

LAR Potentiale: Nyt screeningsværktøj

LAR Potentiale er et nyt screeningsværktøj til vurdering af enkeltstående LAR-løsningers hydrologiske potentiale. Værktøjet er designet til at understøtte den indledende screeningsfase af byudviklingsprojekter, hvor der er mange faggrupper, organisationer og borgere involveret. Derfor er værktøjet enkelt og hurtigt at bruge, og resultaterne er nemme at kommunikere.

CAMILLA CHRISTIANE JAKOBSEN, SARA MARIA LERER, PETER STEEN MIKKELSEN & HJALTE JOMO DANIELSEN SØRUP

Det er populært at etablere Lokal Afledning af Regnvand (LAR). Det gælder både for private på mindre skala, og for bygherrer, kommuner og forsyninger på større skala, hvor det kan bruges som alternativ eller komplementær teknologi i forhold til traditionelle ledningssystemer /1/. Populariteten af at etablere LAR bundler i løsningernes multifunktionalitet /2/. LAR giver mulighed for at gøre regnvand synligt og bidrage til at gøre byer grønnere /3/. At etablere udbredt LAR er ofte også et billigere alternativ til udvidelse af det eksisterende ledningssystem /4/. LAR-løsninger nedsætter desuden belastningen på ledningssystemet, således at overløb til recipienter og energiforbruget på spildevandsanlægget potentielt kan reduceres /5/.

Udfordringer i dag

I dag initieres byudviklingsprojekter ofte ved at en række faggrupper og aktører involveres i planlægningen fra et meget tidligt tidspunkt. Det er lige fra arkitekter, ingeniører og kommunale myndigheder til beboergrupper. Det giver mulighed for at udforme projekter hvor alle aktører bliver hørt, men sætter også nogle overordnede rammer for projekter på et meget tidligt tidspunkt, som det kan være svært at bryde med senere. For LAR-projekter kan det meget vel resultere i suboptimal arealudnyttelse, eller løsninger hvor den hydrauliske/hydrologiske effekt er tvivlsom /6/.



Regnbede "in action" ved Peter Bangs Vej på Frederiksberg, august 2021.
Foto © Luca Vezzaro.

For at kvantificere den hydrauliske og hydrologiske effekt af LAR-løsninger kræves der ofte regulær dimensionering og modelle-ringsekspertise /6, 7/. Noget der oftest ikke lader sig gøre "on the fly" i den tidlige projektfase. Uden muligheden for at modellere LAR-løsningernes potentiale risikeres det, at der skal ændres væsentlig på designet i den senere projektfase, og derved negligeres den inkluderende proces fra den indledende fase. For at undgå dette er det væsentlig at designbeslutninger i den tidlige projektfase kvalificeres med viden fra modelsimulationer så risikoen for markante ændringer senere reduceres.

Nyt værktøj – nye muligheder

Værktøjet "LAR Potentiale" er et simpelt værktøj, der kan bruges til at vurdere den hydrologiske effekt af forskellige enkeltstående LAR-elementer. Værktøjet som prototype og ide blev præsenteret i Vand & Jord 2015 /8/. Denne gang præsenterer vi en færdigudviklet version, der er tilgængelig for download på klima-tilpasning.dk. Værktøjet kan hjælpe med at kvalificere den tidlige projektfase ved hurtigt og effektivt at estimere LAR-løsningers hydrologiske potentiale. Det kan bidrage til at give et hurtigt overslag på om givne LAR-løsninger overholder opstillede mål og



servicekrav. Indikatorerne der anvendes i værktøjet er:

1. Vandbalancen for oplandet (inkl. LAR-løsningen),
2. Gentagelsesperioden for overløb, og
3. Den kritiske regndybde for LAR-løsningerne (den regndybde der sandsynligvis vil generere overløb hvis den falder over oplandet).

Brugerfladen er implementeret i Excel og bygget op af globale- og lokale inputværdier, som styrer henholdsvis de parametre, som de forskellige LAR-elementer har til fælles (oplandets og LAR-elementets arealer, befæstelsesgrad og jordens hydrauliske ledningsevne), og de enkelte LAR-elementers designparametre

Figur 1. SCALGO Live kan hjælpe med at karakterisere oplandet til et LAR-element (baseret på den nationale højdemodel, SCALGO befæstelseskort og GEUS jordartskort).

Boks 1: Typer af LAR-løsninger inkluderet

Værktøjet giver brugeren mulighed for at se effekten af syv enkeltstående LAR-løsninger, som tillader nedsivning, forsinkelse og fordampning af regnvandet fra et område.

Nedsivningselementer

Ved nedsivningselementer er den primære ønskede funktion nedsivning af regnvand til jorden. Jordens hydrauliske ledningsevne dikterer derved funktionen. Værktøjet dækker over følgende nedsivningselementer:

Regnbed: En simpel beplantet fordybning i terrænet, der er designet til at modtage regnvand fra oplandet og lade det nedsive. Fordybningen i terrænet udgør også regnbedets magasineringsevne.

Faskine: En underjordisk kassette. Faskinen er designet således at regnvand ledes via et rør til elementet, hvorefter regnvandet kan opstuve og nedsive.

Regnbed med underliggende faskine & regnbed med underliggende faskine og hævet drosselledning: Opgraderinger af det simple regnbed idet en faskine, enten med eller uden drosselledning, tilkøbes. Derved opnås et større opmagasineringsevne i forhold til det areal der anvendes. Mellem regnbedet og faskinen er der filtermuld med en høj hydraulisk ledningsevne.

Regnbedet med faskine beror på nedsivning som primært greb, og derved egner denne type sig til lokaliteter med gode nedsivningsforhold.

Regnbed med faskine og hævet drosselledning bruges i situationer hvor nedsivningsforholdene er utilstrækkelige, og tilføjer muligheden for at have et droslet overløb, til f.eks. et kloaksystem.

Forsinkelseselementer

Ved midlertidigt at opmagasinere regnvandet kan bortledningen af vandet ske med forsinkelse gennem en drosselledning. Forsinkelseselementer reducerer spidsbelastningen til recipient/kloaksystem.

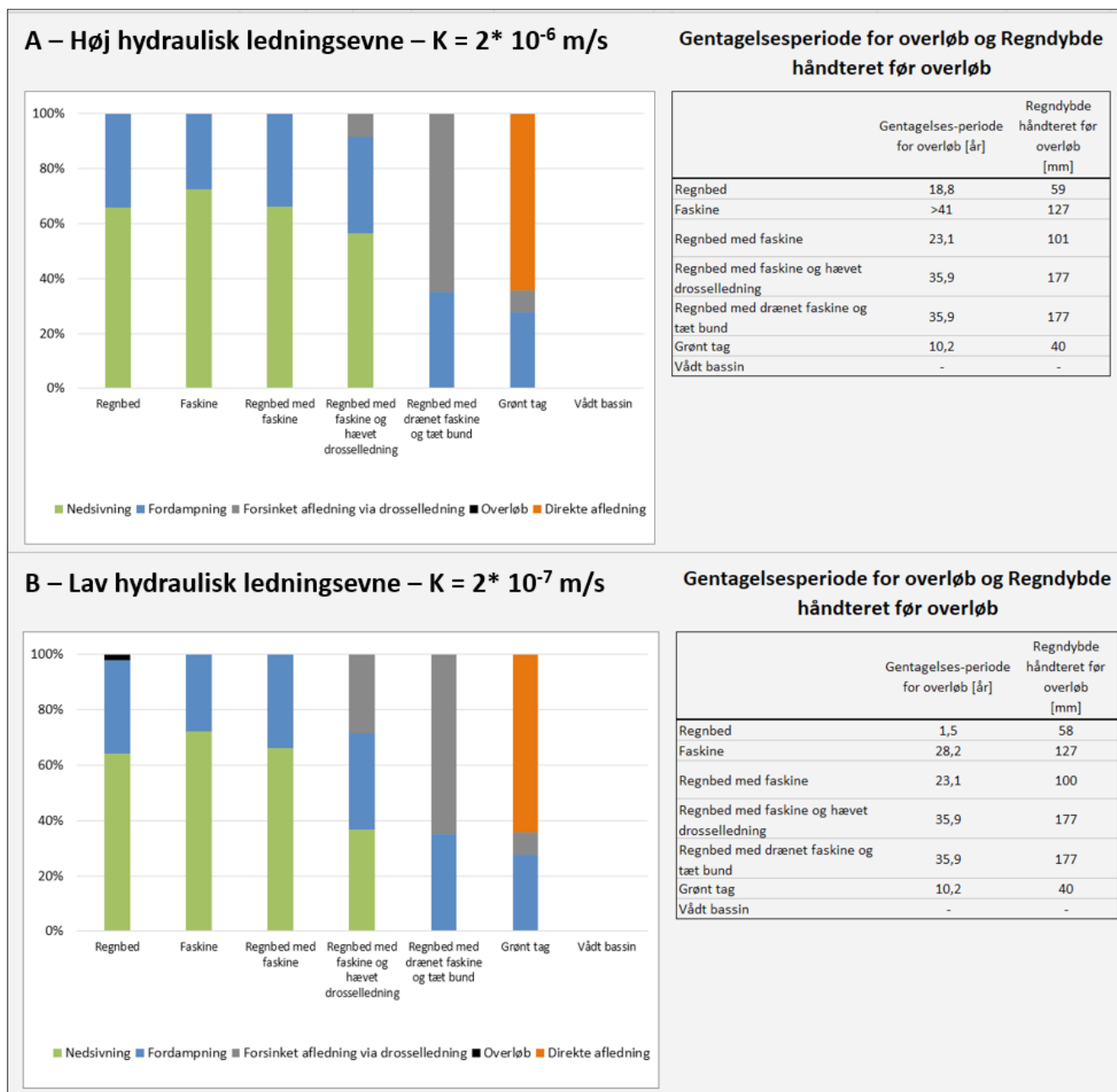
Regnbed med faskine, tæt bund og drosselledning: Hvis nedsivningsforholdene er meget dårlige (f.eks. i leret jord) eller hvis nedsivning helt skal undgås (pga. f.eks. højt grundvandsspejl) bruges denne løsning som lokal opmagasinering med kontrolleret droslet afløb til f.eks. kloaksystemet.

Vådt bassin: Et bassin med permanent vandspejl, der er designet til at modtage overfladeafstrømning fra et opland og langsomt lede vandet videre i systemet.

Fordampningselement

Værktøjet dækker over ét fordampningselement:

Grønt tag: Taget dækkes af et vækstmedium der holder en vis mængde regnvand tilbage, og et underliggende drænlag der leder overskydende regnvand væk fra taget. Grønne tage modtager som det eneste LAR-element ikke vand fra et opstrøms område, men blot tagets eget areal.



Figur 2. Resultater for det hydrologiske potentiale for hver LAR-løsning i de to scenarier A og B. Søjlediagrammet illustrerer den årlige vandbalance. Tabellen viser gentagelsesperioden for overløb og regndybden som hvert element kan håndtere før der sker overløb.

(f.eks. dybden af de forskellige lag i en løsning med faskine under et regnbed). Som bruger kan man skrue på parametrene inden for et angivet gyldighedsområde, der repræsenterer realistiske muligheder.

Præcision er ikke den afgørende faktor i den tidlige fase, og derved heller ikke i dette værktøj. Derimod er det udviklet til at være enkelt, hurtigt og nemt at bruge, samtidig med at det giver et realistisk billede af LAR-potentialet.

Eksempel på anvendelse

Som eksempel på hvordan LAR Potentiale kan bruges, vil vi tage udgangspunkt i en villavej, hvor der ønskes etableret vejbede til håndte-

ring af vejvandet (som samtidig kan bidrage med fartreduktion og forskønnelse). Figur 1 viser hvordan regnbedet kan tegnes ind i et værktøj som SCALGO Live, der kan hjælpe med at identificere oplandet til bedet (ud fra terrænet) samt hvilken andel af oplandet der består af vejflade (befæstelsesgraden). Der er tegnet et bed med et areal på 8,7 m², og SCALGO Live beregner at oplandet er ca. 222 m² med en befæstelsesgrad på 35%. Ifølge opslag i GEUS jordartskort er den altdominerende jordart i oplandet ler. Ler kan have meget varieret hydraulisk ledningsevne, og der bør udføres målinger på stedet for at fastsætte den lokale nedsivningsevne. Indtil da, bør screeningen udføres med både et optimi-

stisk scenarie, f.eks. $2 * 10^{-6}$ m/s, og et pessimistisk scenarie, f.eks. $2 * 10^{-7}$ m/s.

Ved indtastning af disse globale parametre i regnearket, uden at ændre på standarddesignparametrene for de forskellige LAR-elementer, fremkommer resultatoversigterne som vist i figur 2. Det ses, at i det optimistiske scenarie vil et simpelt regnbed forventes kun at løbe over ca. hver 19 år, og over 60% af årsnedbøren over oplandet vil nedsive, mens det resterende vil fordampe. I det pessimistiske scenarie derimod vil et simpelt regnbed løbe over ca. hvert 1,5 år, men ved at tilføje en faskine under bedet kan dette forbedres markant (til ca. 23 år).

Ud fra søjlediagrammet (Fig. 2) ses det, at

Boks 2: Bemærkninger til dimensioner og afløbstal

For at gøre de forskellige typer af regnbed med faskine sammenlignelige med det simple regnbed og med en simpel faskine, benyttes de samme dybder for overfladefordybningen (300 mm), filtermulden (500 mm) og faskinen (1000 mm). Der anvendes et afløbstal på 5 l/s/ha, og en drosselledning hævet 500 mm fra faskinens bund for regnbed med faskine og drosselledning, hvor der også finder nedsvivning sted. Givet det areal som LAR-løsningen kan optage, vil det våde bassin have et muligt volumen på 2.5-9 m³. Dette er ikke en meningsfyldt løsning i den givne situation, og den er derfor ikke medtaget.

den årlige fordampning for alle elementer er 25-28%. Fordampningen sker ikke primært fra selve LAR-anlæggene, men er i høj grad en følge af det initialtab der fordamper fra hele oplandet. For nedsvivningselementerne vil der årligt nedsvive 63-74% af regnvandet. For regnbed med faskine og hævet drossel er mængden der nedsviver (ca. 63%) og mængden der afledes med forsinkelse (ca. 6%) tilsammen ca. hvad vi ser for det tilsvarende element kun med nedsvivning. For alle LAR-løsningerne ud over det simple regnbed er gentagelsesperioden for overløb høj, og derved mindsker elementerne spidsbelastningen på afløbssystemet. For alle LAR-elementerne udgør overløbsvolumenet en forsvindende lille procentdel af den årlige vandbalance (0,5-1%).

Et grønt tag er ikke en relevant LAR-løsning i dette eksempel, men lad os ikke desto mindre se på hvad effekten af at anlægge et grønt tag med en tykkelse på 60 mm og samme areal (8,7 m²) ville være. Her ses det, at hovedparten af regnvandet stadig vil aflede direkte til afløbssystemet, og kun en meget lille del (8%) afledes med forsinkelse.

Afsluttende bemærkninger

Værktøjet giver brugeren mulighed for i den tidlige designfase af byudvikling, at lave hurtige kvantitative overslag på LAR-anlægs forventede funktion. Dette giver de bedste

forudsætninger for fra start af at få opstillet realistiske rammer for, og forventninger til, hvad LAR-anlægs effekt i et givet udviklingsprojekt er.

Værktøjet er udviklet til at beregne effekten af enkeltelementer, og det skal derfor bruges med omtanke og sammen med GIS-baserede værktøjer, som f.eks. SCALGO Live, for at sikre sig at faldforholdene muliggør at regnvandet kan strømme på terræn mod de områder man udser til LAR. Tilsvarende kan værktøjet bruges til screening af større oplande med mange ensartede LAR-elementer, så længe elementerne kan placeres fornuftigt så de har sammenlignelige andele af det samlede opland /9/.

Den fulde tekniske dokumentation af værktøjet og den underliggende database er dokumenteret i Lerer et al. /10/ og selve værktøjet kan tilgås på klimatilpasning.dk.

Referencer

- /1/ M. Faragò, S. Brudler, B. Godskesen og M. Rygaard. 2019. An eco-efficiency evaluation of community-scale rainwater and stormwater harvesting in Aarhus, Denmark. *J. Cleaner Production*, 219:601–612.
- /2/ C. F. Fratini, G.D. Geldof, J. Kluck og P.S. Mikkelsen. 2012. Three Points Approach (3PA) for urban flood risk management: A tool to support climate change adaptation through transdisciplinarity and multifunctionality. *Urban Water J.* 9(5):317–331.

- /3/ S.M. Lerer, K. Arnbjerg-Nielsen og P.S. Mikkelsen. 2015. A Mapping of Tools for Informing Water Sensitive Urban Design Planning Decisions—Questions, Aspects and Context Sensitivity. *Water* 7(3):993–1012.
- /4/ Københavns Kommune. 2012. Københavns Kommunes Skybrudsplan 2012, p. 27.
- /5/ H.J.D. Sørup, S.M. Lerer, K. Arnbjerg-Nielsen, P.S. Mikkelsen og M. Rygaard. 2016. Efficiency of stormwater control measures for combined sewer retrofitting under varying rain conditions: Quantifying the Three Points Approach (3PA). *Env. Sci. and Policy*, 63:19–26.
- /6/ J.S. Andersen, S.M. Lerer, A. Backhaus, M.B. Jensen og H.J.D. Sørup. 2017. Characteristic Rain Events: A Methodology for Improving the Amenity Value of Stormwater Control Measures. *Sustainability* 9(10):1793.
- /7/ S.M. Lerer, F. Righetti, T. Rozario og P.S. Mikkelsen. 2017. Integrated hydrological model-based assessment of stormwater management scenarios in Copenhagen's first climate resilient neighbourhood using the three-point approach. *Water* 9(11).
- /8/ S.M. Lerer, M.A. Vester, H.J.D. Sørup, K. Arnbjerg-Nielsen og P.S. Mikkelsen. 2015. Værktøj til vurdering af LAR-potentiale. *Vand & Jord*, 22(4):127–130.
- /9/ H.J.D. Sørup og S.M. Lerer. 2021. Principles for Distributing Infiltration-Based Stormwater Control Measures in Series. *Water* 13(8):1029.
- /10/ S.M. Lerer et al., "Constructing an inventory for fast screening of stormwater control measures hydraulic and hydrologic performances," under udarbejdelse med henblik på udgivelse i Blue-Green Systems.

CAMILLA CHRISTIANE JAKOBSEN (ccja@ramboll.dk) er rådgiver hos Rambøll

SARA MARIA LERER (sara@scalgo.com) er markedsansvarlig hos SCALGO

PETER STEEN MIKKELSEN (psmi@env.dtu.dk) er professor på DTU Miljø

HJALTE JOMO DANIELSEN SØRUP (hjds@env.dtu.dk) er Lektor på DTU Miljø