaste EbA-åtgärderna att öka variationen av träd/grödor. Att kombinera jordbruk med skogsbruk, så kallat skogsjordbruk eller bondeskog (i en kulturhistorisk kontext), bygger på att mer variation av arter ger en rad positiva effekter, bland annat högre motståndskraft mot väder-extremer, skydd mot vind, skugga och ökad biologisk mångfald³³². Olika typer av produktion betyder flera olika inkomstmöjligheter för lantbrukaren, och därmed ett visst inkomstskydd om någon del av produktionen skulle falla bort på grund av exempelvis extremt väder³²¹.

Ytterligare en fördel med EbA är att EbA är ett kostnadseffektivt alternativ till annan klimatanpassning^{9,34,45,336}. Stora, mänskligt konstruerade, klimatanpassningsåtgärder kan vara mycket kostsamma⁴². Kostnadseffektivitet skulle då innebära minskade kostnader i offentlig och privat sektor⁶⁸ och kan också medföra socio-ekonomiska fördelar⁴⁵. Det finns dock få studier som i detalj har jämfört olika klimatanpassningslösningar med varandra. Ett undantag är en studie från Sydafrika som visade att EbA ofta är lika resurskrävande som "hårda" lösningar, och bara något mer kostnadseffektivt⁹⁴. EbAs kostnadseffektivitet är troligen kontextberoende, och handlar också om hur och vilka synergieffekter man tar med i beräkningen. Även om EbA inte passar överallt och för alla typer av problem, kan det i vissa fall vara det mest kostnadseffektiva³⁰. En viktig faktor som spelar in i kostnadseffektiviteten av EbA är om mark behöver köpas för att kunna implementera EbA-åtgärder och hur dyr marken i så fall är⁹⁴. Samtidigt kan mer grönstruktur öka mark- och fastighetsvärden⁶⁸; ytterligare en positiv synergieffekt associerad med EbA för dem som äger mark i närheten.

EbA har även potential att minska vårdkostnader. En systematisk genomgång av litteratur om naturbaserade lösningar som undersökte hur människors hälsa påverkas av att exponeras för naturliga miljöer i staden visade att det fanns ett tydligt samband

mellan naturbaserade lösningar och hälsa, framförallt vad gäller stress och fysisk aktivitet samt problem relaterade till hetta, vilket i sin tur kan reducera dödligheten i hjärt-och kärlsjukdomar³³⁸. Mer grön- och blåstruktur i bebyggda miljöer anses generellt sett kunna bidra till en bättre hälsa^{68,339}. Även här finns det undantag. Begreppet "ekosystemtjänster" lyfter fram att inte allt som ekosystem tillhandahåller är genomgående positivt för människan, till exempel pollen, som kan ge allergi³⁴⁰, eller fästingar. Medan många studier visar att tillgång till grön infrastruktur och välmående ekosystem gynnar människors fysiska och psykiska hälsa, finns det vissa fall, till exempel parker som är misskött, då den gröna infrastrukturen istället minskar välbefinnandet genom att exempelvis öka rädslan för rån och andra brott³⁴¹.

EbA kan också bidra till kulturella värden¹⁰. Ett exempel som tagits upp i rapporten är att användandet av traditionella metoder såsom bondeskogar och myrslätter²²², eller att återinföra öppna dagvattensystem och återställer en historisk vattenhantering²¹³. På så sätt kan klimatanpassningsåtgärder implementeras samtidigt som kulturmiljöer gynnas.

4.2. Utmaningar

Det finns, som vi har sett, en rad positiva effekter som kan uppstå tack vare implementering av EbA men som inte är relaterade till klimatanpassning. Likaså uppstår det ibland konflikter mellan EbA och andra viktiga samhällsfunktioner. IPCC rekommenderar därför att potentiella avvägningar och synergieffekter mellan EbA och andra samhälleliga mål beaktas vid planering av EbA²⁰. Många EbA-åtgärder kräver utrymme som annars skulle kunna användas för andra ändamål. Exempelvis kräver öppen dagvattenhantering mycket yta jämfört med underjordiska system³⁴². Vid etablering av EbA-åtgärder uppkommer därför en alternativ kostnad från uteblivna värden som skulle ha skapats ifall utrymmet hade använts till något annat. Inte minst i städer förekommer denna typ av avvägning, där EbA-åtgärder kan ha svårt att hävda sig gentemot andra intressen, såsom boende och transport¹⁵. Samtidigt är det inte alltid så att EbA produceras och konsumeras på en och samma plats. Exempelvis kan grönstruktur utanför städerna minska risker inom staden^{289,343}.

Forskning har också visat att kommuner har svårt att applicera Plan och bygglagen (PBL) i områden som karaktäriseras av historiskt värdefulla byggnader då lagen framförallt är inriktad mer på nybyggnation än befintlig bebyggelse³⁴⁴, vilket kan innebära en särskild utmaning vid implementering av EbA i områden med högt kulturmiljövärde.

En annan utmaning för implementering av EbA är att åtgärderna ofta behöver tid för att etableras. Till exempel tar det sannolikt flera år att etablera ett kustnära ekosystem som skyddar mot erosion⁴⁴. Ett alternativt skydd som inte är ekosystembaserat kan troligen ge effekt inom kortare tid. Osäkerheten kring en EbA-åtgärds etableringsperiod

men även kring organisation och kostnad för dess skötsel, samt svårigheten med att uppskatta nyttan från indirekta marknadsvärden och icke-användarvärden, gör det komplext att utvärdera EbA-åtgärder och jämföra dem med alternativa åtgärder^{26,33}.

För skogssektorn betyder ett förändrat klimat förändrade förutsättningar för skogsbruk och vilka arter som är bäst lämpade för produktion (se avsnitt 3.4.). Det kan därför vara befogat att undersöka nya metoder för att göra skogsbruket mer motståndskraftigt mot klimatförändringar. Till exempel har det visat sig att skog med flera olika trädarter (blandskog), och med träd i olika åldrar, är mer motståndskraftig mot både biotiska och abiotiska störningar^{78,299}. Idag anses sådant skogsbruk ofta inte lönsamt då ekonomiska intressen går före kvalitativa värden³⁴⁵, och mer praktiskt utmanande och kostsamt än att ha monokulturer med jämnåriga träd, men det är möjligt att omständigheterna förändras i och med att klimatet förändras²⁹⁹. Om vi i framtiden vill använda fler introducerade arter som är bättre lämpade i ett varmare klimat behöver dock Skogscertifieringen och lagstiftningen i Sverige ses över eftersom den begränsar användandet av introducerade arter^{299,302}. En annan i sammanhanget viktig aspekt att hantera är de eventuella risker som införandet av nya arter kan medföra. Samma resonemang kan föras kring så kallad assisterad migration, vilket inte bara skulle kunna vara aktuellt för skogsbruket utan även andra sektorer såsom jordbruket, och som också hade behövt en översyn av gällande regleringar och normer för att kunna implementeras mer storskaligt³⁰⁴.

En annan aspekt relaterat till normer och inarbetade tillvägagångssätt är att hittills har klimatanpassning i många städer handlat mer om traditionell riskhantering och krisberedskap än om en faktisk anpassning av nuvarande praktik³⁴⁶. Inom dagvatten och avloppssektorn har vissa aktörer och vissa typer av lösningar haft stort inflytande, vilket har gjort det svårt att introducera andra sätt att klimatanpassa dagvattensystemet, såsom olika typer av ekosystembaserade lösningar eller en kombination av ekosystembaserade och mänskligt konstruerade lösningar³⁴⁷. Det här är dock något som tycks vara på väg att ändras, då en delvis ny syn på vem som är ansvarig för stadens dagvatten håller på att växa fram⁷⁹.

En återkommande utmaning är bristande förvaltningsstruktur. Det råder brist på både struktur och kultur för samarbete mellan ansvariga samhällsaktörer³⁴⁸, och det finns också ett behov av synkronisering av EbA med existerande förvaltningsstruktur, eftersom ansvaret annars riskerar att ramla mellan stolarna både förvaltningsmässigt och rättsligt^{50,207}. På kommunal nivå har institutionell fragmentering lyfts fram som en generell svårighet för klimatanpassningen^{5,346,349}, vilket i praktiken innebär att kommunikation och samarbete mellan de olika delarna av kommunal förvaltning som fokuserar på riskhantering, klimat, kulturmiljö, naturmiljö och planering behöver ökas. För implementering av EbA på lokal nivå behöver strategier för hur EbA kan integreras i staden finnas med i översiktsplanen. För att lyckas med det behövs idag en tydligare struktur och samarbete mellan olika delar av förvaltningen inklusive eventuella

kommunägda bolag, såsom teknisk förvaltning, vatten och avlopp, miljöförvaltning och ansvarig för grönytor, samt bra underlag. En ansats som lyfts fram både för klimatanpassning generellt³⁵⁰ och EbA specifikt¹⁶ är att integrera klimatanpassningsfrågan i det dagliga arbetet hos alla relevanta sektorer på olika förvaltningsnivåer, så kallad *mainstreaming*^p.

Bristande samarbete, institutionell fragmentering och att frågan om klimatanpassning hamnar mellan stolarna hänger delvis samman med oklarheter kring ansvarsfördelningen. På nationell nivå är ansvaret för klimatanpassning uppdelat sektorsvis och mellan en rad olika myndigheter⁶⁷, vilket dels gör att det kan vara svårt att veta vem som är ansvarig, och dels förutsätter samarbete mellan olika myndigheter. I dagsläget (2017) finns det förslag på, men inget beslut om, att ändra till en tydligare ansvarsfördelning i Sverige^{78,79}. Det klimatpolitiska ramverket från 2017 som fokuserar på utsläppsminskande åtgärder⁸⁰ ger inte heller någon direkt vägledning gällande arbetet med EbA. Det saknas även tydliga länkar mellan klimatanpassning och utsläppsminskande åtgärder, vilket är relevant för EbA.

På lokal nivå finns en tydligare ansvarsfördelning. Klimatanpassning av befintlig bebyggelse åligger fastighetsägaren⁷⁹. Val och implementering av EbA beror därmed på incitamentet för fastighetsägare att utföra åtgärder. I dagsläget finns det inga reglerade krav för fastighetsägares åtagande, men Klimatanpassningsutredningen har föreslagit att man ska behöva bygglov för att hårdgöra ytor i trädgården⁷⁹. En del större fastighetsägare arbetar med EbA för att skydda de egna fastigheterna^{351,352}. Hur det ser ut bland mindre fastighetsägare är oklart. Gällande dagvattenhantering är det kommunerna som ansvarar för hanteringen¹⁵². Däremot saknas det tydliga riktlinjer för vilket ansvar privata fastighetsägare ska ha för det dagvatten som hamnar inom fastighetsgränsen.

För kustområden reglerar Strandskyddet exploateringen. 2009 gjordes en skärpning i kravet för att få ett utvidgat strandskydd. I praktiken har detta fungerat mindre bra speciellt i landsbygdskommuner^{353,354}. Exploatering av kustområden och konkurrens om plats minskar möjligheterna till implementering av EbA-åtgärder. I dagsläget finns ingen specifikation gällande klimatanpassning i strandskyddet (se avsnitt 3.3.).

Vilken typ av styrning som fungerar bäst för EbA är beroende på kontext och målbild. En studie av svenska kuststäder visade att stark styrning ovanifrån förvisso ledde till effektiv implementering, men att svagare styrning uppifrån gav större möjligheter för samarbete mellan lokala aktörer³⁵⁵.

Förutom styrning behövs också kunskap om EbA, och kunskapen behöver spridas till relevanta aktörer. Hur kunskapsorganisationen sätts upp kan också behöva anpassas till

^p Mainstreaming av EbA innebär bl.a. att varje avdelning behöver reflektera över hur deras kärnverksamhet kommer att påverkas av klimatförändringar, samt anpassa sitt arbetssätt så att de bidrar till att minska riskerna (vid t.ex. extremväder), snarare än att förvärra dem.

det specifika fallet. I fall där man har ett högt samförstånd mellan inblandade aktörer och hög kunskapsnivå kan ett mer statistiskt, enkelriktat, sätt att leda vara tillräckligt. I sammanhang där det förekommer konflikt mellan aktörer och lägre kunskapsnivå har ett holistiskt tillvägagångssätt visat sig vara att föredra³⁵⁶.

Ett antal studier har pekat på att det saknas kunskap om EbA bland relevanta aktörer. Till exempel har studier om kulturvård noterat att det ofta saknas kunskap om klimatförändringar, inte minst vad gäller användandet av klimatscenarier eller för kulturvårdssektorn användbar klimatdata^{181,357}. Ett annat exempel är en studie som har undersökt svenska kuststäder, där man sett att åtgärder för att främja ekosystemtjänster oftare kopplas samman med fördelar för biologisk mångfald än klimatanpassning⁵⁰. Detta visar att det saknas en kunskapsmässig koppling mellan bevarande av biologisk mångfald och klimatanpassning. Hinder för implementering av EbA finns på flera olika nivåer; från individuella barriärer (t.ex. brist på förståelse för klimatförändringar och anpassningsalternativ) till rättsliga och institutionella barriärer, men också sociokulturella barriärer (såsom bristande intresse inom lokal politik vad gäller klimatfrågan)³⁵⁸. En bidragande faktor till barriärer vad gäller implementering av EbA skulle kunna vara brist på helhetsbild och holistiska undersökningar av åtgärdernas synergieffekter. Det finns relativt många studier om enskilda ekologiska processer som bidrar till EbA men få mer övergripande studier där EbA ses i förhållande till bredare socioekonomiska och biogeofysiska sammanhang¹⁵. Det saknas även forskning om etiska och fördelningsmässiga aspekter relaterade till EbA¹⁵.

Många studier pekar på att det saknas kunskap om hur EbA kan utvärderas mot andra lösningar, och hur dess effekt kan mätas^{10,22,33,336,359,360}. För att kunna studera effekter av EbA-åtgärder över tid krävs att man mäter effekter mot en baslinje eller att man använder sig en rad jämförbara indikatorer^{44,361}. Sådana mätningar kompliceras dock av att man behöver mäta under en längre tid och ekosystem förändras över tid³³, och att man kan behöva utföra observationer över relativt stora områden^{32,361} då de tjänster ett ekosystem kan ge har olika effekter på olika geografiska skalor. Det finns även behov av att kunna bedöma kostnadseffektivitet av EbA-åtgärder^{10,31,252,360}. I dagsläget saknas dock kunskap om hur naturbaserade lösningar ska skötas och vad det kostar³⁶². Att mäta effekten av EbA-åtgärder, i synnerhet i monetära termer, är inte heller helt oproblematiskt. Det beror dels på att vissa effekter är svåra att kvantifiera, inklusive en del av de synergieffekter som vi har tagit upp i det här kapitlet såsom bevarande av traditioner, kultur och välmående (se även avsnitt 2.2. om nyttor med icke-marknadsvärde), och dels på grund av etiska betänkligheter kring att mäta naturens värde i pengar^{46,363,364}.

5. Slutsatser

I den här rapporten har vi tittat närmare på vad litteraturen säger om möjligheten att använd ekosystembaserad klimatanpassning (EbA) i fem olika miljöer – bebyggd miljö, kulturmiljö, kustområden, skogsbruk och jordbruk. Den litteratur vi har använt är främst vetenskapligt granskad litteratur, kompletterad med information från andra relevanta aktörer, såsom rapporter från myndigheter. Vi har fokuserat på svenska förhållanden, men kompletterat med litteratur och exempel från andra delar av världen. I det här avslutande kapitlet sammanfattar vi de viktigaste punkterna för de olika miljöerna, och avslutar med korta slutsatser och råd för framtida forskning om, och arbete med, EbA.

Bebyggd miljö: Möjliga EbA-lösningar handlar främst om att få in mer gröna och blå lösningar i den urbana miljön. Det finns flera i många fall outnyttjade synergieffekter mellan åtgärder för att hantera olika effekter av klimatförändringarna, såsom hetta och översvämningar. Att plantera träd för skugga tar till exempel också hand om vatten och minskar därmed översvämningsrisken. På samma sätt kan gröna tak och väggar både reglera temperaturen i städer och minska ytavrinningen från dessa. Många EbA-åtgärder i den bebyggda miljön förbättrar miljön på olika sätt i tillägg till klimatanpassningen, bland annat högre biodiversitet och rekreation/estetik vilka i sin tur har stor potential att förbättra hälsa och välbefinnande hos stadens befolkning.

Kulturmiljö: Arbete med EbA och kulturmiljövård har flera likheter. Inom kulturmiljövården handlar arbetet om att ta hänsyn till och värna den omkringliggande miljön. Samtidigt är flera möjliga EbA-åtgärder också traditionella tekniker som återupplivats (exempelvis svedjebruk och myrslätter). Det finns därmed potential att skapa synergieffekter, men samtidigt finns det begränsat med kunskap om hur det kan åstadkommas.

Möjliga EbA-åtgärder inkluderar att hantera bränder genom att avsiktligt anlägga begränsade bränder för att skapa brandbarriärer. I ett varmare och torrare klimat skulle sådana tekniker kunna passa bra. För att hantera översvämningsrisker skulle istället underjordiska dagvattenlösningar kunna öppnas upp och öppna, ekosystembaserade, lösningar återinföras.

Kustområden: För kustmiljöer handlar EbA främst om att använda kustnära ekosystems förmåga att minska risken för erosion. De kan även användas som skydd av kustnära bebyggelse, likaså naturliga översvämningar av utvalda områden. Möjliga åtgärder i kustområden är att bevara naturliga miljöer, restaurera degraderade ekosystem och att nyplantera. I Sverige är det främst aktuellt med ålgräs. Hårda lösningar, exempelvis

skyddsvallar, kan öka erosionsproblem i närliggande områden, ett problem som EbA-lösningar inte har.

Kustnära ekosystem är viktiga för djurlivet, eftersom de bland annat fungerar som barnkammare för många fiskarter. Kustområden är också populära bostads- och rekreationsområden, vilket innebär konkurrens om mark och användningsområde.

Skogsbruk och jordbruk: Att skapa mer variation – såväl en mångfald av arter som mer variation i typer av åtgärder och tekniker – tycks vara en nyckelåtgärd för både skogs- och jordbruket. Mer variation gör inte bara ekosystemen mer motståndskraftiga utan ger även markägaren/lantbrukaren ett visst skydd. Om en viss art påverkas negativt av klimatförändringar drabbas inte hela verksamheten.

Vissa positiva effekter till följd av klimatförändringar för såväl skogs- som jordbruk är att vänta, men negativa effekter i form av torka och skadeangrepp väntas också. Klimatanpassning handlar ofta om att hantera negativa effekter, men också om att utnyttja de nya förhållandena på bästa sätt.

Genomgående saknas det kunskap om EbA. Det finns mer forskning och exempel relaterade till EbA i bebyggda miljöer och kustnära områden, än för övriga miljöer. I kapitel 4 tog vi upp att det saknas helhetsbilder och kunskap om de synergieffekter och utmaningar som är associerade med EbA. Vi har också genomgående sett att EbA som begrepp inte används i särskilt stor utsträckning. Många åtgärder som använder sig av ekosystemtjänster och/eller biodiversitet genererar klimatanpassningsfördelar, men implementeras inte med klimatanpassning/EbA i åtanke. EbA har sin särart men som begrepp har det många likheter med andra ansatser, exempelvis grön infrastruktur och förvaltning av ekosystem.

Vi ser två potentiella fördelar med att tala om just EbA. Det första är att det kan hjälpa till att få in ett klimatanpassningsperspektiv i arbetet med ekosystem-baserade/naturbaserade lösningar och ekosystemtjänster i allmänhet för att säkerställa att de åtgärder som genomförs idag också anpassas för framtida förhållanden, samt i högre grad kopplas samman med samhälleliga risk- och sårbarhetsanalyser. Det andra är att begreppet kan föra in ett ekosystemtjänsteperspektiv i klimatanpassningsarbetet och visa att det finns alternativ till, hårda, artificiella, konstruktioner med potential för flera positiva synergieffekter.

En annan generell kunskapsbrist handlar om EbAs förtjänster jämfört med andra alternativ och det samlade värdet av en åtgärd. Ett sätt att jämföra EbA med andra lösningar är att uppskatta det ekonomiska värdet av EbA, vilket vi såg närmare på i avsnitt 2.1. För att kunna göra det behövs uppskattningar inte bara om hur effektivt EbA reducerar kostnader för klimatrelaterade skador i framtiden under olika klimatscenarier, utan också om vilka nyttor EbA medför utöver klimatanpassning och värdet av dessa. Nyttor med EbA kan delas in i tre olika kategorier – nyttor med marknadsvärde, med indirekt marknadsvärde samt med icke-marknadsvärde. Nyttor

vars värde är svårbestämda i monetära termer, då de inte regleras av marknaden, gör att det kan vara svårt att uppskatta värdet av EbA.

Ytterligare utmaningar för arbetet med EbA som vi har tagit upp i den här rapporten (främst avsnitt 2.2. samt kapitel 4) är att styrnings- och ansvarsfrågan för klimatanpassningen är delvis oklar och att samarbetet mellan relevanta aktörer är bristfällig. Det finns även en del juridiska oklarheter, luckor och hinder (kapitel 4). I samma kapitel såg vi att det finns många positiva synergieffekter mellan EbA och andra samhällsmål, men även en del konflikter och utmaningar att ta hänsyn till och bemöta. Dessutom är många synergieffekter och utmaningar är kontextspecifika vilket innebär att förvaltningsstrukturerna måste vara flexibla nog att kunna anpassa sig till varje specifikt fall.

Till syvende och sist styrs arbetet med EbA, såväl som klimatarbetet i stort, av vilka värden vi prioriterar. EbA-lösningar har många fördelar i flera kontexter, men för att maximera de positiva effekterna och kunna hantera utmaningarna behöver de förstås både i den kontext de genomförs i och i ett större systemperspektiv. EbA bör ses som en del av en större strategi, inte som det enda valet för klimatanpassning och framförallt inte som en isolerad åtgärd. Klimatanpassningsstrategier kan med fördel ses som lager av åtgärder, som fyller olika funktioner och som tillsammans ger oss ett så gott skydd mot klimatförändringar som möjligt.

Referenser

- 1 Klimatanpassningsportalen. *Anpassningsexempel*, <<http://www.klimatanpassning.se/atgarda/lar-av-andra/anpassningsexempel>> (2017, 2017-02-14).
- 2 Aunér, B. *Augustenborg*, <<http://malmo.se/Kultur--fritid/Kultur--noje/Arkiv--historia/Kulturarv-Malmo/A-D/Augustenborg.html>> (2010, 2017-05-16).
- 3 Climate-ADAPT. *Green roofs in Basel, Switzerland: combining mitigation and adaptation measures*, <European Climate Adaptation Platform: <http://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/case-studies/green-roofs-in-basel-switzerland-combining-mitigation-and-adaptation-measures-1>> (2015, 2017-05-16).
- 4 IPCC. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (red. Core Writing Team, R.K. Pachauri & L.A. Meyer). 151 (IPCC. Genève, Schweiz, 2014).
- 5 Jönsson, K. I. *et al.* Implementering av ekosystemtjänstbegreppet i kommunal verksamhet - Slutrapport. Rapport 6755., (Naturvårdsverket. Stockholm, 2017). Tillgänglig via <<https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6755-7.pdf?pid=20252>>
- 6 IPCC. "Glossary" i *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (red. V.R. Barros *et al.*) Ch. Annex, (Cambridge University Press, 2014).
- 7 Wong, P. P. *et al.* "Coastal systems and low-lying areas" i *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (red. C.B. Field *et al.*) 361-409 (Cambridge University Press, 2014).
- 8 Wertz-Kanounnikoff, S., Locatelli, B., Wunder, S. & Brockhaus, M. Ecosystem-based adaptation to climate change: What scope for payments for environmental services? . *Climate and Development* 3, 143-158 (2011).
- 9 Mercer, J., Kelman, I., Alfthan, B. & Kurvits, T. Ecosystem-Based Adaptation to Climate Change in Caribbean Small Island Developing States: Integrating Local and External Knowledge. *Sustainability* 4, 1908-1932, doi:10.3390/su4081908 (2012).
- 10 Jones, H. P., Hole, D. G. & Zavaleta, E. S. Harnessing nature to help people adapt to climate change. *Nature Climate Change* 2, 504-509, doi:10.1038/nclimate1463 (2012).

- 11 Forsyth, T. "How is community-based adaptation 'scaled up' in environmental risk assessment? Lessons from ecosystem-based adaptation" i *Community-Based Adaptation to Climate Change: Scaling It Up* (red. E. L. F Schipper *et al.*) 88-102 (Routledge, 2014).
- 12 Vignola, R., Locatelli, B., Martinez, C. & Imbach, P. Ecosystem-based adaptation to climate change: what role for policy-makers, society and scientists? *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 14, 691-696 (2009).
- 13 Uy, N. & Shaw, R. "Ecosystem-Based Adaptation" i *Community, Environment and Disaster Risk Management* (red. N. Uy & R. Shaw) (Emerald Group Publishing Limited, Bingley, UK, 2012).
- 14 IUCN. Ecosystem-based adaptation: An approach for building resilience and reducing risk for local communities and ecosystems. A submission by IUCN to the Chair of the AWG- LCA with respect to the Shared Vision and Enhanced Action on Adaptation. (UNFCCC, 2008).
- 15 Brink, E. *et al.* Cascades of green: A review of ecosystem-based adaptation in urban areas. *Global Environmental Change* 36, 111-123, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.11.003 (2016).
- 16 Wamsler, C., Luederitz, C. & Brink, E. Local levers for change: Mainstreaming ecosystem-based adaptation into municipal planning to foster sustainability transitions. *Glob. Environ. Change-Human Policy Dimens.* 29, 189-201, doi:10.1016/j.gloenvcha.2014.09.008 (2014).
- 17 McCarthy, P. D. Climate Change Adaptation for People and Nature. *Advances in Climate Change Research* 3, 22-37 (2013).
- 18 CBD. Connecting Biodiversity and Climate Change Mitigation and Adaptation: Report of the Second Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change. 126 (Secretariat of the CBD. Montreal, Kanada, 2009).
- 19 UNFCCC. Ecosystem-based approaches to adaptation: Compilation of information. Note by the secretariat. FCCC/SBSTA/2011/INF.8. (Nairobi work programme on impacts, vulnerability and adaptation to climate change, United Nations Office at Geneva. Genève, 2011).
- 20 Noble, I. R. *et al.* "Adaptation needs and options" i *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (red. C.B. Field *et al.*) 833-868 (Cambridge University Press, 2014).
- 21 Forsyth, T. Ecological Functions and Functionings: Towards a Senian Analysis of Ecosystem Services. *Dev. Change* 46, 225-246, doi:10.1111/dech.12154 (2015).
- 22 Chong, J. Ecosystem-based approaches to climate change adaptation: progress and challenges. *Int. Environ. Agreem.-Polit. Law Econom.* 14, 391-405, doi:10.1007/s10784-014-9242-9 (2014).
- 23 Wamsler, C. *Cities, disaster risk and adaptation.* (Routledge Critical Introductions to Urbanism and the City. Routledge, 2014).

- 24 Smith, H. G., Hall, M. & Dänhardt, J. "Hållbar förvaltning av naturkapital" i *Klimatsäkrat Skåne, CEC Rapport Nr 02* (red. Marianne Hall, Emma Lund, & Markku Rummukainen) (Centrum för miljö- och klimatforskning, Lunds universitet. Lund, 2015).
- 25 Maes, J. *et al.* Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union. *Ecosystem Services* 1, 31-39, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.06.004 (2012).
- 26 Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis., (Island Press, Washington, DC, 2005).
- 27 Wilkinson, C., Saarne, T., Peterson, G. D. & Colding, J. Strategic Spatial Planning and the Ecosystem Services Concept - an Historical Exploration. *Ecology and Society* 18, doi:10.5751/ES-05368-180137 (2013).
- 28 Friess, D. A., Phelps, J., Garmendia, E. & Gomez-Baggethun, E. Payments for Ecosystem Services (PES) in the face of external biophysical stressors. *Glob. Environ. Change-Human Policy Dimens.* 30, 31-42, doi:10.1016/j.gloenvcha.2014.10.013 (2015).
- 29 Porras, I., Barton, D. N., Miranda, M. & Chacón-Cascante, A. *Learning from 20 years of Payments for Ecosystem Services in Costa Rica.* (International Institute for Environment and Development, 2013).
- 30 Hills, T., Carruthers, T., Chape, S. & Donohoe, P. A social and ecological imperative for ecosystem-based adaptation to climate change in the Pacific Islands. *Sustainability science* 8, 455-467 (2013).
- 31 Cartwright, A. *et al.* Economics of climate change adaptation at the local scale under conditions of uncertainty and resource constraints: the case of Durban, South Africa. *Environment and Urbanization* 25, 139-156, doi:10.1177/0956247813477814 (2013).
- 32 Pramova, E., Locatelli, B., Brockhaus, M. & Fohlmeister, S. Ecosystem services in the National Adaptation Programmes of Action. *Climate Policy* 12, 393-409, doi:10.1080/14693062.2011.647848 (2012).
- 33 Doswald, N. *et al.* Effectiveness of ecosystem-based approaches for adaptation: review of the evidence-base. *Climate and Development* 6, 185-201 (2014).
- 34 Hills, T., Carruthers, T. J. B., Chape, S. & Donohoe, P. A social and ecological imperative for ecosystem-based adaptation to climate change in the Pacific Islands. *Sustainability Science* 8, 455-467, doi:10.1007/s11625-013-0217-5 (2013).
- 35 Hector, A. & Bagchi, R. Biodiversity and ecosystem multifunctionality. *Nature* 448, 188-190, doi:http://www.nature.com/nature/journal/v448/n7150/suppinfo/nature05947_S1.html (2007).
- 36 Naeem, S. & Li, S. Biodiversity enhances ecosystem reliability. *Nature* 390, 507-509 (1997).

- 37 Yachi, S. & Loreau, M. Biodiversity and ecosystem productivity in a fluctuating environment: The insurance hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **96**, 1463-1468 (1999).
- 38 Khan, A. S., Ramachandran, A., Usha, N., Punitha, S. & Selvam, V. Predicted impact of the sea-level rise at Vellar-Coleroon estuarine region of Tamil Nadu coast in India: Mainstreaming adaptation as a coastal zone management option. *Ocean & Coastal Management* **69**, 327-339, doi:10.1016/j.ocecoaman.2012.08.005 (2012).
- 39 European Commission. Green Infrastructure. (Environment: Nature & Biodiversity. Bryssel, 2010). Tillgänglig via
<http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/index_en.htm>
- 40 Europeiska Kommissionen. Arbetsdokument från Kommissionens avdelningar: Teknisk information om grön infrastruktur (GI). Följedokument till Meddelande från Kommissionen till Europaparlamentet, Rådet, Europeiska ekonomiska och sociala kommittén och Regionkommittén. Grön infrastruktur - Att stärka Europas naturkapital. (Europeiska Kommissionen: Environment. Bryssel, 2013). Tillgänglig via
<http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/index_en.htm>
- 41 Asella, D., Braby, J., Zeidler, J., Kandjinga, L. & Ndokosho, J. Building adaptive capacity in rural Namibia. *International Journal of Climate Change Strategies and Management* **5**, 215-229, doi:doi:10.1108/17568691311327604 (2013).
- 42 Khan, A. & Amelie, V. Assessing climate change readiness in Seychelles: implications for ecosystem-based adaptation mainstreaming and marine spatial planning. *Regional Environmental Change* **15**, 721-733, doi:10.1007/s10113-014-0662-4 (2015).
- 43 Reid, H. Ecosystem- and community-based adaptation: learning from community-based natural resource management. *Climate and Development*, 1-6, doi:10.1080/17565529.2015.1034233 (2015).
- 44 Iacob, O., Rowan, J. S., Brown, I. & Ellis, C. Evaluating wider benefits of natural flood management strategies: an ecosystem-based adaptation perspective. *Hydrology Research* **45**, 774-787, doi:10.2166/nh.2014.184 (2014).
- 45 Munang, R. *et al.* Climate change and Ecosystem-based Adaptation: a new pragmatic approach to buffering climate change impacts. *Current Opinion in Environmental Sustainability* **5**, 67-71, doi:10.1016/j.cosust.2012.12.001 (2013).
- 46 Ojea, E. Challenges for mainstreaming Ecosystem-based Adaptation into the international climate agenda. *Current Opinion in Environmental Sustainability* **14**, 41-48, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.cosust.2015.03.006> (2015).
- 47 Thakadu, O. T. Success factors in community based natural resources management in northern Botswana: Lessons from practice. *Natural Resources Forum* **29**, 199-212, doi:10.1111/j.1477-8947.2005.00130.x (2005).
- 48 Brussard, P. F., Reed, J. M. & Tracy, C. R. Ecosystem management: what is it really? *Landscape and Urban Planning* **40**, 9-20, doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0169-2046\(97\)00094-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-2046(97)00094-7) (1998).

- 49 Naturvårdsverket. *Grön infrastruktur*, <<http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Hallbarhetsarbete/Gron-infrastruktur/>> (2015, 2017-06-14).
- 50 Wamsler, C. *et al.* Operationalizing ecosystembased adaptation: harnessing ecosystem services to buffer communities against climate change. *Ecology and Society* **21**, 31 (2016).
- 51 TEEB, U. Mainstreaming the Economics of Nature: A Synthesis of the Approach. *Conclusions and Recommendations of TEEB* (2010).
- 52 Sterner, T. & Persson, U. M. An even sterner review: Introducing relative prices into the discounting debate. *Review of Environmental Economics and Policy* **2**, 61-76 (2008).
- 53 Trafikverket. Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 6.0. (Trafikverket. 2016).
- 54 Stern, N. H. *The economics of climate change: the Stern review*. (Cambridge University Press, 2007).
- 55 Pearce, D. W. *Economic values and the natural world*. (Earthscan, 1993).
- 56 Hausman, J. Contingent valuation: from dubious to hopeless. *The Journal of Economic Perspectives* **26**, 43-56 (2012).
- 57 Mercer, J., Kurvits, T., Kelman, I. & Mavrogenis, S. Ecosystem-Based Adaptation for Food Security in the AIMS SIDS: Integrating External and Local Knowledge. *Sustainability* **6**, 5566-5597, doi:10.3390/su6095566 (2014).
- 58 Munang, R., Andrews, J., Alverson, K. & Mebratu, D. Harnessing ecosystem-based adaptation to address the social dimensions of climate change. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development* **56**, 18-24 (2014).
- 59 CBD. UNEP/CBD/COP/DEC/XII/20 17 Decision adopted by the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity: XII/20. Biodiversity and climate change and disaster risk reduction. Agenda item 25. (CBD & UNEP, Pyeongchang, Sydkorea, 6-17 oktober 2014, 2014).
- 60 CBD, UNCCD & UNFCCC. The Rio Conventions: Action on Adaptation. ISBN 92-9219-091-1 (UNFCCC. 2012).
- 61 UNDP. *Ecosystem-based climate change mitigation and adaptation*, <<http://bit.ly/1mnGM6D>> (2015, 2017-06-14).
- 62 UNDP-ALM. *Global Ecosystems Based Adaptation in Mountains Programme: Reports and Publications*, <<http://www.undp-alm.org/projects/global-ecosystems-based-adaptation-mountains-programme/reports-and-publications>> (2015, 2017-06-14).
- 63 UNEP. Resolutions and decisions adopted by the United Nations Environment Assembly of the United Nations Environment Programme at its first session on 27 June 2014 (UNEA-UNEP. Nairobi, Kenya, 2014). Tillgänglig via <http://www.unep.org/unea/UNEA_Resolutions.asp>

- 64 UNEP. *Building Resilience of Ecosystems for Adaptation*,
<<http://www.unep.org/climatechange/adaptation/EcosystemBasedAdaptation/tabid/29583/Default.aspx>> (2015, 2017-06-14).
- 65 European Commission. Commission Staff Working Document: Guidelines on developing adaptation strategies. Accompanying the document: Communication from the commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: An EU Strategy on adaptation to climate change. (Europeiska Kommissionen. Bryssel, 2013).
- 66 Europeiska gemenskapernas kommission. slutlig VITBOK Anpassning till klimatförändring: en europeisk handlingsram. KOM(2009) 147 (Bryssel, 2009).
- 67 Klimatanpassningsportalen. *Roller och ansvar: Nationellt*,
<<http://www.klimatanpassning.se/roller-och-ansvar/vem-har-ansvaret/nationellt-1.26917>> (2017, 2017-05-03).
- 68 Boverket. Låt staden grönska - klimatanpassning genom grönstruktur. ISBN: 978-91-86559-27-4. (Karlskrona, 2010). Tillgänglig via <<http://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/publikationer/2010/lat-staden-gronska/>>
- 69 Thorsson, S. Stadsklimatet – åtgärder för att sänka temperaturen i bebyggda områden. FOI-R--3415--SE. (Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI. Stockholm, 2012). Tillgänglig via <<https://www.foi.se/rapportsammanfattning?reportNo=FOI-R--3415--SE>>
- 70 SOU 2007:60. Sverige inför klimatförändringarna - hot och möjligheter. Betänkande av Klimat- och sårbarhetsutredningen. (Miljö- och energidepartementet. Stockholm, 2007).
- 71 Naturvårdsverket. *Biologisk mångfald: tio etappmål*,
<<https://www.miljomal.se/etappmalen/Biologisk-mangfald/>> (2014, 2017-06-27).
- 72 Tuvendal, M. *et al.* Grön infrastruktur för klimatanpassning Kunskapsöversikt och exempel. Länsstyrelsens rapportserie. Rapport 2016: 16. (Länsstyrelsen i Västmanlands län, Samhällsbyggnadsenheten. 2016).
- 73 Bredefeldt, M. *Klimatanpassning Sverige 2017. Program. Seminarium 1B: Framgångsrik anpassning med ekosystemtjänster*,
<<http://www.aktuellhallbarhet.se/konferens/klimatanpassning2017/>> (2017, 2017-04-07).
- 74 Aktuell hållbarhet. *Klimatanpassning Sverige 2016. Välkommen på den årliga nationella konferensen om klimatanpassning i praktiken!*,
<<http://www.aktuellhallbarhet.se/konferens/klimatanpassning-2016/>> (2016, 2017-09-12).
- 75 SMHI. *Klimatsmart planering i Järfälla*, <<https://www.smhi.se/klimat/klimatanpassa-samhället/exempel-pa-klimatanpassning/klimatsmart-planering-i-jarfalla-1.118086>> (2017, 2017-04-07).

- 76 Stockholms stad. *Projektet C/O City*,
<<http://miljobarometern.stockholm.se/natur/ekosystemtjanster/projektet-c-o-city/>>
(2016, 2017-09-02).
- 77 SOU 2013:68. Synliggöra värdet av ekosystemtjänster – Åtgärder för välfärd genom biologisk mångfald och ekosystemtjänster. Betänkande av utredningen Synliggöra värdet av ekosystemtjänster. (Miljö- och energidepartementet. Stockholm, 2013).
- 78 Andersson, L. *et al.* Underlag till kontrollstation 2015 för anpassning till ett förändrat klimat. (SMHI Klimatologi nr 12. Norrköping, Sverige, 2015).
- 79 SOU 2017:42. Vem har ansvaret? Betänkande av Klimatanpassningsutredningen. (Miljö- och energidepartementet. Stockholm, 2017).
- 80 Prop. 2016/17:146. Ett klimatpolitiskt ramverk för Sverige (Miljö- och energidepartementet. Stockholm, 2017).
- 81 Laros, M., Birch, S. & Clover, J. Ecosystem-based approaches to building resilience in urban areas: towards a framework for decision-making criteria. (ICLEI-Africa, 2013). Tillgänglig via <<http://ebasouth.org/knowledge-centre/resources/publications/ecosystem-based-approaches-building-resilience-urban-areas>>
- 82 Geneletti, D. & Zardo, L. Ecosystem-based adaptation in cities: An analysis of European urban climate adaptation plans. *Land Use Policy* 50, 38-47, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.09.003> (2016).
- 83 European Environmental Agency. Urban adaptation to climate change in Europe Challenges and opportunities for cities together with supportive national and European policies. EEA Technical report No 2/2012. (EEA, 2012). Tillgänglig via <<https://www.eea.europa.eu/publications/urban-adaptation-to-climate-change>>
- 84 Mees, H. L. P. & Driessen, P. P. J. Adaptation to climate change in urban areas: climate-greening London, Rotterdam, and Toronto. *Climate Law* 2, 251-280 (2011).
- 85 Albers, M. & Deppisch, S. Resilience in the Light of Climate Change: Useful Approach or Empty Phrase for Spatial Planning? *European Planning Studies* 21, 1598–1610, doi:10.1080/09654313.2012.722961 (2013).
- 86 Hill, E., Dorfman, J. H. & Kramer, E. Evaluating the impact of government land use policies on tree canopy coverage. *Land Use Policy, Forest transitions Wind power planning, landscapes and publics* 27, 407–414., doi:10.1016/j.landusepol.2009.05.007 (2010).
- 87 Momm-Schult, S. I. *et al.* Integration of urban and environmental policies in the metropolitan area of São Paulo and in Greater London: the value of establishing and protecting green open spaces. *International Journal of Urban Sustainable Development* 5, 89-104, doi:10.1080/19463138.2013.777671 (2013).
- 88 Schwarz, N., Bauer, A. & Haase, D. Assessing climate impacts of planning policies—An estimation for the urban region of Leipzig (Germany). *Environmental Impact Assessment Review* 31, 97-111 (2011).

- 89 Hogan, D. M. & Walbridge, M. R. Best management practices for nutrient and sediment retention in urban stormwater runoff. *J. Environ. Qual.* **336**, 386–395, doi:10.2134/jeq2006.0142 (2007).
- 90 Chen, A., Yao, X. A., Sun, R. & Chen, L. Effect of urban green patterns on surface urban cool islands and its seasonal variations. *Urban Forestry and Urban Greening*. **13**, 646–654, doi:10.1016/j.ufug.2014.07.006 (2014).
- 91 Hedquist, B. C. & Brazel, A. J. Seasonal variability of temperatures and outdoor human comfort in Phoenix, Arizona, U.S.A. *Building and Environment* **72**, 377–388, doi:10.1016/j.buildenv.2013.11.018 (2014).
- 92 Everard, M., Jha, R. R. & Russell, S. The benefits of fringing mangrove systems to Mumbai. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.* **24**, 256–274, doi:10.1002/aqc.2433 (2014).
- 93 Morimoto, Y. Biodiversity and ecosystem services in urban areas for smart adaptation to climate change: “Do you Kyoto”? *Landscape Ecol Eng* **7**, 9-16, doi:10.1007/s11355-010-0140-1 (2010).
- 94 Roberts, D. *et al.* Exploring ecosystem-based adaptation in Durban, South Africa: ‘learning-by-doing’ at the local government coal face. *Environment and Urbanization* **24**, 167-195 (2012).
- 95 Oke, T. R. The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* **108**, 1-24 (1982).
- 96 Yahia, M. W. & Johansson, E. Evaluating the behaviour of different thermal indices by investigating various outdoor urban environments in the hot dry city of Damascus, Syria. *International Journal of Biometeorology* **57**, 615-630, doi:10.1007/s00484-012-0589-8 (2013).
- 97 Wilby, R. L. Past and projected trends in London's urban heat island. *Weather* **58**, 251-260, doi:10.1256/wea.183.02 (2003).
- 98 Wilby, R. L. Constructing Climate Change Scenarios of Urban Heat Island Intensity and Air Quality. *Environment and Planning B: Planning and Design* **35**, 902-919, doi:10.1068/b33066t (2008).
- 99 Kosatsky, T. The 2003 European heatwaves. *European communicable disease journal*, 148 (2005).
- 100 Ali-Toudert, F. & Mayer, H. Effects of asymmetry, galleries, overhanging façades and vegetation on thermal comfort in urban street canyons. *Solar Energy* **81**, 742-754, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.solener.2006.10.007 (2007).
- 101 Decler-Barreto, J., Brazel, A. J., Martin, C. A., Chow, W. T. L. & Harlan, S. L. Creating the park cool island in an inner-city neighborhood: heat mitigation strategy for Phoenix, AZ. *Urban Ecosystems* **16**, 617-635, doi:10.1007/s11252-012-0278-8 (2013).
- 102 Eliasson, I. The use of climate knowledge in urban planning. *Landscape and Urban Planning* **48**, 31-44, doi:http://dx.doi.org/10.1016/S0169-2046(00)00034-7 (2000).

- 103 Johansson, E. Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dry climate: A study in Fez, Morocco. *Building and Environment* **41**, 1326-1338, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.05.022 (2006).
- 104 Johansson, E. & Emmanuel, R. The influence of urban design on outdoor thermal comfort in the hot, humid city of Colombo, Sri Lanka. *International Journal of Biometeorology* **51**, 119-133, doi:10.1007/s00484-006-0047-6 (2006).
- 105 Givoni, B. *Climate considerations in buildings and urban design*. (Van Nostrand Reinhold, 1998).
- 106 Ng, E. Policies and technical guidelines for urban planning of high-density cities – air ventilation assessment (AVA) of Hong Kong. *Building and Environment* **44**, 1478-1488, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.06.013 (2009).
- 107 Yahia, M. W. & Johansson, E. Landscape interventions in improving thermal comfort in the hot dry city of Damascus, Syria—The example of residential spaces with detached buildings. *Landscape and Urban Planning* **125**, 1-16, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.01.014 (2014).
- 108 Emmanuel, R., Rosenlund, H. & Johansson, E. Urban shading—a design option for the tropics? A study in Colombo, Sri Lanka. *International Journal of Climatology* **27**, 1995-2004, doi:10.1002/joc.1609 (2007).
- 109 Tsitoura, M., Michailidou, M. & Tsoutsos, T. A bioclimatic outdoor design tool in urban open space design. *Energy and Buildings* **153**, 368-381, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.07.079 (2017).
- 110 Swaid, H., Bar-El, M. & Hoffman, M. E. A bioclimatic design methodology for urban outdoor spaces. *Theoretical and Applied Climatology* **48**, 49-61, doi:10.1007/bf00864913 (1993).
- 111 Coutts, A. M., Tapper, N. J., Beringer, J., Loughnan, M. & Demuzere, M. Watering our cities. *Progress in Physical Geography* **37**, 2-28, doi:doi:10.1177/0309133312461032 (2013).
- 112 Moore, T. L., Gulliver, J. S., Stack, L. & Simpson, M. H. Stormwater management and climate change: vulnerability and capacity for adaptation in urban and suburban contexts. *Climatic Change* **138**, 491-504, doi:10.1007/s10584-016-1766-2 (2016).
- 113 Coutts, A. M., White, E. C., Tapper, N. J., Beringer, J. & Livesley, S. J. Temperature and human thermal comfort effects of street trees across three contrasting street canyon environments. *Theoretical and Applied Climatology* **124**, 55-68, doi:10.1007/s00704-015-1409-y (2016).
- 114 Ristić, V., Maksin, M. & Basarić, J. The role of zoning in strategic planning for protected areas in Serbia: Case of 'Sara' National Park. *Arhitektura I Urbanizam*. **2016**, 61-68, doi:10.5937/a-u0-12024 (2016).
- 115 Ratih, Y. & Febrianto, J. Z. Biodiversity as Part of Urban Green Network System Planning Case Study: Pontianak City. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* **227**, 583-586, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.06.118 (2016).

- 116 Andrade, H., Alcoforado, M.-J. & Oliveira, S. Perception of temperature and wind by users of public outdoor spaces: relationships with weather parameters and personal characteristics. *International Journal of Biometeorology* **55**, 665-680, doi:10.1007/s00484-010-0379-0 (2011).
- 117 Berardi, U., GhaffarianHoseini, A. & GhaffarianHoseini, A. State-of-the-art analysis of the environmental benefits of green roofs. *Applied Energy* **115**, 411-428, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.10.047 (2014).
- 118 Smith, K. R. & Roebber, P. J. Green roof mitigation potential for a proxy future climate scenario in Chicago, Illinois. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* **50**, 507-522 (2011).
- 119 Santamouris, M. Cooling the cities – A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. *Solar Energy* **103**, 682-703, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.solener.2012.07.003 (2014).
- 120 Köhler, M. Green facades—a view back and some visions. *Urban Ecosystems* **11**, 423-436 (2008).
- 121 Manso, M. & Castro-Gomes, J. Green wall systems: A review of their characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **41**, 863-871, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.203 (2015).
- 122 Vijayaraghavan, K. & Raja, F. D. Pilot-scale evaluation of green roofs with Sargassum biomass as an additive to improve runoff quality. *Ecological Engineering* **75**, 70-78, doi:10.1016/j.ecoleng.2014.11.029 (2015).
- 123 Berndtsson, J. C. Green roof performance towards management of runoff water quantity and quality: A review. *Ecological Engineering* **36**, 351-360 (2010).
- 124 Schweitzer, O. & Erell, E. Evaluation of the energy performance and irrigation requirements of extensive green roofs in a water-scarce Mediterranean climate. *Energy and Buildings* **68**, 25-32, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.09.012 (2014).
- 125 Perini, K., Ottele, M., Haas, E. M. & Raiteri, R. Vertical greening systems, a process tree for green facades and living walls. *Urban Ecosystems* **16**, 265-277, doi:10.1007/s11252-012-0262-3 (2013).
- 126 Whittinghill, L. J., Rowe, D. B., Andresen, J. A. & Cregg, B. M. Comparison of stormwater runoff from sedum, native prairie, and vegetable producing green roofs. *Urban Ecosystems* **18**, 13-29, doi:10.1007/s11252-014-0386-8 (2015).
- 127 Castleton, H. F., Stovin, V., Beck, S. B. M. & Davison, J. B. Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit. *Energy and Buildings* **42**, 1582-1591, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.05.004 (2010).
- 128 Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. M. & Pullin, A. S. Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and urban planning* **97**, 147-155 (2010).

- 129 Doick, K. J., Peace, A. & Hutchings, T. R. The role of one large greenspace in mitigating London's nocturnal urban heat island. *Science of The Total Environment* **493**, 662-671, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.06.048 (2014).
- 130 Yu, C. & Hien, W. N. Thermal benefits of city parks. *Energy and Buildings* **38**, 105-120, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2005.04.003 (2006).
- 131 Ren, Z. *et al.* Estimation of the relationship between urban park characteristics and park cool island intensity by remote sensing data and field measurement. *Forests* **4**, 868-886 (2013).
- 132 Nonomura, A., Kitahara, M. & Takuro, M. Impact of land use and land cover changes on the ambient temperature in a middle scale city, Takamatsu, in Southwest Japan. *J Environ Manage* **90**, 3297-3304, doi:10.1016/j.jenvman.2009.05.004 (2009).
- 133 Hamada, S. & Ohta, T. Seasonal variations in the cooling effect of urban green areas on surrounding urban areas. *Urban Forestry & Urban Greening* **9**, 15-24, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2009.10.002 (2010).
- 134 Shashua-Bar, L., Pearlmutter, D. & Erell, E. The cooling efficiency of urban landscape strategies in a hot dry climate. *Landscape and Urban Planning* **92**, 179-186, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2009.04.005 (2009).
- 135 Gill, S. E., Handley, J. F., Ennos, A. R. & Pauleit, S. Adapting cities for climate change: the role of the green infrastructure. *Built Environment* (1978-), 115-133 (2007).
- 136 Carter, J. G. *et al.* Climate change and the city: Building capacity for urban adaptation. *Progress in Planning* **95**, 1-66, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.progress.2013.08.001 (2015).
- 137 Berlin Senate Department for the Environment, T. a. C. P. *A green city center - BAF - Biotope area factor*, <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/landschaftsplanung/bff/index_en.shtml> (u.d., 2017-05-15).
- 138 Malmö Stad. *Grönt & Blått*, <http://malmo.se/Stadsplanering--trafik/Stadsplanering--visioner/Utbbyggnadsomraden/Vastra-Hamnen-/Hallbart-byggande--boende/Gront--Blatt.html> (2017, 2017-05-15).
- 139 Qin, H.-p., Li, Z.-x. & Fu, G. The effects of low impact development on urban flooding under different rainfall characteristics. *Journal of Environmental Management* **129**, 577-585, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.08.026 (2013).
- 140 Voskamp, I. M. & Van de Ven, F. H. M. Planning support system for climate adaptation: Composing effective sets of blue-green measures to reduce urban vulnerability to extreme weather events. *Building and Environment* **83**, 159-167, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.07.018 (2015).
- 141 Haase, D. Reflections about blue ecosystem services in cities. *Sustainability of Water Quality and Ecology* **5**, 77-83, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.swaqa.2015.02.003 (2015).

- 142 Bloomberg, M. R. & Holloway, C. NYC Green Infrastructure Plan. (New York City Department of Environmental Protection, New York City Department of Environmental Protection. 2010). Tillgänglig via
<http://www.nyc.gov/html/dep/html/stormwater/nyc_green_infrastructure_plan.shtml>
- 143 Berlin Senate Department for the Environment Transport and Climate Protection. 20 *Green Walks in Berlin*,
<https://ssl.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/berlin_move/en/hauptwege/index.shtml> (2014, 2017-05-15).
- 144 Knowles, R. D. Transit oriented development in Copenhagen, Denmark: from the Finger Plan to Ørestad. *Journal of Transport Geography* **22**, 251-261 (2012).
- 145 Grimm, N. B. *et al.* Global Change and the Ecology of Cities. *Science* **319**, 756-760, doi:10.1126/science.1150195 (2008).
- 146 Haase, D. & Nuissl, H. Does urban sprawl drive changes in the water balance and policy?: The case of Leipzig (Germany) 1870–2003. *Landscape and Urban Planning* **80**, 1-13, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2006.03.011> (2007).
- 147 Rose, S. & Peters, N. E. Effects of urbanization on streamflow in the Atlanta area (Georgia, USA): a comparative hydrological approach. *Hydrological Processes* **15**, 1441-1457, doi:10.1002/hyp.218 (2001).
- 148 Scholz, M. & Grabowiecki, P. Review of permeable pavement systems. *Building and Environment* **42**, 3830-3836, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.11.016> (2007).
- 149 Booth, D. B. & Leavitt, J. Field Evaluation of Permeable Pavement Systems for Improved Stormwater Management. *Journal of the American Planning Association* **65**, 314-325, doi:10.1080/01944369908976060 (1999).
- 150 Abbott, C. L. & Comino-Mateos, L. In-Situ Hydraulic Performance of a Permeable Pavement Sustainable Urban Drainage System. *Water and Environment Journal* **17**, 187-190, doi:10.1111/j.1747-6593.2003.tb00460.x (2003).
- 151 Kumar, K. *et al.* In-situ infiltration performance of different permeable pavements in a employee used parking lot – A four-year study. *Journal of Environmental Management* **167**, 8-14, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.11.019> (2016).
- 152 Plan- och bygglag (2010:900). Svensk författningssamling 2010:900. (Näringsdepartementet RS N 2010-07-01).
- 153 Nickel, D. *et al.* German experience in managing stormwater with green infrastructure. *Journal of Environmental Planning and Management* **57**, 403-423, doi:10.1080/09640568.2012.748652 (2014).
- 154 Klimatanpassningsportalen. *Mark och jord*, <<http://www.klimatanpassning.se/hur-paverkas-samhället/mark-och-jord-information-1.22573>> (2017, 2017-05-16).
- 155 Nagase, A. & Dunnett, N. Amount of water runoff from different vegetation types on extensive green roofs: effects of plant species, diversity and plant structure. *Landscape and Urban Planning* **104**, 356-363 (2012).

- 156 Villarreal, E. L., Semadeni-Davies, A. & Bengtsson, L. Inner city stormwater control using a combination of best management practices. *Ecological Engineering* **22**, 279-298, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2004.06.007> (2004).
- 157 Versini, P.-A., Gires, A., Tchiguirinskaia, I. & Schertzer, D. Performance of Green roof in stormwater management regarding high-resolution precipitation fields. *Urban Drainage Modelling 2015* (Mont-Saint-Anne, Canada, 2015).
- 158 Persson, J. *Bestämmande faktorer vid dammutformning. Series B 65*. (Institutionen för vattenbyggnad, Chalmers tekniska högskola. Göteborg, 1999).
- 159 Greenway, M. Stormwater wetlands for the enhancement of environmental ecosystem services: case studies for two retrofit wetlands in Brisbane, Australia. *Journal of Cleaner Production* **163**, S91-S100, doi:10.1016/j.jclepro.2015.12.081 (2017).
- 160 Dillon, P. *et al.* Managed aquifer recharge; rediscovering nature as a leading edge technology. *Water Science and Technology* **62**, 2338-2345, doi:10.2166/wst.2010.444 (2010).
- 161 Herrmann, J. Chemical and biological benefits in a stormwater wetland in Kalmar, SE Sweden. *Limnologica* **42**, 299 (2012).
- 162 Saraswat, C., Kumar, P. & Mishra, B. K. Review: Assessment of stormwater runoff management practices and governance under climate change and urbanization: An analysis of Bangkok, Hanoi and Tokyo. *Environmental Science and Policy* **64**, 101-117, doi:10.1016/j.envsci.2016.06.018 (2016).
- 163 Lönngren, G. Vatten i dagen: exempel på ekologisk dagvattenhantering. (Svensk byggtjänst. Stockholm, 2001).
- 164 Sharma, A. K., Vezzaro, L., Birch, H., Arnbjerg-Nielsen, K. & Mikkelsen, P. S. Effect of climate change on stormwater runoff characteristics and treatment efficiencies of stormwater retention ponds: a case study from Denmark using TSS and Cu as indicator pollutants. *SpringerPlus* **5**, doi:10.1186/s40064-016-3103-7 (2016).
- 165 Sörensen, J. Open LID storwater system tested during severe flood event. *International Low Impact Development Conference*. (Lunds universitet. Lund, 2016). Tillgänglig via <<http://bit.ly/2wGpzKR>>
- 166 Farber, S. The value of coastal wetlands for protection of property against hurricane wind damage. *Journal of Environmental Economics and Management* **14**, 143-151, doi:10.1016/0095-0696(87)90012-X (1987).
- 167 Finn Danielsen, a. *et al.* The Asian Tsunami: A Protective Role for Coastal Vegetation. *Science*, 643 (2005).
- 168 Mitsch, W. J. & Gosselink, J. G. *Wetlands*. 3rd edn, (John Wiley & Sons, Ltd., 2001).
- 169 Boesch, D. F. Scientific requirements for ecosystem-based management in the restoration of Chesapeake Bay and Coastal Louisiana. *Ecological Engineering* **26**, 6-26, doi:10.1016/j.ecoleng.2005.09.004 (2006).

- 170 Costanza, R., Mitsch, W. J. & Day, J. W. A new vision for New Orleans and the Mississippi delta: applying ecological economics and ecological engineering. *Frontiers in Ecology and the Environment* 4, 465-472 (2006).
- 171 Boyer, T. & Polasky, S. Valuing urban wetlands: A review of non-market valuation studies. *Wetlands* 24, 744-755, doi:10.1672/0277-5212(2004)024[0744:VUWARO]2.0.CO;2 (2004).
- 172 Neil Adger, W., Arnell, N. W. & Tompkins, E. L. Successful adaptation to climate change across scales. *Global Environmental Change* 15, 77-86, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.12.005 (2005).
- 173 Carlarne, C. Putting the "And" Back in the Culture-Nature Debate: Integrated Cultural and Natural Heritage Protection. *UCLA Journal of Environmental Law and Policy* 25 (2006).
- 174 Rotherham, I. D. Bio-cultural heritage and biodiversity: emerging paradigms in conservation and planning. *Biodivers Conserv* 24, 3405-3429, doi:10.1007/s10531-015-1006-5 (2015).
- 175 Brabec, E. & Chilton, E. S. Toward an Ecology of Cultural Heritage. *Change Over Time*. 346 5, 266-285, 307 (2015).
- 176 IPCC. *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (red. Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley). (Cambridge University Press, 2010).
- 177 Unesco. *Climate Change Adaptation for Natural World Heritage Sites -A Practical Guide*. (Unesco World Heritage Center. 2013).
- 178 Unesco. *Climate Change and World Heritage*. (Unesco World Heritage Center. 2007).
- 179 Unesco. *Policy Document on the Impacts of Climate Change and World Heritage Properties*. (Unesco World Heritage Center. 2008).
- 180 Unesco. *World Heritage and Tourism in a Changing Climate.*, (United Nations Environment Programme & United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. 2016).
- 181 Fatorić, S. & Seekamp, E. Are cultural heritage and resources threatened by climate change? A systematic literature review. *Climatic Change* 142(1/2), doi:10.1007/s10584-017-1929-9 (2017).
- 182 Howard, A. J. Managing global heritage in the face of future climate change: the importance of understanding geological and geomorphological processes and hazards. *International Journal of Heritage Studies* 19, 632-658, doi:10.1080/13527258.2012.681680 (2013).

- 183 O'Brien, G., O'Keefe, P., Jayawickrama, J. & Jigyasu, R. Developing a model for building resilience to climate risks for cultural heritage. *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development* 5, 99-114, doi:doi:10.1108/JCHMSD-06-2013-0021 (2015).
- 184 Phillips, H. Adaptation to Climate Change at UK World Heritage Sites: Progress and Challenges. *The Historic Environment: Policy & Practice* 5, 288-299, doi:10.1179/1756750514Z.000000000062 (2014).
- 185 Phillips, H. The capacity to adapt to climate change at heritage sites—The development of a conceptual framework. *Environmental Science & Policy* 47, 118-125, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2014.11.003 (2015).
- 186 Daly, C. The design of a legacy indicator tool for measuring climate change related impacts on built heritage. *Heritage Science* 4, 19, doi:10.1186/s40494-016-0088-z (2016).
- 187 Riksantikvarieämbetet. Vilken påverkan får klimatförändringarna? Klimat och miljöeffekters påverkan på kulturhistoriskt värdefull bebyggelse: Delrapport 2. (Riksantikvarieämbetet. Visby, 2014).
- 188 Riksantikvarieämbetet. Långsamma skadeförlopp – god förvaltning för att förebygga fukt- och andra klimatrelaterade skador i byggnader : Klimat- och miljöeffekters påverkan på kulturhistoriskt värdefull bebyggelse : Delrapport 4. (Riksantikvarieämbetet. Visby, 2014).
- 189 Riksantikvarieämbetet. Klimatanpassning och energieffektivisering - en handlingsplan för kulturhistoriskt värdefull bebyggelse. D.nr: 3.5.1-01380-2014., (Riksantikvarieämbetet. Visby, 2015).
- 190 Murphy, P., Thackray, D. & Wilson, E. Coastal Heritage and Climate Change in England: Assessing Threats and Priorities. *Conservation and Management of Archaeological Sites* 11, 9-15, doi:10.1179/135050309X12508566208281 (2009).
- 191 Fatorić, S., Morén-Alegret, R., Niven, R. J. & Tan, G. Living with climate change risks: stakeholders' employment and coastal relocation in mediterranean climate regions of Australia and Spain. *Environment Systems and Decisions*, doi:10.1007/s10669-017-9629-6 (2017).
- 192 Granström, A. Skogsbränder under ett förändrat klimat: En forskningsöversikt. (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. Karlstad, 2009).
- 193 Myndigheten för samhällsskydd och beredskap & Direktoratet för samfunnssikkerhet og beredskap. Nordiskt skogsbrandsseminarium 1-2 april 2014. Dokumentation av föreläsningar. Rapport: 2014:713. (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. Karlstad, 2014).
- 194 Myndigheten för samhällsskydd och beredskap & Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut. Framtida perioder med hög risk för skogsbrand analys av RCP-scenarier. *enligt HBV-modellen och RCP scenarier. Rapport MSB997. (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. Karlstad, 2016).

- 195 Mallinis, G., Mitsopoulos, I., Beltran, E. & Goldammer, J. Assessing Wildfire Risk in Cultural Heritage Properties Using High Spatial and Temporal Resolution Satellite Imagery and Spatially Explicit Fire Simulations: The Case of Holy Mount Athos, Greece. *Forests* 7, 46 (2016).
- 196 Dupont, L. & Van Eetvelde, V. Assessing the potential impacts of climate change on traditional landscapes and their heritage values on the local level: Case studies in the Dender basin in Flanders, Belgium. *Land Use Policy* 35, 179-191, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.05.010 (2013).
- 197 Linder, S. Världsarvet Hälsingegårdar, vegetationsbrand och varsam klimatanpassning. Gammelgården och Bommars idag och i ett framtida klimat - en geografisk riskanalys. (Masteruppsats. Lunds Universitet, Centrum för miljö- och klimatforskning. Lund, 2016).
- 198 European Union. Climate Adaptation Strategy. (Europeiska Kommissionen. Bryssel, 2012).
- 199 European Union. En integrerad kulturarvsstrategi för Europa. COM(2014) 477 final, 22.7.2014 (Europeiska Kommissionen. Bryssel, 2014).
- 200 Länsstyrelsen i Västra Götaland. Kulturarv för framtida generationer Med klimatsperspektiv på Västsveriges kulturarv Klimatförändringarnas påverkan på kulturarvet i Västra Götalands och Hallands Län Rapport från kulturarv och klimatförändringar i Västsverige. Rapport 2016:48 (Länsstyrelsen i Västra Götaland. 2016).
- 201 Wales CHARTS. Good Practice Guide Preparing the Historic Environment to Meet the Challenges of Climate Change. (Wales CHARTS. Wales, 2013).
- 202 Vigorito, A. *A Natural Disasters, Climate Change And World Heritage: The Evolution Of The International Risk Prevention And Management Strategies.* (Oxford University Press, 2013).
- 203 Perry, J. Climate change adaptation in the world's best places: A wicked problem in need of immediate attention. *Landscape and Urban Planning* 133, 1-11, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.08.013 (2015).
- 204 Andrade Pérez, A., Herrera Fernandez, B. & Cazzolla Gatti, R. Building Resilience to Climate Change: Ecosystem-based adaptation and lessons from the field. (IUCN, Gland, Switzerland, 2010).
- 205 Blake, J. *Cultural Heritage and The Environment.* (Oxford University Press, 2015).
- 206 Tengberg, A. *et al.* Cultural ecosystem services provided by landscapes: Assessment of heritage values and identity. *Ecosystem Services* 2, 14-26, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.006 (2012).
- 207 Wamsler, C. Mainstreaming ecosystem-based adaptation: transformation toward sustainability in urban governance and planning. *Ecology and Society* 20 (2015).
- 208 Nordh, H. & Østby, K. Pocket parks for people – A study of park design and use. *Urban Forestry & Urban Greening* 12, 12-17, doi:10.1016/j.ufug.2012.11.003 (2013).

- 209 Simonis, U. E. Greening urban development: on climate change and climate policy. *International Journal of Social Economics* **38**, 919-928, doi:doi:10.1108/03068291111171423 (2011).
- 210 Norton, B. A. *et al.* Planning for cooler cities: A framework to prioritise green infrastructure to mitigate high temperatures in urban landscapes. *Landscape and Urban Planning* **134**, 127-138, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.10.018 (2015).
- 211 Pandey, S., Hindoliya, D. A. & Mod, R. Experimental investigation on green roofs over buildings. *International Journal of Low-Carbon Technologies* **8**, 37-42, doi:10.1093/ijlct/ctr044 (2013).
- 212 Stead, D. Urban planning, water management and climate change strategies: adaptation, mitigation and resilience narratives in the Netherlands. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology* **21**, 15-27, doi:10.1080/13504509.2013.824928 (2014).
- 213 Gustavsson, O. & Linder, S. Blågrön anpassning utifrån historiska strukturer -en SWOT analys av sociokulturella värden i Ystads stadskärna. MVEN:17. (Centrum för miljö- och klimatforsknings, Lunds Universitet. Lund, 2015).
- 214 Vincent Callebaut Architectures. *Vincent Callebaut Architectures Paris*, <http://vincent.callebaut.org/page1-img-parissmartcity2050.html> (2017, 2017-08-31).
- 215 Naturvårdsverket. Taiga Västlig taiga Western taiga EU kod 9010. Vägledning för svenska naturtyper i habitatdirektivets bilaga 1. Rapport:NV-04493-11. (Naturvårdsverket. Stockholm, 2012).
- 216 Granström, A. Skogsbrand. Brandbeteende och tolkning av brandriskindex. Institutionen för skoglig vegetationsekologi. (SLU Umeå & Statens Räddningsverk, Karlstad 2003).
- 217 Granström, A. Framtidens skogsbränder. Ändrad brandrisk genom förändrad skogsskötsel. (Räddningsverket. Karlstad, 1998).
- 218 Hellberg, E., Niklasson, M. & Granström, A. Influence of landscape structure on patterns of forest fires in boreal forest landscapes in Sweden. *Canadian Journal of Forest Research* **34**, 332-338, doi:10.1139/x03-175 (2004).
- 219 Abatzoglou, J. T. & Williams, A. P. Impact of anthropogenic climate change on wildfire across western US forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **113**, 11770-11775, doi:10.1073/pnas.1607171113 (2016).
- 220 Hansen, R. Skogsbrandsläckning. (Räddningsverket. Karlstad, 2003).
- 221 EEA. Forest fires in Southern Europe destroy much more than trees. (European Environment Agency. Köpenhamn, 2009).
- 222 Riksantikvarieämbetet. Vårda väl. Bondskog Husbehovsbruk skapade varierade skogar. (Riksantikvarieämbetet. Visby, 2013).

- 223 Dahlstedt, O., Halvarsson, H., Larsson, H. & Ohlsson, A. Fågelsjöbygdens dramatiska förvandling 1860-2000. 140 Händelserika år i Fågelsjö 400-åriga historia. (Fågelsjö Hembygdsförening, 2003).
- 224 Larsson, J. *Fäbodväsendet 1550-1920. Ett centralt element i Nordsveriges jordbrukssystem.* (Jamtli Förlag, 2009).
- 225 Naturvårdsverket. Skog & mark -om tillståndet i svensk landmiljö. Rapport: ISBN: 978-91-620-1289-2. (Naturvårdsverket. Stockholm, 2011).
- 226 Länsstyrelsen Dalarna. Kartering av vegetation på öppna myrar i Dalarna och Gävleborg Myrvegetationskartan. Rapport: 2016-02. (Länsstyrelsen Dalarna. Falun, 2015).
- 227 Länsstyrelsen Dalarna. Mer träd på myrarna igenväxning de senaste 20 åren. Dalarnas län Rapport: 2010:4, Gävleborgs län Rapport: 2010:3. (Länsstyrelsen Dalarna. Falun, 2010).
- 228 Hugoson, R. Umeå Björkarnas Stad: från stadsbrand till citybrand. CERUM Working Paper Nr 89. (Umeå Universitet. Umeå, 2009).
- 229 Jakobsson, A. Björkarnas stad: En studie av växtmaterial i zon V. Examensarbete för landskapsingenjörer. (Sveriges Lantbruksuniversitet. Alnarp, 2011).
- 230 Hall, M., Lund, E. & Rummukainen, M. Klimatsäkrat Skåne. ISBN 978-91-981577-4-1. (Centrum för miljö- och klimatforskning, Lunds universitet. Lund, 2015).
- 231 Malmberg Persson, K., Nyberg, J., Ising, J. & Rodhe, L. Skånes känsliga stränder – erosionsförhållanden och geologi för samhällsplanering. (Sveriges geologiska undersökning, 2016). Tillgänglig via <<https://www.sgu.se/om-sgu/nyheter/2016/oktober/ny-kartlaggning-av-erosion-och-geologi-langs-skanes-strander/>>
- 232 Sawaragi, T. Vol. 78 (Elsevier Science, 1995).
- 233 Johansson, L. Stranderosionsskydd: Typer – Dimensionering – Modeller. ISSN 1100-6692. (Statens geotekniska institut (SGI). 2003).
- 234 Temmerman, S. *et al.* Ecosystem-based coastal defence in the face of global change. *Nature* **504**, 79-83, doi:10.1038/nature12859 (2013).
- 235 Hanson, H., Rydell, B. & Andersson, M. Strandfodring: Skydd av kuster mot erosion och översvämning. ISSN: 1100-6692 (Statens geotekniska institut (SGI). 2006).
- 236 Spalding, M. D. *et al.* The role of ecosystems in coastal protection: Adapting to climate change and coastal hazards. *Ocean & Coastal Management* **90**, 50-57, doi:10.1016/j.ocecoaman.2013.09.007 (2014).
- 237 Duarte, C. M., Losada, I. J., Hendriks, I. E., Mazarrasa, I. & Marba, N. The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation. *Nature Clim. Change* **3**, 961-968, doi:10.1038/nclimate1970 (2013).
- 238 Peterson, C. H. & Bishop, M. J. Assessing the Environmental Impacts of Beach Nourishment. *BioScience* **55**, 887-896, doi:10.1641/0006-3568(2005)055[0887:ATEIOB]2.0.CO;2 (2005).

- 239 Blott, S. J. & Pye, K. Application of lidar digital terrain modelling to predict intertidal habitat development at a managed retreat site: Abbots Hall, Essex, UK. *Earth Surface Processes and Landforms* **29**, 893-905, doi:10.1002/esp.1082 (2004).
- 240 Goldberg, W. M. "Biological effects of beach restoration in South Florida: the good, the bad, and the ugly" i *Beach Preservation Technology* (red. L.S Tait) 19–28 (Problems and Advancements in Beach Nourishment: Florida Shore and Beach Preservation Association Inc., 1988).
- 241 Speybroeck, J. *et al.* Beach nourishment: an ecologically sound coastal defence alternative? A review. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **16**, 419-435, doi:10.1002/aqc.733 (2006).
- 242 Nelson, W. G. "An overview of the effects of beach nourishment on the sand beach fauna" i *Beach Preservation Technology* **88. Problems and Advancements in Beach Nourishment** (red. L.S. Tait) 295–310 (Florida Shore and Beach Preservation Association Inc, 1988).
- 243 Fanini, L., Marchetti, G. M., Scapini, F. & Defeo, O. Effects of beach nourishment and groynes building on population and community descriptors of mobile arthropodofauna. *Ecological Indicators* **9**, 167-178, doi:10.1016/j.ecolind.2008.03.004 (2009).
- 244 Bishop, M. J., Peterson, C. H., Summerson, H. C., Lenihan, H. S. & Grabowski, J. H. Deposition and long-shore transport of dredge spoils to nourish beaches: impacts on benthic infauna of an Ebb-Tidal Delta. *Journal of Coastal Research* **22**, 530–546 (2006).
- 245 Peterson, C. H., Bishop, M. J., Johnson, G. A., D'Anna, L. M. & Manning, L. M. Exploiting beach filling as an unaffordable experiment: Benthic intertidal impacts propagating upwards to shorebirds. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **338**, 205-221, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jembe.2006.06.021 (2006).
- 246 Fanini, L., Marchetti, G., Scapini, F. & Defeo, O. Abundance and orientation responses of the sandhopper *Talitrus saltator* to beach nourishment and groynes building at San Rossore Regional Park, Tuscany, Italy. *Marine Biology* **152**, 1169–1179 (2007).
- 247 Jacobson, M. G. Johansson & Östgren, J. Marinbiologisk kontroll 2015. Sandhammar bank, Ystad sandskog och Löderups strandbad (Trapezia. Stockholm, 2012).
- 248 Dean, R. G. *Beach Nourishment: Theory and Practice*. (World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2002).
- 249 Lindgren, H. Jakten på sand hotar livet i havet i *Helsingborgs Dagblad* (2014-03-29). Tillgänglig via <<https://www.hd.se/2014-03-29/jakten-pa-sand-hotar-livet-i-havet>>
- 250 Lorentsson, J. Proteststorm mot sandsugning i Öresund i *Nytt från Öresund* (2014-01-27). Tillgänglig via <<http://nfo.nu/?p=134134>>
- 251 EEA. Adaptation in Europe, Addressing risks and opportunities from climate change in the context of socio-economic developments. (EEA Report. Luxemburg, 2013) Tillgänglig via <<http://www.eea.europa.eu/publications/adaptation-in-europe>>

- 252 Sierra-Correa, P. C. & Kintz, J. R. C. Ecosystem-based adaptation for improving coastal planning for sea-level rise: A systematic review for mangrove coasts. *Marine Policy* **51**, 385-393, doi:10.1016/j.marpol.2014.09.013 (2015).
- 253 Ahammad, R., Nandy, P. & Husnain, P. Unlocking ecosystem based adaptation opportunities in coastal Bangladesh. *Journal of Coastal Conservation* **17**, 833-840, doi:10.1007/s11852-013-0284-x (2013).
- 254 Mycoo, M. Sustainable tourism, climate change and sea level rise adaptation policies in Barbados. *Natural Resources Forum* **38**, 47-57, doi:10.1111/1477-8947.12033 (2014).
- 255 Christensen, O., Sortkjær, K. & McGlathery, P. *Tranplantation of eelgrass*. (National Environmental research Institute, 1995).
- 256 van Katwijk, M. M., Hermus, D. C. R., de Jong, D. J., Asmus, R. M. & de Jonge, V. N. Habitat suitability of the Wadden Sea for restoration of *Zostera marina* beds. *Helgoland Marine Research* **54**, 117-128, doi:10.1007/s101520050010 (2000).
- 257 van Katwijk, M. M. *et al.* Guidelines for seagrass restoration: Importance of habitat selection and donor population, spreading of risks, and ecosystem engineering effects. *Marine Pollution Bulletin* **58**, 179-188, doi:https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2008.09.028 (2009).
- 258 Boström, G., Gönczi, M. & Kreuger, J. *Kemiska bekämpningsmedel i Skånes ytvatten 1983-2014 : med jämförelser mot den nationella miljöövervakningen*. (Kompetens Centrum för Kemiska Bekämpningsmedel (CKB), Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala, 2014).
- 259 Levington, J. S. *Marine biology: function, biodiversity, ecology*. Vol. 2 (Oxford University Press Inc., 2001).
- 260 Boström, C. & Bonsdorff, E. Community structure and spatial variation of benthic invertebrates associated with *Zostera marina* (L.) beds in the northern Baltic Sea. *Journal of Sea Research* **37**, 153-166, doi:10.1016/S1385-1101(96)00007-X (1997).
- 261 Baden, S., Gullström, M., Lundén, B., Leif, P. & Rosenberg, R. Vanishing Seagrass (*Zostera marina*, L.) in Swedish Coastal Waters. *Royal Swedish Academy of Sciences* **5** (2003).
- 262 Lundgren, F., Olsson, P., Sjölin, A. & Nylander, W. Undersökningar längs sydkusten. Årsrapport 2006 (Sydkustens Vattenvårdsförbund. 2006).
- 263 Almesjö, L. & Limén, H. Fiskpopulationer i Svenska vatten. Hur påverkas de av övergödning och miljögifter., (Miljö- och jordbruksutskottet. Riksdagstryckeriet, Stockholm, 2008).
- 264 Rasmussen, E. "The wasting disease of eelgrass (*Zostera marina*) and its effects on environmental factors and fauna" i *Seagrass Ecosystems* (red. CP McRoy & C Helfferich) 1-51 (Marcel Dekker, 1977).
- 265 Frederiksen, M., Krause-Jensen, D., Holmer, M. & Laursen, J. S. Long-term changes in area distribution of eelgrass (*Zostera marina*) in Danish coastal waters. *Aquatic Botany* **78**, 167-181, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.aquabot.2003.10.002 (2004).

- 266 Borum, J., Duarte, C., Krause-Jensen, D. & Greve, T. European seagrasses: an introduction to monitoring and management. A publication by the EU project Monitoring and Managing of European Seagrasses. The M & MS project. (Monitoring and Managing of European Seagrasses. 2004).
- 267 Moksnes, P.-O. Restaurera ålgräsängar. Rapport nr. 26. (Länsstyrelsen i Västra Götalands län, vattenvårdsenheten. 2009).
- 268 IPCC. *Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (red. Core Writing Team, Pachauri, R.K & Reisinger, A.). 104 sid. (IPCC, Genève, Schweiz, 2007)
- 269 McLachlan, A. & Brown, A. C. *The Ecology of Sandy Shores*. (Academic Press, 2006).
- 270 Defeo, O. *et al.* Threats to beach ecosystems: A review. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **81**, 1-12 (2009).
- 271 Grootjans, A. P., Geelen, H. W. T., Jansen, A. J. M. & Lammerts, E. J. Restoration of coastal dune slacks in the Netherlands. *Hydrobiologia* **478**, 181-203, doi:10.1023/a:1021086832201 (2002).
- 272 Acosta, A., Carranza, M. L. & Izzi, C. F. Are there habitats that contribute best to plant species diversity in coastal dunes? *Biodivers Conserv* **18**, 1087, doi:10.1007/s10531-008-9454-9 (2008).
- 273 Ödman, A. M., Schnoor, T. K., Ripa, J. & Olsson, P. A. Soil disturbance as a restoration measure in dry sandy grasslands. *Biodivers Conserv* **21**, 1921-1935, doi:10.1007/s10531-012-0292-4 (2012).
- 274 Berlin, G. & Rosquist, G. Här finns höga naturvärden i Skåne: Artpools- och traktanalys med hjälp av rödlistade arter. Rapport 2014:9 (Länsstyrelsen i Skåne. 2014). Tillgänglig via <<http://www.lansstyrelsen.se/skane/Sv/publikationer/2014/Pages/har-finns-hoga-naturvarden-i-skane.aspx>>
- 275 Schlacher, T. A. *et al.* Sandy beaches at the brink. *Diversity and Distributions* **13**, 556-560, doi:10.1111/j.1472-4642.2007.00363.x (2007).
- 276 Niss, J., Thidell, J. & Ringman, M. Vägen till ett biologiskt rikare Skåne – Naturvårdsstrategi för Skåne. Rapportnummer: 2015:23 (Länsstyrelsen Skåne. 2015).
- 277 Tyler, T., Karlsson, T., Milberg, P., Sahlin, U. & Sandberg, S. Invasive plant species in the Swedish flora: developing criteria and definitions, and assessing the invasiveness of individual taxa. *Nordic Journal of Botany* **33**, 300-317 (2015).
- 278 Hallegatte, S. Strategies to adapt to an uncertain climate change. *Global Environmental Change* **19**, 240-247, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.12.003> (2009).
- 279 Richard, J. T. K. *et al.* Technological Options for Adaptation to Climate Change in Coastal Zones. *Journal of Coastal Research* **17**, 531-543 (2001).
- 280 Erwin, K. L. Wetlands and global climate change: the role of wetland restoration in a changing world. *Wetlands Ecology and Management* **17**, 71, doi:10.1007/s11273-008-9119-1 (2008).

- 281 Hewitt, J. E., Ellis, J. I. & Thrush, S. F. Multiple stressors, nonlinear effects and the implications of climate change impacts on marine coastal ecosystems. *Global Change Biology* **22**, 2665-2675, doi:10.1111/gcb.13176 (2016).
- 282 Kirwan, M. L. & Megonigal, J. P. Tidal wetland stability in the face of human impacts and sea-level rise. *Nature* **504**, 53-60, doi:10.1038/nature12856 (2013).
- 283 Rydell, B., Bergman, R. & Lerman, P. Hållbar utveckling av kustområden: Integrerad förvaltning och samspel mellan hav och land. (Statens Geotekniska Institut. Linköping, 2012).
- 284 Mitsch, W. J. & Wilson, R. F. Improving the Success of Wetland Creation and Restoration with Know-How, Time, and Self-Design. *Ecological Applications* **6**, 77-83, doi:10.2307/2269554 (1996).
- 285 Environment Agency UK. TE2100 5 Year Monitoring Review. 1.1 Final (October 2016). (Environment Agency. 2014). Tillgänglig via <www.gov.uk/government/publications>
- 286 SFS 1998:808. Miljöbalk (1998:808). (Miljö- och energidepartementet. Stockholm, 1998).
- 287 SOU 2015:108. Strandskyddet i praktiken. Slutrapport från Strandskyddsdelegationen nationell arena för samverkan. Betänkande av Strandskyddsdelegationen. (Näringsdepartementet. Stockholm, 2015).
- 288 Prop. 2008/09:119. Strandskyddet och utvecklingen av landsbygden. (Miljö- och energidepartementet. Stockholm, 2008).
- 289 Vignola, R. *et al.* Ecosystem-based adaptation for smallholder farmers: Definitions, opportunities and constraints. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **211**, 126-132, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2015.05.013 (2015).
- 290 Ding, H., Chiabai, A., Silvestri, S. & Nunes, P. A. L. D. Valuing climate change impacts on European forest ecosystems. *Ecosystem Services* **18**, 141-153, doi:https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.02.039 (2016).
- 291 Lindner, M. *et al.* Climate change and European forests: What do we know, what are the uncertainties, and what are the implications for forest management? *Journal of Environmental Management* **146**, 69-83, doi:https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.030 (2014).
- 292 Jönsson, A. M., Schroeder, L. M., Lagergren, F., Anderbrant, O. & Smith, B. Guess the impact of *Ips typographus*—An ecosystem modelling approach for simulating spruce bark beetle outbreaks. *Agricultural and Forest Meteorology* **166–167**, 188-200, doi:https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2012.07.012 (2012).
- 293 Müller, M. M. *et al.* Predicting the activity of *Heterobasidion parviporum* on Norway spruce in warming climate from its respiration rate at different temperatures. *Forest Pathology* **44**, 325-336 (2014).

- 294 Grundmann, B. M., Bolte, A., Bonn, S. & Roloff, A. Impact of climatic variation on growth of *Fagus sylvatica* and *Picea abies* in Southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* **26**, 64-71, doi:10.1080/02827581.2011.564392 (2011).
- 295 Kjellström, E. *et al.* Uppdatering av det klimatvetenskapliga kunskapsläget. 65 (Klimatologi 9, SMHI. Norrköping, 2014).
- 296 Felton, A. *et al.* Replacing monocultures with mixed-species stands: Ecosystem service implications of two production forest alternatives in Sweden. *AMBIO* **45**, 124-139, doi:10.1007/s13280-015-0749-2 (2016).
- 297 Dhital, N. *et al.* Adaptation Potential of Ecosystem-Based Management to Climate Change in the Eastern Canadian Boreal Forest. *Journal of Environmental Planning and Management* **58**, 2228-2249, doi:http://www.tandfonline.com/loi/cjep20 (2015).
- 298 Hanewinkel, M., Cullmann, D. A., Schelhaas, M.-J., Nabuurs, G.-J. & Zimmermann, N. E. Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land. *Nature Climate Change* **3**, 203–207, doi:10.1038/nclimate1687 (2013).
- 299 Felton, A. *et al.* How climate change adaptation and mitigation strategies can threaten or enhance the biodiversity of production forests: Insights from Sweden. *Biological Conservation* **194**, 11-20, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2015.11.030 (2016).
- 300 Piri, T. & Valkonen, S. Incidence and spread of *Heterobasidion* root rot in uneven-aged Norway spruce stands. *Canadian Journal of Forest Research* **43**, 872-877, doi:10.1139/cjfr-2013-0052 (2013).
- 301 Koivuranta, L., Latva-Karjanmaa, T. & Pulkkinen, P. The effect of temperature on seed quality and quantity in crosses between European (*Populus tremula*) and hybrid aspens (*P. tremula* × *P. tremula-loides*). *Silva Fennica* **46** (2012).
- 302 FSC. Swedish FSC Standard for Forest Certification Including SLIMF Indicators. FSC-STD-SWE-02-02-2010 Sweden Natural, Plantations and SLIMF EN. 95 (Forest Stewardship Council, 2010).
- 303 Tudoran, M.-M., Marquer, L. & Jönsson, A. M. Historical experience (1850–1950 and 1961–2014) of insect species responsible for forest damage in Sweden: Influence of climate and land management changes. *Forest Ecology and Management* **381**, 347-359, doi:10.1016/j.foreco.2016.09.044 (2016).
- 304 Williams, M. I. & Dumroese, R. K. Preparing for Climate Change: Forestry and Assisted Migration. *Journal of Forestry* **111**, 287-297, doi:10.5849/jof.13-016 (2013).
- 305 Gray, L. K., Gylander, T., Mbogga, M. S., Chen, P.-y. & Hamann, A. Assisted migration to address climate change: recommendations for aspen reforestation in western Canada. *Ecological Applications* **21**, 1591-1603, doi:10.1890/10-1054.1 (2011).
- 306 Pedlar, J. H. *et al.* Placing Forestry in the Assisted Migration Debate. *BioScience* **62**, 835-842, doi:10.1525/bio.2012.62.9.10 (2012).
- 307 Aubin, I. *et al.* Why we disagree about assisted migration: Ethical implications of a key debate regarding the future of Canada's forests. *The Forestry Chronicle* **87**, 755-765, doi:10.5558/tfc2011-092 (2011).

- 308 Lobell, D. B. *et al.* Prioritizing Climate Change Adaptation Needs for Food Security in 2030. *Science* **319**, 607-610, doi:10.1126/science.1152339 (2008).
- 309 Tai, A., Val Martin, M. & Heald, C. Threat to global food security from climate change and ozone air pollution. *Nature Climate Change* **4**, 817-821 (2014).
- 310 Juhola, S., Klein, N., Käyhkö, J. & Schmid Neset, T.-S. Climate change transformations in Nordic agriculture? *Journal of Rural Studies* **51**, 28-36, doi:10.1016/j.jrurstud.2017.01.013 (2017).
- 311 Svensson, H. *et al.* En meter i timmen – klimatförändringarnas påverkan på jordbruket i Sverige. Rapport 2007:16 (Jordbruksverket, 2007).
- 312 Bale, J. *et al.* Herbivory in global climate change research: direct effects of rising temperature on insect herbivores. *Global Change Biol* **8**, 1–16 (2002).
- 313 Salinari, F. *et al.* Downy mildew (*Plasmopara viticola*) epidemics on grapevine under climate change. *Glob Change Biol* **12**, 1299–1307 (2006).
- 314 Trnka, M. *et al.* Agroclimatic conditions in Europe under climate change. *Global Change Biology* **17**, 2298-2318, doi:10.1111/j.1365-2486.2011.02396.x (2011).
- 315 Audsley, E. *et al.* What can scenario modelling tell us about future European scale agricultural land use, and what not? . *Environ Sci Policy* **9**, 148–162 (2006).
- 316 Bindi, M. & Olesen, J. The responses of agriculture in Europe to climate change. *Regional Environmental Change* **11**, 151-158 (2011).
- 317 Boxall, A. B. A. *et al.* Impacts of Climate Change on Indirect Human Exposure to Pathogens and Chemicals from Agriculture. *Environ Health Perspect* **117**, 508-514 (2009).
- 318 Tengö, M. & Belgrage, K. Local management practices for dealing with change and uncertainty: a cross-scale comparison of cases in Sweden and Tanzania. *Ecology and Society* **9** (2004).
- 319 Iglesias, A., Quiroga, S., Moneo, M. & Garrote, L. From climate change impacts to the development of adaptation strategies: challenges for agriculture in Europe. *Climatic Change* **112**, 143–168 (2012).
- 320 Palmu, E., Ekroos, J., Hanson, H. I., Smith, H. G. & Hedlund, K. Landscape-scale crop diversity interacts with local management to determine ground beetle diversity. *Basic and Applied Ecology* **15**, 241-249, doi:10.1016/j.baae.2014.03.001 (2014).
- 321 Howden, S. M. *et al.* Adapting agriculture to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **104**, 19691-19696, doi:10.1073/pnas.0701890104 (2007).
- 322 Challinor, A. J. *et al.* A meta-analysis of crop yield under climate change and adaptation. *Nature Clim. Change* **4**, 287-291, doi:10.1038/nclimate2153 (2014).
- 323 Moore, F. C. & Lobell, D. B. Adaptation potential of European agriculture in response to climate change. *Nature Clim. Change* **4**, 610-614, doi:10.1038/nclimate2228 (2014).

- 324 Chidawanyika, F., Mudavanhu, P. & Nyamukondiwa, C. Biologically Based Methods for Pest Management in Agriculture under Changing Climates: Challenges and Future Directions *Insects* **3**, 1171-1189 (2012).
- 325 Bommarco, R., Kleijn, D. & Potts, S. Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security. *Trends in Ecology & Evolution* **28**, 230-238 (2013).
- 326 Browning, J. A. & Frey, K. J. Multiline cultivars as a means of disease control. *Annual Review of Phytopathology* **7**, 355-382 (1969).
- 327 Wolfe, M. S. The current status and prospects of multiline cultivars and variety mixtures for disease resistance. *Annual Review of Phytopathology* **23**, 251-273 (1985).
- 328 Zhu, Y. *et al.* Generic diversity and disease control in rice. *Nature* **406**, 718-722 (2000).
- 329 Ali, S. A., Tedone, L. & Mastro, G. D. "Climate Variability Impact on Wheat Production in Europe: Adaptation and Mitigation Strategies" i *Quantification of Climate Variability, Adaptation and Mitigation for Agricultural Sustainability* (red. Mukhtar Ahmed & Claudio O. Stockle) 251-321 (Springer International Publishing, 2017).
- 330 Mbow, C., Smith, P., Skole, D., Duguma, L. & Bustamante, M. Achieving mitigation and adaptation to climate change through sustainable agroforestry practices in Africa. *Current Opinion in Environmental Sustainability* **6**, 8-14, doi:<https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.09.002> (2014).
- 331 Verchot, L. V. *et al.* Climate change: linking adaptation and mitigation through agroforestry. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* **12**, 901-918 (2007).
- 332 Schoeneberger, M. *et al.* Branching out: Agroforestry as a climate change mitigation and adaptation tool for agriculture *Journal of Soil and Water Conservation* **67**, 128-136 (2012).
- 333 Butler, J. R. A., Skewes, T., Mitchell, D., Pontio, M. & Hills, T. Stakeholder perceptions of ecosystem service declines in Milne Bay, Papua New Guinea: Is human population a more critical driver than climate change? *Marine Policy* **46**, 1-13, doi:[10.1016/j.marpol.2013.12.011](https://doi.org/10.1016/j.marpol.2013.12.011) (2014).
- 334 Chasek, P. S. Rethinking the law and policy of protected areas in a warming world: evolving approaches of American conservation organizations. *Journal of International Wildlife Law & Policy* **15**, 41-59 (2012).
- 335 Lukasiewicz, A., Pittock, J. & Finlayson, M. Institutional challenges of adopting ecosystem-based adaptation to climate change. *Regional Environmental Change*, 1-13, doi:[10.1007/s10113-015-0765-6](https://doi.org/10.1007/s10113-015-0765-6) (2015).
- 336 Munang, R., Andrews, J., Alverson, K. & Mebratu, D. Harnessing Ecosystem-based Adaptation To Address the Social Dimensions of Climate Change. *Environment* **56**, 18-24, doi:[10.1080/00139157.2014.861676](https://doi.org/10.1080/00139157.2014.861676) (2014).
- 337 Munang, R. *et al.* Using Ecosystem-Based Adaptation Actions to Tackle Food Insecurity. *Environment* **55**, 29-35, doi:[10.1080/00139157.2013.748395](https://doi.org/10.1080/00139157.2013.748395) (2013).

- 338 van den Bosch, M. & Ode Sang, Å. Urban natural environments as nature-based solutions for improved public health – A systematic review of reviews. *Environmental Research* **158**, 373-384, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2017.05.040 (2017).
- 339 Endreny, T. *et al.* Implementing and managing urban forests: A much needed conservation strategy to increase ecosystem services and urban wellbeing. *Ecological Modelling* **360**, 328-335, doi:https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2017.07.016 (2017).
- 340 Lyytimäki, J. Ecosystem disservices: Embrace the catchword. *Ecosystem Services* **12**, 136, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.11.008 (2015).
- 341 Tzoulas, K. *et al.* Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. *Landscape and Urban Planning* **81**, 167-178, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.02.001 (2007).
- 342 Semadeni-Davies, A., Hernebring, C., Svensson, G. & Gustafsson, L.-G. The impacts of climate change and urbanisation on drainage in Helsingborg, Sweden: Combined sewer system. *Journal of Hydrology* **350**, 100-113, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2007.05.028 (2008).
- 343 Zhu, Y.-G., Reid, B. J., Meharg, A. A., Banwart, S. A. & Fu, B.-J. Optimizing Peri-URban Ecosystems (PURE) to re-couple urban-rural symbiosis. *Science of The Total Environment* **586**, 1085-1090, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.094 (2017).
- 344 Storbjörk, S. & Uggla, Y. The practice of settling and enacting strategic guidelines for climate adaptation in spatial planning: lessons from ten Swedish municipalities. *Regional Environmental Change* **15**, 1133-1143, doi:10.1007/s10113-014-0690-0 (2015).
- 345 Lidskog, R. & Sjödin, D. Extreme events and climate change: The post-disasters dynamics of forest fires and forest storms in Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* **31** (2015).
- 346 Hjerpe, M. *et al.* *Svensk forskning om klimatanpassning inom styrning och planering*. (CSPR Briefings, Vol. 12. Linköping University Electronic Press, 2014).
- 347 Müller, N. A., Marlow, D. R. & Moglia, M. Business model in the context of Sustainable Urban Water Management - A comparative assessment between two urban regions in Australia and Germany. *Utilities Policy* **41**, 148-159, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jup.2016.07.003 (2016).
- 348 Kabisch, N. *et al.* Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action. *Ecology and Society* **21**, doi:10.5751/ES-08373-210239 (2016).
- 349 Uggla, Y. & Elander, I. *Global uppvärmning och lokal politik*. (Santérus Förlag, 2009).
- 350 Wamsler, C., Brink, E. & Rivera, C. Planning for climate change in urban areas: from theory to practice. *Journal of Cleaner Production* **50**, 68-81, doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.12.008 (2013).

- 351 Fastighetsägarna. *Fastighetsägare i framkant - Grön klimatanpassning. Seminarieriserie 26 september 2013*, <http://www.fastighetsagarna.se/syd/aktuellt/kalender_1/kalender-2013/fastighetsagare-i-framkant-gron-klimatanpassning> (2013, 2017-09-14).
- 352 Riksbyggen. *Riksbyggens samarbetsprojekt som skapar hållbara samhällen*, <<https://riksbyggen.se/om-riksbyggen/samhallsutveckling/samarbeten>> (2016, 2017-09-19).
- 353 Lindgren, E. "Shore Protection in Sweden: Efficiency or Waste of Space?" i *Core-Themes of Land Use politics* (red. Erwin Hepperle) 303-319 (Hochschulverlag AG an der ETH Zurich, 2011).
- 354 Tolleson, E. *Strandskyddet i Sverige: En kartläggning av förändringar i det utvidgade strandskyddet*, (2015).
- 355 Sandström, A., Bodin, Ö. & Crona, B. Network Governance from the top – The case of ecosystem-based coastal and marine management. *Marine Policy* 55, 57-63, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2015.01.009> (2015).
- 356 Giebels, D., van Buuren, A. & Edelenbos, J. Knowledge governance for ecosystem-based management: Understanding its context-dependency. *Environmental Science & Policy* 55, 424-435, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2015.08.019> (2016).
- 357 Phillips, H. *The adaptive capacity of the management of cultural heritage sites to climate change*. (British Library, 2013).
- 358 Pasquini, L., Cowling, R. M. & Ziervogel, G. Facing the heat: Barriers to mainstreaming climate change adaptation in local government in the Western Cape Province, South Africa. *Habitat International* 40, 225-232, doi:[10.1016/j.habitatint.2013.05.003](https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2013.05.003) (2013).
- 359 Pramova, E., Locatelli, B., Djoudi, H. & Somorin, O. A. Forests and trees for social adaptation to climate variability and change. *Wiley Interdisciplinary Reviews-Climate Change* 3, 581-596, doi:[10.1002/wcc.195](https://doi.org/10.1002/wcc.195) (2012).
- 360 Roberts, D. *et al.* Exploring ecosystem-based adaptation in Durban, South Africa: "learning-by-doing" at the local government coal face. *Environment and Urbanization* 24, 167-195, doi:[10.1177/0956247811431412](https://doi.org/10.1177/0956247811431412) (2012).
- 361 Pasquini, L. & Cowling, R. Opportunities and challenges for mainstreaming ecosystem-based adaptation in local government: evidence from the Western Cape, South Africa. *Environ Dev Sustain*, 1-20, doi:[10.1007/s10668-014-9594-x](https://doi.org/10.1007/s10668-014-9594-x) (2014).
- 362 Thorslund, J. *et al.* Wetlands as large-scale nature-based solutions: Status and challenges for research, engineering and management. *Ecological Engineering*, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.07.012> (2017).
- 363 Robertson, M. Measurement and alienation: making a world of ecosystem services. *Transactions of the Institute of British Geographers* 37, 386-401, doi:[10.1111/j.1475-5661.2011.00476.x](https://doi.org/10.1111/j.1475-5661.2011.00476.x) (2012).

- 364 Robertson, M. M. The Nature That Capital Can See: Science, State, and Market in the Commodification of Ecosystem Services. *Environment and Planning D: Society and Space* 24, 367-387, doi:10.1068/d3304 (2006).