



Opstuvning på terræn

LAR-metodekatalog

Oktober 2011

Aarhus Kommune

Opstuvning på terræn

Oktober 2011

Ref Opstuvning på terræn

Udarbejdet af:

- Rambøll Danmark A/S

Indholdsfortegnelse

1.	DATABLAD	1
2.	GENEREL BESKRIVELSE	4
2.1	Opbygning og funktion	4
2.2	Krav fra myndigheder	11
2.3	Renseeffekt	11
2.4	Landskab og beplantning	12
2.5	Begrænsninger for anvendelsen	12
3.	ANLÆGSDELE	15
4.	DIMENSIONERING	19
4.1	Fysisk udformning	19
4.2	Hydraulisk dimensionering	20
5.	DRIFT OG VEDLIGEHOLD	22
6.	ØKONOMI	23
7.	REFERENCER	25

1. DATABLAD

Ved opstuvning på terræn indrettes områder, så regnvand kan stuve midlertidigt op på befæstede eller grønne arealer under nedbør. Hermed forsinkes og evt. nedsives vandet, inden det ledes til f.eks. LAR-anlæg eller til afløbssystemet. Der er normalt opstuvet vand på terræn nogle timer til 2-3 dage efter et regnvejr. Herefter er arealet tømt for vand og kan indgå i den normale brug af området indtil næste regnvejr.

På både befæstede og ubefæstede grønne arealer forsinkes regnvandet ved at drosle afløbet fra arealet, hvorved regnvandet stuver op. På ubefæstede arealer kan der under det indrettede område være sand/grus og yderligere en faskine, som fremmer forsinkelsen og nedsivningen af vandet.

Arealer til opstuvning af vand på terræn kan udføres ved at sænke arealet, etablere høje kantsten eller støttemure eller ved at regulere højden på terrænet.



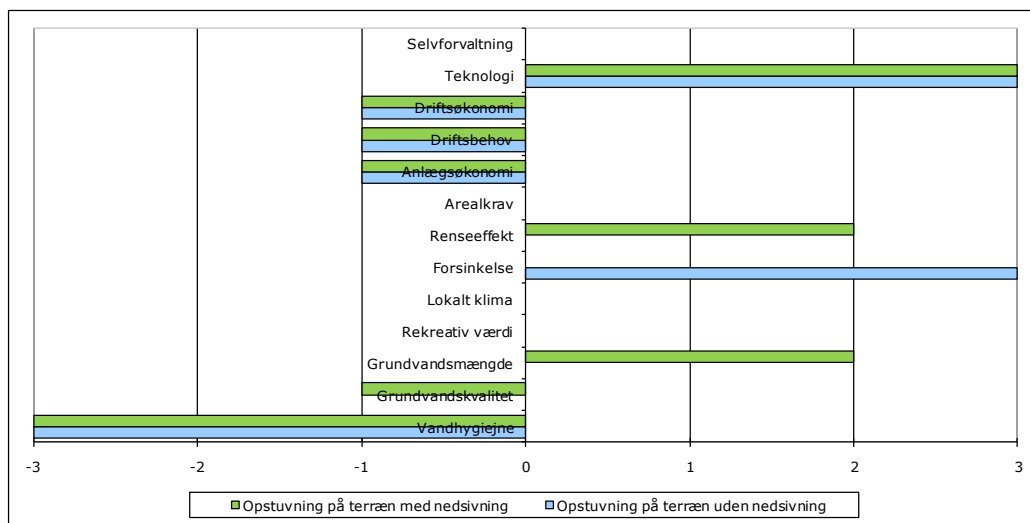
Figur 1.1 Eksempel på areal til opstuvning af vand.

Opstuvning på terræn kan anvendes på mindre arealer ved parcelhuse, men vil nok have mere berettigelse på større anlæg som skoler, industri, boligforeninger, karrébebyggelser, rekreative områder mv. Eksempler på egnede arealer til midlertidig opstuvning er f.eks. sænkede pladser, boldbaner og p-arealer. Mange arealer benyttes alligevel ikke under regnvejr. Det vil derfor ikke være til gene, hvis der stod vand nogle timer i f.eks. en del af et gårdrum.

Opstuvning på terræn bruges, hvor der er behov for at forsinke og evt. nedsive større mængder regnvand, så disse ikke overbelaster kloakken og recipienten. Opstuvning på terræn kan i mange tilfælde kombineres med LAR-metoder, se f.eks. Metodebeskrivelserne om Faskiner og Regnbede.

		a) Befæstet areal	b) Ubefæstet areal
Væsentligste egenskaber	Reduktion af vandvolumen Reduktion af intens regn Fjernelse af suspenderet stof Fjernelse af kvælstof Fjernelse af tungmetaller Fjernelse af oliestoffer Fjernelse af pesticider Landskabelig værdi	Ingen Høj Lav / Ingen Ingen Ingen Ingen Ingen Ingen / Lav / Høj Afhænger af udformning og materialevalg	Lav - middel Høj Middel - høj Lav Middel - høj Middel - høj Høj Lav - Middel
Drift og vedligehold	a) Som for et almindeligt befæstet areal Rengøring og fejning af arealer efter opstuvning Behov for spuling af evt. drænledninger og tømning af sandfangsbrønde b) Opsamle affald Tilsyn og rensning af sandfangsbrønd Græsslåning af skrånninger Inspicere skrånninger for skader Oprense bundfældet materiale		
Fordele	a) a)+b)	Økonomisk fordelagtigt ved nyanlæg af pladser mv. Arealet kan udnyttes rekreativt og indgå i den normale brug af arealet, når der ikke er opstuvet vand. Magasinerer og forsinker vandet inden udløb til afløbssystem eller recipient Reducerer vandhastighed i udløbet, så erosion af recipient undgås	
Ulemper	a) b)	Nogle belægninger kan kun tåle opstuvning i et begrænset tidsrum Borgere skal vænne sig til vand på terræn ved nedbør Kan være dyrt at omdanne eksisterende arealer Kan blive uæstetisk ved dårlig forrensning og/eller manglende oprensning af bundfældet materiale Gener fra fluer og myg fra bundfældet materiale kan forekomme Relativ ringe renseseffekt i forhold til våde bassiner	
Økonomi	a) b)	Lave anlægs- og driftsudgifter. Høje anlægsudgifter og lave til middel driftsudgifter	

Tabel 1.1 Metodeoversigt.



Figur 1.2 Samlet vurdering af egenskaber.

Samlet vurdering af egenskaber for opstuvning på befæstet og ubefæstet terræn i forhold til afledning af regnvand direkte til regnvandssystem eller recipient ses af figur 1.2. Hvor der ikke er angivet nogen værdi, vurderes metoden ikke at have nogen væsentlige fordele eller ulemper i forhold til at lede regnvandet direkte til regnvandssystem/recipient.

2. GENEREL BESKRIVELSE

2.1 Opbygning og funktion

Ved opstuvning på terræn indrettes lokale områder, hvor det kan accepteres, at regnvand stuver op på terræn. Dermed forsinkes vandet, og risikoen for oversvømmelser/overbelastning andre steder mindskes. Metoden bruges mange steder i udlandet. Arealer til opstuvning er mindre lavninger, der typisk har én funktion under tørvejr (f.eks. en lille afgrænset boldbane) og en anden midlertidig funktion som regnvandsbassin under kraftig nedbør. Normalt vil det opstuede vand have en dybde på 5-30 cm.

Metoden kan primært bruges på pladser (f.eks. åbne byrum, P-pladser, rekreative områder, lege- og opholdsområder, gårdrum) eller på andre arealer uden kørende trafik. Opstuvning på kørebaner accepteres normalt ikke.

Områder til midlertidig opstuvning kan ofte udføres på en simpel måde, f.eks. ved at indrette arealer, som er lidt sænkede i forhold til det omgivende terræn. Niveau-spring kan etableres på mange måder, f.eks. ved at etablere kantsten og/eller regulere terrænet i bløde kurver.

Normalt dimensioneres regnvandsafledning i et område således, at nedbørsmængder op til en vis mængde kan afledes med det samme via kloakken hhv. regnvandssystemet. Når det regner kraftigere end denne fastsatte dimensionsgivende nedbør, kan regnvandet ikke ledes væk i kloakken og vil derfor stuve op lokalt, til der er plads i kloaksystemet igen. Ved nærværende metode indrettes / anvendes befæstede og ubefæstede områder således, at opstuvning lokalt kan accepteres at ske meget oftere end normalt.

Ved en hensigtsmæssig udformning og dimensionering kan der ofte spares en del af de traditionelle dyre kloakløsninger med store og dybe ledninger, som ellers skal føre al regnvand hurtigt videre.

Fordelene er størst ved:

- nyetablering eller større renoveringer/omdannelser af områder.
- tidlig indtænkning i projektet for en konkret opgave. Ved tidlig fokus på indretning af lokale arealer, hvor vandet må stuve op, kan der være større besparelser i forhold til en traditionel kloakløsning.

Opstuvning på terræn har fællestræk med flere af de andre metoder. Se metodebeskrivelserne for Rander og grøfter og Regnbede.

For at tilbageholde / opstuve regnvandet midlertidigt skal afløbet drosles, jf. Metodebeskrivelsen om Drosling af afløb.

Anvendelsen af områder med opstuvende vand skal altid ske under hensyn til trafik-sikkerhed og tilgængelighed på arealerne, under og indtil vand på områderne er forsvundet igen. Der kan efter opstuvningen af vand være behov for ekstra rengøring af arealerne.

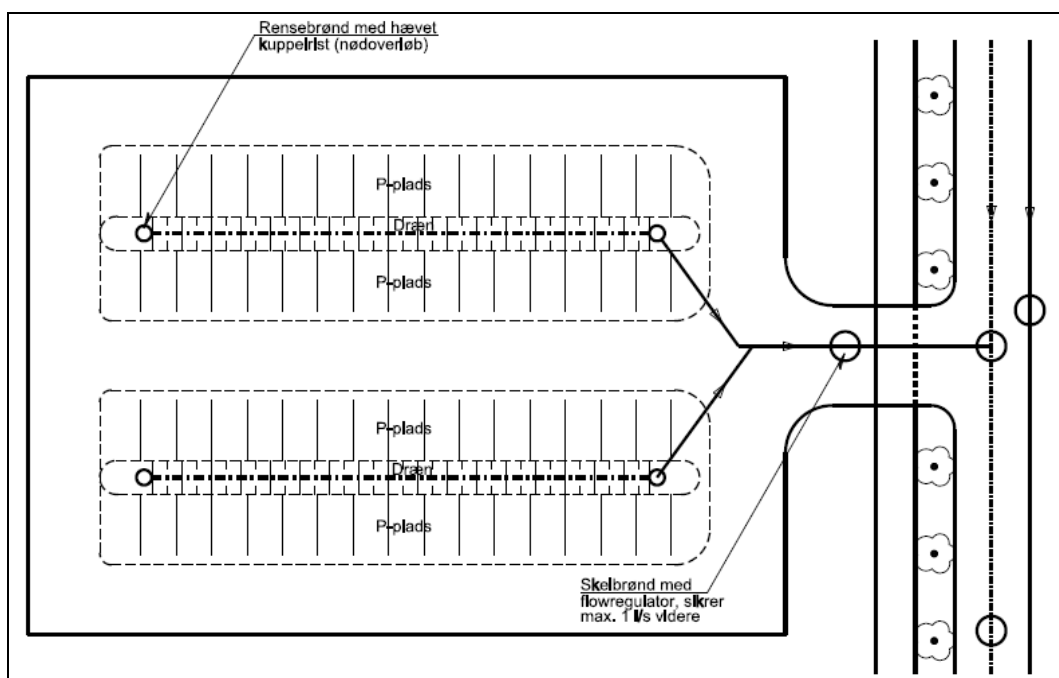
Nedenfor er vist forskellige eksempler på pladsarealer, hvor opstuvning under nedbør kan tillades:

- Parkeringspladser, oplagspladser mm.
- Rekreative arealer og pladser
- Boldbaner / multibaner
- Skaterbaner
- Ubefæstet areal

P-pladser, oplagingspladser mm.

Parkeringsarealer, oplagspladser og lignende store arealer kan indrettes, så kortvarig opstuvning kan accepteres.

Figur 2.1 viser et eksempel på en mindre parkeringsplads, som indrettes med to langsgående arealer, hvor vandet kan stuve op under nedbør, og hvor der er etableret et kraftigt droslet afløb til hovedkloakken. Udførelsmæssigt kan opstuvningsgrøften udføres på mange måde.



Figur 2.1 Eksempel på område med frit vand mellem parkeringspladserne under nedbør.

Rekreative arealer og pladser

Anvendelsen af lege- og opholdsområder i byen vil ofte være meget begrænset i perioder med regnvejr. Mange steder kan man derfor indrette dele af områderne med forsænkede arealer, hvor man accepterer oversvømmelse i perioder. Det skal i hvert enkelt tilfælde vurderes, hvor lang tid området kan være vanddækket.

Ved indretning af lege- og opholdsområder, både med og uden fast inventar, er der et utal af spændende muligheder.

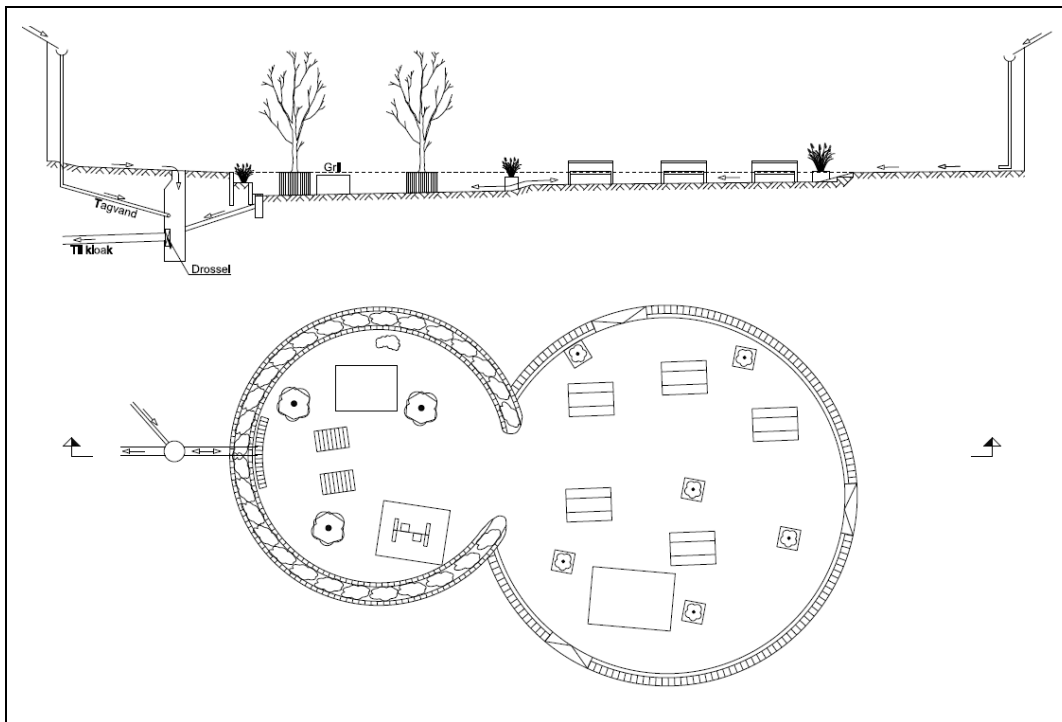
Figur 2.2 viser et eksempel på en plads, som er udført som et sænket areal, der kan oversvømmes periodevis.



Figur 2.2 Eksempel på en plads, som er udført i sænket niveau og anvendt til regnvand under kraftigt nedbør.

Det bør overvejes at indrette områder i flere forskellige niveauer, så mindre nedbør ikke oversvømmer et stort område med 3 cm vand, men i stedet oversvømmer et mindre areal med f.eks. 50 cm. Figur 2.3 viser et gårdmiljø, hvor der er indrettet to niveauforskudte opholdsarealer og med fast inventar i oversvømmelsesområdet.

I eksemplet er der etableret to murede grillpladser samt et gyngestativ i det område, som oftest er oversvømmet, mens det lidt højere beliggende areal med borde og bænke kun sjældnere oversvømmes. Inventar, planter mv. vælges under hensynstagen til den periodevise oversvømmelse. Tagvand fra karréerne kan strømme i åbne kanaler eller grøfter hen til det sænkede areal, ligesom løsningen kan kombineres med nedsivning via faskiner eller regnbede.



Figur 2.3 Princip for gårdrum med to forskudte rum, hvor opstuvning kan ske.

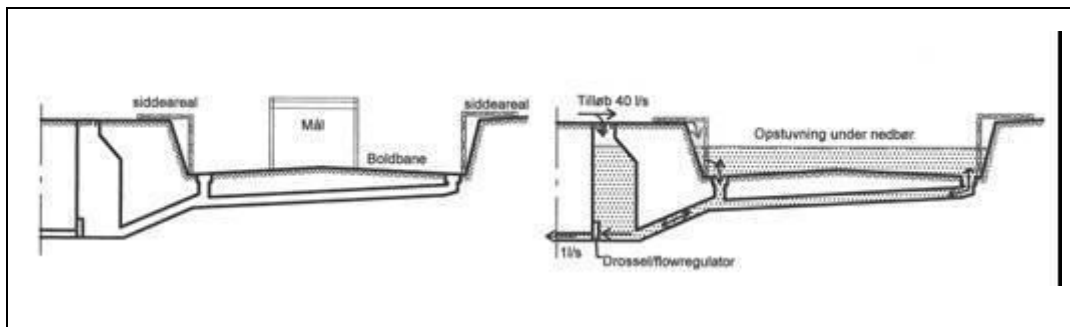
Indretning af f.eks. et gårdrum i flere lidt forskudte niveauer vil give et langt hyggeligere og rarere miljø for både voksne og børn. Ved udformning af anlæg skal den normale funktion af området (dvs. i tørvejr) vurderes i forhold til, hvor tit og hvor længe arealet må forventes at være oversvømmet.

Boldbaner/multibaner

Mindre boldbaner og lignende legeområder anvendes sjældent under nedbør. Regnvand fra tagflader og tilstødende asfaltarealer kan ledes til en sænket boldbane, hvor det forsinkes før det ledes videre via et droslet afløb, jf. figur 2.4 og 2.5.



Figur 2.4 Eksempel på boldbane, der kan bruges til opstuvning.



Figur 2.5 Sænket boldbane på skole vist i tørvej og under nedbør.

Skaterbaner

Skaterbaner er områder som sjældent benyttes i regnvejr. De vil kunne udformes således, at oversvømmelse kan accepteres under nedbør, jf. figur 2.6.



Figur 2.6 Eksempler på skaterbaner, som kan indrettes til opstuvning af regnvand under nedbør.

Ubefæstet areal

Opstuvning på ubefæstet terræn etableres typisk som et græsklædt areal med relativt flade skråninger og en svagt hældende bund fra tilløb mod udløb. Arealet kan i tørvejr anvendes til boldbaner, legepladser mv.

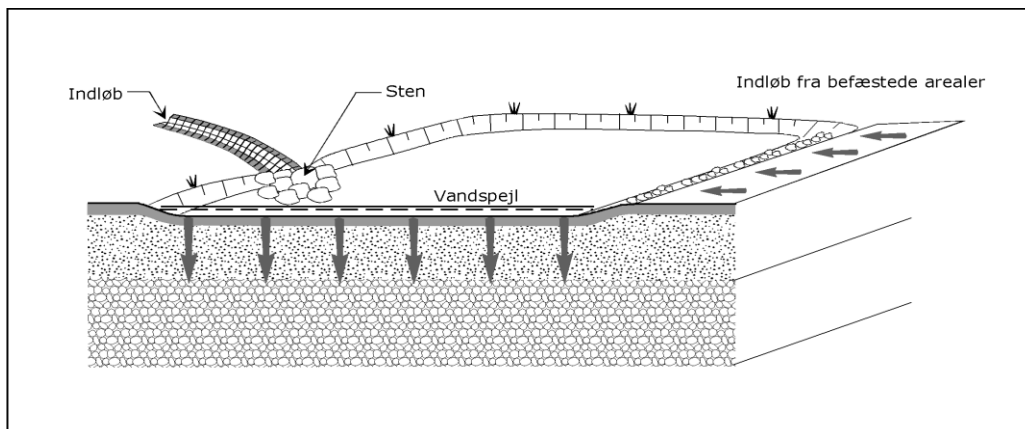
Bunden af arealet kan være græsklædt eller dækket af grus/mindre sten. Ved en græsklædt bund vil arealet fremstå som en del af det omgivende terræn, når det er tørt. Omvendt er der risiko for, at græsset samler aflejret materiale, og kan tage skade af vandet, ved hyppige oversvømmelser. Grus og sten i bunden betyder umiddelbart mindre vedligeholdelse, men også at arealet fremstår tydeligere i landskabet. Der er endvidere risiko for at sand og mindre affald forsvinder mellem stenene og på sigt forringer nedsivningsevnen. Figur 2.7 viser et billede af et areal med sten i bunden, der er anlagt i et boligområde.



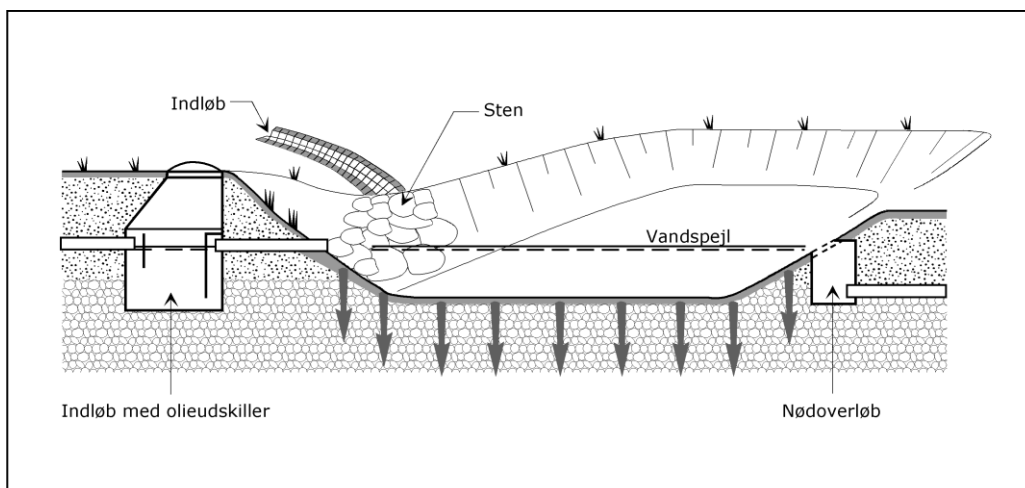
Figur 2.7 Eksempel på areal med sten i bunden.

Under bunden af arealet kan der være en faskine til yderligere at magasinere og nedsive vandet.

Figur 2.8 og 2.9 viser eksempler på ubefæstede arealer med nedsivning.



Figur 2.8 Eksempel på ubefæstet areal med nedsivning og tilløb via en rende og befæstede arealer.



Figur 2.9 Eksempel på ubefæstet areal med nedsivning, tilløb via rende og underjordisk rør. Afløb via nødoverløb.

Regnvandet kan ledes til det ubefæstede areal via render direkte fra tagnedløb, strømme af fra de omkringliggende arealer eller fra vejbrønde eller overløb fra andre regnvandsanlæg. Inden vandet ledes til arealet skal sand og grovere partikler være fjernet. Det kan enten ske ved, at vandet strømmer over ru overflader, ved at vandet passerer en rist og en sandfangsbrønd eller et åbent sandfang. Se metodebeskrivelse om Sandfangsbrønde og Åbne sandfang.

Afløbet sikres mod udledning af bundfældet materiale ved at udforme bunden ved udløbet med en ru overflade, f.eks. med håndsten og etablere en lille sump med et dykket udløb. Der skal etableres en sikkerhedsrist foran frilagte større tilløbs- og afløbsrør, så børn, hunde mv. ikke kan kravle ind i rørene.

Hvis arealet ligger lavt kan der være risiko for, at vandet fra kloakken eller recipienten under et regnvejr støver tilbage. For at undgå dette placeres der til sidst en

brønd, hvor afløbet og nødoverløbet er forsynet med en kontraklap, så vandet fra kloakken eller recipienten ikke kan løbe tilbage på arealet.

Der er mulighed for at placere flere mindre arealer indpasset i området, så hvert areal ikke bliver for stort. Arealerne kan da have overløb til et fladt, grønt område, hvor overløbsvandet kan sive ned. Det er også muligt at kombinere med våde bassiner, så de våde bassiner optræder som en eller flere fordybninger på arealet. Hermed øges både den landskabelige værdi og levedulighederne for planter og dyr. Se også Metodebeskrivelsen om Våde bassiner og damme.

2.2 **Krav fra myndigheder**

Opstuvning på terræn vil i mange tilfælde skulle kombineres med andre LAR-løsninger eller forsinkelsesmetoder, som f.eks. render/grøfter, drosling af afløb, faskiner m.v., som kræver tilladelse efter bygge og miljølovgivningen, såfremt regnvandet ønskes nedsivet, udledt til recipient eller tilsluttet kloaksystemet.

Med hensyn til tilladelser der er nødvendige efter miljøbeskyttelsesloven og byggeloven ved etablering af LAR-løsninger henvises til notatet:

”Generelle krav fra myndigheder ved etablering af LAR. Hvad skal der ansøges om? Og hvad må jeg selv udføre?”

I Aarhus byrum lægges bl.a. vægt på fremkommelighed, sikkerhed, tryghed, komfort, drift og funktionalitet.

Det er vigtigt, at arealer befæstes, således at fodgænger- og opholdsarealer er jævne, faste og skridsikre. På offentlige vej og parkarealer skal det sikres, at der er en god tilgængelighed for gangbesværede, og det kan stille særlige krav til udformningen af arealer, som anvendes til opstuvning af vand under nedbør.

Høje kantsten / niveauspring på arealer, hvor der sker kørsel, skal nøje vurderes i forhold til passage for gående - herunder handicappede - men også vurderes i forhold til trafik og fare ved påkørsel.

2.3 **Renseeffekt**

Når regnvandet støver op på terræn vil en del materiale bundfældes på arealet. De befæstede arealer bør derfor fejles efter hver opstuvning, så sand, partikler mv. fjernes inden næste regnskyl. Opstuvning på befæstede arealer vil derfor kun føre til en begrænset rensning af vandet ved at stofferne bundfældes og bindes til det bundfældede materiale. Der vil kunne ske en mindre tilbageholdelse af suspenderet stof, når der fejles efter hvert regnskyl.

Jævnlig tømning af vejbrønde og især gadefejning fjerner store dele af en forurening på de befæstede arealer. Denne ”rensning ved kilden” anbefales ofte i andre lande i stedet for anlæg til rensning.

Der sker en vis rensning af regnvandet på de ubefæstede arealer ved at stofferne bundfældes, bindes til det bundfældede materiale og fordamper. Der sker endvidere en rensning via et lille optag af stoffer i græsset og en nedbrydning vha. sollys. Hvis

der sker nedsivning fra det ubefæstede areal, sker der også en vis rensning af vandet, når det passerer igennem jordlagene. Her vil der yderligere ske en filtrering gennem jordlagene og en binding af stofferne til jorden.

I tabel 2.1 er der givet en vurdering af, hvordan opstuvning på terræn rens vandet for forskellige stoffer. Vurderingen er inddelt i tre klasser: høj, middel og lav.

	Suspenderet stof	Tungmetaller	Oliestoffer	Pesticider
Befæstet areal	Ingen - lav	Ingen	Ingen	Ingen
Ubefæstet areal	Middel - høj	Middel - høj	Middel - høj	Høj

Tabel 2.1 Oversigt over rensning af regnvandet ved opstuvning på terræn.

2.4 Landskab og beplantning

Tilbageholdelse af vand på terræn ved at anvende kantsten eller andre former for niveauspring vil ofte kunne udformes, så anlægget fremtræder forholdsvis anonymt under tørvejr, og så funktionen kun konstateres ved nedbør, jf. eksemplerne i afsnit 2.1.

Opstuvning kan indpasses i det omgivende miljø. Hvor det er i byrum af rekreativ betydning, vil det være nærliggende at kombinere opstuvning på terræn med LAR- eller forsinkelsesmetoder, så som render og grøfter, regnbede eller bassiner. På denne måde kan opstuvning på terræn lede regnvandet til andre løsninger, hvor det også kan have en legende og inspirerende funktion.

De ubefæstede arealer er ofte dækket af græs, der kan være blandet med andre planter. Disse planter kan fremme arealets landskabelige værdi, stabilisere skrænterne, forhindre erosion og fungere som levested for naturlige planter og dyr. For mere detaljeret information henvises til Metodebeskrivelsen om Render og Grøfter. Frøblandinger med engvegetation kan være en god løsning, idet vedligeholdelsen begrænser sig til slåning en enkelt gang i efteråret, og der kan opnås et særligt udtryk i området.

Med flade skrænter og passende beplantning minimeres risikoen for ulykker. Indhegning bør undgås, eftersom områdets herlighedsværdi derved mindskes og samtidig besværliggør arealets og beplantningens vedligehold. Desuden hænger affald og død vegetation fast i hegnet, ligesom det forhindrer større dyr i at krydse området.

Større synlige ind- og udløbsrør, skal af sikkerhedshensyn være forsynet med rist. Redningskrans kan evt. være tilgængelig, hvis vanddybden kan overstige 1,2 m. Oplysningstavler kan være med til at informere brugere af området om arealets funktion. Dette er særligt vigtigt, hvis arealet samtidig tjener andre formål.

2.5 Begrænsninger for anvendelsen

I tabel 2.2 er opstuvning på tætte befæstede arealer vurderet i forhold til en række lokale faktorer, som kan begrænse, ændre eller påvirke udførelsen eller driften. I tabel 2.3 er vist vurderingen for ubefæstede arealer.

Faktor	Påvirkning af anvendelse
Grundvand	Der sker ikke nedsivning af vand. I områder, hvor grundvandsspejlet står højere end bunden af et fast belagt sænket areal, skal man være opmærksom på risiko for opskydning af bunden på grund af vandtryk.
Jordbundsforhold	Ingen
Pladsforhold/arealkrav	Opstuvning på terræn udnytter eksisterende arealer og kræver således ikke ekstra plads. Det er vigtigt at sikre, at der ikke sker opstuvning på arealer, hvor der er kørende trafik, eller hvor det vil give anledning til gener for mennesker, huse, beplantning, inventar eller andet. Ved opstuvning langs kantsten er det vigtigt at vælge en udformning og et sted, hvor vandet ikke generer hverken i form af aquaplanning, sprøjt, kritisk niveauspring for cyklister eller gående eller giver glatføreproblemer om vinteren.
Forurening i jorden	Ingen

Tabel 2.2 Oversigt over forhold, der kan påvirke eller begrænse anvendelsen af opstuvning på tætte befæstede arealer.

Faktor	Påvirkning af anvendelse
Grundvand	Arealet skal ligge over grundvandsspejlet. Grundvandsspejlets maksimale niveau på stedet kan derfor begrænse den mulige dybde af opstuvningen og dermed volumen. Ved placering i meget sårbare grundvandsindvindingsområder, kan der kræves, at arealet forsynes med en tæt membran.
Jordbundsforhold	Arealet kræver, at jorden er stabil ved de valgte skråninger og vandspejlsvariationer, og kan således ikke anlægges i dynd, tørv, affald, plastisk ler eller lignende materialer.
Pladsforhold/arealkrav	Arealet kan nemt indpasses i grønne friarealer, men kræver meget plads på grund af de flade skråninger.
Forurening i jorden	Der kan som udgangspunkt ikke nedsives vand i områder med forurenede jord, da der er risiko for, at forureningen ledes ned til grundvandet. En stor del af Aarhus by er områdeklassificeret, dvs. jorden vurderes at være lettere forurenede. Forureningen ligger typisk i de øvre jordlag og består af komponenter, som er bundet hårdt til jorden. Nedsivning kan som regel også tillades her, når blot der tages hensyn til den konkrete forurening (f.eks. nedsivning etableres under de øvre jordlag). Kommunen skal altid foretage en konkret vurdering i det enkelte tilfælde. Regnvand kan indeholde forurenende stoffer, som kan afsættes i jorden, når regnvandet nedsives. Der kan dermed ske en ophobning af forurenende stoffer i jorden, hvilket kan betyde, at der skal tages særlige forholdsregler ved efterfølgende håndtering af jorden.

Tabel 2.3 Oversigt over forhold, der kan påvirke eller begrænse anvendelsen af opstuvning på ubefæstede permeable arealer.

Det vil kræve en vis tilvænning at have vand på terræn, idet borgerne vil tro, at det er en tilstopning af kloakken, som medfører, at der stuver vand op på f.eks. en del af en parkeringsplads.

Det kan derfor overvejes at udforme anlæggene og informationen, så det fremgår, at her vil der ske opstuvning under nedbør, og at det ikke er en fejl.

3. ANLÆGSDELE

De væsentligste anlægsdele i opstuvning på terræn omfatter:

- Befæstet eller ubefæstet areal
- Sandfang
- Indløbsbygværk
- Udløbsbygværk
- Flowregulator
- Kontraklap

Befæstet eller ubefæstet areal

Opstuvning på terræn kræver, at der etableres en lavning og en begrænsning, som holder vandet der, hvor det må stuve op, og at afløbet drosles, så det sikres, at vandet tilbageholdes som planlagt og ledes langsomt videre til LAR-anlæg, recipient eller hovedkloak.

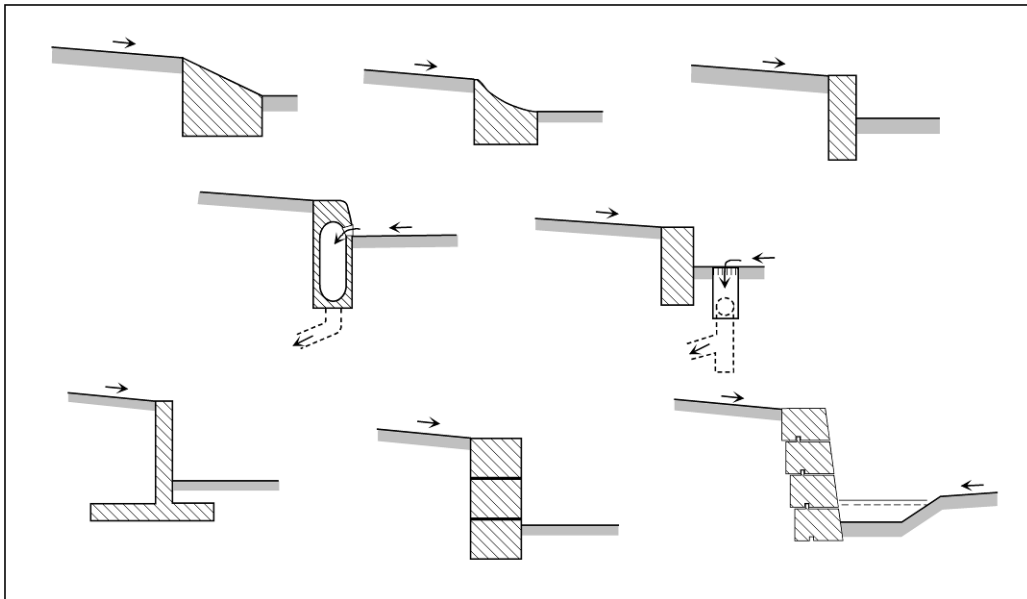
Det kan overvejes at etablere et nødoverløb, som sikrer, at der maksimalt kan stuves vand op til en bestemt højde, f.eks. 30 cm.

Der kan anvendes almindelige udendørsmaterialer til faste belægninger, afløbsanlæg, kantbegrænsning mv. Almindelige materialer til udendørs brug vil normalt kunne tåle, at de periodevis i kortere tid står under vand.

Ubefæstede arealer kan tilsås med græs eller beklædes med grus/sten. Arealet skal ligge over højeste grundvandsspejl. På arealer, som modtager vejvand og/eller ved meget sårbare grundvandsforekomster, kan der etableres en tæt membran i bunden op til maks. vandspejl. En sådan membran kan i så fald etableres - enten som en plastmembran eller en lermembran, i henhold til DS/INF 466. Aarhus Kommune har en arbejdsprocedure for etablering af dokumenterede tætte lermembraner i regnvandsbassiner /6/.

Arealer med nedsivning kan evt. etableres med en faskine under arealet. Vedrørende en eventuelt underliggende faskines funktion og udformning henvises til Metodebeskrivelsen om Faskiner.

Større niveauforskelle skal etableres i flere spring, ved at lade terrænet skråne eller ved deciderede støttevægge. Der findes forskellige betonsten, som kan opbygges til støttevægge i op til flere meters højde, jf. figur 3.1 nederste række.

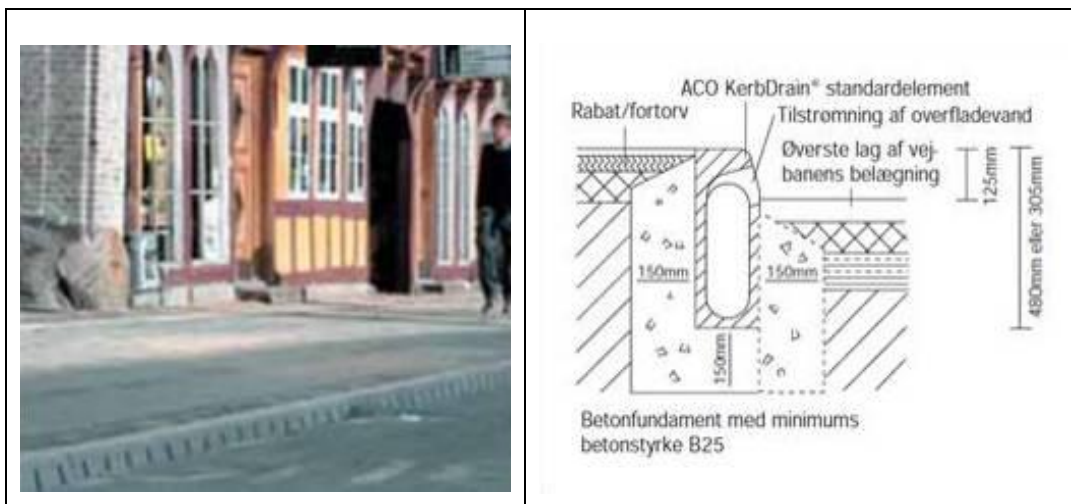


Figur 3.1 Eksempler på forskellige kanter til opstuvning af vand

På figur 3.1, midterste række, er vist to figurer med afvanding. Figuren til venstre viser afvanding via en special hul kantsten, og figuren til højre viser en drænrende med rist og afløb til kloak placeret ved en kantsten

Den hule kantsten fungerer principielt som en sammenbygget drænrende og kantsten. Der er huller ind i kantstenen med jævne mellemrum, og de hule kantsten kan benyttes, hvor der ikke ønskes langsgående afvandingsriste. Figur 3.2 viser et eksempel på en hul kantsten. Hvis der lægges nyt slidlag på vejbanen, skal det sikres, at vandet stadig kan løbe væk gennem hullerne i kantstene. Alternativt skal kantstenen hæves.

Afhængig af faldforholdene kan der udnyttes et mindre forsinkelsesvolumen i de større kantstensmodeller. Kantstenene er dog låst i højden i forhold til faldet på det tilstødende terræn. Det vil i praksis begrænse kantstenenes udbredelse til mindre steder med special problematik, f.eks. ovenpå en parkeringskælder, hvor der kun er lidt jord.



Figur 3.2 Hule kantsten.

Sandfang

Der bør etableres sandfang før udledning på befæstet eller ubefæstet areal, så sand og større partikler er fjernet, inden vandet ledes til arealet. Det kan ske ved at vandet renses i en sandfangsbrønd eller et åbent sandfang. Se Metodebeskrivelserne om Sandfangsbrønde og Åbne sandfang.

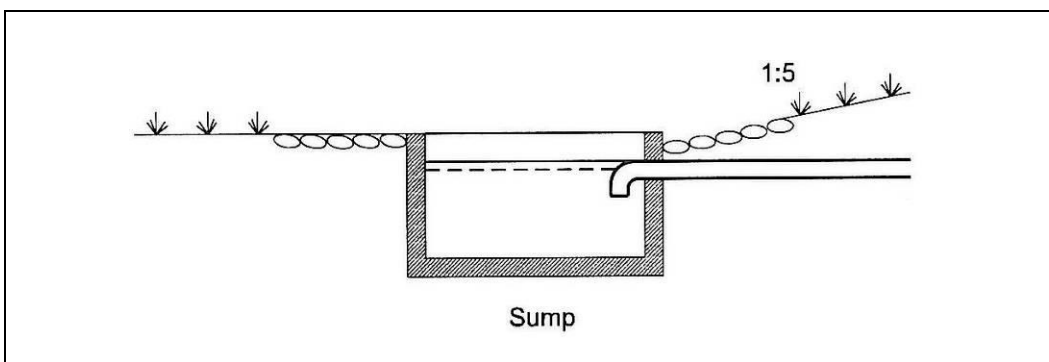
Indløbsbygværk

Indløb kan udformes efter samme principper som for våde bassiner, se metoden Våde bassiner og damme.

Udløbsbygværk

Udløbet fra opstuvningsarealet sker til en ca. 1 meter dyb sandfangsbrønd i bunden af området, hvorfra selve afløbet sker via et udluftet, dykket udløbsrør til en flowregulator placeret i en brønd nedstrøms for arealet.

Udløbet sikres mod udledning af bundfældet og flydende stof ved at udforme bunden ved udløbet med en ru overflade, f.eks. med håndsten samt ved at etablere den lille sump i sandfangsbrønden med et dykket udløb, som vist på figur 3.3.



Figur 3.3 Principskitse af afløb fra et areal med opstuvning af regnvand.

Flowregulator med nødoverløb

Afløb fra arealerne føres til en \varnothing 1,25 m nedgangsbrønd med en flowregulator i afløbet, f.eks. en cyklonvandbremse, jf. Metodebeskrivelsen om Drosling af afløb.

Den korrekte type flowregulator vil afhænge af det ønskede maksimale afløbsflow.

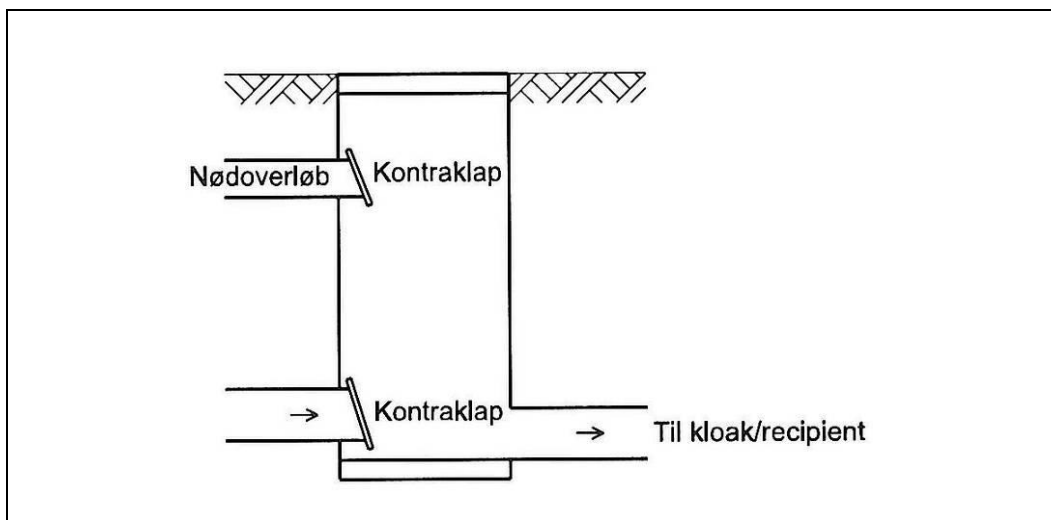
I brønden med flowregulatoren etableres et nødoverløb over vandbremsen i niveau med det ønskede maksimale vandspejl på terrænet under regn.

Fra brønden føres afløbet og nødoverløbet til en udløbsbrønd med afløb til regnvandssystem eller recipient.

Tømmetiden af bassinet vil afhænge af, hvor fyldt bassinet er, hvor hurtigt vandet siver ned, og hvor hurtigt vandet løber ud af bassinet gennem det droslede afløb. Arealerne bør dimensioneres, så det er tømt i løbet 2-3 døgn efter et regnvejr.

Kontraklap

Hvis vandspejlet i kloakken eller recipienten i perioder kan blive højere end vandspejlet på arealet, forsynes afløbet og nødoverløbet til udløbsbrønden med en kontraklap for at forhindre kloakvand (regnvand eller opspædet spildevand) eller recipientvand stuer tilbage, jf. figur 3.4.



Figur 3.4 Principskitse af kontraklap.

4. DIMENSIONERING

4.1 Fysisk udformning

Kantsten sættes normalt i kantstensbeton i henhold til brolæggenormen.

I områder, hvor grundvandsspejlet står højere end bunden af et fast belagt sænket areal, skal man være opmærksom på risiko for bundbrud og vandtryk på bunden.

Ved anvendelse af højere elementer til støttemurer skal disse dimensioneres for jordtryk på bagsiden. Der skal normalt etableres dræning af støttemurer for at hindre vandtryk på murens bagside mod jorden. Hvor opstuvning af vand sker langs en væg, som ikke har jordstøtte på bagsiden, skal tætheden overvejes, og væggen skal dimensioneres for vandtrykket under stuvning. Er der jord på bagsiden, skal der normalt ikke dimensioneres for vandtryk ved stuvning.

Det skal endvidere sikres, at der er volumen nok til rådighed, til at vandet kan stuve op.

Ved den endelige udformning af området til opstuvning skal følgende kendes og overvejes:

- En samlet koteplan for lokalområdet som sikrer, at vandet strømmer som planlagt, og at det kun stuver op der, hvor man ønsker det.
- Sænkede arealer bør ikke være lavere end, at afløb kan foregå ved gravitation.
- Det bør overvejes, om regnvand må afstrømme direkte til stuvning, eller om det skal forbi et sandfang først for at fjerne partikler.
- Arealet skal så vidt muligt være selvrensende, eller der skal være gode muligheder for maskinel renholdelse.
- Bund af område med opstuvning skal have fald mod afløb.
- Sikkerhed i forhold til små børn, når der kun sker opstuvning i perioder, jf. Metodebeskrivelsen om Våde bassiner og damme.
- Være opbygget af materialer som kan tåle at stå under vand periodevis.
- Anlægget (volumen, maksimal vandspejlskote, afløb mv.) skal dimensioneres til de oplyste krav for evt. maksimal afledning, middellopholdstid på arealet og/eller årlig afledt mængde.
- Står der vand i længere tid, skal anlægget kunne tåle is, og til- og afløb skal kunne fungere selv med is i anlægget.

4.2 **Hydraulisk dimensionering**

Ved udløb til recipient skal volumen til opstuvning på terræn dimensioneres på samme måde, som volumen i bassiner, jf. Metodebeskrivelsen om Lukkede bassiner samt Våde bassiner og damme.

Hvis opstuvningsarealet bruges som et magasin før et LAR anlæg med nedsivning (f.eks. faskine under arealet), vil den dimensionsgivende udløbsmængde fra arealet svare til nedsivningsevnen i faskinen eller jorden. For dimensionering af dette volumen henvises til metoden Faskiner eller Nedsivning på græsarealer. Faskinens magasin vil indgå som en del af opstuvningsarealets forsinkelsesvolumen.

Såfremt udløb sker til Aarhus Vands afløbssystem vil afløbsmængden skulle begrænses, hvis det befæstede areal overstiger det areal, som er fastsat jf. planopland (se Hydraulisk afsnit). Aarhus Vand vil oplyse det krævede volumen. Den samlede afledte vandmængde må maksimalt svare til planoplandets befæstelsesgrad. Der tillades ikke overløb til Aarhus Vands afløbssystem.

Eksempel

En boligejendom på 6.000 m² har et befæstet areal til parkering, gårdmiljø mv. på 900 m². Regnvandet skal opstuves på terræn under kraftig regn. Der kan afledes 1,0 l/s pr. ha til nærliggende vandløb, og der sker overløb til recipient ikke oftere end en gang hvert 10. år.

Afledning af 1,0 l/s pr. ha svarer til et afløb på:

$$1,0 \text{ l/s/ha} \times 6.000 \text{ m}^2 / 10.000 \text{ m}^2/\text{ha} = 0,6 \text{ l/s}$$

Da oplandet er < 5 ha, kan afløbet sættes til 5 l/s.

Det krævede forsinkelsesvolumen beregnes til:

$$450 \text{ m}^3/\text{belagt ha opland} \times 900 \text{ m}^2 / 10.000 \text{ m}^2/\text{ha} = 41 \text{ m}^3$$

Med en maksimal vandhøjde på f.eks. 25 cm på arealet, der er egnet til opstuvning, giver det et areal på ca. 164 m².

I tabel 4.1 er vist resultatet af den tilsvarende beregning for et parcelhus og for en kontorbygning med en opstuvningshøjde på 25 cm.

Bebyggelse	Grundareal m ²	Befæstet areal til parkering mv. m ²	Forsinkelses- volumen m ³	Areal af opstuv- ningsområde m ²
Parcelhusgrund	760	50	2,3	9
Boligejendom	6.000	900	41	164
Kontorbygning	10.000	2.500	113	450

Tabel 4.1 Beregning af arealer til opstuvning på terræn af regnvand fra befæstede arealer for 3 bebyggelser. Da alle tre bebyggelsestyper er <5 ha, kan afløbet sættes til 5 l/s.

Hvis vandet fra tagfladerne også skal forsinkes på terræn fås resultaterne i tabel 4.2

Bebyggelse	Grundareal m ²	Befæstet areal inkl. tagareal m ²	Forsinkelses- volumen m ³	Areal af opstuv- ningsområde m ²
Parcelhusgrund	760	190	8,6	34
Boligejendom	6.000	2.400	108	432
Kontorbygning	10.000	6.000	270	1.080

Tabel 4.2 Beregning af arealer til opstuvning på terræn af regnvand fra tage og befæstede arealer fra 3 bebyggelser. Da alle tre bebyggelsestyper er <5 ha, kan afløbet sættes til 5 l/s.

Mere komplicerede anlæg, hvor der er mulighed for, at vandet stuver tilbage fra regnvandssystemet, eller hvor afløb forhindres på grund af høj vandstand i recipient eller kloak, skal dimensioneres med edb-modeller af det koblede system bestående af recipient, regnvandssystem og opstuvningsareal.

Dimensionering skal desuden altid ske ud fra de til enhver tid oplyste krav fra myndighederne.

5. DRIFT OG VEDLIGEHOLD

Opstuvning på terræn kræver ikke meget drift og vedligehold i forhold til den almindelige vedligeholdelse af afløbsanlæg og pladserne for opstuvning.

Hvor anlæg udføres med dræning af bund eller støttevægge, skal drænledninger og sandfang tømmes.

Tabel 5.1 viser drift og vedligehold for opstuvning af regnvand på befæstede områder..

	Aktivitet	Hyppighed
Jævnligt	Rensning af sandfang og drænledninger	Hvert 1.-2. år
	Eftersyn af riste for forstoppelse	Hvert år
Efter behov	Fejning af område med opstuvning	Efter hver opstuvning

Tabel 5.1 Drift og vedligehold for befæstede områder med opstuvning på terræn.

I tabel 5.2 er vist en oversigt over drift og vedligehold af ubefæstede områder.

	Aktivitet	Hyppighed
Jævnligt	Tilsyn og rensning af riste i indløb, udløb, flowregulator og kontraklap	Regelmæssigt efter regnvejr
	Opsamle affald og tømme affaldsbeholdere	Regelmæssigt – hver 14. dag
	Tømning af sandfangsbrønd eller åbent sandfang	1 gang årligt eller når det er 50 - 75 % fyldt
	Slå græs på skrænter og i bund af opstuvningsareal	Hver måned i vækstsæsonen
	Kontrol af nedsivningsevne (arealet skal være tømt i løbet af 3 døgn efter et regnvejr)	1 gang årligt.
Efter behov	Oprensning af sedimenteret materiale fra bunden af opstuvningsområdet	Efter behov. Hvert 5. til 15. år
	Reparatur og efterfyldning eroderede skrænter og anden ødelæggelse	Når nødvendigt

Tabel 5.2 Drift og vedligehold af tørre åbne bassiner.

For at reducere vedligeholdelsen kan der med fordel sættes en række affaldsbeholdere op i nærheden af opstuvningsområderne.

6. ØKONOMI

Når eksisterende forhold skal ændres (f.eks. udskifte belægning i gårdrum eller anlægge ny skaterbane eller boldbane), vil det oftest være muligt at lade regnvand stuve op på terræn et givent sted, uden at det vil udgøre nogen stor udgift i forhold til de terrænmæssige tiltag, der alligevel skal udføres.

For visse områder vil der være en anlægsmæssig besparelse ved stuvning til terræn i forhold til traditionel afvanding. Det skyldes, at der kan etableres mindre ledningsdimensioner og ofte også i mindre anlægsdybde. Dette gælder især ved lidt større områder, hvor traditionel regnvandsafledning i kloakrør over længere afstand medfører dybe ledninger.

Hvor alternativet til stuvning på terræn er at etablere underjordiske bassiner, vil stuvning på terræn som regel være væsentligt billigere.

Der vil være en lille udgift til selve droslingen (typisk ca. 25.000-30.000 kr. ekskl. moms for en kloakbrønd med en flowregulator (se metodebeskrivelsen for Drosling af afløb)) og i forskelligt omfang til omlægning / nyetablering af afløbsledninger, brønde mv.

Helt generelt vil anlægsudgifterne dog afhænge meget af de givne forhold og de muligheder og ønsker, der er til stuvning på terræn det pågældende sted.

I tabel 6.1 er vist overslag over anlægsudgifter, udgifter til drift og vedligehold samt en samlet årlig udgift set over hele anlæggets levetid. Udgifterne er beregnet i prisniveau 2011 (ekskl. moms) for opstuvning af vand fra 3 forskellige befæstede arealer (inkl. tagarealer), jf. tabel 4.2.

- Parcelhus: befæstet areal på 190 m²
- Boligejendom: befæstet areal på 2.400 m²
- Kontorbygning: befæstet areal på 6.000 m²

Anlægspriserne er baseret på opsætning af kantsten til at etablere stuvningsområdet inkl. brønd med drosling af afløbet. Der er regnet med en enhedspris ekskl. moms på 400 kr./m kantsten for materialer og opsætning.

Til drift og vedligehold er der regnet med en timepris på 325 kr. ekskl. moms, og der er i alle priser regnet med, at montering, drift og vedligehold foretages af eksterne folk. Vedligeholdelsen kan dog også foretages af arealets ejer eller af f.eks. en ansat vicevært. I dette tilfælde bliver udgifterne til vedligeholdelse minimale.

	Parcelhus	Boligejendom	Kontorbygning
Anlægsudgifter i alt kr.	14.500	59.500	78.500
Driftsudgifter kr. pr. år	750	3.800	8.000
Årlig udgift kr. pr. år (levetid 25 år)	1.300	6.200	11.200

Tabel 6.1 Overslag over anlægs- og driftsudgifter til etablering af stuvningsområder med kantsten. Udgifter til selve arealet er ikke medtaget, da dette forudsættes etableret i anden sammenhæng f.eks. som en del af et rekreativt område. (prinsniveau 2011). Alle beløb er ekskl. moms.

7. REFERENCER

/1/ DS 1136 Brolægning og belægningsarbejder, 2003. Dansk Standard.

/2/ DS 432 Norm for afløbsinstallationer, 2005. Dansk Standard.