

FNs bærekraftsmål og bruk av lokal overvannsdiskonering -

Et sammendrag fra utvalgte foredrag og ekskursjoner fra NORDIWA-konferansen i Helsinki 2019

Av Bent C. Braskerud og Kim H. Paus

Bent C. Braskerud (Ph.D) er sjefsingeniør i Oslo kommune, Vann- og avløpsetaten. Kim H. Paus (Dr. ing) er rådgivende ingeniør i Asplan Viak.

Summary

The UN Sustainable Development Goals and the use of Sustainable Urban Drainage Systems. The world is facing major challenges these days. For this reason, the UN has defined 17 sustainability goals (SDG) that our societies must strive to fulfill for better future for all. Each sector has its challenges and achieving these goals typically require that different community actors collaborate. For those of us who work with urban development, managing both small and large rainfalls, represent both a challenge and an opportunity. This paper is based on selected lectures and an excursion on urban water from the International Water Association's (IWA) Nordic department. The performance, use and economic costs for SUDS like green roofs, rain-gardens, swales etc. including the combinations of these measures are presented through hydrological models and practical use. The examples show that SUDS can meet several of the SDG.

Sammendrag

Verden står ovenfor store utfordringer. Av den grunn har FN utarbeidet 17 bærekraftsmål som våre samfunn må tilstrebe å møte. Hver bransje har sine utfordringer og måloppnåelse krever at

ulike samfunnsaktører samarbeider. For de av oss som arbeider med byutvikling vil håndtering av nedbør i store og små mengder representere både en utfordring og en mulighet. Denne artikkelen baserer seg på utvalgte foredrag og en ekskursjon om overvann fra Den internasjonale vannforeningens (IWA) Nordiske avdeling. Resultater og kostnader ved bruk av LOD løsninger som grønne tak, regnbed, vadier og kombinasjoner av tiltakene er presentert i praksis og i hydrologiske modeller. Rett brukt, kan LOD-tiltak møte mange av bærekraftsmålene.

Innledning

Klimaendringene ser ut til å fortsette med økt frekvens av styrtregn og tørke som resultat. Folk strømmer til byene som både vokser og fortettes. Hvis nye byggeprosjekter skal klare å håndtere de endrede nedbørforholdene som vi allerede erfarer konturene av, må byggverkene tåle å stå ute. Allerede i 2010 fremskrev en norsk offentlig utredning at klimaendringer ville få betydning for bygg som følge av styrtregn og oversvømmelser hvis ikke byggeskikken ble endret (NOU 2010:10). En svensk utredning kom til tilsvarende

konklusjon i 2007 (SOU 2007:60). I Norge ble klimautredingen fulgt opp av en overvannsutredning fem år seinere (NOU 2015:16), som konkluderte med at kostandene vil bli svært store om samfunnet ikke planlegger for den nye overvannsfremtida. Økt bruk av lokal overvannsdiskonering (LOD) er pekt som en viktig strategi for å løse både dagens og fremtidens utfordringer.

NORDIWA (den internasjonale vannforeningens Nordiske avdeling) arrangerte en konferanse i Helsinki 23. - 25. september 2019. FN's bærekraftsmål var ett viktig gjennomgangstema på konferansen og man vil kunne argumentere for at disponering av overvannet har betydning for oppnåelse av mål 3, 6, 9, 11, 13, 14, 15 og 17 (fig. 1). I denne artikkelen vil vi presentere utvalgte foredrag vi overvar på konferansen. Formålet med artikkelen er å vise eksempler på hvordan LOD-tiltak kan bidra i måloppnåelsen verdenssamfunnet har gitt seg selv fra et Nordisk perspektiv.

Metode

Forfatterne deltok på NORDIWA konferansen med egne foredrag og ny-kvessede blyanter. Det ble notert flittig og Power-Point foredrag ble lastet ned i ettertid. Programmet var tettpakket

og det må tas forbehold om at våre notater kan inneholde feil. Der vi har vært usikre har vi forsøkt å kontakte foredragsholderne i ettertid. Ettersom det ikke alltid har lyktes, oppgir vi tall og tekst med forbehold om at misforståelser kan ha oppstått. Kilden fremkommer dog tydelig, slik at leseren selv kan kontakte informanten for ytterligere informasjon. Foredragsholdernes opprinnelsesland oppgis med internasjonal forkortelse etter navnet. Vi har også inkludert en presentasjon fra parallellseksjon «Overvann» på kursdagene i Trondheim 8. - 9. jan. 2020, der Tekna og NTNU var arrangør. Bidraget herfra er merket med «Kurs».

Foredragene på overvannshåndtering inneholdt tema om oversvømmelser, vannkvalitet og forskjellige LOD-tiltak. Konferansen ble avsluttet med tematiske befaringer.

Klimaendringene krever fleksibel planlegging

I følge Hannele Korhonen (FIN) vil den gjennomsnittlige temperaturen på 1,5 grader nå allerede i 2040 om vi fortsetter dagens utslipps-takt. Sammenliknet med dagens situasjon vil dobbelt så mange mennesker lide av periodevis vannmangel og dobbelt så mange plante- og dyrearter miste sin geografiske utbredelse.



Figur 1. Av FN's 17 bærekraftsmål er det mange som påvirkes av klimaendringer og som god overvannshåndtering kan påvirke i positiv retning (Slide fra FN-sambandet).

Temperaturøkningen er over 2 ganger raskere på den nordlige delen av kloden enn ved ekvator, og økende jo lenger nord man kommer. Klimatilpassing er med andre ord en nødvendighet selv om verdenssamfunnet skulle klare å redusere klimagassutslippene.

Ifølge Salar Haghghatafshar (S) endrer sannsynligheten for et skybrudd seg med klimaendringene. Siden dagens nedbørintensitet - varighet - frekvens (IVF) statistikk ikke er stasjonær; hvordan kan vi da beregne sannsynligheten for en hendelse? Generelt øker mengden og intensiteten, og vi benytter klimafaktor for å ta høyde for et mulig, framtidig regn. Usikkerheten knyttet til fremtidige klimaendringer krever imidlertid at man er fleksibel og velger robuste løsninger. Nedgravde løsninger er i liten grad det, fordi volumer under bakken bindes med et formål og uten endringsmuligheter for å tilfredsstille de behov vi i dag ikke kjenner til (fig. 2).

Videre påpekte Haghghatafshar at kriterier i større grad må inkludere *risikoen*. Tradisjonelt har vi vært opptatt av å anslå *sannsynligheten* for at en uønsket hendelse vil forekomme og ikke nødvendigvis klart å vurdere risiko for hendelsen som er et produkt av hendelsens sannsynlighet og *konsekvens*.

Kim Paus (N) gav en oversikt over måter industrialiserte land planlegger byutvikling mht. overvann. Felles er ofte lokal kontroll ved «kilden» der nedbøren faller: At eiendommene

er godt planlagt slik at nedbøren infiltreres og holdes tilbake lokalt. Derved avlastes avløpsanleggene og avrenningen transporteres tryggest mulig når andre tiltak svikter eller vannmengden er for stor. Flere og flere land tar i bruk såkalte trinn-strategier der *tre-trinnsstrategien* i dag er modell for mange norske byer. Formålet med strategien er et system for hvordan vi kan etterlikne naturen i byen. Paus poengterte at vi for ofte glemmer hverdagsregnene (trinn 1) når vi forsøker å tilpasse byområdene våre for trinn 2 og 3. Mens formålet med tiltak i trinn 2 og 3 er skadebegrensning, vil formålene med tiltak i trinn 1 kunne være etterlikning av naturlig vannbalanse, ivaretagelse av grunnvannsnivået, rensing av forurenset overvann og utnyttelse av vann som ressurs til energi-gjenvinning, redusert nettvannforbruk og estetikk (Paus, 2018).

Byer forurenses vannet om det ikke renses

En by i utvikling vil alltid ha mange byggeproper. Tampere by i Finland vokser med ca. 2000 innbyggere per år. I følge Salla Leppänen (FIN) har de målt over 1000 ganger høyere partikkelinnhold i avrenningen fra byggeproper enn fra ferdig utbygde arealer. Tilsvarende var fosfortapet 40 ganger større fra byggeproper enn fra ferdige arealer. Med dette som utgangspunkt kreves det rensing av avrenning fra byggeplassen. Ved etablering av dammer har én klart å



Figur 2. Store vannmengder er vanskelige å håndtere på en tilfredsstillende måte. Haghghatafshar mener vegeterte LOD-løsninger hvor overvannet håndteres åpent (Blue-Green SuDS) er mer robust løsning enn tradisjonelle ledningssystemer. Overvannsløsninger på eller like under overflaten er videre mer fleksible da de enklere lar seg utvide, drifte og endre etter de behov vi måtte ha i fremtiden.

redusere videreførte partikler og fosfor med 80 og 45 %. Som et utgangspunkt skal overflaten på rensiltaket utgjøre 5% av nedbørfeltets areal. Leppänen formidlet at filtersystemer for rensing (f.eks. biofilter, Leca, torv og grus) virket fint i starten, men har en tendens til å bli gjentettet av finpartikler over tid.

Piia Leskinen (FIN) fra Turku har anslått at forurensningsbelastningen fra byggeprosjekter med kort varighet tilsvarer 10 år med avrenning fra ferdig utbygde arealer. Leskinen rapporterte at vanlige sedimentasjonsdammer ikke er effektive nok. Et viktig prinsipp er å unngå utvasking gjennom å bevare jordstrukturen. Dette kan oppnås ved å bevare lokal vegetasjon og planlegge for gode transportveier inn og ut av byggeplassene. Basert på erfaringer de hadde gjort, opplevde ikke utbygger dette som noe problem bare de var bevist en mer skånsom måte å arbeide på.

Kobbertak lekker ut tungmetallet og det er funnet konsentrasjoner mellom 1250 - 2000 µg kobber per liter i takvann fra Nasjonalmuseet i Stockholm. Ifølge Ivan Milovanovich (S) har man klart å redusere konsentrasjonene med 70 % gjennom en filtreringsmetode. En slik renseggrad tilsier fremdeles svært høye konsentrasjoner, og det er vår vurdering av at ønsket overvannskvalitet bør påvirke materialvalg snarere enn renseløsninger i etterkant.

Østersjøen har ifølge Rüdiger Stempel (gen. Sekr. HELCOM) fortsatt problemer med eutrofiering. Forsøpling er også en utfordring; 70 % av marint søppel er plast! Til sammen gir dette et årlig beregnet tap på ca. 4 billioner Euro, bl.a. på redusert turisme.

Gøteborg har tatt grep og lansert prosjektet «Rain Gothenburg». Prosjektet skal gjøre byen til den triveligste byen når det regner. Overvann med høye konsentrasjoner fosfor er imidlertid en stor utfordring, og det er anslått at redusert overløpsdrift vil redusere fosfortapet med 5 % mens etablering av LOD-tiltak som dammer og infiltrasjonsflater vil håndtere 7 %. Resten må tas i nedbørfeltet, som inkluderer parker, allerede bygde areal, noe dyrka mark mm. Gøteborg brukte *skybruddsplanen* som utgangspunkt for å

finne aktuelle lokaliteter for tiltak, og det er beregnet at ytterligere 40 % av fosfortapet kan reduseres ved etablering av tiltak i nedbørfeltet. Ifølge Linnea Lundberg (S) vil tiltakene koste 1,1 mill. SEK. Fortsatt gjenstår 48% uhåndtert fosfortap. På sikt vil imidlertid byen nå sine mål: Etter hvert som byen nybygges vil fosforavrenningen reduseres til under 50 mg per tomt som følge av strenge krav, men anslagene viser at det vil kunne ta 100 år. At nybygg kan håndtere forurensing støttes av Salla Leppänen (FIN) fra Tampere: I et boligområde med grønne tak, infiltrasjonsgrøfter, dammer og våtmarker viste målinger at vannet hadde gått fra brunt til klart.

Prøvetaking er kostbart og kan være veldig unøyaktig, fordi det er vanskelig å fange høye konsentrasjoner av kort varighet med mindre man tar prøver kontinuerlig. Maria Khalili og Irina Persson (S) prøvde ut turbiditetsmålinger (måler farge på vannet) som en indirekte måling av partikler, nitrogen, fosfor og fire metaller i tre nedbørfelt i Uppsala. Etter kalibrering mot vannprøver klarte turbiditetsmåleren å gjen-skape stofftransporten med unntak av nitrogen. Turbidimeteret undervurderte vanligvis stoffavrenningen.

Eksempel på regnbed langs vei

I 2013 ble fire regnbed anlagt mellom gang/sykkelvei og veibanen i Mejrämvägen i Vantaa kommune, Finland (fig. 3). Lett tilgjengelige sandfang gjør regnbedene enkle å vedlikeholde. Regnbed kan lages på svært mange måter og tilpasses stedlige forhold. Kan dette konseptet bli det *nye sandfanget* for rensing av forurenset overvann og demping av avrenning fra veien.

Joel Kerkkänen (FIN) målte rensing av veivann igjennom to kampanjemålinger i et regnbed med sandfilter i Espoo. Tilbakeholdelsen av partikler, fosfor og tungmetaller var henholdsvis 98, 63 og 60-92%. I mange tilfeller var konsentrasjonene på veivannet over tillatte grenseverdier. Etter infiltrasjon gjennom regnbedet var konsentrasjonene utløpsvannet godt under grenseverdiene.



Figur 3. Regnbed med grunt sedimentasjonskammer i innløpet som er lett å rengjøre maskinelt (foto: Braskerud). Tiltaket kan lages smalere om det er ønskelig.

Bruk av LOD-tiltak i praksis

Hvordan virker et tiltak for lokal overvannsdiskonponering i praksis? Stian Bruaset (N) i SINTEF presenterte arbeidet med testing og sertifisering av produkter. Målet er å gi informasjon om når og hvordan et produkt kan brukes, driftes og vedlikeholdes, og hvordan det vil fungere i praksis. Utfordringen er at mange produkter vil være steds- og nedbørsavhengige. Dette ble også fremhevet av Matthias Borris (S). Vi tenker at et slik arbeid vil være nyttig for planleggere, som må forholde seg til funksjon, drift og vedlikehold. Allerede i 2000 gikk Maryland (USA) ut med anbefalinger på hvordan LOD-tiltak skulle anlegges gjennom en rekke typetegninger. Årsaken var at det ble anlagt mange løsninger som ikke fungere etter hensikten. Oslo kommune har fulgt opp med en faktaarkserie om overvannstiltak som kan lastes ned (www.oslo.kommune.no/overvann). OVase, som NVE overtar fra Klima2050, har potensial til å være en utmerket kunnskapsbank for LOD-tiltak. Her vil anlagte tiltak kunne presenteres og fagartikler om virkemåte kunne leses. Det avhenger imidlertid at

lesere av Vann og andre fagfolk bidrar i å gi databasen innhold.

Infiltrasjon, en forutsetning for trinn 1

Hvis overvannet skal håndteres åpent og lokalt er kunnskapen om infiltrasjon avgjørende. Ifølge Vladimir Hamouz som vikarierte for Tone Muthanna (N), har studenter kartlagt infiltrasjonsevnen ved Gløshaugen ved NTNU med MPD-infiltrometere. 40 % av arealet hadde infiltrasjonshastigheter på mindre enn 3 cm/t, mens 20 % hadde over 10 cm/time. Informasjonen ble satt inn i en GIS-modell for å finne gode steder for LOD-tiltak.

Per Möller-Pedersen (N, Kurs) mente at fire forhold må vurderes ved planlegging av infiltrasjonstiltak; 1) infiltrasjonskapasiteten, 2) avstand til grunnvannet, 3) nivåvariasjonene i grunnvannet og 4) mulige ulemper nedstrøms. Måling av infiltrasjonskapasiteten må gjøres på det nivået der infiltrasjonen skal skje. Det betyr f.eks. at man må grave 0,8 - 1 m om man vil

sjekke infiltrasjonen i et regnbed. Ulempen er at jordvariasjon kan være stor og at det blir mer utfordrende å bestemme optimal plass for LOD-løsningen. En mulighet kan være å screene et areal fra overflaten slik Muthanna med flere gjorde på Gløshaugen, for deretter å gå dypere til verks når anlegget skal dimensjoneres. Möller-Pedersen poengterte i tillegg at overvannet kan ledes til et område/tiltak der infiltrasjon kan skje. Det betyr i praksis at man alltid kan infiltrere noe overvann på et areal hvis men også tillater drenering. Fordelen synes klar: Hvis alt overvann må passere trinn 1 i et tiltak før det evt. videreføres til trinn 2 (fordrøyning), vil kanskje 90% av årsnedbøren bli påvirket av infiltrasjons og fordampingsprosessene.

Fordrøyning før påslipp til ledning

I Reykjavik velger de en hybridløsning når de skal separere overvann fra en gammel avløpfelles ledning på 800-1400 mm. Ifølge Sigurdur G. Sigmarsson (IS) legges en grunn 600 mm overvannsledning. En fordrøyningsdam ved inntaket hindrer overbelastning, og bidrar til at midlere avrenningskoeffisient for nedbørfeltet på 230 ha reduseres til 0,5.

Åpne vannspeil kan føre til utfordringer for flytrafikk som følge av økt forekomst av fugler.

Ifølge Anja Sloth Ziegler (DK) har det vært en utfordring med fugler der åpne vannspeil er plassert nært flyplasser. Vi lurer på om bruk av våtmarker med vegetasjon kan være et alternativ, siden disse har mindre åpen vannoverflate? Våtmarker kan etableres i mindre nedbørfelt enn dammer som skal ha en åpen, algefri overflate. Rett etablert kan en konstruert våtmark bli et interessant økosystem (Stokker m.fl. 1999).

Grønne semi-intensive tak og overvann

På Høvringen pumpestasjon har Trondheim kommune i samarbeid med NTNU og prosjektet Klima2050 bygget tre forsøksfelt: Et semi-intensivt grønt tak, et grått tak med permeabelt dekke over Leca filter og et vanlig sort tak som referanse. Vincent Pons (N) fortalte hvordan ekstremregn, tilført gjennom kontrollerte vanningsforsøk, ble håndtert på det grønne taket (fig. 4). Takene var bygget opp av sedummatter; 30 mm vekstmedium, 10 mm filtmatte, 100 mm Leca (0-6 mm) på en geotekstil. Det ble utført 8 vanningsforsøk med varierende intensiteter og varigheter (fra 1 mm/min i 7 minutter til 1 mm/min i 44 min), noe som tilsvarer gjentaksintervall fra ca. 10 til 200 år på Blindern i Oslo. Feltpasiteten (vann taket kan holde før avrenning) var på ca. 15 mm og det ble synlige dammer på taket etter ca. 45



Figur 4. Kunstig vanning av et semi-intensivt grønt tak i Trondheim kan gi innspill til dimensjoneringskriterier (foto: Klima2050)

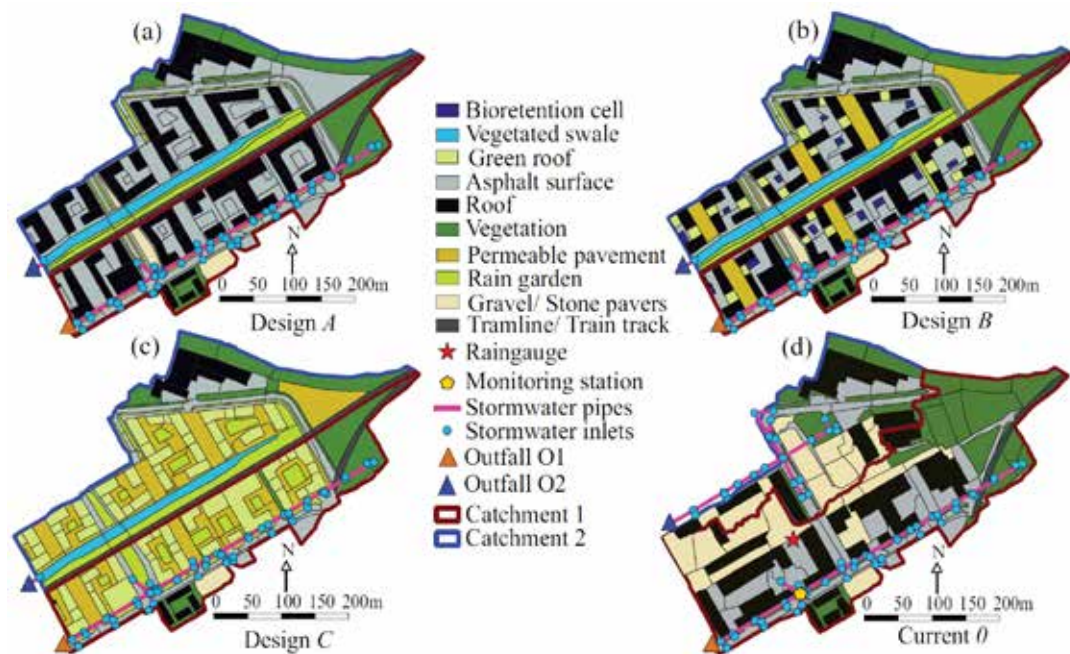
mm. Basert på målingene ville spissavrenningen variere fra ca 0,02 – 0,5 mm/min om taket hadde vært i Oslo (median 0,13 mm/min). Det meste av vannet var drenert ut etter 24 timer. Vi ser fram til at forskningsgruppa på NTNU og Sintef legger fram resultater slik at rådgivende ingeniører kan bruke disse i planleggingen av grønne tak i byggesaker.

Vladimir Hamouz (N) presenterte data for et langvarig regn som falt over Høvringen i august 2017 (58 mm i løpet av 29 timer). Dette tilsvarer en 2-5 års hendelse i Trondheim og ca. 10 år i Oslo, der lange nedbørsepisoder er mer sjeldne. Avrenning fra det semi-intensive grønne taket viste en reduksjon i maksimum avrenning på 75% (fig. 4). Tilbakeholdelsen av vannmengde var på 9 %, noe som tilsvarer en retensjon på 5,2 mm. Dette er mindre enn det Johannessen m.fl. (2018) observerte over flere år på fire tynnere oppbygde ekstensive sedum tak i Trondheim (median 7,5 - 9,2 mm per episode), men relativt likt det som ble observert på to sedumtak i Oslo (5,2 mm). Observasjonen viser at grønne tak demper spissavrenningen vesentlig, noe Johan-

nessen også fant på adskillig tynnere tak. Generelt vil størrelsen på den totale tilbakeholdelsen være mindre på tak som dreneres lett.

Effekten av LOD-tiltak i boligområder

Ambika Khadka (FIN) hadde sjekket ut hvordan LOD-løsninger kunne påvirke avrenning i et boligfelt ved hjelp av modellering i SWMM (Khadka m.fl., 2019). Regnbed, vadi, grønne tak, permeable belegningsstein og arealer med vegetasjon ble plassert i et felt som skulle utvikles til boliger (fig. 5). Forskjellige kombinasjoner av LOD-løsninger ble simulert og sammenlignet med dagens situasjon. Tabell 1 gir en oversikt over alternativene. Resultatene viser at versjon C (betydelig andel grønne tak og regnbed) gav minst oversvømmelse og avrenning. Videre kan vi se versjon C i tillegg gir minst avrenning i flomveier (trinn 3) for ekstremene nedbørmengder. Konklusjonen må være at utnyttelse av arealene til håndtering av nedbøren i trinn 1 og 2 i *tre-trinnsstrategien* vil gi mindre avrenning i trinn 3 (Paus, 2018).



Figur 5. Tre alternative utviklingsplaner i et byggeprosjekt i Turku, Finland, der LOD-tiltak (LID) blir benyttet i forskjellig omfang (Khadka m.fl. 2019).

Tabell 1. Vannets vei i nedbørfeltet avhengig av andelen LOD-tiltak av overflata (se fig. 5). Tallene er i % av tilført nedbør og tilsvarende ca. 5- og 200-års nedbør i Oslo.

	42 mm/12 timer					71 mm/6 timer			
	Dagens	A	B	C		Dagens	A	B	C
Avrenning	55	62	38	10		37	67	55	27
Evapotranspirasjon	41	34	44	53		14	11	12	12
Oversvømmelse	3		1			48	17	9	1
Infiltrasjon/lagring	1	4	17	37		1	5	24	60

Versjon A (10 % LOD-bruk) klarte å redusere oversvømmelse i betydelig grad pga. anlegging av en vadi (vegetert vannvei/grønn bekk), mens versjon C (60 % LOD bruk) på mange måter gjenskapte en naturlig hydrologisk syklus i byen. Bruk av SWMM ser ut til å være et nyttig verktøy i utvikling av alternativ-analyse for overvannshåndtering i utviklingsprosjekter. LOD-modulene som benyttes er imidlertid ikke alltid kalibrert for lokale forhold, slik Russwurm (2018) viste for grønne tak i Oslo. Storteig (2019) fant at parametersettingen av SWMM-modellen påvirket LOD-tiltakenes virkningsgrad betydelig. I komplekse nedbørfelt av en viss størrelse er nok modellering likevel det beste verktøyet vi har.

Å gå fra fellesledninger til LOD-tiltak kan spare samfunnet for kostnader

Risvangen er et 60 ha boligområde i Aarhus i Danmark. Kommunen ønsket å separere overvannet fra avløpsvannet og vurderte tradisjonell separering med bruk av overvannsledninger, mot bruk av åpne LOD-løsninger. Reduksjon av overløpsdrift og oversvømte kjellere var viktig motivasjon for planlegging av tiltak. Ifølge Jan Jeppesen (DK) var en av utfordringene med LOD-tiltak at infiltrasjonsevnen i området var dårlig. Fordamping og fordroyning var derfor de viktigste prosessene for å holde overvannet tilbake før det ble ledet videre ut i skogen. Dette ble gjort ved bruk av løsninger som også fikk positiv betydning for beboerne (fig. 6). Investeringene i LOD-tiltakene var 4,1 mill. DKK, eller 25% av tradisjonell separering. Driften vil imid-

lertid bli høyere slik at de totale besparelsene vil bli ca. 8% over en 100 års periode (67,4 mot 86,3 mill. DKK). De åpne overvannsløsningene gir imidlertid andre goder til innbyggerne som er estimert til 10-12 mill. DKK basert på en «huspris-metode».

I et småhusområde på Grefsen-Kjelsås i Oslo blir avløpsvannet fra over 460 boliger håndtert i avløpfellesledninger (AF-system). Omlag 45% av boligene har taknedløp som er koblet til dreneringen som igjen er koblet til fellessystemet. Dette har forårsaket oversvømte kjellere i området og bidratt til betydelig driftstid på overløpet til Akerselva. Bent Braskerud (N) fortalte at kommunen ønsker å bedre situasjonen og har gjennomført et pilotprosjekt sammen med forskingsrådsprosjektet New waterways der bruk av LOD-løsninger er vurdert. Innbyggerne på Grefsen-Kjelsås har blitt forespurt om de ønsker å være en del av løsningen. Av de 192 som svarte på en spørreundersøkelse svarte over 90 at de kunne tenke seg et regnbed på egen eiendom, og over 70 ønsket seg regnvannstønner (Furuseth m.fl. 2018). Mange var villige til å bidra økonomisk for å få etablert tiltak. Modell-simuleringer viser at frakobling av de resterende taknedløpene og anlegging av ca. 130 regnbed ville kunne håndtere et 5-års regn i overløpet (Ingebrigtsen, 2017). Hvis man bruker no-dig/strømpekjøring av de gamle AF-ledningene og anlegger regnbed, vil etableringskostnadene grovt regnet være ca. 25% av tradisjonell separering. Vann- og avløpsetaten i Oslo kommune har anlagt fire regnbed, ett grønt tak og to permeable oppkjørsler som demonstrasjonsanlegg på åtte eiendommer med medfinansiering fra huseierne. De vil brukes



Figur 6. I Aarhus ble et nettverk av LOD-tiltak som tørre og våte dammer, vadier, plener og idrettsplasser som kan stå midlertidig oversvømt, brukt for å håndtere nedbøren slik at bygg ikke ble skadet og overløpsdriften redusert (foto: Aarhus Vand og EnviDan AS).



Figur 7. En åpen bekk ble lagt mellom husene og ble utgangspunktet for Illenpuiston park i Vantaa kommune, fordi byggegrunnen var for ustabil for en bekkelukking, som var den opprinnelige planen (foto: Braskerud).

for å motivere andre til å gjøre noe tilsvarende. Selv om det skulle være samfunnsøkonomisk lønnsomt har ikke kommunen adgang til å bruke avløpsgebyret på privat eiendom. I NOU 2015:16 foreslås det å endre dette. Kanskje tilskudd til private LOD-tiltak kunne være en vei å gå slik det f.eks. gjøres med grønne tak i Nederland og mange andre Europeiske byer?

Bekk fremfor rør i ustabile masser

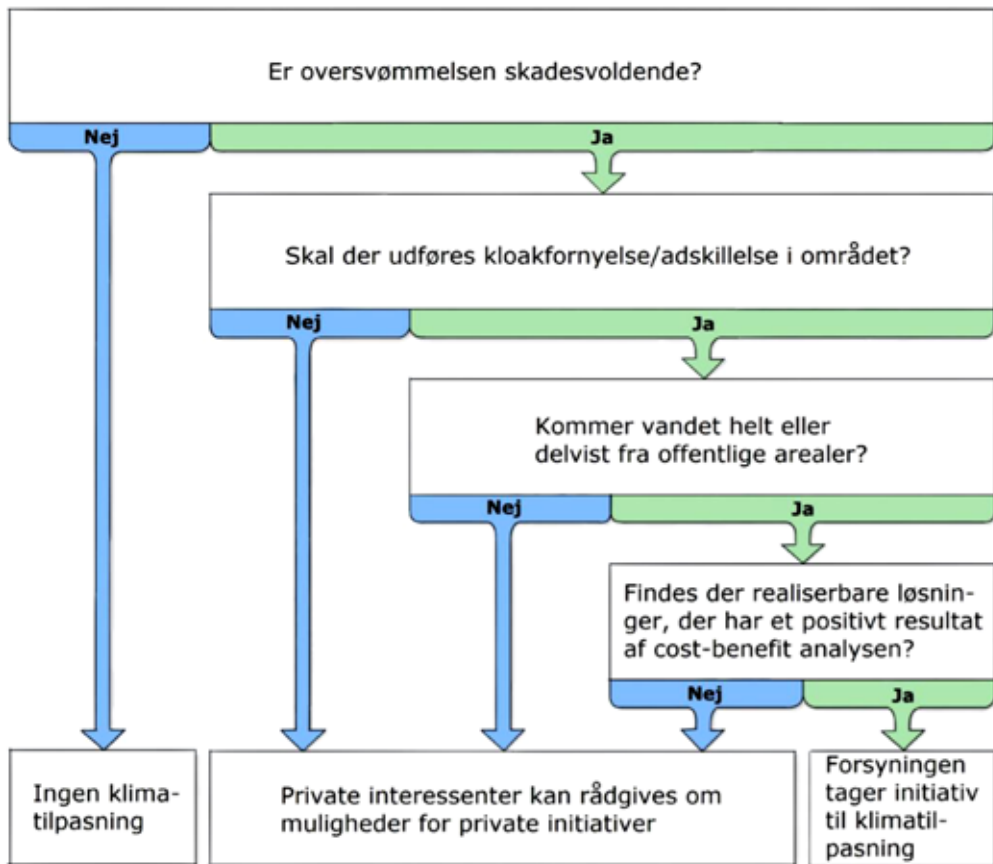
Som vist i prosjektene i figur 5 og 6 vil etablering av vannveier på overflaten ha stor betydning for håndtering av nedbør. Ved utbygging av et boligområde, ikke langt fra Helsinki flyplass, i ca. 2003, måtte prosjektet håndtere vann fra et nedbørfelt som omfattet blant annet flyplassen. I følge Iiro Lehtinen (FIN) bestod byggegrunnen av bløt leire og nedgravde rør ble derfor ikke

ansett som et alternativ. Løsningen ble en åpen bekk med dammer og våtmarker (fig. 7). Terskler hindrer erosjon i bekkebunnen. Sammenlignet med bekkelukking ble dette et relativt rimelig anlegg. Driften omfatter årlig tømming av sedimentasjonskammeret samt at sedimenter i dammene nedstrøms må fjernes hvert 2 - 5 år.

Metode for investering i klimatilpassingstiltak

Etter «Københavnregnet» i 2011 skulle alle danske byer lage klimatilpassingsplaner. Ifølge Jan Jeppesen (DK), har Aarhus utviklet en metode for å utarbeide planer basert på kostnytte-betraktninger som følger tre steg:

1. Utarbeide oversvømmelseskart for dagens situasjon og beregne skade-kostnadene ved 10 til 100 års regn.



Figur 8. Beslutningstre, der Aarhus kommune via avløpselskapet gjør et klimatilpassingstiltak (Aarhus kommune m.fl., udatert).

2. Plassere overvannstiltak i nedbørfeltet og beregne totale investerings-kostnader.
3. Vurdere kost-nytte ved å sammelingen resultatene fra steg 1 og 2 for det enkelte sted vurdert etter samfunnsnytte; helse, miljø, sikkerhet og kulturverdi.

Metoden benyttes i eksisterende bebyggelse, og områder der det planlegges separering prioriteres. Ved utbygging av nye områder legges det inn nødvendig sikkerhet mot klimaendringer. Som hovedprinsipp håndteres avrenningen i størst mulig grad på overflaten og ledes til arealer der det gjøres minst skade.

Metodikken er inkludert i Aarhus kommunes Spildevandsplan for 2017-2020 og er utgangspunktet for å finansiere klimatilpassingstiltak i separeringsprosjekter gjennom VA-gebyret (fig. 8). Det er interessant å legge merke til at kommunene legger opp til at *private kan gis råd om muligheter for egne LOD-tiltak*. For øvrig bidrar kommunens avløpsseksjon i klimatilpassingen.

Konklusjoner – hva tar vi med oss hjem?

FNs bærekraftsmål må være førende for planlegging og aktivitet våre samfunn bedriver. I denne artikkelen har vi gitt innspill og synspunkter på målene 3 (god helse), 6 (rent vann og gode sanitære forhold), 9 (innovasjon og infrastruktur), 11 (bærekraftige byer og samfunn), 14 (livet under vann) og 15 (på land). Det hele er avhengig av pkt. 17; samarbeid for å nå målene.

Lokal overvannsdiskontering (LOD) må i hovedsak lages som multifunksjonelle tiltak, slik at arealbruken gir byens innbyggere, flora og fauna noe tilbake de dagene det ikke er styrtregn (FN15). Ifølge Fig 2 gir LOD-tiltak en mer robust by der infrastrukturen beskyttes (FN9) og opplevelse i form av «grønn energi» (FN3) fig. 6 og 7.

Separering av overvann fra fellesledninger ved hjelp av overflateløsninger, vil redusere overløpsdriften og øke konsentrasjonen på næringsstoffer til renseanleggene (FN6 og 14).

Åpne LOD-tiltak kan tilpasses slik at overvann fra byggeproper, vei og bygg kan renses

(fig. 3). Dette har betydning for mottakende resipient (FN14), men også i tilføring av miljøgifter til avløpsrenseanlegg som får bedret kvaliteten på slamm, slik at denne ressursen i større grad kan benyttes til jordbruksformål (FN11).

Bruk av åpne LOD-tiltak er en innovativ måte å utvikle en by på (FN9), men det krever god planlegging og samarbeid på tvers av etater og mellom interessenter (FN17), noe som kan være en utfordring. Krav til bruk av LOD i kommunenes arealplaner vil være et godt utgangspunkt for samhandling. LOD-tiltak er ofte billigere å anlegge, men kan koste mer å drifte (fig. 6). Kutt i driftsbudsjettene kan derfor bli en utfordring. En mulighet er å stimulere private til å anlegge LOD-tiltak (fig. 8). Dette kan falle rimeligere for samfunnet som helhet, men vil også være mer usikkert fordi oppfølgingen blir privatisert. På den annen side; offentlig driftede anlegg blir erfaringsmessig også neglisjert og «usynlige» underjordiske overvannstiltak glemt, så den faktiske risikoen er kanskje mer av akademisk karakter?

Takk

Braskeruds deltagelse på NordIWA, ble finansiert av forskningsprosjektet New waterways og Vann- og avløpsetaten, mens Paus' deltagelse ble finansiert av Asplan Viak. Utarbeidelse av artikkelen ble finansiert av forskningsrådsprosjektet SURF. Vi er takknemlige for støtten.

Referanser

2000 Maryland Stormwater manual, vol 1: *Stormwater management criteria* and vol. 2 *Stormwater design appendix*. Redivert 2009 (finnes for nedlasting).

Aarhus kommune, Aarhus vand, Københavns univ. og EnviDan A/S (udatert). *Aarhusmetoden til klimatilpassning af den eksisterende by*. <https://www.aarhus.dk/media/24305/drejebog-skrift-31-udkast-3.pdf>

Furuseth, I.S, I. Seifert-Dähann, S.Q. Azhar og B.C. Braskerud (2018). *Overvann i bebygde strøk - tid for å involvere innbyggerne*. Vann nr. 4 (53); 391-400.

Ingebrigtsen, M.C. (2017). *Frakobling av taknedløp og bruk av regnbed kan redusere overløpet med 98%*. Vann nr. 4 (52); 418-420.

Johannessen, B.G., T.M. Muthanna and B.C. Braskerud (2018). *Detention and Retention Behavior of Four Extensive Green Roofs in Three Nordic Climate Zones*. *Water* 10, 671; www.mdpi.com/journal/water.

Khadka, A., Kokkonen, T., Lähde, E., Niemi, T., Sillanpää, N., & Koivusalo, H. (2019). *Towards natural water cycle in urban areas: Modelling stormwater management designs*. *Urban Water Journal*; <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1573062X.2019.1700285>

NOU 2010:10 *Tilpassing til eit klima i endring*, Norges offentlege utgreiingar, Oslo.

NOU 2015:16 *Overvann i byer og tettsteder*, Norges offentlege utredninger, Oslo

Paus, K.H. (2018). *Forslag til dimensjonerende verdier for trinn 1 i Norsk Vann sin tre-trinns strategi for håndtering av overvann*. *Vann* nr. 1 (53); 66-77.

Russwurm, I.L., (2019). *Modelling detention performance of green roofs in cold climates*. Master oppgave NTNU.

SOU 2007:60 *Klimat och sårbarhetsutredningen: Sverige inför klimatförändringar – hot och möjligheter*, Stockholm

Stokker, R., B. Walseng, B. Braskerud, J. Brittain, D. Dolmen og S.E. Sloreid (1999). *Artsmangfold i 2 syv år gamle fangdammer i Haldenvassdraget med forskjeller i vannkvalitet*. NINA-Fagrapport 034; 1-48. ISBN: 82-426-0995-0.

Storteig, I. (2019). *Continuous urban hydrological modeling of discharge peaks with SWMM*. Masteroppgave, Univ. i Oslo.