

Når byer etableres med bebyggelse, veje og andre impermeable overflader, ændres vandbalancen: mere regnvand strømmer af på overfladen og ledes væk via afløbssystemet, og mindre regnvand siver ned i jorden (hvorfra det fordamper eller siver ned til grundvandet). Traditionelle afløbssystemer er effektive til at fjerne det afstrømmende regnvand hurtigt, så det ikke skaber gener lokalt, men det har nogle omkostninger. Mange steder i Danmark blandes regnvandet med husspildevand i kloakken, hvilket medfører at renseanlæggende skal rense større mængder fortyndet spildevand og dermed spilde energi. Samtidig sker der stadig jævnligt udledninger af urensset spildevand (fortyndet med regnvand) til søer, åer og havet, når det regner.

Når byerne vokser, strømmer mere regnvand til afløbssystemet. Dermed bliver kloaksystemets relative kapacitet mindre, og der sker oftere oversvømmelser og udledninger til miljøet. Klimaændringerne peger i samme retning, idet fremtidens klima forventes at øge hyppigheden af de større regnhændelser. Især bekymringen omkring den øgede risiko for oversvømmelser har skabt et fokus på at forny afløbssystemerne og gentænke den måde regnvand håndteres i danske byer. I den forbindelse er der opstået en stor interesse for LAR.

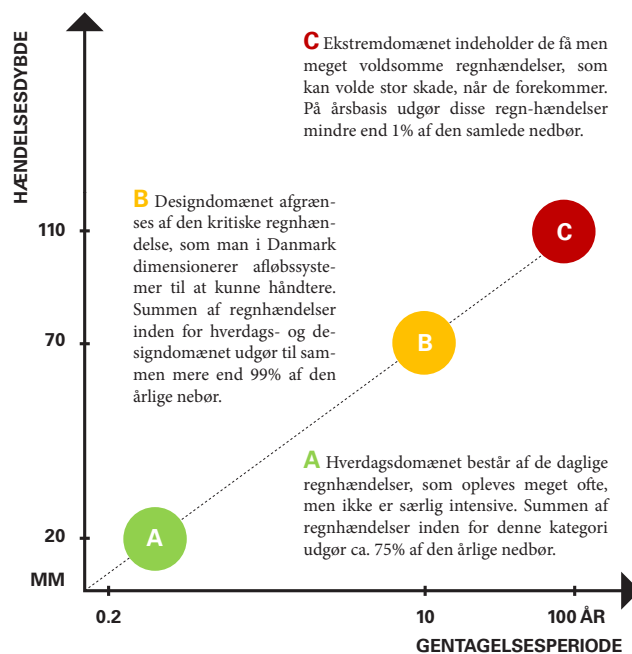
HVAD ER LAR?

Der findes ingen vedtaget definition af forkortelsen LAR. Oprindeligt stod den for **Lokal Afledning af Regnvand**, men senere blev det almindeligt at bruge den for **Lokal Anvendelse af Regnvand**. Nogle foreslår at bruge den som forkortelse for **Landskabsbaseret Regnvandshåndtering**. Alle tre begreber dækker over et koncept, der handler om at håndtere det regnvand, der falder på befæstede arealer i byen, tæt på hvor det afstrømmer, og på en måde hvor det er med til at skabe et mere attraktivt lokalmiljø med ”blå og grønne elementer”, dvs. med synligt vand og grønne planter. Håndteres vandet lokalt kan man også opnå fordele i den større skala: F.eks. reducere den daglige belastning af de eksisterende afløbssystemer. LAR er et dansk begreb, men problemstillingen og de visionære løsninger er internationale: i Storbritannien taler man om Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS), i USA om Low Impact Development (LID) og i Australien om Water Sensitive Urban Design (WSUD).

Konkrete metoder til lokal håndtering af regnvand, kaldes **LAR-elementer**, og er f.eks. faskiner, regnbede, grønne tage, trug og render, våde bassiner mv. LAR-elementer benytter naturlige processer som fordampning, nedsivning, opbevaring og sedimentering. De kan dels reducere den mængde afstrømmet regnvand, der skal bortledes og dels forbedre vandkvaliteten.

Videnskabeligt set befinder forundersøgelser med henblik på etablering af LAR, og udvikling af projekter med LAR sig i et krydsfelt mellem ingeniørvidenskab (statistiske analyser af regn, dimensioneringsregler for afløbssystemer), naturgeografi og geologi (det hydrologiske kredsløb, grundvandsforhold, sedimentologi og jordens nedsivningsevne) og landskabsarkitektur (æstetisk og rekreativ brug af blå og grønne elementer i byrummet, byplanlægning). LAR-løsninger trækker anvendelsesorienteret på viden fra forskningsfeltene med det mål at kunne skabe LAR-elementer i byerne, der lader naturprocesser som nedbør, fordampning, overfladisk afstrømning og nedsivning bidrage til lokalmiljøet i byen.

LAR-elementer kan ikke håndtere al regn, ligesom traditionelle afløbssystemer heller ikke kan det. Regnhændelser kan grupperes i tre domæner, der defineres ud fra deres hyppighed. Hyppigheden kvantificeres ved gentagelsesperioder: en regn med en gentagelsesperiode på f.eks. 10 år er en regn der statistisk set kun vil overgås i styrke en gang hver 10. år. Regn fra hverdags- og designdomænet står til sammen for ca. 99% af det årlige regnvolumen. Med andre ord håndterer afløbssystemet stort set al det vand, der falder på byens befæstede overflader. Hverdagsdomænet alene står for ca. 75% af det årlige regnvolumen. LAR-elementer, der er dimensioneret til at håndtere en regnhændelse på blot 20 mm, vil derfor have en signifikant effekt på vand-



balancen for det tilkoblede befæstede areal. Dertil kommer at et sådan LAR-element forventes at have en betydelig effekt på kvaliteten af det regnvand der sendes videre: LAR-elementet vil ”fange” den første fraktion af det afstrømmede regnvand, som oftest også er den mest beskidte, da det er den der ”vasker” byens overflader rene (en effekt der på Engelsk kaldes ”first flush”).

Afløbssystemer i Danmark er generelt dimensioneret til at kunne håndtere en regn, der er så stor at den statistisk set kun vil forekomme hver 5. eller 10. år. Derfor kaldes en regn med en gentagelsesperiode på 5-10 år for en designregn. Mindre regnhændelser, der f.eks. forekommer ca. 5 gange om året, benævnes som hverdagsregn, mens store og sjældne regnhændelser som kun optræder meget sjældent, f.eks. hvert 100. år, betegnes som ekstremregn. Hvis LAR-elementer helt skulle erstatte traditionelle afløbssystemer, så skulle de dimensioneres til at håndtere en 5-10 års regn. Dette ville kræve rigtig meget plads. Desuden har de fleste LAR-elementer den begrænsning, at når først deres kapacitet er opbrugt, så tager det meget lang tid før den re-etableres. I sammenligning med et område, der udelukkende er kloakkeret med traditionelle afløbsledninger, vil det derfor tage væsentligt længere tid før en oversvømmelse er borte. Derfor anbefales det altid at sikre, at der er en afledningsmulighed fra de lokale LAR-elementer og hen til en endelig recipient (i form af en sø, en å eller havet) eller til et afløbssystem.

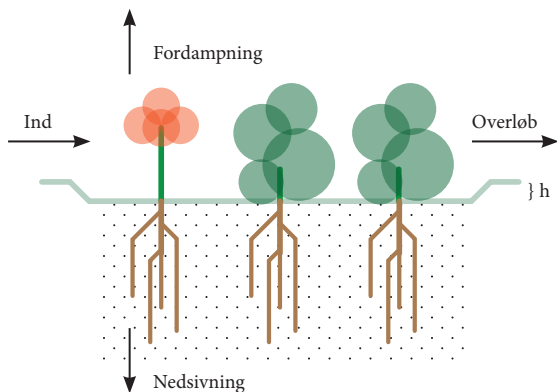
PROFESSIONELLE MÅLINGER

Feltmetoder til at måle effekten af LAR kan inddeles i to hovedgrupper: dem der handler om monitorering af vandets kvalitet og dem der handler om monitorering af vandmængder. I denne folder fokuserer vi på vandmængderne. (Angående vandets kvalitet, se den selvstændige folder herom).

Den mængde vand, der håndteres i et LAR-element, kan afgøres ved at opstille en simpel ligning for vandbalancen (massebalancen), hvor ændring i det magasinerede volumen (dS) skal modsvares af strømningerne ind (V_{ind}) og ud (V_{ud}):

$$dS = V_{ind} - V_{ud}$$

Hvis vi f.eks. betragter et regnbed, vil tilstrømning af vand afhænge af hvor stort et befæstet areal der er tilsluttet og hvor meget regn der falder, mens udstrømning vil ske via nedsivning til dybere jordlag, fordampning (via overfladen og planternes transpiration) og eventuelle overløb. Alle strømningerne er dermed funktioner af nogle naturlige fænomener som per definition har stor variabilitet. Ser man på fordampning så vil den afhænge af vejrforhold (som temperatur, luftfugtighed, vindhastighed mm.) såvel som af planternes type og tilstand samt den tilgæn-



gelige mængde vand i jorden. Ser man på nedsivningen, så vil den afhænge af jordtypen (muligheden for at nedsive i sand er meget forskellig fra den tilsvarende i ler) såvel som den forudgående mængde vand i jorden, påvirkning af planter og dyr (som kan skabe sprækker og kanaler i jorden), og hvor langt nede det overfladenære grundvandsspejl befinder sig (hvilket igen varierer hen over året).

Det er svært at måle **fordampningen** fra et regnbed. En kompliceret og dyr metode, der anvendes til forskning, kaldes en lysimeter. Det er en slags vægtskål, der monteres under hele regnbedet og løbende måler dets samlede vægt. Ændringer i vægten vil skyldes ændringer i vandindholdet. Hvis alle andre vandstrømninger ind og ud bliver reguleret eller målt, så kan resten tilskrives fordampning. Det er også svært at måle **nedsivningen** fra et regnbed. I kombination med et lysimeter kan man forsegle regnbedet nedadtil og dræne det infiltrerede vand kontrolleret til et punkt, hvor den nedsivede mængde måles.

I praksis måles de synlige variable: tilstrømning ind til bedet, overløb fra bedet samt vandstanden i bedet. Fordampning og nedsivning vil til sammen udgøre den resterende fraktion, uden at man har mulighed for at skelne de to strømninger.

Fuldskalaforsøg med "tvillingeoplande", hvor det ene opland er bygget efter almindelig skik (alt regnvand fra tage, fortove og veje ledes direkte til afløbsledninger), mens det andet opland forsynes med LAR-elementer (der forsinker og tilbageholder regnvandet inden det udledes til afløbsledninger), findes få steder i udlandet. Vandføring i den ledning, der samler alt regnvandet fra hvert opland, bliver målt kontinuerligt, og efter et år kan man lave statistik på hvordan de forskellige oplande reagerer på forskellige typer regn. I Conneticut i USA viste et studie, at den

årlige afstrømning fra det traditionelle opland var 366 mm mens afstrømningen fra LAR-oplandet kun var 86 mm (i forhold til en årsnedbør på ca. 1200 mm).

HVERDAGSREGN PÅ FELTFOD

Et mindre LAR-element som regnbed eller faskine er ret nemt og billigt at opføre. Spildevandskomiteen har udviklet et regneark til dimensionering af nedsivningsbaserede LAR-elementer. Her er det vigtigt at kende jordens nedsivningsevne. Denne kan også måles forholdsvis nemt når: man har adgang til at grave et hul i jorden, en stor beholder med vand man kan hælde i, en målepæl til at måle vandstanden og et ur til at time målingerne med. Det kan anbefales at udføre nedsivningstesten flere gange i trækk og flere steder i nærheden af hinanden og se hvor meget resultaterne varierer. Er det muligt at etablere et regnbed, anbefales det at designe indløb og udløb med en lille overløbskant så man kan måle vandføringen, samt installere en målepæl i fordybningen, så man kan aflæse vandstanden.

- 1) Grav et hul med lodrette sider (gerne svarende til hvor bunden af LAR elementet skal være) . Mål overfladearealet.
- 2) Hæld vand i hullet og mål højden fra bund til vandspejl (h_0)
- 3) Efter et stykke tid (dt) måles vandhøjden igen (h_t)
- 4) Nedsivningsevnen, k , kan beregnes som: $k = (h_0 - h_t) / dt$
- 5) Forsøget gentages forskellige lokaliteter tæt på hinanden

DATA OG LITTERATUR

SVK skrifter og regneark, herunder regnearket til dimensionering af LAR-elementer, kan findes på ida.dk/content/spildevandskomiteen.

Rørcenteret anvisning 016 for håndtering af regnvand på egen grund kan downloades på teknologisk.dk.

En oversigt over LAR projekter i Danmark kan ses på hjemmesiden www.laridamark.dk.

Brøndby kommune har LAR-demonstrationsprojekter der kan besøges, se regnruten.dk.



Faglig bidragsyder: Sara Maria Lerer og Hjalte Jomo Danielsen Sørup, DTU Miljø - Institut for Vand og Miljøteknologi, Danmarks Tekniske Universitet - juni 2016



Redaktør: Pernille Ehlers, Rødovre Gymnasium
Layout: Tor-Olof Johansson, Dansk Byplanlaboratorium



Tilskud fra undervisningsministeriets udlodningsmidler



LOKAL AFLEDNING
AF REGNVAND
BYENS HVERDAGSREGN