



Københavns Kommune

Opstuvning på terræn

Juni 2009

Københavns Kommune

Opstuvning på terræn

Juni 2009

Ref Opstuvning på terræn

Udarbejdet af:

- Rambøll Danmark A/S
- Erling Holm ApS
- KU, Skov og Landskab
- DTU Miljø
- Orbicon A/S

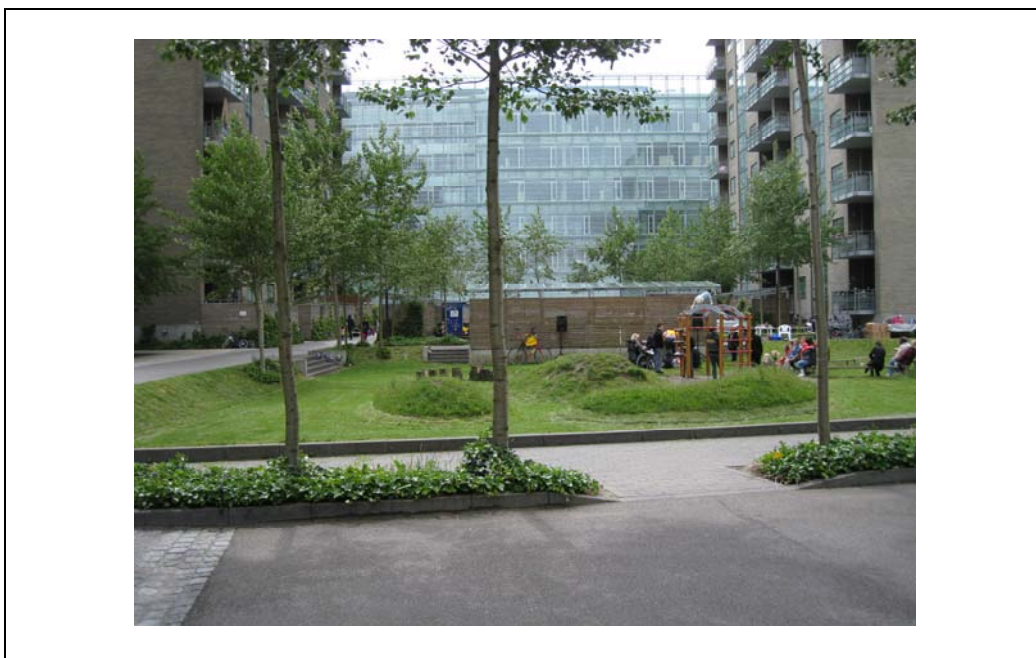
Indholdsfortegnelse

1.	DATABLAD	1
2.	GENEREL BESKRIVELSE	3
2.1	Opbygning og funktion	3
2.2	Krav fra myndigheder	8
2.3	Renseeffekt	8
2.4	Landskab og beplantning	8
2.5	Begrænsninger for anvendelsen	9
3.	ANLÆGSDELE	11
4.	DIMENSIONERING	13
4.1	Fysisk udformning	13
4.2	Hydraulisk dimensionering	14
5.	DRIFT OG VEDLIGEHOLD	17
6.	ØKONOMI	19
7.	REFERENCER	21

1. DATABLAD

Ved opstuvning på terræn indrettes områder, så regnvand kan stuve midlertidigt op på befæstede arealer under nedbør. Hermed forsinkes vandet, inden det ledes til andre LAR-anlæg eller til kloakken.

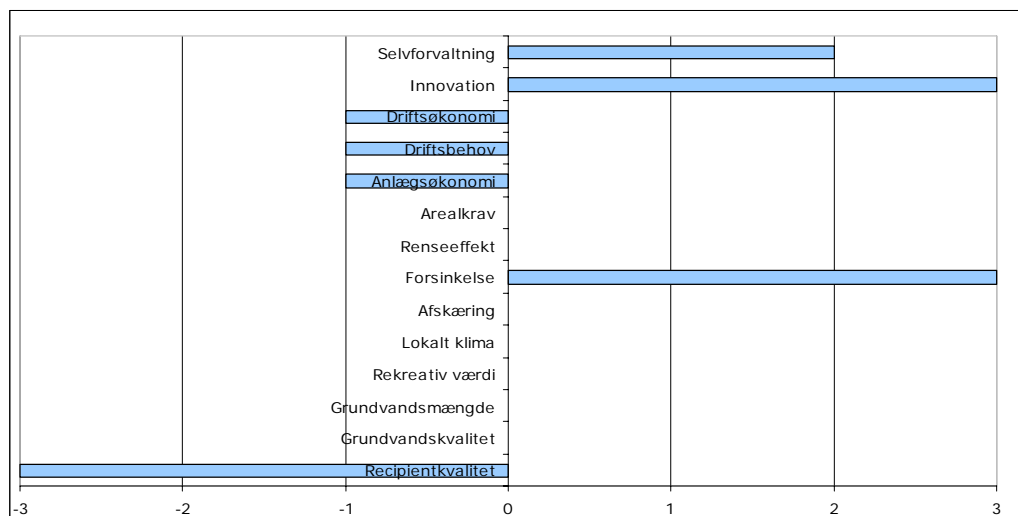
Regnvandet forsinkes ved at drosle afløbet fra arealet. Dermed tilbageholdes regnvandet på det befæstede areal. Arealer til opstuvning af vand på terræn kan udføres ved at sænke arealet, etablere høje kantsten eller støttemure eller ved at regulere højden på terrænet.



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 fx 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 fx en del af et gårdrum.

Opstuvning på terræn kan i mange tilfælde kombineres med andre LAR-metoder, se fx Metodebeskrivelserne om Rander og grøfter og Faskiner.

Væsentligste egenskaber	Reduktion af vandvolumen Ingen Reduktion af intens regn Høj Fjernelse af suspenderet stof Lav / Ingen Fjernelse af kvælstof Ingen Fjernelse af tungmetaller Ingen Fjernelse af oliestoffer Ingen Fjernelse af pesticider Ingen Landskabelig værdi Ingen / Lav / Høj Afhænger af udformning og materialevalg
Drift og vedligehold	Som for et almindeligt befæstet areal Rengøring og fejning af arealer efter opstuvning Behov for spuling af evt. drænledninger og tømning af sandfangsbrønde
Fordele	Forsinker intens regn Kan udnyttes rekreativt Økonomisk fordelagtigt ved nyanlæg af pladser mv.
Ulemper	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
Økonomi	Lave anlægs- og driftsudgifter.



Samlet vurdering af egenskaber for opstuvning på terræn som LAR-metode i forhold til afledning af regnvand til fællesloak. Hvor der ikke er angivet nogen værdi, er metoden vurderet at have samme egenskaber som den nuværende afledning af regnvand.

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 (fx 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. Hvor der er fælleskloakeret, skal regn- og spildevandet adskilles, så det kun er regnvand, som stuver op.

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, fx ved at indrette arealer, som er lidt sænkede i forhold til det omgivende terræn. Niveauspring kan etableres på mange måder, fx 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. 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 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.
- steder, hvor det er forholdsvis simpelt at adskille regn- og spildevand.
- 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 "Render og grøfter", "Regnbede" og "Tørre forsinkelsesbassiner".

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.

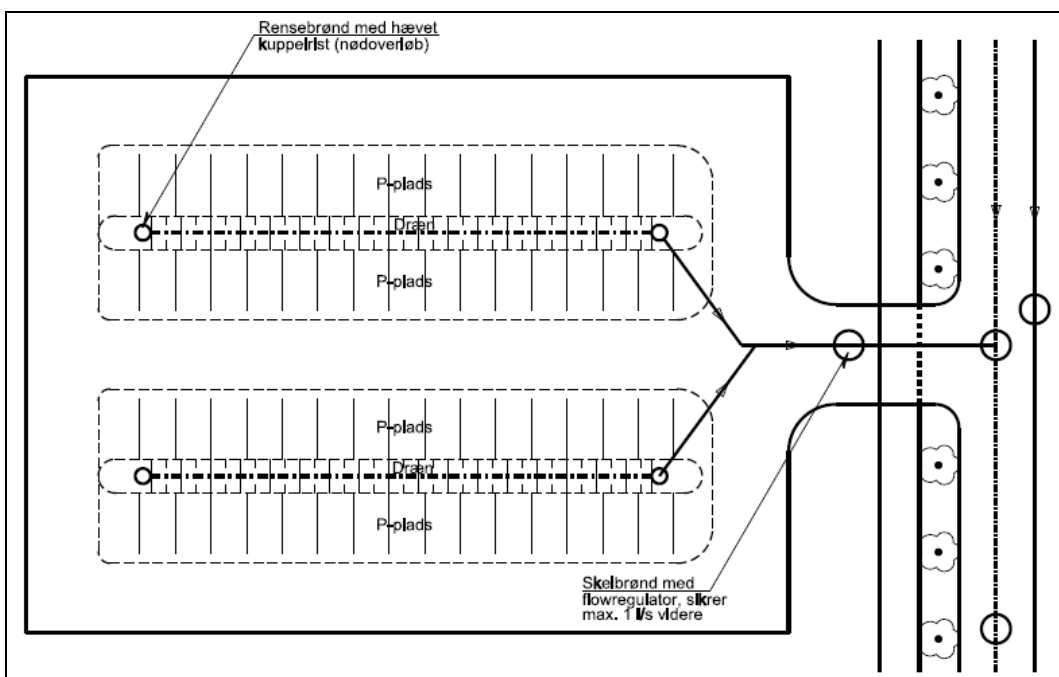
Nedenfor er vist forskellige eksempler på pladsarealer, hvor opstuvning under nedbør kan tillades:

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

P-pladser, oplagspladser 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.

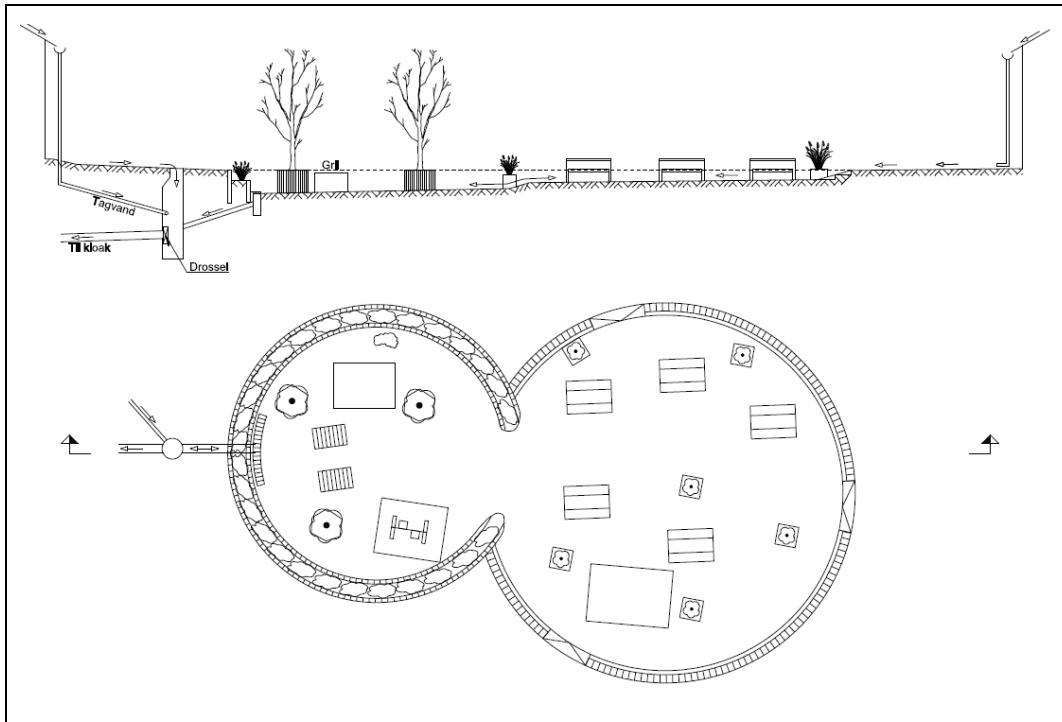
Figur 2.2 viser et eksempel på en plads, som er udført som et sænket areal, der kan oversvømmes periodevis.



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 fx 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

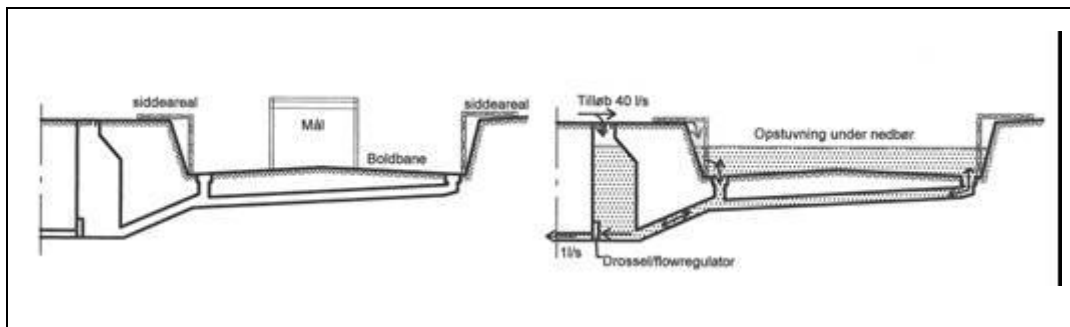
Indretning af fx et gårdrum i flere lidt forskudte niveauer vil give et langt hyggeligere og rarere miljø for både voksne og børn. Ved udformning af anlæg skal den normale funktion af området (dvs. i tørvejr) vurderes i forhold til, hvor tit og hvor længe arealet må forventes at være oversvømmet.

Boldbaner/multibaner

Mindre boldbaner og lignende på legeområder anvendes sjældent under nedbør. Regnvand fra tagflader og tilstødende asfalterealer 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 tørvejr 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

2.2 **Krav fra myndigheder**

I Københavns 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 nøje 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.

Alt arbejde på kloaksystemet, herunder til- og frakobling skal udføres af en autoriseret kloakmester.

2.3 **Renseeffekt**

Når regnvandet stuver op på terræn vil en del materiale bundfældes på arealet. Området bør derfor fejes efter hver opstuvning, så sand, partikler mv. fjernes inden næste regnskyl.

Opstuvning på terræn vil derfor ikke føre til en rensning af vandet.

I tabel 2.1 er det givet en oversigt over, hvordan opstuvning på terræn rens vandet for suspenderet stof, tungmetaller, oliestoffer og pesticider i forhold til de øvrige LAR-metoder og rensemetoder i kataloget.

	Suspenderet stof	Tungmetaller	Oliestoffer	Pesticider
Opstuvning på terræn	Ingen - lav	Ingen	Ingen	Ingen

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 de andre LAR-metoder, 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.

2.5 Begrænsninger for anvendelsen

I tabel 2.2 er opstuvning på terræn vurderet i forhold til en række lokale faktorer, som kan begrænse, ændre eller påvirke udførelsen eller driften.

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 terræn

Det vil kræve en vis tilvænning at have vand på terræn, idet borgerne vil tro, at det er en forstoppelse af kloakken, som medfører, at der stuver vand op på fx 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

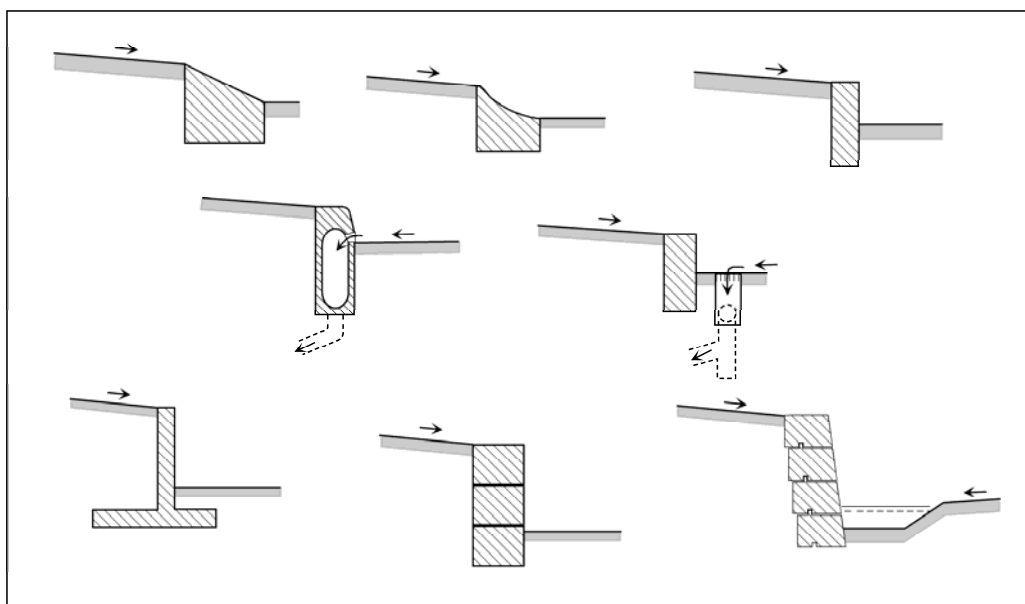
Opstuvning på terræn kræver, at:

- Der er en lavning og en begrænsning, som holder vandet der, hvor det må stuve op.
- 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 en nødoverløb, som sikrer, at der maksimalt kan stuves vand op til en bestemt højde, fx 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.

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.

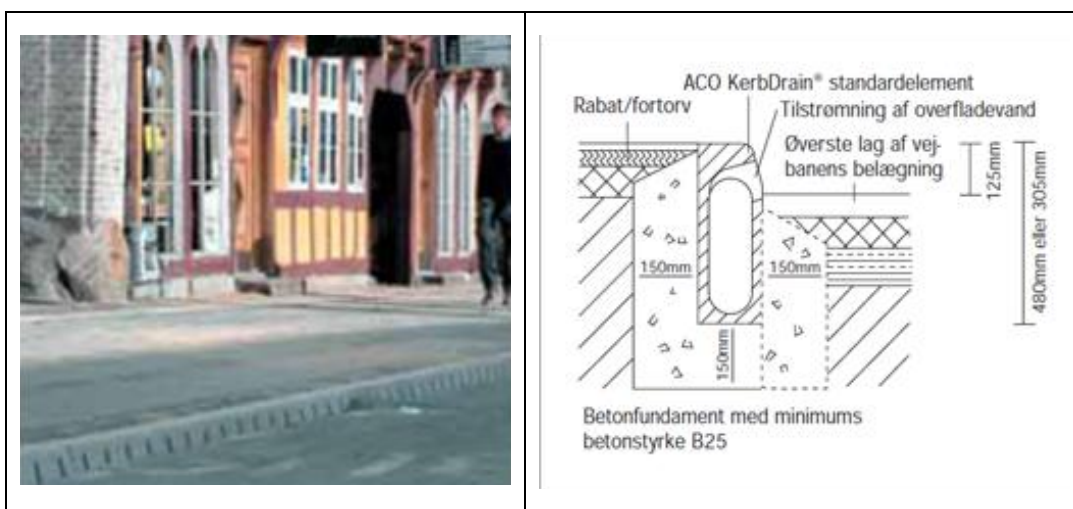


Figur 3.1 Eksempler på forskellige kanter til opstuvning af vand

På figur 3.1, midterste række, er vist to figurer med afvanding. Figuren til venstre viser afvanding via en speciel 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 afvandringsriste. 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 magasinvolumen 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 speciel problematik, fx ovenpå en parkeringskælder, hvor der kun er lidt jord.



Figur 3.2 Hule kantsten

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 støttemure skal disse dimensioneres for jordtryk på bagsiden. Der skal normalt etableres dræning af støttemure 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 tørre bassiner.
- 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 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

Volumenet til opstuvning på terræn dimensioneres på samme måde, som volumenet i bassiner, jf. Metodebeskrivelsen om Tørre bassiner og Metodebeskrivelsen om Våde bassiner og damme.

Eksempel

En boligkarré på 6000 m² har et befæstet areal til parkering, gårdmiljø mv. på 2.000 m². Vandet skal opstuves på terræn under kraftig regn. Der kan afledes 1,3 l/s pr. ha og det kan tillades, at 5 % af årsnedbøren ikke bliver forsinket, men går i overløb.

Aflledning af 1,3 l/s pr. ha svarer til. $1,3 \times 6.000/10.000 = 0,8$ l/s

Dette giver en afløbskapacitet på: $0,8 / (2.000 / 10.000) = 3,9$ l/s pr. befæstet ha.

Ved aflæsning på kurven i figur 4.1 ses, at der kræves et forsinkelsesvolumen på ca. 96 m³ pr. befæstet ha. For 2.000 m² svarer det til et forsinkelsesvolumen på:

$96 \times (2.000/10.000) = 19$ m³.

Med en maksimal vandhøjde på fx 25 cm på arealet, der er egnet til opstuvning, giver det et areal på ca. 77 m².

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

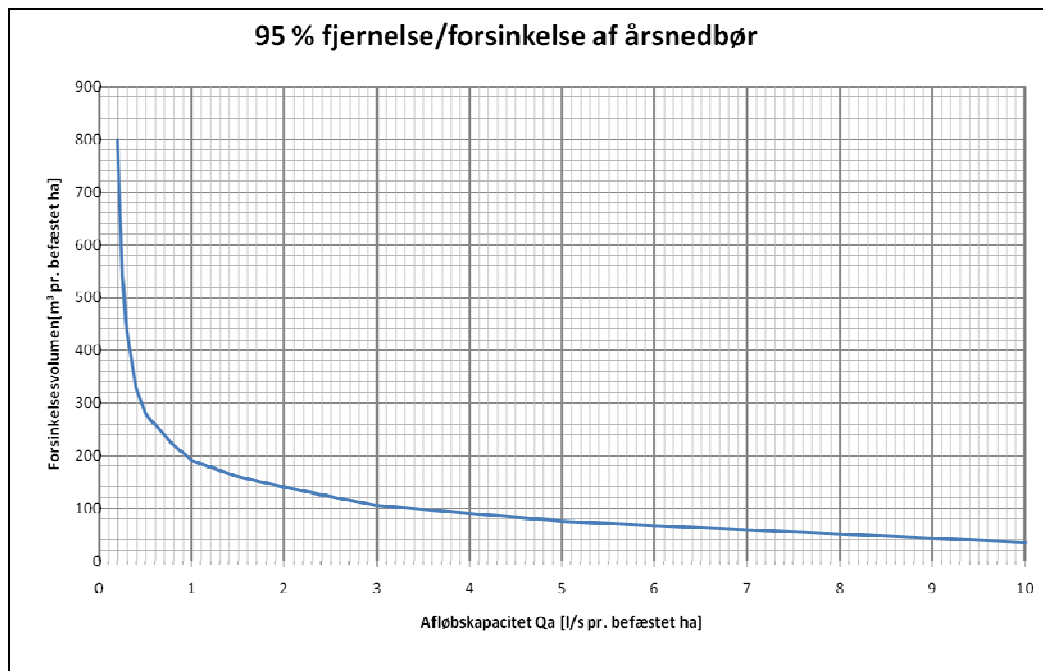
Bebyggelse	Grundareal m ²	Befæstet areal til par- kering mv. m ²	Forsinkelses- volumen m ³	Areal af op- stuvnings- område m ²	Vandbremse kapacitet l/s
Parcelhusgrund	750	80	0,12	0,5	0,2
Boligkarré	6.000	2.000	19	77	0,8
Kontorbygning	10.000	2.500	20	80	1,3

Tabel 4.1 Beregning af arealer til opstuvning på terræn af regnvand fra befæstede arealer for 3 bebyggelser

Hvis vandet var 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 op- stuvningsom- råde m ²	Vandbremse kapacitet l/s
Parcelhusgrund	750	220	2	8	0,2
Boligkarré	6.000	4.000	60	240	0,8
Kontorbygning	10.000	8.200	130	520	1,3

Tabel 4.2 Beregning af arealer til opstuvning på terræn af regnvand fra tage og befæstede arealer fra 3 bebyggelser



Figur 4.1 Diagram for beregning af forsinkelsesvolumen ved opstuvning på ter-ræn med 5 % overløb

Mere komplicerede anlæg, hvor der er mulighed for, at vandet stuer tilbage fra kloakken, 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/kloak 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 terræn.

	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 områder med opstuvning på terræn

6. ØKONOMI

Når eksisterende forhold skal ændres (fx 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 anlægdybde. 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. 20.000-30.000 for en kloakbrønd med en flowregulator (se metodebeskrivelsen for Drosling af afløb)) og i forskelligt omfang til omlægning / nyetablering af afløbsledninger, brønde mv. Såfremt de eksisterende afløbsforhold på lokaliteten er fællessystem, vil der være en udgift i at separere regnvandet fra spildevandet.

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 for opstuvning af vand fra 3 forskellige befæstede arealer (inkl. tagarealer), jf. tabel 4.2.

- Type 1: befæstet areal på 220 m²
- Type 2: befæstet areal på 4.000 m²
- Type 3: befæstet areal på 8.200 m²

Anlægspriserne er baseret på opsætning af kantsten til at etablere stuvningsområdet inkl. brønd med drosling af afløbet. Der er regnet med en enhedspris på 379 kr./m kantsten for materialer og opsætning.

Til drift og vedligehold er der regnet med en timepris på 300 kr., 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 fx en ansat vicevært. I dette tilfælde bliver udgifterne til vedligeholdelse minimale.

	Type 1	Type 2	Type 3
Anlægsudgifter i alt kr.	8.800	45.800	55.700
Driftsudgifter kr. pr. år	750	3.700	7.800
Årlig udgift kr. pr. år (levetid 25 år)	1.100	5.400	9.900

Tabel 6.1 Overslag over anlægs- og driftsudgifter til etablering af stvningsområder med kantsten

Hvis regnvandet afkobles fuldstændigt fra kloaksystemet, er der mulighed for at søge Københavns Energi om tilbagebetaling af en del af tilslutningsbidraget. Der er ikke indregnet tilbagebetaling af tilslutningsbidraget i de økonomiske overslag.

7. REFERENCER

Designmanual for byrum og parker 2007. Københavns Kommune ved Teknik- og Miljøforvaltningen.

DS 1136 Brolægning og belægningsarbejder, 2003. Dansk Standard

DS 432 Norm for afløbsinstallationer, 2005. Dansk Standard.