

Før flommen – bærekraftig overvannshåndtering for økt klimaresiliens i norske byer og tettsteder

Av Vaar Bothner og Taran Aandraa

Vaar Bothner er landskapsarkitekt hos Trifolia.

Taran Aandraa er landskapsarkitekt hos Asplan Viak.

Dette er en forkortet og forenklet versjon av en masteroppgave ved NMBU. Den kan lastes ned og leses i sin helhet fra: <https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/2450896>

SAMMENDRAG

Resiliens er systemers evne til å opprettholde viktige prosesser og funksjoner i møte med endringer og forstyrrelser (Walker m.fl., 2004, s. 1). Oppgaven tar for seg hvordan resiliens kan brukes som strategi og tankesett når norske byer og tettsteder skal tilpasses et villere, varmere og våtere klima. Valg av tema er basert på vår felles interesse for klimaendringer, økologisk design og bærekraftig utvikling.

Klimaendringene fører med seg større nedbørmengder og intense regnskylt som har gitt skadeflommer i mange norske byer de siste tiårene. Håndtering av overvann er derfor et viktig hensyn for å tilpasse oss et villere og våtere klima. I oppgaven undersøker vi hvordan norske byer og tettsteder kan bli mindre sårbare i møte med intense nedbørshendelser, men også hvordan åpen overvannshåndtering gir muligheten til å bygge resiliens i møte med andre direkte og indirekte klimautfordringer. Dette kalles klimaresiliens.

Oppgaven er bygget opp med en *teoridel* som identifiserer prinsipper for å øke klimaresiliens med utgangspunkt i bærekraftig overvannshåndtering. *Verktøykassa* er en skjematisk fremstilling av resiliensprinsippene og kunnskapen

vi har tilegnet oss gjennom teoridelen. Målet har vært å gjøre det lettere for landskapsarkitekter å implementere viktige resilienshensyn i åpne overvannsprosjekter, men verktøykassa kan også brukes som idébank eller kunnskapskilde av planleggere, politikere eller andre som er involvert i utbygging og drift av åpne overvannsanlegg. Gjennom *utforming av prosjektområdet*, Økern torg, tester vi prinsippene fra verktøykassa. Vi identifiserte flere viktige funksjoner som det tidligere har vært lite fokus på. Dette drøfter vi i oppgavens *diskusjonsdel*.

INNLEDNING

Et klima i endring

Konsentrasjonen av drivhusgasser i atmosfæren er i dag høyere enn noensinne, hovedsakelig på grunn av menneskelige utslipp knyttet til fossilt brensel og industri, utbygging og befolkningsvekst (IPCC, 2014). Klimaendringene dette fører med seg har store konsekvenser for naturlige og menneskeskapte systemer, både på kontinenter og i verdenshavene. Endrede nedbørsmønstre, økte temperaturer, havnivåstigning og naturkatastrofer gir utfordringer med tanke på matsikkerhet, infrastruktur og helse, og for de naturlige økosystemene som mennesker utnytter og er avhengige av (figur 1). En av de største klimautfordringene for Norge er mer intense nedbørshendelser, noe vi allerede har sett konsekvensene av de siste tiårene. Andre utfordringer vi står overfor i møte med klimaendringene

er havnivåstigning, stormflo, økt grunnvannstand, ras og erosjon.

Urbanisering – en global trend

I dag bor over halvparten av jordas befolkning i byer, og i Norge bor mer enn 80 % i byer og tettsteder. Bare i 2015 økte tallet med 57 000 personer (Statistisk Sentralbyrå, 2016). Tilflytting til byene øker behovet for fortetting og legger dermed et enormt press på vegetasjonskledte arealer innenfor byggesonen. Når grøntstrukturen bygges ned, reduseres byenes kapasitet til å håndtere intense regnskyll. Veier, tak og andre tette flater gir mer avrenning på overflaten og faren for oversvømmelser øker (Lindholm m.fl., 2008).

Verdens biologiske mangfold er truet

Klimaendringer og fortetting har store negative konsekvenser for det biologiske mangfoldet. Faktorer som nedbygging og fragmentering av habitat, forurensning, klimaendringer og spredning av invasive arter har ført til at verdens dyrebestander er redusert med 58 % mellom 1970

og 2012 (WWF, 2016). Tap av arter er i aller høyeste grad relevant for oss mennesker, både fordi intakte, artsrike økosystemer gir en rekke produkter og goder som vi er fundamentalt avhengige av, såkalte økosystemtjenester, men også fordi vi får stadig flere eksempler på prosjekter der man utnytter økologiske prosesser og naturelementer til å dempe de negative effektene av klimaendringene i byer og tettsteder.

Landskapsarkitekters rolle

Landskapsarkitekter har som oppgave å skape gode omgivelser for mennesker. Estetikk og praktisk utforming av byer og tettsteder er et viktig mål i seg selv, men de siste årene har økologisk design fått økt fokus på grunn av klima- og miljøutfordringene vi står ovenfor. Som planleggere og forvaltere av våre bygde omgivelser, har landskapsarkitekter muligheten til å bidra med å løse disse utfordringene på en god måte. Vi tror da at resiliens, som har fått relativt lite oppmerksomhet i Norge til nå, kan være et viktig hjelpemiddel.



Figur 1: I Norge er den største klimautfordringen knyttet til flom og oversvømmelse som følge av mer intens nedbør. Masteroppgaven «Før flommen» undersøker ulike tiltak som kan tilrettelegge for å gjøre norske byer og tettsteder bedre rustet i møte med endringene som kommer.

Teori

Resiliens

Resiliens er systemers evne til å opprettholde viktige prosesser og funksjoner i møte med endringer og forstyrrelser (Walker m.fl., 2004, s. 1). Det er spesielt to ting som gjør at resiliens har relevans når vi skal løse utfordringer knyttet til tap av biologisk mangfold og klimaendringer.

Det første er resiliensteori sitt fokus på tilpasning som en konstant prosess i stedet for et endelig resultat. Selv om det finnes framskrivninger og beregninger som sier noe om hvilke type klima-utfordringer vi blir nødt til å løse i fremtiden, vet vi ikke nøyaktig hvordan klimaendringene vil påvirke byer og samfunn. Vi er dermed avhengige av å konstant tilpasse oss ved å finne nye løsninger, i takt med at klimaendringene bringer nye typer utfordringer. Resiliens fremhever fleksibilitet, tilpasningskapasitet og robusthet som viktige stikkord når man skal jobbe med sammensatte og uforutsigbare utfordringer som nettopp klimaendringene representerer (Folke m.fl., 2010).

I denne sammenhengen er tilpasningsforvaltning et sentralt begrep. Tilpasningsforvaltning utnytter forvaltning som et middel til å lære om et system. Endringer, påvirkninger og forstyrrelser vil til enhver tid avdekke svakheter ved systemet og bidrar i sin tur til utvikling av nye og mer resiliente løsninger. Gjennom eksperimentering og overvåkning kan man finne ut hvilke deler av systemet som fungerer godt, og hvilke som fungerer dårligere. Fremtidige løsninger og vedlikehold kan dermed justeres i takt med at man tilegner seg mer kunnskap, og man kan bruke eksisterende anlegg til å forske på løsninger som fremmer klimaresiliens (Resilience Alliance, uten år, b).

Resiliens har også fokus på menneskers fundamentale tilhørighet og avhengighet til naturlige økosystemer. I møte med klimaendringene er det særlig økosystemers regulerende egenskaper som vil være av stor betydning. Eksempler fra byer verden over viser hvordan restaurering, bevaring og innføring av naturelementer demper de negative effektene av klimaendringene. I Sydney anslår myndighetene at temperaturen i

byen kan senkes med to grader ved hjelp av 50 % flere bytrær, og rundt San Francisco Bay restaureres store våtmarksområder for å beskytte bygninger og infrastruktur mot havnivåstigning og orkaner (Connolly, 2017; South Bay Salt Pond Restoration Project, uten år). Utenfor New York benyttes østers til å skape en levende undervannsvegg som hindrer erosjon, renser vann og bidrar til å beskytte byen mot stormer, mens reetablering av mangroveskog har en liknende effekt rundt kystbyer i Asia (Coren, 2013; Spalding m.fl., 2014). Dette er bare noen av en rekke eksempler som illustrerer naturlige økosystemers betydning for resiliens.

Åpen overvannshåndtering

I Norge utgjør intens nedbør og større totalnedbørsmengder den største klimatrusselen. Vi tar derfor utgangspunkt i håndtering av overvann, gjennom åpen overvannshåndtering for å øke klimaresiliens i norske byer og tettsteder.

Åpen overvannshåndtering beskriver systemer som etterligner naturens egen måte å håndtere vann på og kjennetegnes ved at løsningene er synlige. Åpne overvannsløsninger planlegges i tråd med treleddstrategien som beskriver hvordan overvann bør håndteres gjennom infiltrasjon, fordøyning og trygge flomveier (Lindholm m.fl., 2008). Modellen viser at små regn kan infiltreres lokalt, større regn bør ledes til fordøyningsområder hvor vannet holdes midlertidig tilbake, mens ekstremt store regn ledes til flomveier hvor vannet gjør minst mulig skade på bygninger og infrastruktur.

Med åpne løsninger kan overvannet utnyttes som en ressurs for rekreasjon, opplevelse og lek samtidig som forholdene for biologisk mangfold forbedres (Asplan Viak, 2016). I mange tilfeller betegnes denne måten å håndtere vann på for bærekraftig overvannshåndtering fordi systemet har både økologiske, sosiale og økonomiske fordeler (Stahre, 2008).

Fordeler og verdier ved åpen overvannshåndtering

Åpne overvannsløsninger har større kapasitet til å bufre intense nedbørshendelser enn avledning

av vann i rør. Dette er fordi vegetasjonen, som en viktig del av disse systemene, både bremser vannet og fører til økt infiltrasjon og transpirasjon. Åpne løsninger har dessuten større fleksibilitet til å ta imot store vannmengder fordi systemet har restkapasitet i form av fordrøyningsområder og bassenger. Rensing av urbane forurensningsstoffer og overskuddsnæring kan løses gjennom en kombinasjon av naturlige rensiltak som sedimentasjon, filtrering samt opptak og nedbrytning i planter. Dette utgjør de *tekniske fordelene* ved åpen overvannshåndtering (Asplan Viak, 2016).

I mange tilfeller vil overvannsløsninger i dagen være billigere enn avledning i rør, både i anleggelse og drift. Dette gir en *økonomisk verdi* (Asplan Viak, 2016).

Åpne overvannsløsninger gir også *opplevelseskvaliteter* i form av variasjon i landskap og vegetasjon. Rennende, sildrende og dryppende vann kombinert med vannspeil og frodige beplantninger har høy *estetisk og rekreativ verdi*, og økt biologisk mangfold kan gi spennende naturopplevelser og dyremøter (Asplan Viak, 2016).

Når vannet løftes fram og håndteres i dagen har det også en *pedagogisk verdi* fordi mennesker får større forståelse for vannets vei gjennom landskapet, det hydrologiske kretsløpet og farene ved flom. Mange norske byer har vokst frem der elver og vann har vært utnyttet som ressurs, både som drikkevannskilde, transportvei for tømmer, industriell produksjon eller utvinning av elektrisitet. Elver og vannveier har dermed en viktig *historisk og kulturell verdi* (Klima- og miljødepartementet, 2015).

Fordi åpen overvannshåndtering er basert på naturens eget overvannssystem, gir det bedre vilkår for biologisk mangfold og har dermed en *økologisk verdi*. Rennende vann gir næringsgrunnlag og habitat for mange arter og infiltrasjon i grunnen bidrar til å opprettholde vannbalansen i grunnvannet. På denne måten ivaretas det naturlige hydrologiske kretsløpet. Vannets kretsløp fra fjell til hav er grunnlaget for økosystemer og habitater for en rekke arter (Asplan Viak, 2016).

Bærekraftig utvikling

“Bærekraftig utvikling er samfunnsutvikling som møter dagens behov, uten å forhindre fremtidige generasjoner å få dekket sine behov” (United Nations, 1987). Begrepet ble for alvor tatt i bruk i kjølvannet av Brundtlandkommisjonens rapport “Vår felles framtid om bærekraftig utvikling” fra 1987. Rapporten understreker at miljø, økonomi og sosiale forhold må ses i sammenheng for å fremme bærekraftig utvikling.

Bærekraft kan forstås som det overordnede målet for samfunnet. Å ivareta ressursgrunnlaget vårt for å fremme liv og helse nå og i framtiden er en forutsetning for menneskers fortsatte eksistens. I de 30 årene som har gått siden innføringen av bærekraftbegrepet har befolkningsvekst, økt ressursbruk, menneskeskapte klimendringer og andre faktorer bidratt til å degradere mange av jordens økosystemer til en tilstand der de ikke lenger produserer tjenester som mennesker er avhengige av for å leve. Tross gode intensjoner og «bærekraftige» initiativer, lever vi i dag mindre bærekraftig enn noensinne (Walker & Salt, 2012).

Forholdet mellom bærekraft og resiliens

En sentral tanke innenfor bærekraft er at optimalisering og effektiv ressursutnyttelse gir det beste grunnlaget for en fornuftig forvaltning av ressurser. Dette prinsippet blir kritisert innenfor resiliensteori som synliggjør hvordan effektivisering gjør at systemer mister sin fleksibilitet, tilpasningskapasitet og robusthet i møte med endringer og forstyrrelser. Alle naturlige og menneskeskapte systemer er i kontinuerlig endring i møte med påvirkninger og forstyrrelser, og systemer som ignorerer dette vil før eller siden bryte sammen. På bakgrunn av dette kan det argumenteres at resiliens er den beste måten å jobbe mot en bærekraftig utvikling (Walker & Salt, 2012). Mens bærekraft representerer det overordnede målet for samfunnsutviklingen, tydeliggjør resiliens hvilke kvaliteter og funksjoner som må vedlikeholdes eller styrkes for å skape bærekraftige systemer som opprettholdes over tid. På denne måten kan bærekraft operasjonaliseres gjennom resiliens.

Bærekraftig overvannshåndtering

De mange fordelene åpen overvannshåndtering gir sammenliknet med avledning i rør har ført til betegnelsen bærekraftig overvannshåndtering (Stahre, 2008). Et bærekraftig system innebærer at det er planlagt og forvaltes på en måte som gjør at den tiltenkte funksjonen opprettholdes over tid. I tråd med bærekraftbegrepet ser vi økonomiske, økologiske og sosiale forhold i sammenheng, men utnytter resiliens-teori til å synliggjøre hvilke funksjoner som bør vektlegges innenfor hver av de tre, for at systemet opprettholdes i møte med forstyrrelser og endringer.

Teknisk gode løsninger for håndtering av overvann gir færre skadeflommer og kostbare oversvømmelser og kan derfor erstatte økonomiske hensyn i en overvannssammenheng. For å rette fokus mot menneskers avhengighet av velfungerende økosystemer, erstatter vi miljømessige hensyn med økologiske funksjoner.

Nedenfor presenteres de tekniske, økologiske og sosiale resiliensprinsippene for bærekraftig overvannshåndtering.

Prinsipper for resiliens – teknisk

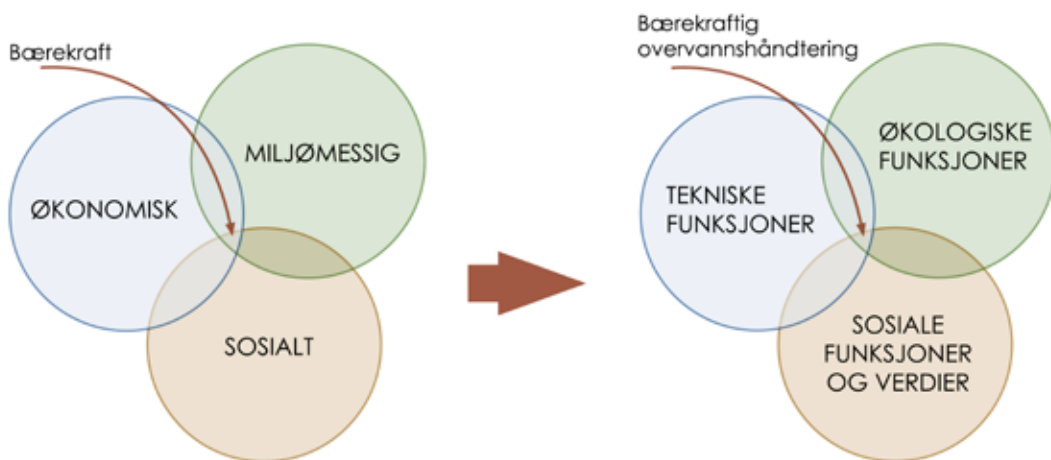
Flere resilienssteoretikere trekker fram *fleksibilitet og mangfold*, *restkapasitet* og *kontrollert svikt* som essensielle prinsipper for å bygge resiliens i fysiske systemer (Tyler & Moench, 2012; Ernst-

son m.fl., 2010; Leichenko, 2011). Begrepene er forklart nedenfor.

Fleksibilitet og mangfold: Når det anvendes et større mangfold av tiltak som renner og grøfter, grønne tak, regnbed og oversvømmelsesarealer, øker overvannssystemers resiliens. Dette er fordi flere ulike tiltak øker sjansen for at systemet kan håndtere ulike nedbørsmengder, regnintensiteter, forurensningsstoffer og uforutsette utfordringer. Større fleksibilitet oppnås også ved å spre tiltakene over hele prosjektområdet, eller implementere tiltak flere steder i nedbørsfeltet.

Restkapasitet: Åpne overvannsløsninger gir en større mulighet til å planlegge for restkapasitet enn for systemer bestående av rør under bakken. Rør har en gitt dimensjon og kan lett overbelastes i en flomsituasjon. Åpne overvannsløsninger bør designes så de kan håndtere store vannmengder, og ha restkapasitet i form av fordrøyningsmagasiner som kan utnyttes i flomsituasjoner. For at de enkelte tiltakene ikke skal framstå som overdimensjonerte bør det planlegges for en rekke fordrøynings- og infiltrasjonsområder fordelt over hele nedbørsfeltet. Prinsippet om restkapasitet er ivarettatt gjennom det andre leddet i treleddstrategien: fordrøyning av store regnmengder.

Kontrollert svikt: For overvannssystemer innebærer prinsippet om kontrollert svikt at flomvann ledes til planlagte flomveier der det



Figur 2: Bærekraft ser økonomiske, økologiske og sosiale hensyn i sammenheng. Også innenfor bærekraftig overvannshåndtering ser vi disse tre sammen, men her er økonomiske hensyn byttet ut med tekniske.

ikke rammer mennesker, bygninger eller infrastruktur. Kapasitetssvikt på avløpsnettet fører gjerne til store ødeleggelser fordi vannet strømmer tilbake gjennom rørene og rammer bebyggelsen. Særlig der kloakk og vann går i fellesledning blir konsekvensene av svikt store. Med åpne løsninger er det lettere å kontrollere hvor vannet renner når systemet overbelastes, og vannet kan ledes utenom viktige bygninger og infrastruktur. Dette prinsippet ivaretas gjennom det tredje leddet i treleddstrategien: sikring av trygge flomveier.

Prinsipper for resiliens – økologisk

Menneskers fundamentale tilhørighet og avhengighet av sunne økosystemer er et sentralt punkt innenfor resiliens. Ved å utnytte økologiske prosesser og egenskaper som transpirasjon, erosjonssikring og temperaturregulering, kan byer og tettsteder bli mer fleksible og tilpascningsdyktige i møte med klimaendringene. I denne sammenhengen er *bevaring og styrking av biologisk mangfold* essensielt (Ernstson m.fl., 2010). Også innenfor åpen overvannshåndtering har biologisk mangfold stor relevans for resiliens. Ulike planter har ulik kapasitet til å bremse og transpirere vann, rense forurensningsstoffer og forhindre erosjon, og ved å planlegge for et mangfold av arter, planlegger man samtidig for et mangfold av egenskaper som kan komme til uttrykk i møte med utfordringer som utslipp av kjemikalier, sur nedbør, store nedbørshendelser eller unaturlig lange tørkeperioder. Biologisk mangfold er dermed nøkkelen til å opprettholde overvannssystemers funksjon over tid. Arter som ikke har noen direkte funksjon i overvannssystemet bidrar til å øke resiliens i møte med andre, kjente og ukjente klimautfordringer.

Prinsipper for resiliens – sosialt

Vi har identifisert to viktige sosiale funksjoner som bidrar til økt klimaresiliens; *tilpascningsforvaltning* og *å forsterke forholdet mellom mennesker og økosystemene som omgir dem*. Prinsippene er forklart nedenfor.

Tilpascningsforvaltning: I oppgaven brukes tilpascningsforvaltning for å sørge for at over-

vannssystemers funksjon vedlikeholdes og forsterkes over tid. Dette innebærer et samarbeid mellom prosjekterende landskapsarkitekt og de som har ansvaret for skjøtsel og drift av overvannsanleggene. Lokale organisasjoner, skoler, barnehager og innbyggere bør også involveres i forvaltningen. Vedlikeholdsarbeidet vil avdekke hvilke overvannstiltak som fungerer godt i møte med ulike utfordringer, og hvilke som bør erstattes eller utformes annerledes. På denne måten kan man bruke eksisterende anlegg til å «forske på» løsninger som fremmer klimaresiliens. Kunnskapen kan bidra både til å oppdatere løsningene i det aktuelle anlegget, men også videreutvikle verktøykassa, som presenteres senere i oppgaven, så kunnskapen blir med videre til andre prosjekter.

Forsterke forholdet mellom mennesker og økosystemer: Resiliens legger særlig vekt på menneskers fundamentale tilhørighet og avhengighet av naturlige økosystemer (Ernstson m.fl., 2010). I Norge utnytter vi mange økosystemer som vi ikke har noe forhold eller kjennskap til. F.eks. dyrkes mye av maten vi spiser i andre land og verdensdelar, klær og elektronikk produseres hovedsakelig i Asia og de tilhørende miljøbelastningene rammer økosystemer vi ikke kan se. Stor grad av import gjør oss svært sårbare for forstyrrelser som rammer transport eller produksjon av varer i andre land. I framtiden kan vi forvente flere klimarelaterte forstyrrelser som tørke, flom og ekstremvær som hindrer import av essensielle goder. Et eksempel er hvordan oversvømmelse i Bangkok i 2011 førte til at prisen på harddisker gikk opp med 100% og Thailand som er en verdensledende risprodusent mistet en fjerdedel av den årlige produksjonen (Georama TV Productions, 2015). Dette relaterer seg mest til de indirekte effektene av klimaendringene.

For å øke resiliens i møte med klimarelaterte utfordringer, søker vi derfor å trekke fram og forsterke menneskers forhold til økosystemene som omgir dem. Basert på dette tar vi sikte på å tilrettelegge for økosystemer som mennesker lærer av, verdsetter og utnytter.

I denne sammenhengen innebærer *læring* at

menneker tilegner seg kunnskap om farene ved oversvømmelser, flom og andre klimatrusler. På denne måten blir innbyggerne mindre sårbare i møte med oversvømmelser fordi de vet hvordan de kan unngå skade på eiendeler og eiendom (Tyler & Moench, 2012). Læring om det hydrologiske kretsløpet, grøntområders flomdempende effekt og historiske flomhendelser bidrar til denne forståelsen. Andre ideer som kan kommuniseres er planters rensende effekt, vanlige og sjeldne arter, vann som ressurs eller grønstrukturens flerfunksjonelle rolle. Dette øker forståelsen av økosystemers betydning for menneskers liv og helse.

Verdsetting kan bidra ytterligere til å styrke båndet mellom mennesker og økosystemene som omgir dem og relaterer seg til estetikk, opplevelser og rekreasjon. I sin artikkel «Sustaining Beauty» beskriver Meyer hvordan design kan gjøre mennesker klar over hvilken effekt de har på miljøet og påvirke dem til å gjøre endringer. Når mennesker samhandler med omgivelsene sine i større grad, fører det til økt forståelse, respekt og interesse for naturlige systemer, og kan dermed bidra til at folk tar mer miljøbevisste hverdagsvalg. På denne måten kan åpne overvannsløsninger ha effekter som er mye større enn den umiddelbare påvirkningen på det lokale økosystemet eller nedbørsfeltet (Meyer, 2008).

Utnytting innebærer at mennesker benytter seg av de omkringliggende økosystemene til å skaffe essensielle tjenester som mat og rent vann. Dette kan øke forståelsen og fokuset på de mange tjenestene vi får av grøntområder og natur. Utnytting av de lokale økosystemene til for eksempel matproduksjon øker også resiliens fordi vi blir mindre sårbare for klimarelaterte forstyrrelser som rammer import og transport (Tyler & Moench, 2012).

Verktøykasse

Verktøykasse er en skjematisk fremstilling hvor aktuelle overvannstiltak fra Exfloods liste (2014) settes i sammenheng med prinsipper for økt klimaresiliens (tabell 1). Noen av resiliensprinsippene presenteres som overordnede hensyn, mens andre vises fram som egne kolonner i

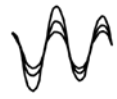
verktøykasse. Vi bruker også økosystemtjenester for å synliggjøre åpne overvannsløsningers betydning for den flerfunksjonelle grønstrukturen. Målet er å lage en enkelt og brukervennlig verktøykasse, tilpasset landskapsarkitekters arbeid. Dette kan være et viktig hjelpemiddel og kunnskapsbank for prosjekterende landskapsarkitekter, men også planleggere, politikere og etater som jobber med åpne overvannsløsninger. Prinsippene i verktøykasse er overførbare til ulike prosjekter, skalaer og kontekster i Norge.

I verktøykasse bruker vi økosystemtjenester for å fremheve verdiene åpne overvannsløsninger gir sammenliknet med avledning i rør. Byer og tettsteder som har flere økosystemtjenester tilgjengelig lokalt er mer klimaresiliente enn byer avhengig av tjenester som belaster økosystemer andre steder. Nedenfor er de mest relevante økosystemtjenestene i urbane områder kort beskrevet (figur 3). Oversikten er basert på rapporten «Urbane økosystemtjenester i Norge» (Lindhjem & Sørheim, 2012, s. 6).

Nedenfor er tiltakene *grønne tak*, *tørre fordrøyningsmagasiner* og *våtmark* presentert med utfyllende informasjon for hver av rubrikkene i skjemaet. Disse overvannstiltakene representerer ulike nivåer og trinn i treleddstrategien. For å lese mer om de andre ni overvannstiltakene, henviser vi til <https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/2450896> der masteroppgaven kan leses i sin helhet.

Grønne tak

Beskrivelse: Grønne tak er ikke et nytt fenomen i Norge hvor taktekking med gress og torv er en gammel tradisjon. I moderne tid har imidlertid grønne tak fått økt oppmerksomhet i forbindelse med overvannshåndtering fordi vegetasjon på taket kan dempe avrenningen etter små og store regnhendelser. Grønne tak kan i gjennomsnitt holde tilbake 50% av årsnedbøren, selv om kapasiteten varierer gjennom året. Generelt øker flomdempingskapasiteten med tykkelsen på vekstmediet. Vegetasjonskledte tak bidrar også med å regulere innklimaet i bygget, beskytte taket mot stråling og intens varme, fange svevestøv og dempe støy (Braskerud & Ødegård,

Prinsippskisse 1			
	Lokal klimaregulering: Skygge, evapotranspirasjon, isolasjon for vind og flomdemping. Dette er en regulerende tjeneste.		Rense vann: Jord, vegetasjon og mikroorganismer fungerer sammen som et naturlig rensesystem. Dette er en regulerende tjeneste.
	Forbedret luftkvalitet: Vegetasjon renser luft ved å fiksere svevestøv. Dette er en regulerende tjeneste.		Høsting/nytte: Omdannelse av energi og næring til spiselige vekster ved fotosyntese. Dette er en forsynende tjeneste.
	Opptak og lagring av CO₂: Vegetasjon omdanner CO ₂ til biomasse gjennom fotosyntese. Dette er en støttende tjeneste.		Rekreasjon samt mental og fysisk helse: Parker, større grøntområder og korridorer gir mulighet for rekreasjon. Dette er en kulturell tjeneste.
	Biologisk mangfold: Et rikt plante- og dyreliv må bevares. Sjeldne/truede arter kan være viktige for fremtidige generasjoner. Dette er en støttende tjeneste.		Utdanning og kognitiv utvikling: Naturelementer gir grunnlag for utdanning og kognitiv utvikling. Dette er en kulturell tjeneste.
	Erosjonssikring: Vegetasjon med store rotsystemer er med på å stabilisere jordoverflater. Dette er en regulerende tjeneste.		Støyreduksjon: Vegetasjon og vann absorberer lydbølger. Dette er en regulerende tjeneste.
	Pollinering og frøspredning: Pollinatorer er elementære i økosystemer, de bestøver mange arter, og er viktige ledd i matproduksjon. Frøspredning er også essensielt for planters utbredelse. Dette er en regulerende tjeneste.		Kulturarv: Elver og naturelementer er kultur -og identitetsskapende. Dette er en kulturell tjeneste.

Prinsippskisse 1. Til eksempel, oppsett av økosystemtjenester.

2014). Etterhvert som foretting legger stadig større press på grøntarealer på bakken, får «den femte fasaden» økt oppmerksomhet som rekreasjonsområde, dyrkingsareal og habitat for fugler og insekter. Grønne tak deles i tre grupper:

Ekstensiv tak har bare et tynt lag jord og ofte tørketålende arter som trenger lite skjøtsel. Det vanligste er å bruke arter fra bergknappfamilien som tåler disse forholdene godt. Vekten varierer fra 50 – 130 kg/m² i vannmettet tilstand, og dermed kan ekstensive tak ofte implementeres på eksisterende bygg.

Intensive tak kalles også for takhager og kan i prinsippet utformes på samme måte som en hage på bakken. Elementer som trær og busker gjør dette til et tyngre system enn ekstensive tak,

og kan dermed kun anlegges på nybygg som en dimensjonert for det.

Semi-intensive tak er en hybrid mellom ekstensive og intensive grønne tak. Vekstmediet er gjerne mellom 10 og 20 cm, noe som tillater et større artsmangfold enn for ekstensive tak. Torvtak er et eksempel på denne taktypen (Braskerud & Ødegård, 2014).

Rensing av vann: Grønne tak har en indirekte effekt på vannkvaliteten ved at tiltaket reduserer vannmengdene som ender opp i avløpsnett. Dette reduserer også mengdene forurenset substrat som havner her. I stedet føres vannet tilbake til atmosfæren gjennom evapotranspirasjon i planter og jord. På denne måten bidrar tiltaket til å opprettholde det hydrologiske kretsløpet.

Biologisk mangfold: Grønne tak gir habitatmuligheter for mange planter, insekter og fugler. Undersøkelser fra Sveits viser at flere rødlistede arter har funnet et fristed på grønne tak etter hvert som habitatområder på bakken forringes eller ødelegges. Bare på ett tak ble det funnet 79 ulike biller og 40 edderkopper, mange av dem sjeldne eller truede arter (Brenneisen, 2006). Miljøbelastninger som trafikk, forurensning og støy som påvirker urbane grøntarealer på bakken er mindre fremtredende på tak. Grønne tak kan dermed supplere annen grønnstruktur ved å tilby hekke- og hvilesteder for fugl eller arealer for truede naturtyper og artssamfunn.

Ekstensiv tak som hovedsakelig består av bergknapparter har lavere habitatverdi enn semi-intensive og intensive grønne tak. Mangel på skjulesteder på den åpne flata gjør hekkende fugl og fugleunder svært utsatt, og tilgangen på insekter er liten i et det monokulturelle plantesamfunnet. Mange bergknapparter blomstrer sent i sesongen og gir dermed ingen nærings-tilgang til nyklekkede fugleunger som er avhengige av rik tilgang på insekter fra tidlig om våren (Brenneisen, 2006). Selv om ekstensive tak er dårlig egnet som habitat for hekkende fugl, utnyttes denne taktypen av arter som linerle, gråspurv og svartrødstjert som spiser insekter her senere i sesongen (Baumann, 2006).

Semi-intensive og intensive tak gir mange muligheter for å tilrettelegge for biologisk mangfold. Fordi substratet er dypere enn på ekstensive tak, gir det grunnlag for et rikere jordliv og større variasjon av plantearter. Vi tar utgangspunkt i vipe som paraplyart for å beskrive habitattiltak for bakkehekkende fugler på tak og slåtteeeng som er en truet naturtype.

Paraplyarten vipe: Vipe er en vadefugl som opprinnelig hører hjemme i våtmarksområder og strandenger. Arten hekker på bakken på steder med kortvokst gress eller våtmark, men også i åkre og beitearealer i kulturlandskapet. Moderne jordbruksmetoder med intensiv drift, motoriserte redskaper og mindre variasjon i landskapet har ført til ødeleggelse av reir og leveområder for vipa og andre bakkehekkende fugler (Vedum m.fl., 2004). Flere steder, både i Norge og andre steder i

Europa, har vipa tatt i bruk grønne tak som hekkplass, men ungene vokser sjelden opp til voksne fugler. Hvis grønne tak skal kunne utnyttes som habitat for vipe, kreves bevisste habitatforbedrende tiltak for å sikre skjulesteder og nærings-tilgang for ungene (Baumann, 2006).

På taket til IKEA i Åsane har det hekket vipe siden 2014. Mangel på skjulmuligheter og næring førte til at ingen unger vokste opp før i 2016. Utlegging av paller for skjul og kasser med mark gjorde at en av ungene klarte seg. Tjeld og rødstilk hekker også på taket (Gangstøe, 2016). Gode hekkemuligheter på tak kan også utnyttes av andre bakkehekkende fugler som rødstilk, enkeltbekkasin, storspove, brushane, tjeld, dverglo, løvsanger, hagesanger og sanglerke. Flere av disse har i likhet med vipa hatt stor bestandsreduksjon i takt med modernisering av jordbruket (Vedum m.fl., 2004).

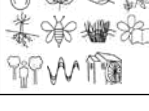
Brenneisen (2006) viser hvordan en variasjon i substrattykkelse og plantesammensetninger skaper en mosaikk av mikrohabitat. Dette gir grunnlag for en rik insektfauna og dermed bedre næringsgrunnlag for vipe. Blomstring gjennom hele hekkesesongen fra mars til juni øker sjansene for at vipeungene finner nok insekter den første tiden. Skjulmuligheter i form av steiner eller partier med høyt gress gjør at ungene kan lettere kan gjemme seg for rovfugler.

På Scandinavian Green Roof Institute i Augustenborg tester de grønne tak i kombinasjon med solcellepaneler. De har funnet ut at skråstilte solceller gir bedre skjulmuligheter for fugl og andre arter på grunn av større variasjon i fukt- og skyggeforhold. Grønne tak i kombinasjon med solceller øker også strømproduksjonen fordi vegetasjonen på taket har en kjøleende effekt på solcellene. På denne måten blir ikke solcellene overopphetet og kan således produsere strøm selv på ekstremt varme dager (Personlig kommunikasjon m/ Jon Block, 15.03.17). Eksempelet fra Åsane i Bergen illustrerer hvordan habitattiltak som skjulmuligheter og nærings-tilgang er avgjørende for suksessfull vipehekkning på tak.

Naturtypen slåttemark: Slåttemark (inkludert lauveng og slåttemyr) er klassifisert som utvalgt

Tabell 1. Til eksempel, skjematisk fremstilling av verktøykasse.

Tekniske funksjoner				Økologiske funksjoner
Tiltak	Nummer i treleddstrategien	Prosess	Rensing av vann	Biologisk mangfold
Grønne tak	1 (og 2)	Infiltrasjon, evapotranspirasjon, (fordrøyning)	Evapotranspirasjon reduserer vannmengdene som ender i avløpssystemet.	Grønne tak kan planlegges for vipe og andre bakkehekkende fugl. Slåttemark på tak er habitat for pollinerende insekter.
Grønne vegger	1 (og 2)	Transpirasjon, (fordrøyning)	Evapotranspirasjon reduserer vannmengdene som ender i avløpssystemet. Grønne vegger kan rense avløpsvann.	Flaggermus og fugl kan utnytte grønne vegger for skjul, hvile og oppfostring av unger.
Taknedløp til terreng	1	Infiltrasjon		
Regnbed	1 og 2	Infiltrasjon, evapotranspirasjon, fordrøyning	Rensing gjennom opptak og nedbrytning i jord og planter samt oppsamling av sedimenter.	Blomster med tilstrekkelig tilgang til nektar og pollen gjennom hele sesongen gjør regnbed til gode habitater for pollinerende insekter som bier, blomsterfluer, biller og sommerfugler.
Permeable flater	1	Infiltrasjon		
Tørre fordrøningsmagasin	2	Fordrøyning, (infiltrasjon)		Generelle hensyn inkluderer: Bruk av stedege arter, variasjoner, blomstrende og frukt bærende planter, ikke overgjødning og sprøytemidler, la løvfall og gamle trær bli liggende, kasser for fugl, flaggermus og insekter.
Våte fordrøningsmagasin	2	Fordrøyning	Vegetasjon tar opp næringsstoffer og kjemikalier. Dammer kan anlegges med sedimentasjonskammer oppstrøms.	Dammer kan tilrettelegges for storsalamander og andre amfibier, svarthvit fluesnapper og andre insektsetende fugler i tillegg til horneddykker og andre dykkende fugler.
Renner og grøfter	(1, 2 og) 3	Flomvei, (infiltrasjon, evapotranspirasjon)	Renner med hardt dekk har ingen renseseffekt. Planter og jord renser vannet i vegeterte grøfter.	Vegetasjon langs og i renner/ grøfter forsterker disse som korridor for insekter, amfibier, fugler og flaggermus. Trær og blomstrende planter øker habitatverdien.
Elver, bekker og kanaler	(1, 2 og) 3	Flomvei, (infiltrasjon, evapotranspirasjon)	Sedimentasjon, oksygentilførsel, opptak og nedbrytning i jord og planter gir en kontinuerlig renseseffekt.	Habitattiltak for ørret, gagnar også andre arter i elvesystemet. Bekker og kanaler kan være viktige korridor for amfibier, pattedyr, insekter, fugler og flaggermus hvis de planlegges med variert vegetasjon.
Terskler	2	Fordrøyning	Sedimentasjon og tilførsel av oksygen.	Oppdemming av dammer og våtmark er gunstig for mange arter. I elver bør ikke tersklene være høyere enn 30 cm som er maksimal spranghøyde for ørret.
Rensedammer	(1 og) 2	Rensing, fordrøyning, evapotranspirasjon, (infiltrasjon)	Sedimentasjon, opptak og nedbrytning av kjemikalier og næringsstoffer, samt tilførsel av oksygen.	Rensedammer med våtmarksvegetasjon tilrettelegger for et rikt liv av insekter, amfibier og fugler.
Våtmark	(1 og) 2	Fordrøyning, rensing evapotranspirasjon, (infiltrasjon)	Sedimentasjon, opptak og nedbrytning av kjemikalier og næringsstoffer, samt tilførsel av oksygen.	En variert overflate på våtmarka gir bedre habitat for vipe og andre vadefugler. Partier med grunt vann og bortgjemte hekkeområder tilrettelegger for krikand og andre gressender.

Sosiale verdier og funksjoner				Anleggelse, vedlikehold og sikkerhet	Økosystem-tjeneste
Læring	Estetikk/opplevelsesverdi	Rekreasjon	Høsting/nytte		
Kunnskap om dyrking, klimatilpasning og fornybar energi.		Oppholdsplasser med utsikt og gode solforhold.	Urbant jordbruk, birøkt.		
Grønne vegger kan formidle vannets vei fra tak til terreng.	Variasjon i farge, tekstur, lukt og artssammensetning samt samarbeid med kunstnere gir økt estetisk verdi.		Vertikal dyrking kan gjennomføres for privatpersoner og firmaer.		
Frakopling av takrenner gir forståelse for vann som ressurs og betydningen av enkelttiltak.	Lyden av rennende vann og ulike visuelle fremstillinger gir spennende uttrykk.	Møller, oppsamlingskar, renner og andre lekeelementer legger til rette for interaksjon med takvannet.	Oppsamling i sистерne eller tønne til bruk i tørre perioder.	Infiltasjonsareal, jordsmonn og avstand til bygg må vurderes.	
	Variasjon i plantestruktur, farger, høyder og grupperinger gir et rikere visuelt uttrykk.		Blomsterrike beplantninger er et godt grunnlag for birøkt.	Helning mot regnbed bør være maksimalt 5%. Overløp kan brukes for å slippe vann videre i en flomsituasjon.	
Permeable dekker kan markere vannets vei gjennom et område.	Variasjon, kontraster, strukturering av rom og ganglinjer ved hjelp av ulike dekker.	Sand gir muligheten til å påvirke vannets vei i leken. Grusplasser har flere bruksområder enn harde dekker.		Dreneringslag er viktig for infiltasjonen. Permeable dekker kan tettes igjen av løse sedimenter.	
Plakater med informasjon om fordrøyning, rensing og infiltasjon.		Nedsenkede idrettsplasser, torg og parker kombinerer flomhåndtering med hensyn til rekreasjon.			
Plaktater kan gi informasjon om dyre- og planteliv i dammen.	Vannkvalitet, soner med vegetasjon og lokalisering av dammen høyt i terrenget er viktige hensyn for estetikk og opplevelse.	Brygger, broer og hoppesteiner tilgjengeliggjør vannet.		Elementer som fører oksygen inn i vannet gir mindre algevekst. Vurder drukningsfaren i dype dammer.	
Renner og grøfter kan formidle vannets vei gjennom landskapet og gi større forståelse for det hydrologiske kretslopet.	Designet må fungere også i tørrværsituasjon. Renner/grøfter kan markeres med vegetasjon eller kontraster i dekket.	Gangveier langs renne/grøft fra vannets opprinnelsessted til destinasjon.		Renner bør kunne krysses med rullestol og sykkel. Erosjonssikring bør vurderes for grøfter med tidvis stor vannføring.	
Kulthistoriske elementer og informasjonsplakater gir læring om elver og bekkers betydning gjennom historien.	God vannkvalitet, variasjon i uttrykket og frodig vegetasjon gir høy estetisk verdi.	Turveier, oppholdsplasser og benker langs vannet øker rekreasjonsverdien.	Fiske kan tillates i elver med en levedyktig bestand av av ørret, laks eller sjørøye. Dette er også en rekreativ aktivitet.		
Utformingen av terskelen kan formidle elva eller bekkens rolle som flomvei.	Frodige beplantninger og "fossefall" nedstrøms terskler gir varierte vannforløp.	Terskler kan utformes som krysningspunkter, eller med tanke på plasking, hopping og balansering.		Ved terskler som er tilgjengelige for besøkende, bør ikke dybden på vannet være mer enn 20 cm.	
Plakater kan gi informasjon om naturlige rensesystemer og de ulike sonenes funksjon.	Blomstrende planter gir økt estetisk verdi.			Det må planlegges for ankomst for tømning av sedimantasjonskammer. Drukningfaren må også vurderes.	
Plakater kan gi informasjon om truede naturtyper og arter samt våtmarkas evne til karbonlagring.	Kontraster mellom frodig vegetasjon og menneskeskapte former, blomstrende planter og dyreliv gir økt opplevelsesverdi.	Borganger og brygger tilgjengeliggjør våtmarka for ferdse, fugletårn gir en opplevelse av dyrelivet på avstand.		Gjerder reduserer drukningsfaren.	

naturtype i Norge. Hele 24% av de truede rødlisteartene i Norge holder til i de gamle kulturmarkene som er avhengig av slått for å opprettholde den store artsrikdommen (Miljødirektoratet, 2016). Intensivering av jordbruket sammen med innførsel av kunstgjødsel i etterkrigstiden førte til at mange slåttemarken ble dyrket opp eller grodde igjen. I dag er det få og små slåttemarken tilbake, og mange arter står i fare for å dø ut. I tillegg til truede plantearter er en rekke insekter spesialtilpasset livet i slåttemarka, og det eksisterer mange symbiotiske forhold mellom planter og insekter (Miljødirektoratet, 2016). Vegetasjonen i slåttemark består av lystolerante og tørketålende arter som har gode forutsetninger for å kunne overleve under skiftende forhold på grønne tak. Vellykket anleggelse av slåttemark på tak avhenger av flere faktorer.

Bruk av stedlige masser kan gi gode vekstbetingelser for lokalt tilhørende arter, men jorda må ikke være for næringsrik. På taket til Fornebu S ble det brukt knuste masser fra nærområdet. Dette ga grunnlag for å restaurere den stedege og sjeldne naturtypen kalkterreng som avhenger nettopp av den kalkholdige grunnen som er typisk for Oslo-regionen (Blakstad, 2014). Frø kan samles i eksisterende slåttemarken i nærheten eller området kan såes til ved å legge ut slåtten fra en annen slåttemark. Bruk av frø fra nærområdet øker sjansene for at lokale og sjeldne arter etablerer seg. (Danielsen, 2015)

Slåttemarka må slås én gang i løpet av sesongen, og slåtten bør ligge i 2-4 dager så plantene får tid til å slippe frøene. Etterpå fjernes plante-materialet. Den lave næringstilgangen er grunnlaget for de rike artssamfunnene i slåttemarken, og det må derfor aldri gjødsles. (Miljødirektoratet, 2016) Anleggelse av blomsterrik slåttemark på tak kan utgjøre viktig habitat for truede pollinatorer som humler, sommerfugler og villbier. Utleggelse av død ved eller insekthotell med hulrom i ulike størrelser gir også insekter flere steder å legge eggene sine (Personlig kommunikasjon m/ Jon Block, 15.03.17). Basert på undersøkelsene til Baumann (2006) og Brenneisen (2006) anbefaler vi en kombinasjon av slåtte-

mark og ekstensive tak. Dette gir både varierte og artsrike habitater samtidig som det sikrer god næringstilgang og skjulmuligheter for bakkehekkende fugl.

Læring: Grønne tak gir muligheten til å lære om dyrking, klimatilpasning, produksjon av fornybar energi samt truede naturtyper og arter. På semi-intensive tak som planlegges for bakkehekkende fugl kan det settes opp viltkameraer som fanger opp aktiviteten på taket. På denne måten kan man følge med i hekkeprosessen uten å forstyrre fuglene. På taket til IKEA i Åsane har de fulgt hekkingen hos tjeld og vipe ved hjelp av viltkamera (Gangstøe, 2016).

I New York har flere skoler etablert grønne tak der elevene dyrker mat, måler nedbørsmengder og observerer plante- og dyreliv. På takene undervises det i temaer relatert til klimatilpasning og produksjon av fornybar energi (Neje, 2016). Når grønne tak tas i bruk på denne måten har det en stor læringseffekt.

Rekreasjon: Intensive og semi-intensive tak gir flere muligheter for å tilrettelegge for opphold og aktivitet. Gode solforhold og utsikt er viktige kvaliteter på tak som kan utnyttes til å designe oppholdssteder og sittemuligheter.

Høsting/nytte: Urbant jordbruk har blitt vanlig de siste årene, og i den tette byen tilbyr takflater utnyttede arealer som kan brukes til dyrking. Variasjonen er stor, fra små naboinitiativer og skoleprosjekter til større, kommersielle produksjonsarealer som Brooklyn Grange i New York og Lufa Farmes i Canada. I praksis kan de fleste grønnsaker dyrkes på tak. På City Farm i Tokyo produseres både ris, aubergine og soya, mens det på Brooklyn Grange hovedsakelig dyrkes frukt og grønnsaker (Boer, 2012). For å sikre dyrkingsmuligheter på tak, må bygningen konstrueres så den tåler belastningen av jord og planter, også i vannmettet tilstand. Dette må planlegges for og beskrives tidlig i prosjektfasen, så kravene ivaretas i konstruksjon av bygget (Forelesning av Wells, 11.10.16. Ny Norsk Standard for grønne tak, NS 3840).

Også birøkt i byen har blitt vanligere. Birøkterlaget ByBi har som mål å gi Oslos pollinerende insekter bedre forhold gjennom birøkt, kurs og

aktiviteter (ByBi, uten år). I tillegg til de direkte godene dyrking og birøkt gir, øker det kunnskapen om planter og økosystemer som mennesker kan utnytte for matproduksjon. Dette henger sammen med prinsippet om læring.

Undersøkelser fra Sverige viser at honningbier fortrenger ville humler og bier hvis det er knapt med nektar. Birøkt på tak bør derfor alltid vurderes utfra tilgjengeligheten til nektar for begge biegruppene. Næringstilgangen for villbier avhenger også av stedegne, ville blomster (Jakobsen, 2016). For å sikre tilstrekkelig nektar og pollen for både honningbier og ville arter, foreslår vi grønne tak med birøkt i kombinasjon med blomsterrike regnbed på bakken og arealer med slåttemark, enten på taket eller på bakken. Blomstring gjennom hele sesongen er viktig for å sikre stabil tilgang til nektar og pollen (Jakobsen, 2016). Selje, krokus og hestehov er eksempler på gode planter for humler som blomstrer allerede i mars-april når humledronningene våkner opp etter vinteren (Bengtson, 2013).

Fordi grønne tak er godt egnet både som habitat for fugler og insekter, som rekreasjonsområde og som dyrkingsareal, kan det oppstå konflikt om arealbruken på tak. Vi anbefaler å implementere habitattiltak for bakkehekkende fugl på takene til store næringsbygg som kjøpesentre, lagerhaller, kulturbygg, skoler, barnehager og treningssentre, mens takene på boliger er attraktive som uteområde og dyrkingsplass og bør brukes til dette. En blanding av habitatiltak for pollinerende insekter og dyrking er alltid gunstig fordi det sikrer pollinering av matplantene.

Tørre fordryningsmagasiner

Beskrivelse: Fordryning er når overvann holdes midlertidig tilbake i magasiner eller bassenger. På denne måten forsinkes vannet og flomtoppene reduseres. Fordryning i tørre bassenger er en arealmessig gunstig løsning som kan ta av for store regnskyl. Bassengene vil være tørre meste parten av tiden og kan utformes som torg, ballbaner, lekeplasser eller parkareal som har funksjon også utenom flomhendelsene (Melbø & Steffensen, 2004).

Biologisk mangfold: Tørre fordryningsmagasiner gir mange utformingsmuligheter. For å kunne foreslå tiltak for biologisk mangfold tar vi utgangspunkt i fordryning i vegetasjonskledte forsøkninger som fordryningsmagasinet på Tåsinge Plads i København. Prinsippene nedenfor er i stor grad basert på masteroppgaven til Eikaas og Roussel (2013) der de identifiserer generelle tiltak for å legge til rette for biologisk mangfold i urbane grøntområder. Der det refereres til andre publikasjoner har vi supplert med andre kilder.

- Bruk hovedsakelig stedegne arter i stedet for fremmede arter. I sin bok «Bringing Nature Home» viser forfatteren hvordan de fleste insekter som lever av planteføde kun kan spise plantearter de har utviklet seg parallelt med (Tallamy, 2016). Ekstensiv bruk av fremmede plantearter vil således ha liten verdi for norske insekter og en reduksjon i insektbestanden vil igjen gå utover fugler og flaggermus. Bruk av stedegne arter reduserer også sjansene for å innføre planter som er skadelige for natur ved å spre seg kraftig eller endre økologien i et område.
- Variasjon i plantestruktur, sjikting, arter, sol- og skyggeforhold, fuktighetssoner og terreng gir habitat for flere arter (Brenneisen, 2006).
- Blomstrende og fruktbærende arter gir god næringstilgang for fugler og insekter. Planlegg blomstring gjennom hele sesongen.
- Overgjødning og bruk av sprøytemidler bør unngås. Næringsstoffer på avveie gir ubalanse i økosystemer, og sprøytemidler tar liv av mye mer enn ugresset.
- La løvfall bli liggende og gamle trær få stå. Nedbrytningsprosessen er viktig for mange arter sopp og insekter. Løvhauger er overvintringsplass for blant annet piggsvin.
- Fuglekasser, insekthotell og flaggermuskasser gir beskyttelse og leveområder.
- La naturlig vegetasjon etablere seg enkelte steder.

Læring: Ved hjelp av informasjonsplakater kan besøkende lære hvordan fordrynings- og

infiltrasjonsområder gjør byen mindre sårbar i møte med store nedbørshendelser. På Tåsinge Plads i København beskrives fordrøyningsprosessen og hvordan de ulike elementene virker sammen for å dempe flom.

Rekreasjon: Benthemplein Water Plaza i Rotterdam er et godt eksempel på et prosjekt som integrerer tørr fordrøyning med rekreasjonsformål. De nedsenkede idrettsområdene kan holde tilbake vann i en flomsituasjon og beskytter dermed byen for oversvømmelser. Nedsenkede parker kan også planlegges med tanke på rekreativ verdi med sitteplasser og oppholdsarealer.

Våtmark

Beskrivelse: Våtmark er områder der vannstanden enten ligger rett under eller i jordoverflaten. Dette skiller seg fra regnbed som oversvømmes sporadisk og gjerne planlegges med flere blomstrende planter. Mange storbyer verden over bruker våtmarksrestaurering som strategi for å

dempe de negative effektene av havnivåstigning og flom fordi våtmark har evnen til å holde tilbake og rense store vannmengder. Samtidig lagres karbon i de begravede planterestene (Stahre, 2008). I Norge er 16 typer våtmark på Norsk rødliste for naturtyper som står i fare for å forsvinne fra norsk natur og mange rødlistede dyre- og plantearter har sitt habitat tilknyttet våtmark. De gode fordrøynings- og renseegenskapene, evnen til å lagre karbon og betydningen for mange arter utgjør gode argumenter for å bruke våtmark som flomhåndteringsstrategi. Ved liten vannføring kan det demmes opp små våtmarksområder ved hjelp av terskler. Slike små våtmarker i bebygde områder betegnes gjerne som lommevåtmark. Større våtmarksområder kan ha en viktig fordrøynings effekt utenfor bebyggelsen (Lindholm m.fl., 2008).

Biologisk mangfold: Mange rødlistede dyrearter har sitt habitat knyttet til våtmark. Fugler finner raskt fram til nye dammer og våtmarks-



Figur 3: Tåsinge Plads i København har to vegeterte fordrøyningsmagasiner for lagring av flomvann. På informasjonsplakater kan besøkende lære både om naturlig rensing, fordrøyning og infiltrasjon. Foto: Vaar Bothner.

områder og kan utnytte disse som rasteplass under trekket, beiteområde gjennom sommerhalvåret eller som hekkeplass. Lommevåtmark i byen kan dermed supplere større våtmarkkomplekser og deltaområder. Flere tiltak kan gjennomføres for å legge til rette for ulike ender, dykkere og vadefugler i urbane våtmarksområder.

Paraplyarten krikkand: Krikkand tilhører gruppen gressender og representerer en artsgruppe som kan utnytte varierte lommevåtmarker som habitat. Krikkanda stikker hodet under vann eller dykker ned til 20 – 30 centimeters dyp for å jakte etter vannplanter eller småkryp som rumpetroll, vårfuellarver og småfrosk. Ungene spiser insekter på vannoverflaten. Grunne dammer eller våtmarker med over-svømte, grunne partier er derfor egnet habitat.

Krikkanda kan gjerne velge reirplass et stykke fra vannet, men søker tilbake til våtmark, dammer og tjern for å beite straks ungene er flyve-

dyktige. Tilrettelagte reirplasser behøver dermed ikke ligge i direkte tilknytning til våtmark eller dammer, men gjerne innenfor prosjektorrådet så ungene ikke må forflyttes på tvers av barrierer som trafikkerte veier og tett bebygde områder. Hekkeplassen kan tilpasses ved å plassere ut store steiner som krikkanda kan gjemme seg mellom (Vedum m.fl., 2004). Andre gressender som stokkand, brunnakke, snadderand, stjertand, knekkand og skjeand har liknende habitatkrav som krikkand og kan få gode livsbetingelser hvis det tilrettelegges for denne.

Læring: Informasjon om prosessene i en våtmark, artene som trives der og våtmarkers betydning for overvannshåndteringen kan formidles ved hjelp av informasjonsplakater. Dette kan øke bevisstheten om mange våtmarkers status som truet naturtype, dens funksjon som karbonlager og hva enkeltpersoner kan gjøre for å hindre tap av våtmark i naturen. Kjøp av torvfri jord reduserer behovet for drenering av nye



Figur 4: I Tanner Springs Park er det satt opp informasjonstavler hvor publikum kan lære om våtmarkens renseeffekt og betydning for stedegne plante- og dyrearter. Det rettvinklede formspråket på gangveiene gir en fin kontrast til den frodige våtmarksvegetasjonen. Foto: Vaar Bothner

myrområder til jordproduksjon. Samtidig er det andre og viktigere grunner til at våtmark dreneres i Norge. Utbygging av vei og bolig gir store inngrep som er vanskeligere for privatpersoner å påvirke (SABIMA, uten år, c).

Estetikk/opplevelsesverdi: Etablering av lommevåtmark i urbane områder kan gi en spennende kontrast mellom den kraftige og frodige våtmarkvegetasjonen og menneskeskapte former. Denne kontrasten kan forsterkes ved hjelp av tydelig formspråk og rette linjer som skjærer gjennom det naturlige vegetasjonsuttrykket. Blomstrende arter og variasjoner i tekstur, høyder og farger gir økt estetisk verdi, mens tilrettelegging for dyreliv byr på opplevelseskvaliteter. Tanner Springs Park er et godt eksempel på et anlegg der kontrasten mellom det menneskeskapte og naturlige utnyttes i uttrykket.

Rekreasjon: Borganger og brygger kan anlegges på tvers av våtmarka uten at vegetasjonen skades i betydelig grad. Sitteplasser og ferdselsårer gir økt rekreasjonsverdi fordi det inviterer publikum tett på de naturlige prosessene og dyrelivet som finnes her. Dette legger også til rette for at skoleklasser og barnehager kan bruke området til undervisning og utferder. I enkelte soner bør ferdsel og opphold begrenses for å bevare hekke- og hvileplasser for fugl. I større våtmarksområder kan det tilrettelegges for ferdsel i én del, mens noen områder skjermes for menneskelig aktivitet. Fugletårn kan utnyttes for å gi publikum en opplevelse av dyrelivet på avstand.

Anleggelse, vedlikehold og sikkerhet: Våtmarksområder som er dypere enn 20 cm må sikres med gjerde for å redusere faren for drukning. Bruk av gjerde eller tett vegetasjon forhindrer også uønsket ferdsel i våtmarka (Echols & Penny-packer, 2015).



Figur 5: Grønne tak og vegger, permeable dekker og romslige regnbed utgjør de flomdempende tiltakene i gårdsrommene. Hver blokkenhet disponerer et eget område på taket som planlegges med oppholdsarealer og dyrkingsmuligheter. Også i de to barnehagene på prosjektområdet tilrettelegges det for dyrking av matplanter. Mellom de planlagte boligkvartalene foreslår vi et urbant torg som vil bli en viktig møteplass og gjennomfartsåre i prosjektet. Torget ligger nedsenket i forhold til arealene rundt, og vil kunne fungere som et fordrynningsmagasin ved store flomhendelser. Vannet ledes videre i renner og vegeterte grøfter som også har en fordryende effekt. I tillegg til å lede vann, er grøftene viktige forflytningskorridorer for blant annet amfibier, fugler og pollinatorer. Se illustrasjon av torget på første side i denne artikkelen.

Prosjektering

For å teste verktøykassa vi har laget, brukte vi prinsippene i utformingen av et konkret prosjekteksempel på Økern Torg i Hovinbyen. Kommunen ønsker at Økern torg skal bli et pilotprosjekt innenfor åpen overvannshåndtering og klimatilpasning, og vi har forsøkt å utvikle et realistisk, men nytenkende prosjektet i tråd med overordnede planer. Illustrasjonene nedenfor viser noen elementer fra prosjekteringsdelen i oppgaven.

Diskusjon

Diskusjonen er strukturert med tre deler som tar for seg spørsmål og refleksjoner knyttet til henholdsvis teorikapittelet, verktøykassa og prosjekteringen.

Forholdet mellom bærekraft og resiliens

I teoridelen viser vi hvordan resiliens kan brukes som forståelsesbrille og tankemåte for å jobbe

mot bærekraftige løsninger. Dette er en måte å operasjonalisere bærekraft gjennom resiliens. Særlig innenfor de økologiske og sosiale funksjonene ga resiliens merverdi sammenlignet med bruk av bærekraft alene. Vi vil særlig trekke frem tre av prinsippene som viser hvordan resiliens tilfører bærekraft noe nytt.

Bevare og styrke biologisk mangfold: Resiliens tydeliggjør menneskers fundamentale tilhørighet og avhengighet av sunne økosystemer. Innenfor bærekraftig overvannshåndtering fremstår biologisk mangfold som et heldig bi-produkt av overvannsløsninger i dagen, mens resiliens viser hvordan overvannssystemer direkte avhenger av biologisk mangfold for å ivareta den tiltenkte funksjonen over tid. Ved å fremheve denne linken, blir implementering av økologiske hensyn en integrert og selvfølgelig del av åpen overvannshåndtering.

Forsterke forholdet mellom mennesker og økosystemer: Bærekraftig overvannshåndtering



Figur 6: Som en del av prosjektet planlegges det en bydelspark som henger sammen med grønnstrukturen nord og sør for Økern torg. Vann fra hele prosjektområdet ledes til Refstadbekken som skal renne i dagen gjennom Økern torg, og fungerer dermed som områdets flomvei. Vi foreslår å demme opp vannspeil og etablere våtmarksområder langs bekken for å fremme flere verdier og funksjoner for mennesker og dyr. Stier, bordganger og et amfi tilgjengeliggjør området ved å tilrettelegge for bevegelse i, gjennom og langs bekken og vegetasjonen her. Informasjonsplakater formidler kunnskap om flomtiltakene og habitatene det er planlagt for i prosjektet.

har mye fokus på de rekreative og estetiske fordelene ved håndtering av vann i dagen. Resiliens tydeliggjør hvordan læring og høsting/nytte er tilsvarende viktige hensyn for å styrke forholdet mellom mennesker og økosystemene som omgir dem. Ved å tilrettelegge for at mennesker i større grad kan utnytte økosystemtjenester som produseres lokalt, reduseres sårbarheten i møte med indirekte effekter av klimaendringene, som forstyrrelser relatert til import og transport.

Tilpasningsforvaltning: Resiliensteori tydeliggjør behovet for tilpasningsforvaltning for å ivareta systemers resiliens i møte med en uforutsigbar og kaotisk framtid. I Norge legges det i liten grad opp til denne typen forvaltning i landskapsarkitekters arbeid. Et tettere samarbeid mellom prosjekterende landskapsarkitekter og andre faggrupper, samt de som har skjøtselsansvaret etter at anlegget er ferdigstilt legger grunnlaget for å evaluere om intensjonene ved prosjektet er nådd. På denne måten har landskapsarkitekter bedre sjanser til å lære av eget design.

Resiliens viser hvordan planlegging og utføring er en konstant prosess som avhenger av oppdatering i takt med læring, innovasjon og påvirkninger. Både landskapsarkitekters kunnskap, konkretisert i verktøykassa, og de bygde løsningene i anlegg krever oppdatering for å opprettholde resiliens over tid. Denne prosessen tilbyr en ny måte å forstå bærekraftig utvikling på. I stedet for å tenke på bærekraftige løsninger som et endelig resultat, tydeliggjør resiliens behovet for konstant å jobbe mot nye og oppdaterte løsninger. På denne måten kan vi ivareta sunne økosystemer og de tjenestene de gir oss, i en tid preget av klimaendringer og andre forstyrrelser vi umulig kan forutsi eller vite noe om. Resiliens er dermed nøkkelen til å oppnå en bærekraftig utvikling.

Resiliens – nyttig for landskapsarkitekter?

Underveis i arbeidet ble vi stadig mer klar over hvordan resiliens ikke avhenger av de fysiske strukturene alene, men også av sosiale, politiske og økonomiske forhold som ligger utenfor landskapsarkitekters ansvarsområde. For å oppnå en

helhetlig tilnærming til resiliens, må derfor andre faggrupper, organisasjoner og enkeltmennesker involveres. Medvirkning, samarbeid og kunnskap er viktige ingredienser for å øke byer og tettsteders resiliens i møte med et vidt spekter av påvirkninger og forstyrrelser.

Davoudi (2012) argumenterer for at ukritisk og feil bruk av resiliens kan tynne ut begrepets opprinnelige betydning og slagkraft. På en annen side, vil politikere, landskapsarkitekter og planleggere til enhver tid benytte seg av tilgjengelige begreper, verktøy og strategier for å drive samfunnsutviklingen i en ønsket retning. Så lenge resiliens utnyttes til å utvikle bedre løsninger i møte med klimaendringer og andre type forstyrrelser, tror vi ikke det finnes noen «feil» bruk av begrepet. Leichenko (2010) viser heller til hvordan mangfoldet av tolkninger og fremstillinger fremhever resiliens' fleksibilitet og tilpasningskapasitet som begrep.

Selv om resiliens i utgangspunktet henviser seg til større og mer komplekse systemer, har det vært nyttig for oss å anvende begrepet for åpen overvannshåndtering. Som beskrevet over, gir resiliens merverdi sammenlignet med bruk av bærekraft alene. Gjennom resiliens har vi i denne oppgaven tilført landskapsarkitektfaget et nytt verktøy og tankesett. Videre kan de foreslåtte prinsippene gjøre resiliens mer tilgjengelig som begrep for landskapsarkitekter ved å gi et eksempel på hvordan resiliens kan konkretiseres fra teori til veiledende prinsipper for design. Med et tydelig fokus på tilpasningsforvaltning og fleksibilitet, mener vi også at vi ivaretar grunntanken i resiliens om at fremtiden bringer utfordringer og endringer vi ikke har muligheten til å forutsi eller planlegge for.

I hvilken grad er prinsippene overførbare?

I oppgaven har vi jobbet spesifikt med å øke klimaresiliens i møte med mer intens nedbør og oversvømmelser. Andre klimautfordringer vi står ovenfor i Norge inkluderer blant annet havnivåstigning, stormflo, økt grunnvannstand, ras og erosjon. Kan de foreslåtte resiliensprinsippene brukes til å utvikle strategier eller verktøy i møte med disse utfordringene?

I flere andre land finnes gode eksempler der resiliens er brukt på en liknende måte som i denne oppgaven for å håndtere ulike klimautfordringer. Resiliente løsninger brukes blant annet for å dempe effekten av stormer i New York, senke de høye temperaturene i Sydney, motvirke havnivåstigning rundt San Francisco og redusere faren for tsunamier i Filippinene, Vietnam og Indonesia (Coren, 2013; Connolly, 2017; South Bay Salt Pond Restoration Project, uten år; Spalding m.fl., 2014).

Felles for disse prosjektene er at de utnytter økosystemers naturlige egenskaper til å redusere de negative effektene av klimaendringene. Dette gir merverdi sammenlignet med statiske løsninger som for eksempel murer og vegger designet for å holde ute flom. Denne typen rigide installasjoner kan kun håndtere den klimautfordringen de er designet for, og vil ha liten effekt i møte med mer ekstreme hendelser eller andre type utfordringer. Dette så vi f.eks. i Bangkok i 2011, da de tiltenkte flommurene var for lave til å holde vannet ute under monsuntiden (Georama TV Productions, 2015). Statistiske løsninger kan også gi en falsk trygghetsfølelse fordi mennesker føler seg beskyttet mot ekstreme hendelser. På denne måten blir de mer sårbare for klimatrusler fordi de ikke vet hvordan de skal reagere i en ekstrem situasjon.

Til sammenlikning vil resiliente løsninger kunne håndtere flere type utfordringer, samtidig som de gir verdi på andre områder. I motsetning til menneskeskapte strukturer, som har en gitt levetid, regenereres et resilient system over tid. Mens avløpsledninger byttes ut etter noen tiår som følge av frostskafer, korrosjon og slitasje, har bærekraftige overvannsløsninger basert på resiliensprinsipper en tilnærmet evig levetid. Ved å forsterke forholdet mellom mennesker og økosystemene som omgir dem, øker menneskers forståelse, interesse og respekt for økosystemer og de uunnværlige tjenestene de gir oss. Dette gjør at mennesker i større grad kan utnytte lokale økosystemtjenester. Basert på dette tror vi de foreslåtte resiliensprinsippene i stor grad er overførbare til andre type klimautfordringer.

Tekniske og økologiske funksjoner

Med flere intense nedbørshendelser som skyller med seg sedimenter og forurensningsstoffer, er naturlig rensing av vann et viktig hensyn. Dette er et relativt nytt fokus i Norge, og kunnskap om ulike arters renseegenskaper er derfor hentet fra utenlandsk litteratur. For å finne løsninger tilpasset norske forhold er det nødvendig med forskning og eksperimenter innenfor naturlige rensemetoder. Gjennom tilpasningsforvaltning kan det gjennomføres kontrollerte eksperimenter i åpne overvannsanlegg som gjør at vi kan lære mer om norske plantearters renseevne.

Gjennom studiene har det ofte vært vanskelig å finne informasjon om biologisk mangfold og økologi tilpasset landskapsarkitekters arbeid. Dette var også den største utfordringen ved utvikling av verktøykassa. Samtaler med fagpersoner fra Nibio, SABIMA, Statens vegvesen og Green Roof Institute var til stor hjelp her. Fordi prosjekterende landskapsarkitekter som regel forholder seg til strenge frister, blir det satt av lite tid å skaffe informasjon om komplekse økologiske forhold. I arbeidet med verktøykassa har vi forsøkt å presentere kunnskap om naturtyper, arter og landskapsøkologi på en oversiktlig og brukervennlig måte. Konkrete habitatforbedrende tiltak gjør det lettere for landskapsarkitekter å integrere viktige økologiske hensyn i åpne overvannsprosjekter.

Oppgavens tidsbegrensning og målet om å utvikle et oversiktlig verktøy, krevde at vi gjorde et utvalg av arter og naturtyper. Bruk av paraplarter gjorde det mulig å trekke fram konkrete habitattiltak for enkeltarter og samtidig ivareta livsbetingelsene for en rekke andre. Vi tror dette var en hensiktsmessig måte å løse økologi-delen i verktøykassa. Over tid kan arter og habitatbeskrivelser byttes ut, fjernes og forbedres gjennom tilpasningsforvaltning.

Det er viktig å understreke at verktøykassa ikke er ment å erstatte et tettere samarbeid mellom landskapsarkitekter og fagpersoner med økologisk kompetanse. Tvert i mot fremhever verktøykassa nødvendigheten av å bringe økologisk ekspertise inn i åpne overvannsprosjekter. Fagpersoner innenfor økologi kan bidra så

planlagte habitattiltak implementeres på best mulig måte. Samarbeid med økologer gjennom tilpasningsforvaltning gir også landskapsarkitekter muligheten til å lære av eget design. På denne måten kan landskapsarkitekters økologiske kompetanse forsterkes over tid.

De foreslåtte habitattiltakene i verktøykassa erstatter heller ikke vern av større naturområder utenfor byene. Miljøbelastningene fra trafikk, forurensning og mangel på hvile- og skjulområder gjør at mange arter og naturtyper vil ha problemer med å overleve i urbane områder. En rekke arter kan likevel utnytte grøntområder i byer og tettsteder som habitat og tiltakene i verktøykassa sikrer at det tilrettelegges for dette på god måte. Stiliserte naturtyper som lommevåtmark eller naturlig utseende bekker kan også gjøre at flere mennesker ser verdien av å bevare urørt natur utenfor byene.

Utfordringer ved valg av arter

Bevaring av truede arter og naturtyper får ofte mye oppmerksomhet og vi har i stor grad brukt arter fra den norske rødlista som paraplyarter i verktøykassa. Her er det stort potensiale til å gjøre effektive tiltak. Det er derimot tilsvarende viktig å sørge for at nye arter og naturtyper ikke havner på rødlista. Åpne overvannsløsninger gir mange habitatfordeler, og kan derfor bidra med levesteder for både truede og andre arter.

Økologiske sammenhenger er komplekse og umulige å forutsi eller kontrollere. Selv om vi foreslår habitattiltak med utgangspunkt i spesifikke arter, er sannsynligheten stor for at ulike generalister vil etablere seg. Rotter, duer og måker er eksempler på generalister som skaper problemer når de etablerer store bestander i byene. Varierte habitater kombinert med bevisst planlegging for ønskede arter og naturtyper reduserer sannsynligheten for at generalister skal ta overhånd. Andre arter, som mygg, igler og snegler utgjør en viktig del av økosystemer i vann, men kan oppfattes som uønskede i urbane miljøer der mennesker oppholder seg. Ikke all natur er vakker eller direkte til nytte for mennesker. Informasjonsplakater kan beskrive disse artenes betydning for opprettholdelsen av øko-

systemer og økosystemtjenester, og gi mennesker økt forståelse for naturens verdi, kompleksitet og sammenhenger.

De utvalgte paraplyartene finnes stort sett i hele landet, og habitattiltakene i verktøykassa er derfor overførbare til prosjektområder over hele Norge. Bevaring av stedegne naturtyper og arter er likevel det viktigste hensynet med tanke på økologi, og de lokale forholdene må alltid vurderes. Habitattiltak foreslått i verktøykassa er ment å supplere, ikke erstatte spesifikke tiltak for lokalt tilhørende arter.

Sosiale funksjoner

Landskapsarkitekter har mye kunnskap om estetikk, rekreasjonsverdi og opplevelser. Dette har vært viktige hensyn siden landskapsarkitekturens utspring i hagekunsten (Jørgensen & Stabel, 2010). Innenfor estetikk/opplevelsverdi og rekreasjon opplever vi derfor at verktøykassa i mindre grad tilfører norske landskapsarkitekter ny kunnskap. Informasjon om disse temaene fant vi stort sett i relevante prosjekteksempler og litteratur tilpasset designere og landskapsarkitekter. Som beskrevet tidligere i diskusjonen, tydeliggjør verktøykassa likevel behovet for å i større grad inkludere hensyn til læring og høsting/nytte i prosjekter.

Økosystemtjenester: Verktøykassa tydeliggjør hvordan åpen overvannshåndtering gir et mangfold av økosystemtjenester som er viktige for å øke resiliens. I tillegg til tiltakenes flomdempende effekt, ivaretas andre tjenester som er viktige for menneskers liv og helse. Til sammenlikning er det ingen økosystemtjenester assosiert med avledning av vann i rør. Bruk av økosystemtjenester i verktøykassa var nyttig for å tydeliggjøre fordelene med åpen overvannshåndtering, og viser samtidig hvordan resiliens tilfører bærekraftig overvannshåndtering flere økosystemtjenester. Dette gir også muligheten til å jobbe for å øke tilgangen til spesifikke tjenester som er viktige for resiliens.

Flere nasjonale og internasjonale prosjekter har de siste årene sett på muligheten for å implementere økosystemtjenester som et verktøy i planlegging og politikk. Eksempler inkluderer

det norske OpenNESS, MalmøEcoSystemTjenester (MEST) og Biodiversity Information System for Europe (BISE). Vi tror økosystemtjenester kan bli et viktig, pedagogisk redskap som fremhever den flerfunksjonelle grønnstrukturens mange verdier og funksjoner. Faren er likevel at økonomiske aspekter får for stort fokus og at ulike tiltak veies opp mot hverandre basert på økonomisk gevinst. I møte med nye og ukjente utfordringer er det mangfoldet av økosystemtjenester som sikrer høy resiliens.

Prosjektering

Verktøykassa inneholder lite informasjon om konkret utforming. I likhet med ethvert prosjekteringsoppdrag, er utformingen av prosjektområdet basert på analyser av stedskvaliteter og overordnede strukturer. Faktorer som terrengforhold, adkomst for brann og søppelbil, samt lokalisering av de foreslåtte byggene og barnehagene har i stor grad vært førende for utformingen.

Fra starten av prosjekteringen identifiserte vi mulige fordrøyningsområder. Dette er det mest arealkrevende overvannstiltaket, og må derfor planlegges tidlig. Utover dette opplevde vi at overvannstiltakene fra verktøykassa var lette å implementere. Grønne tak og vegger samt permeable flater tar ikke ekstra plass sammenlignet med tradisjonelle løsninger. Regnbed, renner og grøfter bidro til å gi prosjektet identitet og særpreg. Også disse tiltakene var lette å implementere. Til sammen brukte vi alle de 12 tiltakene fra verktøykassa.

Den utfyllende informasjonen for hvert tiltak gjorde det mulig å ta kunnskapsbaserte valg. Vi opplever at utformingen ivaretar viktige resilienshensyn, og gir merverdi sammenlignet med prosjekter planlagt med treleddstrategien alene. Flere av tiltakene er lite plasskrevende, og kan dermed implementeres både i nye utbyggingsprosjekter og eksisterende områder.

I mer detaljerte prosjekteringer, inneholder ikke verktøykassa nok informasjon til å kunne brukes alene. Beskrivelsen av hensyn innenfor anleggelse, vedlikehold og sikkerhet fremhever noen viktige aspekter, men verktøykassa utgjør

ikke en fullstendig teknisk guide. I stedet kan den brukes som idébank og kunnskapsdokument i en tidlig prosjekteringsfase, mens tverrfaglig samarbeid med ingeniører og økologer er essensielt for å gjennomføre tiltakene på en god måte.

Verktøykassa synliggjør også mangfoldet av overvannsløsninger og variasjonsbredden innenfor hvert tiltak. Dette kan være med å overbevise politikere, utbyggere, planleggere og landskapsarkitekter om mulighetene og fordelene ved bærekraftig overvannshåndtering. Verktøykassa er ikke et ferdig resultat, men representerer begynnelsen på et kunnskapsdokument som burde utvides og videreutvikles gjennom tilpasningsforvaltning. Etter hvert som man lærer av etablerte overvannsanlegg, kan nye hensyn implementeres og løsninger som ikke fungerte kan fjernes eller beskrives annerledes.

Ved å teste verktøykassa i et konkret prosjektområde har vi sett nytten og verdien av produktet vi har laget, men også verktøykassas begrensninger. Vi mener vi har bidratt med viktig kunnskap som over tid kan gjøre norske byer og tettsteder mer klimaresiliente. De viktigste funnene er betydningen av sunne økosystemer som mennesker har kunnskap om og lærer av, verdsetter og utnytter og hvordan tilpasningsforvaltning ivaretar systemers resiliens over tid.

Kilder

Asplan Viak. (2016). *Overvann som ressurs*. Trondheim: Asplan Viak.

Baumann, N. (2006). Ground-Nesting Birds on Green Roofs in Switzerland: Preliminary Observations. *Urban Habitats*, Vol. 4(1), s. 37-50. URL: http://www.urban-habitats.org/v04n01/birds_full.html (lest 27.02.17).

Bengtson, R. (2013). Humler – trivelige og nyttige bier. Oslo: FAGUS URL: [Humler – trivelige og nyttige bier](http://www.fagus.no/humler-trivelige-og-nyttige-bier) (lest 03.03.17).

Blakstad, S. (2014, 10.10). Verdensmester i miljø – på taket. *Hage.no*. URL: <http://www.bygg.no/hage/article/1211512> (lest 27.02.17).

de Boer, J. (2012, 08.11). Top 5 Of The Greatest Urban Rooftop Farms. *Pop-Up City*. URL: <http://popcity.net/top-5-of-the-greatest-urban-rooftop-farms/> (lest 03.03.17).

- Braskerud, B. C. & Ødegård, I. M. (2014). *Grønne vegetasjonsdekkede tak for flomdemping. Faktaark*. Ås: NMBU, NVE & Bioforsk. URL: <http://www.bioforsk.no/ikb-Viewer/Content/108236/Gr%C3%B8nneTak.pdf> (lest 25.02.17).
- Brenneisen, S. (2006). Space for Urban Wildlife: Designing Green Roofs as Habitats in Switzerland. *Urban Habitats*, Vol. 4(1), s. 27-36. URL: http://www.urbanhabitats.org/v04n01/wildlife_full.html (lest 27.02.17).
- ByBi. (Uten år). ByBi birokterlag. URL: <http://bybi.no/index.php> (lest 03.03.17).
- Connolly, J. (2017, 12.01). 10 Cities That Are Reinventing Their Relationship With Nature. URL: <https://landarchs.com/10-cities-that-are-reinventing-the-relationship-with-nature/> (lest 31.01.17).
- Coren, M. J. (2013, 11.09) Can The Lovely Oyster Protect New York City From Floods? URL: https://www.fastcompany.com/3017128/can-the-lowly-oyster-protect-new-york-city-from-floods?show_rev_content (lest 01.02.17).
- Danielsen, D. I. (2015, 02.05) Slik lager du din egen blomstereng. *Forskning.no*. URL: <http://forskning.no/botanikk-planteverden-hus-og-hjem/2015/04/lag-din-egen-urterike-blomstereng> (lest 02.03.17).
- Davoudi, S. (2012). Resilience: A Bridging Concept or a Dead End? *Planning Theory & Practice*, Vol. 13(2), s. 299-307.
- Echols, S. & Pennypacker, E. (2015) *Artful Rainwater Design. Creative Ways to Manage Stormwater*. Washington: Island Press.
- Eikaas, I. & Roussel, H. (2013). *Biodiversitet implementert i landskapsarkitektur – et prosjekteksempel fra Asker sentrum*. (Mastergradsavhandling, Universitetet for miljø og biovitenskap), Institutt for landskapsplanlegging: Ås.
- Ernstson, H., van der Leeuw, S. E., Redman, C. L., Mefert, D. J., Davis, G., Alfsen, C. & Elmqvist, T. (2010) Urban Transitions: On Urban Resilience and Human-Dominated Ecosystems. *AMBIO*, Vol. 39(8), s. 531-545. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/2Fs13280-010-0081-9> (lest 24.01.17).
- ExFlood (2014, 10.01) ExFlood - Extreme weather in small catchments: new method for flood protection. URL: http://www.bioforsk.no/ikbViewer/page/prosjekt/tema?p_dimension_id=22783&p_menu_id=22793&p_sub_id=22784&p_dim2=22785 (lest 11.01.17).
- Folke, C., Carpenter, S. R., Walker, B., Scheffer, M., Chapin, T. & Rockström, J. (2010). Resilience Thinking: Integrating Resilience, Adaptability and Transformability. *Ecology and Society*, Vol. 15(4). URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss4/art20/> (lest 24.01.17).
- Gangstøe, T. (2016, 09.09). Fugletaket på Nyborg. *Åsane Tidene*. URL: <http://aasanetidende.no/nyheter/-2016/09/02/fugletaket-paa-nyborg/> (lest 02.03.17).
- Georama TV Productions. (2015). *Storbyer under vann. [dokumentar]*. URL: <https://tv.nrk.no/serie/storbyer-under-vann/KOID60001014/sesong-1/episode-1> (02.02.17).
- IPCC. (2014). 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 [Core Writing Team, Pachauri R. K., Meyer L. A (eds.)]. Genève: IPCC. URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/> (lest 11.01.17).
- Jakobsen, S. E. (2016, 04.06). Villbiene taper kampen om blomstene. *Forskning.no*. URL: <http://forskning.no/2016/05/bienes-konkurranse-om-blomstene-er-knallhard> (lest 03.03.17).
- Jørgensen, K. & Stabell, V. (2010). *Ny norsk landskapsarkitektur*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag.
- Klima- og miljødepartementet. (2015). *Historier om vann, elver og våtmarker*. Klima- og miljødepartementet.
- Leichenko, R. (2011). Climate change and urban resilience. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, Vol. 3(3), s. 164-168. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343510001533> (lest 28.01.17).
- Lindhjem, H. & Sørheim, M. D. (2012). Urbane økosystemtjenester i Norge: Status, utvikling, verdi og kunnskapshull. Rapport 2012/37. Miljøverndepartementet.
- Lindholm, O., Endresen, S., Thorolfsson, S., Sægrov, S., Jakobsen, G. & Aaby, L. (2008). Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering. Hamar: Norsk Vann.
- Melbø, O. & Steffensen, J. (2004). Åpne overvannsløsninger, Erfaringer og anbefalinger. Statsbygg.
- Meyer, E. K. (2008) Sustaining Beauty. The performance of appearance. *Journal of Landscape Architecture, JoLA* Vol. 3(1), s. 6-23. URL: <http://lulu101.typepad.com/files/sustaining-beauty.pdf> (lest 03.02.17).
- Miljødirektoratet. (2016). Slå et slag for slåttemarka! [brosjyre]. Miljødirektoratet.
- Neje, J. (2016, Uten dato). Solar Roofs With Gardens Might Become Part Of NYC School Curriculum. URL: <http://www.boredpanda.com/green-roof-solar-school-nyc/> (lest 02.03.17).

Resilience Alliance (Uten år). Adaptive Management. URL: <http://www.resalliance.org/adaptive-mgmt> (lest 30.01.17).

SABIMA (Uten år) Myr. URL: <https://www.sabima.no/trua-natur/myr/> (lest 20.02.17).

South Bay Salt Pond Restoration Project. (Uten år). Climate Change & Sea Level Rise. URL: <http://www.southbayrestoration.org/climate/> (lest 15.01.17).

Spalding, M., McIvor, A., Tonneijck, F. H., Tol, S. & van Eijk, P. (2014) Mangroves for coastal defence. Guidelines for coastal managers & policy makers. URL: <https://www.nature.org/media/oceansandcoasts/mangroves-for-coastal-defence.pdf> (lest 02.02.17).

Stahre, P. (2008). Blue-green fingerprints in the city of Malmö, Sweden. Malmö: VA SYD.

Statistisk Sentralbyrå. (2016). Befolkning og areal i tettsteder, 1. januar 2016. URL: <https://www.ssb.no/befolkning/statistikker/bef tett/aar/2016-12-06#content> (lest 10.01.17).

Tyler, S. & Moench, M. (2012). A framework for urban climate resilience. *Climate and Development*, Vol. 4(4), s. 311 – 326. URL: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17565529.2012.745389> (lest 27.01.17).

United Nations. (1987). Report of the World Commission on Environmental and Development. General Assembly Resolution 42/187, 1987. URL: <http://www.un.org/documents/ga/res/42/ares42-187.htm> (lest 21.01.17).

Vedum, T. V., Hofstad, H., Åstrøm, S., Ødegaard, R., Dolmen, D., Sørensen, S., Vold, K. F. & Bryhn, K. Ø. (2004). Dammer i kulturlandskapet - til glede og nytte for alle. Gjøvik: Gjøvik Trykkeri A/S.

Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R. & Kinzig, A. (2004). Resilience, Adaptability and Transformability in Social-ecological Systems. *Ecology and Society* 9(2), s. 5. URL: <https://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5/> (lest 16.01.17).

Walker, B. & Salt, D. (2012). *Resilience Thinking: Sustaining Ecosystems and People in a Changing World*. Washington: Island Press.

WWF (2016). Living Planet Report 2016. Risk and resilience in a new era. URL: http://awsassets.panda.org/downloads/lpr_living_planet_report_2016.pdf (lest 11.01.17).