REGNBETINGEDE UDLEDNINGER

Katalog over teknologier til reduktion af effekter i miljøet

DANVA
Dansk Vand- og Spildevandsforening

Udgiver: Dansk Vand- og Spildevandsforening
DANVA
Danmarksvej 26
8660 Skanderborg
Tlf.: 70 21 00 55
danva@danva.dk

Udgivelsesår: 2006

Titel: Vejledning nr. 71
Regnbetingede udledninger – Katalog over teknologier til reduktion af effekter i miljøet

ISBN: 87-90455-61-4

Redaktionens afslutning: August 2006

Udarbejdet af: **DAORU**
DANVA's Arbejdsgruppe Om Regnbetingede Udledninger

Andre oplysninger: Vejledningen kan downloades fra www.danva.dk/publikationer

Forsidebillede: Tørt bassin i nordjysk landsby-idyl.

1 INTRODUKTION 4

1.1 BAGGRUND 4
1.2 FREMTIDEN 5
1.3 BRUGERVEJLEDNING 6

2 EFFEKTER AF REGNVANDSBETINGEDE UDLEDNINGER 7

2.1 OVERSVØMMELSE 7
2.2 EROSION 7
2.3 SEDIMENTATION 8
2.4 ÆSTETIK 8
2.5 SUNDHEDSFARE 8
2.6 ILTSVIND 8
2.7 EUTROFIERING 8
2.8 GIFTIGHED 9
2.9 VANDFØRING 9
2.10 SAMMENHÆNG MELLEM UDLEDNING OG EFFEKT 9

3 LOVGRUNDLAG FOR REGULERING AF REGNBETINGEDE UDLEDNINGER 10

3.1 RESUMÉ 10
3.2 REGULERING FRA JANUAR 2007 11
3.3 KOMMUNALREFORMEN 12
3.4 FREMTIDIG REGULERING 12

4 STRATEGI FOR REGNBETINGEDE UDLEDNINGER 17

4.1 VALG AF STRATEGI 17
4.2 INDSATS I FORHOLD TIL KILDEN 18
4.3 INDSATS I SYSTEMET 22
4.4 INDSATS VED UDLØBET 23
4.5 KOMBINATION AF INDSATSER 23
4.6 STYRING 24
4.7 FORUDSÆTNINGER FOR VALG AF STRATEGI OG METODE 25

5 LITTERATURLISTE 29

6 RESUMEER AF UDVALGTE REFERENCER 31

7 KATALOGBLADE 35

Forord

Nærværende katalog er produceret i en arbejdsgruppe under DANVA's Afløbskomité i perioden januar 2004 til august 2006.

Kataloget er tænkt som et opslagsværk for afløbsteknikere i de kommunale forvaltninger og kloakforsyninger.

Materialet giver et overblik over mulige tiltag eller teknologier, der kan reducere effekten af regnbetingede udledninger fra kloaksystemer. Samtidig kan kataloget give støtte til at vælge mellem forskellige strategier og de løsninger der heraf følger. Afløbsteknikeren kan dermed blive stærkere i dialogen med rådgivere, leverandører og myndigheder for vandområdet.

Udgangspunktet for dette arbejde har været projektkatalog for regnbetingede udledninger udarbejdet for Kommunerne Herning, Ikast, Silkeborg og Videbæk i 1998. Nærværende materiale er opdateret med ny viden og nye løsninger og indeholder en teoretisk del (kapitel 1-4), der bl.a. beskriver den lovmæssige regulering og Vandrammedirektivets betydning for de regnbetingede udledninger, samt beskriver forskellige strategier der kan lægges til grund for valg af løsninger.

Kataloget er udfærdiget af en arbejdsgruppe bestående af:

- Dines Thornberg, Afløbskomiteen, Helsingør kommune (formand)
- Hans Erik Jensen, Afløbskomiteen, Nordborg kommune
- Mette Godsk, Aalborg kommune
- Pernille Andersen, DANVA (fra nov.05)
- Helle Katrine Andersen, DANVA

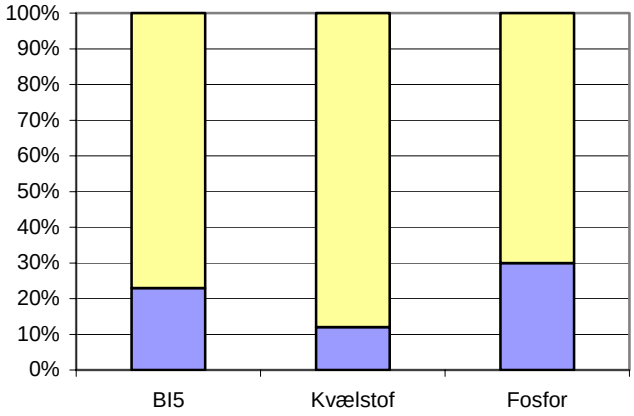
Arbejdsgruppen vil gerne takke alle, som har givet fagligt input til projektet gennem spørgeskemaundersøgelse og/eller telefonhenvendelser og herunder en særlig tak til Torben Larsen, AUC samt Ole Neerup og Peter Duus fra Orbicon for kommentarer. Desuden tak til Pia E. Petersen, Helsingør Kommune, for udarbejdelse af illustrationer.

1 Introduktion

1.1 Baggrund

I perioden 1975 op til den første Vandmiljøplan i 1987 var der relativ meget fokus på de regnbetingede udledninger, men med Vandmiljøplanen flyttede fokus sig til renseanlæggene, der var de største punktkilder for udledning af kvælstof og fosfor.

I de senere år efter tiltag og lovindgreb på hhv. renseanlæg og ejendomme i det åbne land er der igen kommet mere fokus på de regnbetingede udledninger. Dette vil givetvis forstærkes i de kommende år med implementeringen af det Vandrammedirektiv, som EU vedtog i 2000 og som er under implementering i Danmark.



De regnbetingede udledningers andel (blå) i den samlede udledning fra punktkilder, udgør mellem 12 og 30 % for BI5, N og P. (Miljøstyrelsen 2004)

Omkring halvdelen af de danske kloakker er *fælleskloak*, hvor spildevandet opblandes med nedbør, når det regner eller ved sne smeltning. Kloakkerne er som regel ikke dimensioneret til at bortlede alt vandet ved meget kraftig regn, og kloaksystemet aflaster derfor en del af vandet via overløbsbygværker til vandløb, sø eller hav (vandområde). Her er tale om regnbetingede udløb fra fællessystemer, hvor urenset men fortyndet spildevand ledes direkte til et vandområde. En anden type regnbetingede udløb stammer fra udløb fra *separate systemer* for tag- og overfladevand.

Fra fælleskloak er der tale om <u>overløb</u> fra en stadig strøm til renseanlægget, mens der for det separate regnvand er tale om et <u>udløb</u>, hvor alt opsamlet overfladevand ledes til vandområdet.

Den traditionelle opfattelse har hidtil været, at de fælleskloakerede overløb forurenede, mens problemer med regnudløb udelukkende var af hydraulisk karakter. Der er i dag en stigende erkendelse af at vandet fra de separate regnudløb også er forurenet i væsentlig grad. Især med olie-stoffer fra trafikerede overflader (Miljøstyrelsen: Miljøprojekt 547, s. 21 og Miljøprojekt 610).

1.2 Fremtiden

De regnbetingede udledninger reguleres indtil 1. januar 2007 af amternes krav til vandkvaliteten i vandområderne. Hvis denne kvalitet ikke er tilfredsstillende, vil amtet forvente, at kommunerne i deres spildevandsplaner beskriver tiltag overfor regnbetingede udledninger, og naturligvis gennemfører disse. Kravene stilles oftest med udgangspunkt i gentagelseshyppigheder for, hvor mange gange det kan tillades, at et overløbsbygværk løber over på et år.

Strukturreformen ændrer på myndighedskompetencen mellem stat, amt og kommune. Kommunerne får ansvar for meddelelse af udledningstilladelser for de regnbetingede udløb. Hvorvidt dette også ændrer på kravenes form og indhold, er på nuværende tidspunkt ikke afklaret.

I 2000 vedtog EU et vandrammedirektiv. Heri betragtes hele vandets cyklus under et, med henblik på at opnå god økologisk tilstand i overfladevand og grundvand senest i år 2015.

Vandrammedirektivets fastsættelse af miljømål for vandområderne vil medføre, at der skal iværksættes en yderligere indsats i forhold til de regnbetingede udledninger.

Klimaudvikling

Regnmønsteret i Danmark ændrer sig i disse år. Ingen kan sige, om det er en blivende ændring eller periodisk, men det kan konstateres, at der falder flere intensive regnbyger med tropekarakter om sommeren. Skrift nummer 26 (”Regional variation af ekstremregn i Danmark”) fra Spildevandskomiteen under Ingeniørforeningen i Danmark (SVK-IDA) er det hidtil mest anvendte grundlag for fastlæggelse af regnserier til dato. Disse data er baseret på regnmålinger fra 1979 til 1996.

Der pågår opdatering med de nyeste regndata op til 2005 og den foreløbige konklusion er, at skybruddene er tiltaget i styrke og intensitet med 20-25 % i løbet af de seneste 25 år (Spildevandskomiteen under IDA arbejder medio 2006 på skrift 28, der vil indeholde en opdatering af regnserier med den seneste klimaudvikling).

Skrift 27 fra SVK-IDA og DANVA anbefaler, at dimensioneringen af tiltag mod oversvømmelser og regnbetingede udledninger indbefatter en sikkerhedsfaktor af hensyn til den fremtidige klimaudvikling.

Udviklingen i regnmønsteret bør tænkes ind i planlægningen af tiltag til reduktionen af effekterne af regnbetingede udledninger. Løsninger, der tager hånd om regnvandet allerede ved kilden, vil formodentlig blive mere brugt i fremtiden, så det undgås at få regnvandet uforsinket i dyre, lukkede føringsveje med begrænset kapacitet. Der er mere om denne form for strategier i kapitel 4.

1.3 Brugervejledning

Dette katalog er opdelt i to dele.

Første del er en introduktion til emnet 'regnbetingede udledninger' med oversigt over *effekterne* (kapitel 2) *lovgrundlaget* (kapitel 3) og *strategi* (kapitel 4).

Et indgreb overfor effekten af de regnbetingede udledninger kan ske ud fra forskellige *strategier*

- ved kilden,
- i kloaksystemet
- ved udløbet

Nogle af de bedst kendte eksempler på indgreb med udgangspunkt i disse 3 strategier er hhv. nedsivning af regnvand, magasinering i bassin og olieudskillere

I kapitel 4 beskrives forudsætningerne for at vælge mellem disse strategier og hvilken betydning det har.

Anden del består af 31 katalogblade på hver af de enkelte teknologier. Denne del indledes på katalogblad 1 med nogle generelle bemærkninger. Herefter følger 3 tabeller for hhv. vandløb, sø og hav, der kan være en støtte i udvælgelsen af teknologi til at reducere effekten af de regnbetingede udledninger.

I kataloget er beskrevet de tekniske løsninger, der kendes til i Danmark medio 2006.
Der tages ikke højde for eventuelt fremtidige konkrete myndighedskrav til de regnbetingede udledninger.

2 Effekter af regnvandsbetingede udledninger

Regnvandsbetingede udledninger kan have en eller flere effekter i vandområderne hvor de udledes.

Effekterne skyldes hovedsageligt, at der er tale om store pludselige regnvandsmænger, og at vandet indeholder fortyndet spildevand.

For separat regnvand er der typisk tale om et decideret udløb til et vandområde. Det vil sige, at alt det vand, der løb i kloakken også løber ud i vandområdet. Effekterne er mest hydrauliske, dvs. der kan opstå oversvømmelser og erosion af brinker.

Der er dog også i de senere år fokuseret mere på forurenende stoffer i vejvand såsom olie og tungmetaller. (Daywater-projektet; www. Daywater.org)

I fællessystemer er der tale om et egentligt overløb, altså at en del af det fortyndede spildevand løber ovenud af et 'hul' i kloaksystemet. Dette sker typisk først ved en fortynding på 4-6. Dette fortyndede spildevand giver først og fremmest anledning til æstetiske og hygiejniske problemer.

I dette afsnit gennemgås nogle hovedgrupper af effekter med udgangspunkt i artiklen "Strategi for regnbetingede udløb fra kloakledninger" af professor Torben Larsen fra 2003.

2.1 Oversvømmelse

Regnbetingede udledninger giver store vandføringer i korte perioder. Disse vil kunne resultere i oversvømmelse i vandløb, hvis vandføringskapaciteten i vandløbet overskrides. Det vil typisk forekomme, hvor vandløbene er rørlagte, og hvor der ofte er en rist foran røret. Regnvandet fører mange grene osv. med sig og vandet stuver op ved risten. Der kan så stige vand op i haver, på gader og ind i kældre.

Det er ikke hensigtsmæssigt, når uæstetiske elementer og sediment lægger sig utilsigtet på de oversvømmede arealer (marker, gader, græsplæner etc.)

2.2 Erosion

Kraftigt forhøjede vandføringer pga. regnbetingede udledninger vil i vandløb kunne medføre, at dele af vandløbets brinker og bund løsrives. Det kan påvirke vandløbets forløb og ændre på

plante og dyrelivet. Det løsrevne materiale kan blive aflejret andre steder i vandløbet og forringe gennemstrømningen. Typisk vil faunaen også kunne blive påvirket f.eks. ved, at der aflejres erosions-sediment på gydebanker eller at gydebanker simpelthen skylles væk.

2.3 Sedimentation

Den øgede vandstrømning betyder, at partikler, der vaskes væk fra overflader eller findes bundfældet i kloakledningerne, afledes til vandområdet i større mængder.

Vedligehold af veje og kloakker f.eks. i form af fejning, tømning af sandfang og spulinger er væsentligt for, hvor meget sediment, der aflastes via de regnbetingede udledninger.
Sedimentet kan give afledte effekter som f.eks. længerevarende iltsvind eller lugtgener.

2.4 Æstetik

En af de hyppigste årsager til klager over regnbetingede udledninger er vel nok de uæstetiske efterladenskaber, når hændelsen er forbi. Med det fortyndede spildevand følger toiletpapirrester og andet ristestof, der kan efterlade grimme spor ned gennem et vandløb, som så også kan give lugtgener.

2.5 Sundhedsfare

Bakterier og andre mikroorganismer findes i stort antal i det opspædede spildevand, selvom det er fortyndet. Regnbetingede udledninger ved badestrande giver forhøjede bakterieniveauer med forhøjet sundhedsrisiko for den badende. I andre lande kendes eksempler på problemer med vandkvaliteten i indtag for overfladevand til drikkevand, der findes nedstrøms et kloakoverløb.

2.6 Iltsvind

Regnbetingede udledninger forbindes i Danmark traditionelt med forringede iltforhold i vandløb. Iltsvind i vandløb kan give forringede levebetingelser for fisk og anden fauna. Det har dog i de senere år vist sig ikke at være et dominerende problem.

2.7 Eutrofiering

Kvælstof og fosfor udgør en del af det fortyndede spildevand, og kan bidrage til for højt indhold af næringssalte i vandområder, med efterfølgende forøget algevækst mm.

Kvælstof fra regnbetingede udledninger udgør en lille del i forhold til andre kilder (især sammenlignet med belastningen fra landbrug), mens der på fosfor-siden kan være tale om en væsentlig del af det samlede bidrag. Separat regnvand kan også bidrage med væsentlige mængder næringssalte.

2.8 Giftighed

Ammoniak og svovlbrinte fra regnbetingede udledninger kan give anledning til en øget giftighed i vandområdet, hvilket forringer levebetingelserne for levende organismer.

Miljøfremmede stoffer er i stigende grad i fokus som en problematisk effekt af regnbetingede udledninger. Der er tale om en stor gruppe kemiske stoffer, der stammer fra vejvand, husholdning og industri. Det kan være oliestoffer, tungmetaller, blødgørere, rengøringsmidler, medicinrester etc.

De miljøfremmede stoffer kan f.eks. have en hormonforstyrrende effekt på fauna i vandområdet og være årsag til forringet forplantningsevne eller endda kønsskifte hos fisk.

2.9 Vandføring

Befæstelse af arealer medfører ofte, at nedbør fjernes fra de naturlige vandløb, og i stedet ledes til kloaksystemet, hvorfor vandløbene kan blive tørre i perioder.

For de separate kloaksystemer vil en udledning til et vandløb således i nogle tilfælde kunne sikre, at der overhovedet er vandføring i et vandløb om sommeren. Dette må betragtes som en positiv effekt af regnbetingede udledninger.

For at beskytte vandløbet mod erosion stiller myndighederne ofte krav om at opsamle overfladevand i bassiner. Tømmes bassinerne langsomt ud i vandløb kan de bidrage til at sikre vandføring igennem længere tid.

2.10 Sammenhæng mellem udledning og effekt

Det konkluderes i nævnte artikel (Larsen 2003), der er baseret på et større litteraturstudie (Miljøstyrelsens Miljøprojekt nr. 547), at der generelt er en meget begrænset dokumenteret og kvantitativ viden om sammenhængen mellem regnbetingede udledninger og effekten af disse i vandområderne. Der er et markant behov for mere viden om udledninger og effekt for dermed at kunne stille velunderbyggede krav, men det er en viden, der er analysekrævende og tager lang tid at opnå.

3 Lovgrundlag for regulering af regnbetingede udledninger

3.1 Resumé

Dette afsnit beskriver reguleringen, som den ser ud i 2006. Kommunalreformen ændrer kompetencefordelingen mellem amter og kommuner.

Fra kommunalreformens ikrafttræden den 1. januar 2007 er det jf. § 28 i Miljøbeskyttelsesloven (MBL) kommunalbestyrelsen, som har kompetencen til at meddele udledningstilladelser til regnbetingede udledninger. Staten fører fra samme dato jf. § 66 MBL, tilsyn med kommunale spildevandsudledninger.

I 2006 reguleres de regnbetingede udledninger forskelligt i de forskellige amter. Kravene tager udgangspunkt i Miljøbeskyttelseslovens § 28. Som regel stilles kravene som tilladelig gentagelsesfrekvens for overløb.

Fremover vil det være EU's Vandrammedirektiv (2000/60/EC), som trådte i kraft den 22. december 2000, der vil danne rammen for miljø- og ressourcemæssig beskyttelse af både overfladevand og grundvand. Det må forventes, at vandrammedirektivet vil bidrage til en fastsættelse af krav for de regnbetingede udledninger, som i højere grad er relateret til effekten i vandområdet under hensyntagen til et samspil af flere samtidige faktorer som f.eks. kanalisering, reduceret vandføring og/eller udledninger fra spredt bebyggelse, landbrugets bidrag mv.

Badevandsdirektivet har også betydning for reguleringen af de regnbetingede udledninger. Et revideret badevandsdirektiv, der fastsætter skærpede krav til badevand og forvaltningen deraf, er netop vedtaget. Heri er den væsentligste forskel fra de gældende nationale regler den vurdering og beskrivelse af risikoen for kortvarige forureninger, der skal indgå i såkaldte badevandsprofiler.

De konkrete krav til regnbetingede udledninger som konsekvens af både vandrammedirektivet og badevandsdirektivet kendes ikke på nuværende tidspunkt. Men uanset om der vil komme centrale udmeldinger eller om kravene fastsættes lokalt, skal der gøres en indsats for at reducere belastningen fra de regnbetingede udledninger, som en del af den samlede indsats for at overholde badevandskvaliteten og opfylde miljømålene i 2015.

I resten af kapitlet beskrives den fremtidige regulering i henhold til vandrammedirektivet mere detaljeret.

3.2 Regulering indtil januar 2007

Bestemmelser om regnbetingede udledninger findes i ”Miljøbeskyttelsesloven” (Lovbekendtgørelse nr. 753 af 25. august 2001), ”Spildevandsbekendtgørelsen” (Bekendtgørelse nr. 698 af 22. juni 1999) og i ”Bekendtgørelse om kvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af visse farlige stoffer til vandløb, søer og havet” (Bekendtgørelse nr. 921 af 8. oktober 1996).

Krav til de regnbetingede udledninger er indtil 1. januar 2007 blevet fastsat af amterne og København og Frederiksberg Kommuner i udledningstilladelser efter Miljøbeskyttelsesloven § 28. Kravene er blevet fastsat ud fra målsætninger for vandområder som fastlagt i amternes regionplaner. Der har således ikke været landsdækkende krav om forureningsbegrænsende foranstaltninger for udledning af stoffer ved regnbetingede udløb ud over stoffer, som er omfattet af Bekendtgørelse nr. 921.

Generelt formuleres kravet til de regnbetingede udledninger i 2006 som, at de ikke må forhindre at målsætningen opfyldes, og at nødvendige tiltag, som bassiner mm., skal sikre, at det ikke sker. Flere amter har baseret deres tilladelser på Spildevandskomitéens skrift 21 og 22, som fremsætter anbefalinger om overløbenes belastning baseret på statistik for forringelse af iltkoncentrationen i vandløbet, hvilket resulterer i en given gentagelsesperiode i det pågældende amt. Men andre principper som maksimal vandføring, årlig belastning med organisk stof, N, P, opspædning, æstetiske forhold mm. anvendes også (Larsen, 2000).

Kommunerne skal udarbejde spildevandsplaner, som bl.a. skal belyse udledningerne på statustidspunktet og tiltag for henholdsvis eksisterende og nye udledninger. Spildevandsplanen må ikke være i modstrid med regionplanen (fremover kommuneplaner, vandplaner og kommunale handleplaner). Spildevandsplanen vedtages efter en offentlig høringsperiode og vedtagelsen kan derefter ikke påklages til anden myndighed.

Der er stor geografisk forskel på, hvordan udledningstilladelserne er givet og i særlig grad gælder dette for de separatkloakerede oplande (Larsen 2000). Spildevandskomitéen (1998) konkluderede på baggrund af en spørgeskemaundersøgelse hos udvalgte amter, at de betydelige regionale forskelle i den gældende praksis for fastsættelse af krav skyldes, at der ikke er enighed om, hvilke effekter, der er bestemmende ved fastsættelsen af kravene til udledningstilladelserne. (IDA 1998)

For mange af de regnvandsbetingede udløb er kravene fastlagt uden egentlige konsekvensberegninger af effekten i vandområdet (Arnbjerg-Nielsen 2002). Det har således flere gange været fremført blandt andre af Spildevandskomitéen (2002), at udlederkrav til regnbetingede udløb i alt for høj grad kun er relateret til det aktuelle opland, og at fastsættelsen af krav i stedet bør sættes i relation til det aktuelle vandområde.

3.3 Kommunalreformen

Som konsekvens af kommunalreformen vil det fremover jf. § 28 i Miljøbeskyttelsesloven være kommunalbestyrelsen, som har kompetencen til at meddele udledningstilladelser til regnbetingede udledninger. Staten fører jf. § 66 MBL, tilsyn med kommunale spildevandsudledninger efter kommunalreformens ikrafttræden i 2007.

Efter 2007 erstattes regionplanerne af kommuneplaner. Der skal udarbejdes regionale udviklingsplaner af regionsrådet for hver region. Den regionale udviklingsplan skal på grundlag af en helhedsvurdering beskrive en ønskelig fremtidig udvikling for regionens byer, landdistrikter og udkantsområder.

3.4 Fremtidig regulering

Vandrammedirektivet

Det vil fremover være EU's Vandrammedirektiv (2000/60/EC), der vil danne rammen for miljømæssig og ressourcemæssig beskyttelse af overfladevand og grundvand i Europa, hvor direktivet lægger op til, at vandkvalitetsproblemerne skal løses ud fra en helhedsorienteret betragtning.

Det må forventes, at Vandrammedirektivet vil bidrage til en fastsættelse af krav for de regnbetingede udledninger, som i højere grad er relateret til effekten i vandområdet under hensyntagen til et samspil af flere samtidige faktorer som f.eks. kanalisering, reduceret vandføring og/eller udledninger fra spredt bebyggelse, landbrugets bidrag mv.

Vandrammedirektivet (VRD) trådte i kraft den 22. december 2000 og blev implementeret i dansk lovgivning den 17. december 2003 ved Lov om miljømål m.v. for vandforekomster og internationale naturbeskyttelsesområder (lov nr. 1150 af 111203), ”miljømålsloven” – senere revideret som følge af kommunalreformen. Miljømålsloven beskriver den administrative opdeling af landet i 4 vanddistrikter og angiver de opgaver, som vanddistriktsmyndighederne skal løse. Loven er

en rammelov, som vil blive fulgt op af bekendtgørelser, der skal implementere direktivets mere detaljerede bestemmelser. Den første af disse bekendtgørelser omhandler basisanalysen.

Basisanalysen skal udarbejdes for hvert vanddistrikt, og den skal indeholde en analyse af overfladevandets og grundvandets karakteristika, en vurdering af menneskelige aktiviteters indvirkning på overfladevandets og grundvandets tilstand samt en økonomisk analyse af vandanvendelsen.

Karakteriseringen af vandområderne og vurderingen af menneskelige aktiviteters indvirkning på miljøet, dvs. opgørelsen af belastninger, skal skabe grundlag for at vurdere vandforekomsternes tilstand. Tilstanden skal herefter danne grundlag for at beslutte, hvilke foranstaltninger, der skal iværksættes for at opnå miljømålene i 2015.

Det overordnede mål for Vandrammedirektivet er, at alle vandforekomster senest i december 2015 har opnået ”god tilstand”. For overfladevand skal der både være god økologisk tilstand og god kemisk tilstand. Det indebærer først og fremmest, at der skal være gode livsbetingelser for dyr og planter.

Overvågningsprogrammer skal gøres operationelle inden 22. december 2006. Indsatsprogrammer skal færdiggøres inden 22. december 2009, hvor den første vandplan skal offentliggøres. Foranstaltningerne skal være gennemført inden december 2012 og føre til, at miljømålene er opfyldt med udgangen af 2015. Dog gælder en række undtagelsesbestemmelser med mulighed for udsættelse. Overvågningsprogrammer, indsatsprogrammer og vandplaner skal udarbejdes for hvert vanddistrikt af den ansvarlige vanddistriktsmyndighed, staten. I forhold til de regnbetingede udløb skal de foranstaltninger, der skal iværksættes for at reducere effekten af disse indgå i de indsatsprogrammer og vandplaner, som offentliggøres i december 2009.

Vurderingskriterier

Den økologiske tilstand i et vandområde skal beskrives ved et klassifikationssystem efter inddeling i de fem klasser; høj, god, moderat, ringe og dårlig tilstand. De enkelte klasser er i direktivet beskrevet ved normative definitioner, der i ord udtrykker, hvad der skal forstås ved den enkelte klasse.

De normative definitioner skal yderligere konkretiseres i takt med, at det faglige grundlag etableres, og der skal defineres nogle værdier i form af målbare indikatorer, som skal fastlægge grænserne mellem de enkelte klasser.

Direktivets og miljømålslovens krav om opfyldelse af miljømål skal i den første basisanalyse vurderes på baggrund af de i regionplanerne gældende målsætninger for vandområdernes kvalitet. Det betyder i praksis, at vanddistriktsmyndigheden skal vurdere, hvorvidt de vandområder der i dag er målsat med A, B, C og for vandløbene D, E og F på baggrund af eksisterende og vedtagne tiltag vil opfylde gældende regionplans målsætning i 2015.

Krav til regnbetingede udledninger i forhold til Vandrammedirektivet

Vandrammedirektivets miljømål betyder overordnet set for vandløbene, at der både skal være god økologisk og god kemisk tilstand.

Vandløbenes biologiske kvalitet bedømmes i dag ud fra sammensætningen af smådyrsfauna og udtrykkes vha. Dansk Vandløbsfaunaindeks (DVFI), jf. Miljøstyrelsens vejledning 5/1998.

I ”Vurdering af vandforekomsters tilstand” (MST vejl. nr. 9804 af 27/10/2005) beskrives foreløbige miljømål for ”god økologisk tilstand” for vandløb som svarende til en opfyldelse af de gældende regionplaners målsætninger for vandløbskvaliteten. Denne vurdering skal baseres på tilgængelig viden i amterne, som ligger til grund for amtets regionplanlægning, og som er rapporteret i basisanalysen f. eks i gældende udledningstilladelser, miljøgodkendelser eller fra NOVANA overvågningen eller amtets regionale tilsyn med tilstanden i vandområderne.

Dette vil i praksis betyde, at det hidtidige beskyttelsesniveau videreføres. Vandrammedirektivet kræver imidlertid, at der indgår flere biologiske indikatorer i bedømmelsen, og det må forventes, at der efterhånden, som det faglige grundlag udvikles, vil blive udviklet et indeks for planter og fisk til brug for de næste generationer af basisanalyser, indsatsprogrammer og vandplaner.

De regnbetingede udledninger er en ud af flere samspillende faktorer, der kan være årsag til at vandløbskvaliteten ikke overholder målsætningen. Betydningen af regnbetingede udledninger kan ikke skelnes fra øvrige udledninger og påvirkninger ved anvendelse af DVFI, som måler på den samlede effekt i vandløbet. Det må forventes, at der vil blive fastsat egnede indikatorer til vurdering af effekter fra regnbetingede udledninger.

Overløbsmængder for kvælstof, fosfor og COD ligger i mange tilfælde i samme størrelsesorden som udløbene fra renseanlæg (> 5000 PE). Dette skyldes bl.a. at renseanlæggene har prioriteret indsatsen overfor disse stoffer højt, og at effektiviteten derfor også er blevet ganske høj. Af den samlede udledning fra punktkilder udgør de regnbetingede udledninger i dag; ca. 23 % for organisk stof (BI_5), 12 % for kvælstof og 30 % for fosfor (Miljøstyrelsen 2004).

Odense Å opland er udvalgt som EU testområde og projektet ”Odense Pilot River Basin Project” har til formål at afprøve en række af EU’s vejledninger i, hvorledes Vandrammedirektivet skal implementeres. Af en foreløbig basisanalyse fremgår, at kun 4 ud af i alt 28 vandløbsstrækninger med nuværende initiativer forventes at kunne opfylde de foreløbigt opstillede VRD-målsætninger. Det fremgår endvidere, at det især er fysiske forhold og udledning af spildevand fra regnbetingede udløb, som begrænser muligheden for opfyldelse af målene for vandløb.

God kemisk tilstand er den tilstand, hvor koncentrationerne af forurenende stoffer ikke overstiger fastsatte miljøkvalitetskrav for de enkelte stoffer. Til vurdering af hvorvidt god kemisk tilstand er opnået eller kan forventes opnået anvendes i den første generation af basisanalyser de kvalitetskrav, som fastsættes i henhold til Bekendtgørelse nr. 921 af 8. oktober 1996 om kvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af visse farlige stoffer til vandløb, søer og havet.

Som supplement til Bekendtgørelse 921 vil et datterdirektiv[1] om regulering af prioriterede stoffer fastsætte vandkvalitetskrav for de stoffer, som er optaget på den såkaldte liste over prioriterede stoffer[2].

Dette datterdirektiv vedrører Vandrammedirektivets artikel 16 om fastsættelse af miljøkvalitetskrav og udlednings kontrol for pt. 33 stoffer på listen over prioriterede stoffer. Der er ikke lagt op til udlederkrav i forhold til fastsættelse af emmissionsgrænseværdier (ELV’s) for de 33 stoffer, hvad angår regnbetingede udledninger. De faktiske konsekvenser i forhold til de regnbetingede udledninger må afvente datterdirektivets færdiggørelse.

Nye principper for fastsættelse af vandkvalitetskriterier

Vandkvalitetskriterierne (VKK) bruges ved fastsættelse af kvalitetskrav blandt andet i forbindelse med meddelelse af udledningstilladelser. VKK er ikke i sig selv bindende men bruges i vurderingen af et givent forureningsniveau og som udgangspunkt for fastsættelse af kravværdier i relation til udledning af konkrete stoffer i miljøet.

Vejledning nr. 4, 2004, afklarer dansk praksis for fastsættelse af vandkvalitetskriterier ved overgang fra eksisterende EU lovgivning til ny EU lovgivning (Vandrammedirektivet). Opdateringen skyldes, at der i EU er udarbejdet nye retningslinier for beregning af vandkvalitetskriterier, hvilket blandt andet medfører, at der vil blive indført særskilte vandkvalitetskriterier som grundlag

[1] Forslag til Europa Parlamentets og Rådets Direktiv om miljøkvalitetskrav inden for vandpolitikken og om ændring af direktiv 2000/60/EF, 18. juli 2006

[2] 2000/60/EC bilag X

for at kunne vurdere udledninger der varer i kort tid fra for eksempel kraftig regn. EU Kommissionen arbejder fortsat på at afklare dette spørgsmål, som formentlig vil fremgå af datterdirektivet om prioriterede stoffer.

De konkrete krav til regnbetingede udledninger som konsekvens af Vandrammedirektivet kendes således ikke på nuværende tidspunkt. Men uanset om der vil komme centrale udmeldinger eller om krav vil blive fastsat lokalt, skal der helt sikkert gøres en indsats for at reducere belastningen fra de regnbetingede udledninger, som en del af den samlede indsats for at opfylde miljømålet i 2015.

I denne henseende er det væsentligt, at der skabes nogle ensartede retningslinier for fastsættelsen af krav, som er relateret til effekten i vandområdet, og at der sker en udvælgelse af nogle egnede indikatorer til vurdering af denne effekt specifikt i forhold til regnbetingede udledninger.

Badevandsdirektivet

EU's direktiv om badevand (EC/1976/160) har været under revision i en årrække og et nyt direktiv er nu vedtaget (2006/7/EF). Direktivet stiller skærpede krav til badevandet i forhold til det oprindelige direktiv, men i forhold til de gældende nationale badevandskvalitetskraver der ikke tale om en væsentlig skærpelse af kravene til de mikrobiologiske parametre, der anvendes som indikatorer for badevandets kvalitet. Derimod vil der være en række nye krav til forvaltningsprocedurerne for badevand, blandt andet ved at der stilles krav om udarbejdelse af badevandsprofiler, krav om varslingssystemer i forbindelse med korttidsforureninger og mere information til offentligheden.

Et miljøprojekt (nr. 849, 2003), der beskriver de væsentligste forhold af betydning for badevandets hygiejniske kvalitet, konstaterer, at overløbsbygværker har en signifikant betydning for badevandskvaliteten, idet der ses en faldende kvalitet med stigende udledning. En væsentlig faktor for om direktivet kan efterleves i Danmark, vil således i højere grad være antallet af overløb og ikke så meget de skærpede mikrobiologiske parameterværdier.

Lokalt fastsatte krav, begrundet i et ønske om nye rekreative byområder med badevand, for eksempel ved etablering af badeanstalter i havnemiljøer og hertil stillede forventninger om øgede mængder regn, vil dog uden tvivl medføre, at der mange steder skal iværksættes en øget indsats overfor de regnbetingede udledninger for at leve op til badevandsdirektivets krav.
En egentlig konsekvensvurdering af det nye badevandsdirektivs implementering i Danmark forventes udarbejdet af Miljøstyrelsen i 2006.

4 Strategi for regnbetingede udledninger

I dette afsnit beskrives forskellige strategier til reduktion af effekten af de regnbetingede udledninger. Strategierne er baseret på tiltag inden for tre indsatsområder, henholdsvis kilden, systemet og udløbet. Sidst i afsnittet beskrives en række forudsætninger, som planlæggeren bør tage i betragtning ved valg af strategi.

Kloaksystemet er en del af vandkredsløbet, hvilket blandt andet medfører, at vandområderne tilføres forurenende stoffer af forskellig art og i forskellige mængder. I forbindelse med udbygning eller fornyelse af kloaksystemet - eller hvis miljømålene for vandområdet ikke er opfyldt - skal planlæggeren derfor forholde sig til kloaksystemets påvirkning af dette.

Indsatsen vil afhænge af vandområdetypen, påvirkning og ønsket effekt. Dette er samlet i tabellerne over indsatsområder efter katalogblad 1.

Det kan være kompliceret at fastlægge, hvilken indsats der skal iværksættes overfor de regnbetingede udledninger for at sikre, at disse ikke er til hinder for at miljømålene kan overholdes. Dette skyldes dels, at påvirkningerne kan være meget forskellige, og at én ”type” påvirkning ikke kan registreres entydigt i vandområdet. Der eksisterer på nuværende tidspunkt i litteraturen ikke en veldokumenteret sammenhæng mellem påvirkning og effekt i vandområdet.

I de følgende afsnit vil vi give nogle bud på, hvilke strategier en planlægger kan vælge i forhold til kloaksystemets funktion for at minimere påvirkningen af vandområdet.

4.1 Valg af strategi

Det kan være nødvendigt at fastlægge forskellige strategier for de regnbetingede udledninger i forskellige dele af kommunen.

I nærværende rapport er det valgt at opdele indsatsen i tre indsatsområder:

- Indsats i forhold til kilden
- Indsats i systemet
- Indsats ved udløbet

For hvert af de 3 indsatsområder er der forskellige løsningsmuligheder som enten kan anvendes særskilt eller i en kombination.

I afsnit 4.7 gennemgås specielt, hvilke aspekter, der bør overvejes inden valget af strategi.

4.2 Indsats i forhold til kilden

I dette afsnit lægges vægt på de muligheder, der kan være for at imødegå problemer i en vandområde ved at gennemføre tiltag før kilden, altså før regnvandet løber i kloakken.

Renere teknologi

Renere teknologi skal her forstås som indsatser i industri eller husholdning for at fjerne de uønskede stoffer allerede ved kilden. Hvis f.eks. LAS kan udfases fra rengøringsmidler o.a., vil det ikke findes i udløb og overløb og dermed heller ikke i naturen.
En udfasning af disse stoffer kan være billigere end at fjerne dem fra spildevandet.
I nogle tilfælde vil en decideret kildeopsporing i kloaksystemet være en god strategi. Hvis man har en formodning om, at et bestemt stof overvejende kommer fra en enkelt industri, kan der f.eks. sættes prøvetagere op ved denne.
Bare oplysningen om, at kildeopsporingen er i gang, kan få udledningen til at stoppe.

I de separate regnsystemer er der, som tidligere nævnt, en erkendt stor belastning med forurenende stoffer fra især trafik.
En indsats mod dette med udgangspunkt i renere teknologi ville være ønskværdig for samfundet, men det kræver en overordentlig kompliceret produktregulering på materialer til køretøjer f. eks. tilsætningsstoffer til benzin, olie, dæk mv.
Danmarks kloakforsyninger og miljømyndigheder har ikke kompetencen til en sådan produktregulering.

Det er en politik fra miljøministeriet og EU, at renere teknologi bør prioriteres over renseteknologier, og det må formodes at renere teknologi kommer til at spille en større rolle i fremtiden.

Lokal afledning af regnvand (LAR)

De regnbetingede udledninger kan mindskes ved at aflede mest muligt overfladevand lokalt. Dette gælder uanset om der er tale om fællessystemer eller separate systemer. Ved lokal afledning af regnvand forstås ethvert tiltag, der har til formål at begrænse eller forsinke regnvandsstrømningen fra et område. Ved LAR anvendes typisk elementerne nedsivning fra jordoverfladen – vegetationsområder eller permeable belægninger (infiltration), nedsivning fra faskine

(perkolation), udnyttelse af grøfter og lavninger i terræn til magasinering og dræning. De enkelte elementer anvendes enten hver for sig eller i kombination.

LAR i udvalgte områder kan være en effektiv metode til at forbedre det naturlige vandkredsløb i byområder og nedsætte miljøbelastningen fra afløbssystemer. De seneste år er der opstået et ønske om større rekreativ udnyttelse af bymiljøer, og der planlægges i dag i langt højere end tidligere med LAR hvor regnvandet synliggøres. EU's Vandrammedirektiv med skærpede krav til vandområderne samt det ændrede klima med kraftigere regn vil yderligere øge behovet for at fokusere på alternative løsninger til lokal afledning af regnvand for at undgå overbelastning af specielt fællessystemer.

I dag giver både betalingsvedtægtsloven og spildevandsafgiften et godt incitament til at aflede regnvand lokalt. Betalingsvedtægtslovens incitament er reduktion i tilslutningsbidraget, mens incitamentet i forhold til spildevandsafgiften er indirekte i form af en reduceret udløbsmængde fra renseanlægget.

Der er i litteraturen, jf. litteraturliste under katalogblad 5, givet mange gode eksempler på, hvordan regnvand kan afledes lokalt fra både boliger og veje. Regnvandet kan nedsives, opsamles, filtreres og magasineres som led i at aflede det lokalt. Ved nedsivning kan regnvand enten sive ned fra jordoverfladen eller sive ud i jorden fra en faskine. Infiltration gennem permeable belægninger som fortove og veje samt vegetationsområder er også varianter af nedsivning. Ved nedsivning ledes vandet til grundvandet eller strømmer gennem jorden til vandløb eller vådområder. Grundvandsmagasiners sårbarhed skal vurderes i sammenhæng med den potentielle forureningsrisiko i hvert enkelt tilfælde. Set i forhold til renseeffektivitet er nedsivning fra jordoverfladen at foretrække, idet rodzonen har en god renseevne, som ikke udnyttes ved nedsivning fra en underjordisk faskine.

Her skal understreges vigtigheden af at inddrage interessenter tidligt i et byggemodningsforløb. Planlæggere, udviklingsfolk, arkitekter og bygherre skal sammen erkende det gode i LAR inden projektet tegnes.

Magasinering ved kilden

Udviklingen går mod at større og større arealer befæstes – både på parcelhusgrunde og på industrigrunde, hvilket giver anledning til øgede og ukontrollerbare mængder af vand i kloaksystemet. Dette giver især problemer i fællessystemer, fordi forudsætningerne for dimensioneringen ændres, og kontroller af systemets hydrauliske funktion med modeller ikke afspejler virkeligheden, hvis de baseres på gamle antagelser om befæstelsesgrader.

For at mindske og styre afledningen af regnvand til fællessystemet kan der stilles krav om en maksimal befæstelsesgrad eller en maksimal tilledning til systemet. Ved at stille krav til afledningen til kloaksystemet kan myndigheden påvirke brugernes afgørelse af, om regnvand på grunden skal håndteres via LAR eller ved magasinering. Ved magasinering vil spildevandsmængderne blive udjævnet og medføre færre overløb. Eventuelle krav til begrænset afledning skal beskrives i spildevandsplanen.

På den enkelte matrikel vil det være op til ejeren at afgøre, om der skal etableres faskine, om fliser ændres til græs, om der bygges højere kanter på flisearealerne, så en bassineffekt opnås, om der etableres tagvegetation, der fungerer dels som LAR-løsning og dels som magasinering osv.. Kun fantasien sætter grænser.

Separering af vejvand og bibeholdelse af fællessystem fra husstande er en løsning, der vil kunne mindske tilledningen af regnvand til kloaksystemet uden at gribe ind over for den enkelte borger. Vejen kan gøres permeabel eller der kan sikres en bassinfunktion, som kan træde i funktion under ekstreme regnhændelser. Under ekstremhændelser vil borgerne kunne forholde sig til, at kørsel på vejen skal tilpasses forholdene. Alternativet er, at regnvandet ledes i kloakken, hvor det kan forvolde større skade end på overfladen, da der kan blive tale om opspædt spildevand i kældre eller på terræn, mv. Hvis der tænkes mere bevidst magasinering ind i planlægning af veje, pladser (befæstede og ikke befæstede), vil en ekstrem regnhændelse kunne gøres mindre skadesvoldende og måske kun være til gene i en kortere periode.

Hvad angår veje skal der selvfølgelig tages hensyn til sikkerheden for de kørende. En eventuel forureningsrisiko og sårbarhed i grundvandsmagasiner er også nødvendigt at vurdere, når der vælges løsning.

Separatkloakering

Separering kan anvendes som et tiltag i fælleskloakerede områder til at nedlægge overløbsbygværker. Hvis problemerne med overløbet i hovedsagen er af æstetisk art, og der er ’plads’ til regnvand i en nærliggende vandområde, kan separering være en god løsning. Den er dog som regel bekostelig i ældre bebyggelser.

Traditionelt regnes udledning af opspædt *spildevand* for at have den største indvirkning på vandområdet, mens der hovedsageligt fokuseres på hydraulikken i vandområdet i forbindelse med udledning af *separat regnvand*. Flere undersøgelser viser dog, at den stofmæssige belast-

ning fra separatkloakerede oplande i princippet kan være den samme som for udledninger fra fælleskloakerede oplande (se f.eks. Miljøprojekter 547 og 610).

Ved anlæg af *ny kloak* f.eks. under byggemodninger anvendes der i dag altid separatkloakering– også selvom det separerede regnvand ledes i fællessystemet nedstrøms byggemodningen, og der dermed ikke opnås den fulde effekt af separatkloakeringen. En separatkloakering er oftest ikke ret meget dyrere, når der er tale om nyanlæg. Desuden har den enkelte borger bedre mulighed for at sikre sig mod opstuvninger, og opstuvningerne vil generelt ikke være uhygiejniske. Anvendes højvandslukker til at undgå kælderoversvømmelser er en separatkloakering på den enkelte parcel nødvendig (for at undgå eget spildevand i kælderen).

Reduktion af stofbelastning fra overfladearealer

Det er i dag erkendt, at den stofmæssige belastning fra separatkloakerede oplande er i samme størrelsesorden som for udledninger fra fælleskloakerede oplande. Der er behov for at fokusere på alternative måder at fjerne stofferne fra overfladearealerne og dermed de separate udledninger, da separatkloakering rent strukturmæssigt vil være at foretrække.

Stofbelastningen fra overfladearealer kommer fra afvaskning af overfladearealer, dvs. veje, fortove, parkeringspladser mv. og fra bilernes forurening, nedfald fra planter, jord der skylles ud fra bede, efterladenskaber fra dyr og mennesker mv. Stofferne løber via vejafvandingsbrønde i kloaksystemet. Vejafvandingsbrøndene betragtes normalt ikke som en del af kloaksystemet, men hører under vejmyndigheden. Driften af brøndene, dvs. rensning af rist og tømning af sandfang, hører dermed også under vejmyndigheden. En stor del af stofferne burde opfanges via sandfang i vejafvandingsbrøndene, men tømningshyppigheden er ofte ikke særlig høj, fordi der ikke er fokus på vigtigheden af sandfangenes funktion.

Hvis fjernelsen af stoffer via vejafvandingsbrøndene ikke er tilstrækkelig, er næste mulighed, at fjerne stofferne fra overfladearealerne, inden de skylles i kloaksystemet. Rutinemæssig fejning af gader og veje vil reducere stofmængderne. (Weisman & Field). I forbindelse med fejning af overfladearealer bør der specielt rettes opmærksomhed på, hvilke arealer, der tilfører kloaksystemet overfladevand.

I fællessystemer kan stofbelastningen fra overfladearealer reduceres på tilsvarende vis som i separate systemer. Betydningen for stofudledningen vil dog være lille, fordi stofferne fra overfladearealer i fællessystemer kun udgør en lille del af den samlede stofmængde, som primært stammer fra hus- og industrispildevand.

4.3 Indsats i systemet

I fælleskloakerede systemer tilstræbes det at reducere overløb af opblandet regn- og spildevand til vandområdet. Når der aflastes, er det væsentligt at tilbageholde mest muligt stof i kloaksystemet – særligt i starten af en regnhændelse, hvor bundfældet slam, biofilm mm., som hober sig op under tørvejr, skylles ud af systemet. Denne skylning af kloaksystemet kaldes normalt ”first flush” og er langt mere koncentreret end normalt husspildevand.

Stof der skyldes ud ved first flush, bør føres til renseanlægget. Et veldimensioneret overløbsbygværk træder først i kraft ved en vis fortynding, hvorfor ”first flush”-spildevand i høj grad vil løbe til renseanlægget.

Afløbssystemet bør etableres og drives så mindst muligt ophober sig i systemet under tørvejr. Hvis et kloaksystem ikke etableres som selvrensende, vil mere stof ophobe sig i systemet og give anledning til større udledning af stof ved first flush. Fast drift med spuling i ledninger, hvor der er kendskab til øget ophobning af sediment, vil fjerne det sedimenterede stof, inden det skylles ud ved en regnhændelse.

Magasinering i et bassin er den mest almindelige metode til reduktion af regnbetingede udledninger. Forskellige former for magasinering kan være med til at holde mest muligt vand i kloaksystemet og endvidere sikre at first flush ledes til renseanlægget. Magasinering i sig selv vil endvidere medvirke til rensning i form af sedimentation og stoftilbageholdelse. Effekten af magasinering afhænger dels af, hvor i systemet det etableres, men også i høj grad af hvordan det udformes. Udover at magasinering kan medvirke til at kontrollere den hydrauliske påvirkning af vandområdet anvendes magasinering også i forbindelse med videregående rensning inden udledning til vandområde.

Mulighederne for magasinering er afhængig af kloakeringsprincip. I separate systemer kan regnvandet magasineres på flere alternative måder, da vandet normalt ikke anses for uæstetisk eller uhygiejnisk. Anvendelse af regnvand i bybilledet vinder mere og mere frem f.eks. som vandhuller, søer og kanaler. Det kan give befolkningen en behagelig oplevelse af vand samt muligheder for at opleve et rigt dyre- og planteliv. Oftest magasineres regnvandet i åbne bassinanlæg, fordi det er billigst og acceptabelt.

Magasinering af regn- og spildevand fra fællessystemer er på grund af hygiejniske forhold mere begrænset, hvad angår magasineringstype. I bymæssig bebyggelse anvendes normalt kun lukkede bassiner eller rørbassiner, men måden, hvorpå bassinet er opbygget og udnyttes, kan variere og kan umiddelbart give varierende ”renseeffekter” i form af varierende sedimentation.

4.4 Indsats ved udløbet

Der findes efterhånden mange muligheder for rensning af overløbsvand, inden det udledes til vandområdet. Rensningen kan variere fra den mest simple form for ”rensning”, hvor overløbsbygværket konstrueres på en måde, der giver rolige strømningsforhold og dermed sikrer, at det ”tynde” vand ledes til et vandområde, og det ”tykke” vand ledes til renseanlægget, til mere avancerede overløbsbygværker, hvor overløbsvandet hygiejniseres ved f.eks. UV bestråling.

Om der skal ske rensning af overløb, afhænger af, hvilket vandområde, udledningen sker til, og hvilke krav, der er gældende. Det vil ofte være bedre miljømæssigt og økonomisk, at fjerne mange små og dårligt fungerende bygværker og lave færre store velfungerende bygværker med bedre muligheder for etablering af magasinering og forskellige renseinstallationer.

En øget grad af rensning vil ”nærme sig”, at der anlægges et decideret renseanlæg ved udløbet. Strategien kan opfattes som en decentralisering af rensningen fra renseanlægget i modsætning til den centralisering der foregik i 90’erne som følge af Vandmiljøplanens krav om fjernelse af kvælstof og fosfor.

Der er dog en væsentlig forskel på rensning af spildevand i tørvejr og regnvandsopblandet spildevand. Vandføringen stiger voldsomt under regn, men er til gengæld sjælden. De teknologier, der er velegnede til at rense pludselige store vandmængder, er ikke nødvendigvis de samme, som til en relativ jævn, lav tørvejrsvandføring. Renseteknologier til overløb er i dag mest velegnede til at fjerne flydestoffer og sediment samt evt. fosfor. Kvælstoffjernelse vil f.eks. aldrig blive aktuelt ved et overløbsbygværk.

Fjernelse eller rensning for miljøfremmede stoffer ved udløbet vil afhænge af det specifikke stof og den anvendte teknologi.

4.5 Kombination af indsatser

Som beskrevet i de foregående afsnit, er der mange muligheder for at lave en indsats både ved kilden, i systemet og ved udløbet. Der vil være mange muligheder for at kombinere indsatserne – både mellem kloakoplande men også inden for det enkelte kloakopland. Også i planlægningsmæssig henseende vil det være en god ide at kombinere indsatser.

Et eksempel på en kombineret indsats kunne være i forbindelse med en mindre fornyelse i et fælleskloakeret opland, som ikke er hensigtsmæssigt at separatkloakere på det givne tidspunkt. Her kan der for eksempel etableres en separat ledning, som i første omgang *kun* fjerner *vej-*

vand fra spildevandssystemet. Samtidig *forberedes* systemet for separatkloak til et senere tidspunkt.

Det kan også være en god ide som en indledende indsats at gøre offentlige pladser mere permeable og sikre magasinering. Borgerne kan eventuelt via pjecer orienteres om, at de selv kan være med til at ”hjælpe miljøet” ved at anlægge lokal nedsivning på egen grund, inden de evt. pålægges at gøre det. Samtidig med sådanne LAR tiltag og lokal magasinering kan kloaksystemet optimeres både med tiltag i systemet og med indsats ved udløbet i form af rensning.

4.6 Styring

Styring af kloaksystemet kan være et redskab til at mindske aflastningerne fra fælleskloakerede oplande. En styring i kloaksystemet kan være passiv eller aktiv.

Oprettelsen af et overløb er for så vidt første trin i en *passiv* styring af kloaksystemet. Overløbet skal forhindre opstuvninger i den afskærende ledning. Herefter kan den passive styring fortsættes f.eks. ved, at overløbskoten ændres manuelt med svinerygsplanker.

Vandbremser kan sætte en øvre grænse for vandføringen til det afskærende system nedstrøms, hvorved et overløb kan holdes bort fra evt. følsommere vandområder nedstrøms i systemet
En vandbremse kan også anbringes på selve overløbsrøret, hvorved omfanget af overløbet kan begrænses. I sådanne tilfælde skal der dog være styr på evt. tilbagestuvninger.

Aktiv styring kan f.eks. bestå i en motorstyret overløbskant, der styres ud fra en måling af niveauet i den afskærende ledning.
Vandføringerne og opstuvning kan også styres aktivt ved start og stop af pumpestationer, der samtidig kan fungere som flowmålere.
Anvendelse af data fra en lokal vejrradar kan være en god styringsparameter.

En styring, der udnytter, at et fællessystem har et vist volumen i rør og pumpesumpe, vil i nogle tilfælde kunne ’erstatte’ en del af behovet for bassin volumen til opmagasinering af fortyndet spildevand under regn (Nielsen m.fl. 2002, 2004).
Et idriftsat eksempel er styring af bassiner i Spildevandscenter Avedøres opland (Dansk Vand, 2005; Jansen og Hansen 1995). Her fyldes bassiner opstrøms i oplandet først, men når bassinerne er fyldte, øges afstrømningen til kloak aktivt, således at der i højere grad aflastes til havet, der ikke er så følsomt som indlands vandområder.

En ny måde at anvende viden om hændelserne i kloaksystemet aktivt i stedet for at bygge magasineringsvolumen er varsling.

I Københavns havn er der anlagt badeanstalt ved Langebro. Det kan lade sig gøre bl.a., fordi der via viden om regnintensitet og en computer-model af havnen, kan varsles på stedet, når der er risiko for at badevandet er forurenet.

4.7 Forudsætninger for valg af strategi og metode

Når kloakforsyningen skal vælge en strategi til forbedring af regnbetingede udledninger, er der en række forudsætninger, der skal afklares, inden valget kan foretages.

Det beskrives ikke her, *hvordan* de afklares, blot oplistes de punkter, der bør indgå i overvejelserne.

- Miljømål og type af vandområde
- Datagrundlag
- Pladsforhold
- Krav fra myndigheder
- Økonomi
- Afledt drift
- Forventninger fra borgere

Miljømål og type af vandområde

Der skal tages hensyn til, hvilken vandområdetype, der udledes til (vandløb, sø, hav eller fjord). For hver type vandområde vil der være forskellige problemfelter og løsningsmuligheder afhængig af blandt andet vandområdets følsomhed og de krav, der er gældende. Herunder vil Vandrammedirektivets fastsættelse af miljømål være afgørende for den indsats, der skal iværksættes. Sammenhængen mellem påvirkning og effekt vil være forskellig afhængig af det pågældende vandområde.

Datagrundlag

For at kunne fastlægge en strategi er det nødvendigt at kende det eksisterende kloaksystem og funktionen af systemet under regn. Ledningssystemet og bygværker skal være registreret, der skal være kendskab til, hvilke områder, der afleder til systemet, og befæstelsesgraden skal fastlægges (skønnes, opmåles eller fastlægges via GIS).

Kendskab til funktionen kan opnås via modeller og overvågning af de centrale elementer i kloaksystemet – først og fremmest pumpestationer men også overløbsbygværker og evt. bassiner. Via automatisk overvågning fås den bedste viden om systemet. Dernæst kan planlæggeren agere ud fra den indhentede viden. Dårlige og ikke velfungerende bygværker, der giver en dårlig stoffjernelse og aflaster tit, bør fjernes eller ombygges.

Pladsforhold

Valget mellem f.eks. lokal rensning, magasineringsløsninger eller separering vil i mange tilfælde afhænge af den plads, der er til rådighed til at etablere en løsning. I bymæssige områder kan det ofte være svært at finde plads til et sparebassin uden at skulle ekspropriere sig til et egnet areal. Omvendt vil f.eks. separering kræve meget plads i anlægsperioden.

I visse eksisterende bygværker kan ringe plads gøre, at der vælges kompakte løsninger frem for andre.

Krav fra myndigheder

Kravene fra myndighedernes side kan være baseret på opspædningsgrader, dvs. hvor mange gange spildevandet formodes at være fortyndet med regnvand, eller på overløbsfrekvensen det vil sige antal overløb pr. år, for eksempel n =2, der svarer til 2 gange pr. år. (IDA rapport, 1998).

Kravene har indtil i dag været baseret på et meget uensartet grundlag i forskellige amter, og typisk har de ikke været underbygget af en årsag – effekt sammenhæng.
De miljømål, som fastsættes i henhold til Vandrammedirektivet, vil være bestemmende for de krav, der skal fastsættes direkte for de regnbetingede udledninger. Kravene kan således godt være forskellige for forskellige vandområder, men det afgørende er, at der etableres et fælles grundlag for fastsættelsen af disse krav.

Økonomi

Økonomi vil være en væsentlig parameter ved overvejelse om en løsning. Generelt kan det siges, at økonomi i forhold til LAR-løsninger oftest pålægges den enkelte bruger af systemet, mens udgifter i forhold til de andre løsninger pålægges kloakforsyningen. Det behøver ikke nødvendigvis at blive dyrt, hvis løsninger tænkes ind i planlægningen. Kvalitet og levetid er faktorer, der ofte er omvendt proportionalt med prisen. Kloakforsyningen skal derfor overveje, hvor længe løsningen forventes at holde.
I mange tilfælde vil et forbedret datagrundlag (input fra driften) betyde, at der kan opnås store effekter ved enkle og billige tiltag. For eksempel en hævet overløbskant eller en ny rist på et kritisk sted.

Afledt drift

Et naturligt åbent bassin uden fast bund, der anvendes til forsinkelse af regnvand, skal, afhængig af oplandet, oprenses for sand, slam mv. med et til flere års mellemrum. Det kan være meget dyrt at komme af med bundslam af denne type, da det karakteriseres som forurenet jord pga. PAH og tungmetaller.

Et bassin med automatisk skyllesystem vil ikke være belastet af denne type omkostninger. Her er der til gengæld pumper eller andet maskineri, der skal vedligeholdes.

Forventninger fra borgere

Forventninger fra borgernes side vil ofte være med i overvejelserne om, hvor vidtrækkende løsningerne skal være. Forskellige følger af overløb kan få borgere til at reagere. Det kan for eksempel være:

- Uæstetiske spor efter overløb
- Dårligt badevand
- Oversvømmelser

Der kan også være et *politisk* ønske om godt badevand på lokaliteter, hvor der traditionelt ikke bades (f.eks. havne).

I de tilfælde, hvor badevandet er dårligt, må det overvejes, om myndighedens krav er i overensstemmelse med kommunens målsætning for de rekreative værdier. Antallet af oversvømmelser må ikke være i modstrid med det vedtagne kommunale serviceniveau.

5 Litteraturliste

Listen er ikke udtømmende og suppleret i de enkelte katalogblade.

Projektkatalog for regnbetingede udledninger. *Green City Kommunerne, april 1998*.

Udledningskrav for regnbetingede udløb fra kloaksystemer i relation til fysiske forhold i vandløb. *IDA rapport, marts 1998*

Regnvandsbetingede udledninger – retningslinier, løsninger, planlægning. *Ribe Amt, marts 2000*

Regnbetingede udløb fra kloaksystemer – et litteraturstudium over danske og udenlandske erfaringer. *Miljøprojekt 547, 2000*

Stofkoncentrationer i regnbetingede udledninger fra fællessystemer – litteraturstudie, databearbejdning og perspektivering. *Miljøprojekt 532, 2000*.

Biologiske effekter af toksiske stoffer i regnbetingede udløb. *Miljøprojekt 610, 2001*.

Udledningskrav for regnbetingede udløb. *IDA rapport, november 2002*

Bearbejdning af målinger af regnbetingede udledninger af NPO og miljøfremmede stoffer fra fællessystemer i forbindelse med NOVA 2003. *Miljøprojekt 701, 2002*.

Krav til regnbetingede udledninger i forhold til vandrammedirektivet. Karsten Arnbjerg og Niels Bent Johansen, *Spildevandskomiteen, april 2002. Findes på* www.ida.dk

En långsigtig hållbar dagvattenhandtering. *Svensk Vatten. Peter Stahre. 2004.*

Tilbageholdelse af sedimentérbart stof og miljøfremmede stoffer i regnvandsbassiner i afløbssystemer. *T. Larsen og O. Neerup-Jensen Aalborg Universitet 2003.*

Regulering af forurening fra afløbssystemer under regn. *Miljøstyrelsens Miljøprojekt nr. 137, 1990*

Strategi for regnbetingede udløb fra kloakledninger. Stads- og Havneingeniøren 4, 2003 s. 16-21. Prof. Torben Larsen, AUC.

Odense Pilot River Basin. Foreløbig Basisanalyse. Fyns Amt 2003, (kan hentes på http://www.odenseprb.fyns-amt.dk/wm133509)

A planning and design guidebook for combined sewer overflow control and treatment, Municipal Environmental Research Laboratory, Cincinnati Ohio. Weisman D, Field R., 1982.

Bruger vi vore spildevandsdata rigtigt?
Artikelserie i Stads og Havneingeniøren 1.artikel i nr. 10 2002, 2. i nr. 11 2002 og 3. i nr. 6/7 2004. Marinus Nielsen, Mette Lindstrøm m.fl.

Planning of a real-time control system for the sewer system of Avedøre wastewater treatment plant in Copenhagen. Paper presented at IAWQ Specialized conference on Sensors, Copenhagen Oct. 1995. Jes la Cour Jansen og Ole Bo Hansen

Hvordan tolker vi vandføringsdata fra afløbssystemer?
Dansk Vand nr. 1. februar 2005. Karsten Arnbjerg m.fl..

Veiledning i overvannshåndtering. NORVAR-rapport 2005. ISBN 82-414-0268-6

6 Resumeer af udvalgte referencer

I dette kapitel har vi valgt at resumere nogle få af de mere omfattende referencer fra listen i kapitel 5.

- o -

Udledningskrav for regnbetingede udløb fra kloaksystemer i relation til fysiske forhold i vandløb. Ingeniørforeningen i Danmark (IDA), marts 1998

Resumé

Denne rapport er forløber til reference 7 (Udledningskrav for regnbetingede udløb), fra nov. 2002.
Den består af en meget kort hovedrapport på 6 sider samt 3 bilag.
Bilag 1 oplister resultaterne af en *rundspørge til amterne* om praksis i forbindelse med regnbetingede udledninger. Det fremgår bl.a., at der, amterne imellem, er forskel på, hvilke principper, der er anvendt til kravstillelse.
Bilag 2 er en gennemgang af eksisterende edb-programmer til beregninger af kvalitetsmæssige konsekvenser for regnbetingede udledninger. (DOSMO, FOXTROT, MIKE 11 og PIV).
Bilag 3 indeholder forslag til generelle og operationelle krav til regnbetingede udledninger mht. vandføring og sediment.

Rapporten kan fås ved henvendelse til IDA (www.ida.dk)

Udledningskrav for regnbetingede udløb.
IDA, november 2002

Resumé

Denne rapport bygger oven på reference 2 (Udledningskrav for regnbetingede udløb fra kloaksystemer i relation til fysiske forhold i vandløb), fra marts 1998.
Rapporten beskriver i hovedsagen *effekterne* af regnbetingede udløb og deres sammenhæng med /anbefalinger til krav og kravværdier.
Kommissoriet for rapporten var at nedfælde *retningslinier* for regnbetingede udløb m.h.b. på dimensionering af foranstaltninger.
Rapporten indeholder afsnit om virkemidler til at begrænse effekterne samt metoder til at forudsige effekterne af regnbetingede udløb.
Rapporten er udført i sammenhæng med et litteraturstudium (Miljøstyrelsen Miljøprojekt nr. 547, ref. nr.4) der omfatter samme emner dvs.:

- Hydraulik
- Aflejring
- Æstetik
- Hygiejne
- Iltsvind
- Eutrofiering
- Miljøfremmede stoffer

Appendiks 1 om biologiske effekter af regnbetingede udledninger til vandløb:
Om usikkerhederne ved at træffe beslutninger om tiltag overfor R.U. på baggrund af de forventede effekter målt som biologiske parametre.

Rapporten kan får ved henvendelse til IDA (www.ida.dk)

En långsiktigt hållbar dagvattenhantering.
Peter Stahre, Svenskt Vatten, 2004. (81 sider)
ISBN 91-85159-17-4

Resumé

At skabe plads til regnvandet i bymiljøet, således at det ikke fremover betragtes som spildevand, der skal bortledes under jorden, er budskabet om den 'langsigtede håndtering af separat regnvand'.
Bogen kommer godt rundt omkring eksempler på, hvordan der lokalt kan gøres en indsats for at regnvandet anvendes landskabeligt.

Bogen har i 4 kapitler rigt illustrerede forslag til løsninger med overskrifterne

- Lokal håndtering af regnvand på privat grund
- Forsinkelse af regnvand nær kilden
- Træg afledning af regnvand
- Samlet forsinkelse af regnvand (større anlæg)

De omtalte løsninger er:
Grønne tage, infiltration på overflader, faskiner, små og store forsinkelsesdamme, opsamlingstanke, opdæmning på marker og gader og bække til forsinkelse m.m.

I bogen lægges der stor vægt på den tidlige indsats i planlægningen, og det struktureres, hvilke interessenter, især indenfor kommunens tekniske forvaltning, der nødvendigvis må arbejde sammen for at få en koordineret indsats tidligt i en byggefase.

Tilbageholdelse af sedimentérbart stof og miljøfremmede stoffer i regnvandsbassiner i afløbssystemer.
Miljøstyrelsen - Miljøprojekt nr. 871, 2003

Resumé

Rapporten beskriver, hvilke bundfældnings effekter, der kan forventes i sparebassiner.
Rapporten er skrevet af Aalborg Universitet for Miljøstyrelsen
Resultatet er baseret på målte data fra Tyskland og modelberegninger.
Det konkluderes, at der bundfældes væsentlige mængder suspenderet stof i bassiner med en vis opholdstid, og at der med sedimentet følger 60-85 % af miljøfremmede stoffer med (PAH).

Også store dele af tungmetal forureningen følger med bundfældet slam.

Rapporten kan hentes fra Miljøstyrelsens hjemmeside: www.mst.dk

Regulering af forurening fra afløbssystemer under regn
Miljøstyrelsens Miljøprojekt nr. 137.

Resumé

Meget grundig og fyldig gennemgang af videnstatus i 1990 (229 sider).
Rapporten er skrevet af PH-consult for Miljøstyrelsen.
Rapporten diskuterer grundlaget for formuleringen af ændrede regler og giver anbefalinger med hensyn til formuleringen af regler samt forslag til undersøgelser, hvor det ønskelige grundlag ikke foreligger.
Rapporten gennemgår situationerne og reglerne i en række lande.
Rapporten anbefaler, at krav i højere grad stilles i relation til den resulterende forurening frem for, som hidtil, ud fra en praktisk/økonomisk vurdering.

Rapporten kan hentes fra Miljøstyrelsens hjemmeside: www.mst.dk

7 KATALOGBLADE

INDHOLD

1. GENERELLE BEMÆRKNINGER 37
2. BEFÆSTEDE AREALER SOM FORSINKELSE 43
3. INFILTRATION 45
4. PERKOLATION 48
5. PERMEABLE BEFÆSTELSER 51
6. SEPARATKLOAKERING 55
7. OVERLØBSBYGVÆRK 59
8. BASSINER - OVERSIGT 62
9. LUKKEDE BASSINER 65
10. REGNVANDSBASSINER, TØRRE 69
11. REGNVANDSBASSINER VÅDE 72
12. ÅBNE BASSINER I FÆLLESSYSTEMER 76
13. KOMBIBASSINER 79
14. VÅDOMRÅDER 82
15. VANDBREMSER 85
16. SKUMSKÆRME 88
17. STATISKE RISTE 90
18. SELVRENSENDE RISTE 92
19. TROMLESIER OG SKIVEFILTRE 95
20. SANDFILTRE 100
21. HØJRATEFILTRERING 102
22. SANDFANG 105
23. LAMELSEPARATION 108
24. FORCERET SEDIMENTATION 111
25. HVIRVELSEPARATORER 114
26. OLIEUDSKILLERE 117
27. FLOTATION 120

28. DESINFEKTION 123

29. ORM 125

30. BØJEKLAP 129

31. KOMBINATIONER 131

1. Generelle bemærkninger

I katalogbladene 2-31 er beskrevet de teknologier, der kendes i Danmark til reduktion af effekterne fra regnbetingede udledninger.

Nummer 2-6 betragtes som *Indsats ved kilden*, nummer 7-14 betragtes som Indsats *i systemet*, mens nummer 15-31 (overvejende) er *Indsats ved udløbet.*

Det kan være vanskeligt at vælge, hvilken foranstaltning, man vil anvende.
Tabellerne på de følgende sider er tænkt som en indgang til, hvilke tiltag der er de mest velegnede med udgangspunkt i 'problemets karakter'.
Dette kan bruges som indgang til et opslag i selve kataloget.

VEJLEDNING
Der er tre hovedtabeller for vandområderne vandløb, sø og hav.
I hver af tabellerne kan der afsøges mulige tiltag med udgangspunkt i problemet.
I kolonnen 'Kendte løsningsteknologier' henvises til en gruppe af løsningsmuligheder, der detaljeres i tabellen kaldet 'Grupper'. Tabellen over grupper findes umiddelbart efter de tre vandområde tabeller.

Eksempel:
Hvis der problemer med erosion i et vandløb, findes i første kolonne 'Hydraulisk belastning' i vandløbstabellen. (Erosion forårsaget af for høj vandføring).
Der kan vælges mellem løsning ved kilden, i systemet eller ved udløbet.
Vælges f.eks. at se på en løsning ved kilden for et regnvandsudløb kan det ses i gruppe-tabellen under RK at løsningsmulighederne er Infiltration, Perkolation eller Permeable befæstelser (eller tilføjelsen Befæstet areal som forsinkelse). Disse teknologier kan så studeres nærmere i de enkelte katalogblade

Til **tabellerne** knyttes i øvrigt følgende bemærkninger og forbehold.
Ved *Indsats ved kilden* på fælles vand: Virkningen er baseret på at overløb mindskes ved at tilledning af regnvand til systemet mindskes eller forsinkes
Ved *Indsats ved kilden* på regnvandssystem: Forsinkelse hjælper kun hydraulisk, idet al vand ledes videre til recipient. Evt. forurenende stoffer vil fortsætte til recipienten i uændrede mængder.
Mulighederne for en indsats ved enten kilde, i systemet eller ved udløbet er yderligere omtalt i kapitel 4.

Renseeffekten i flere af teknologierne er i høj grad baseret på forsinkelse eller tilbageholdelse af bundfældet materiale. Man bør være opmærksom på, at der hermed dannes et nyt restprodukt, der skal

bortskaffes. Det kan i nogle tilfælde ske ved videretransport til et renseanlæg, hvor det indgår i den almindelige slambehandling.

For *bakteriel forurening, tungmetal, kvælstof* og *miljøfremmede stoffer* gælder, at fjernelse af SS kun virker i det omfang, problemstofferne er knyttet til partikler, hvilket langt fra altid er tilfældet. Der kræves f.eks. for nogle af tungmetallernes vedkommende fjernelse af meget små partikler. Der findes ikke blandt teknologierne en målrettet rensning for miljøfremmede stoffer eller tungmetaller. Miljøfremmede stoffer er en meget bred gruppe, og der kan ikke angives én universel rensemulighed eller rensegrad.

Nogle af de oplistede teknikker er oftest anbragt i andre eksempelvis *riste, bøjeklap, kontraklap og vandbremser,* som findes i *overløbsbygværker* og *bassiner*

- o -

Til **katalogbladene** knyttes følgende bemærkninger og forbehold.
Katalogbladene er skrevet med udgangspunkt i rapporten ”Projektkatalog for regnbetingede udledninger” fra Green City Kommunerne Herning, Ikast, Silkeborg og Hvidebæk, 1998 (Nellemann, Nielsen og Rauschenberger).

Priserne under punktet økonomi er generelle erfaringspriser, der kun kan bruges til en grov sammenligning af forskellige teknikker.

Referencelisterne er ikke nødvendigvis udtømmende på hvert blad.

REGNBETINGEDE UDLEDNINGER FRA KLOAKSYSTEMER – separat og fælleskloakerede

ET KATALOG OVER EFFEKTER OG LØSNINGSTEKNOLOGIER

VANDLØB

PROBLEMFELTER	KILDER	INDSATSOMRÅDE	KENDTE LØSNINGSTEKNOLOGIER	BEMÆRKNINGER
HYDRAULISK BELASTNING	Overløb fra fælleskloakerede oplande	VED KILDEN	Gruppe FK	
		I SYSTEMET	Gruppe FS	
		VED UDLØBET	Kombibassiner og bøjeklap	
	Regnvandsudløb fra separatkloakerede oplande	VED KILDEN	Gruppe RK	+ Befæstede arealer som forsinkelse
		I SYSTEMET	Gruppe RS	
		VED UDLØBET	Gruppe RU	
BAKTERIEL FORURENING	Overløb fra fælleskloakerede oplande	VED KILDEN	Gruppe FK	
		I SYSTEMET	Gruppe FS	+ ORM-anlæg
		VED UDLØBET	Gruppe FU	+Desinfektion, riste har ringe virkning
MILJØFREMMEDE STOFFER	Overløb fra fælleskloakerede oplande	VED KILDEN	Gruppe FK	
		I SYSTEMET	Gruppe FS	
og PESTICIDER		VED UDLØBET	Gruppe FU	ringe effekt af riste, sier, filtre mv.
	Regnvandsudløb fra separatkloakerede oplande	VED KILDEN	Gruppe RK	
		I SYSTEMET	Gruppe RS	
		VED UDLØBET	Gruppe RU	
TUNGMETALLER	Overløb fra fælleskloakerede oplande	VED KILDEN	Gruppe FK	
		I SYSTEMET	Gruppe FS	
		VED UDLØBET	Gruppe FU	
	Regnvandsudløb fra separatkloakerede oplande	VED KILDEN	Gruppe RK	
		I SYSTEMET	Gruppe RS	
		VED UDLØBET	Gruppe RU	
UÆSTETISKE	Overløb fra fælleskloakerede oplande	VED KILDEN	Gruppe FK	
EMNER		I SYSTEMET	Gruppe FS	
		VED UDLØBET	Gruppe FU	især riste og sier

REGNBETINGEDE UDLEDNINGER FRA KLOAKSYSTEMER – separat og fælleskloakerede

ET KATALOG OVER EFFEKTER OG LØSNINGSTEKNOLOGIER

SØER

PROBLEMFELTER	KILDER	INDSATSOMRÅDE	KENDTE LØSNINGSTEKNOLOGIER	BEMÆRKNINGER
FOSFOR	Overløb fra fælleskloakerede oplande	VED KILDEN	Gruppe FK	
		I SYSTEMET	Gruppe FS	
		VED UDLØBET	Gruppe FU	+ kemisk fældning til mange af teknologiern
				- riste og sier
	Regnvandsudløb fra separatkloakerede oplande	VED KILDEN	Gruppe RK	
		I SYSTEMET	Gruppe RS	
		VED UDLØBET	Gruppe RU	
BAKTERIEL FORURENING	Overløb fra fælleskloakerede oplande	VED KILDEN	Gruppe FK	
		I SYSTEMET	Gruppe FS	+ ORM-anlæg
		VED UDLØBET	Gruppe FU	+Desinfektion, ringe effekt af riste
MILJØFREMMEDE STOFFER	Overløb fra fælleskloakerede oplande	VED KILDEN	Gruppe FK	
		I SYSTEMET	Gruppe FS	
og PESTICIDER		VED UDLØBET	Gruppe FU	ringe effekt af riste, sier, filtre mv.
	Regnvandsudløb fra separatkloakerede oplande	VED KILDEN	Gruppe RK	
		I SYSTEMET	Gruppe RS	
		VED UDLØBET	Gruppe RU	
TUNGMETALLER	Overløb fra fælleskloakerede oplande	VED KILDEN	Gruppe FK	
		I SYSTEMET	Gruppe FS	
		VED UDLØBET	Gruppe FU	
	Regnvandsudløb fra separatkloakerede oplande	VED KILDEN	Gruppe RK	
		I SYSTEMET	Gruppe RS	
		VED UDLØBET	Gruppe RU	
UÆSTETISKE	Overløb fra fælleskloakerede oplande	VED KILDEN	Gruppe FK	
EMNER		I SYSTEMET	Gruppe FS	
		VED UDLØBET	Gruppe FU	især riste og sier
BUNDFÆLDELIGE STOFFER	Overløb fra fælleskloakerede oplande	VED KILDEN	Gruppe FK	
		I SYSTEMET	Gruppe FS	
		VED UDLØBET	Gruppe FU	især sedimentationsteknikker
	Regnvandsudløb fra separatkloakerede oplande	VED KILDEN	Gruppe RK	
		I SYSTEMET	Gruppe RS	
		VED UDLØBET	Gruppe RU	især sedimentationsteknikker

REGNBETINGEDE UDLEDNINGER FRA KLOAKSYSTEMER – separat og fælleskloakerede

ET KATALOG OVER EFFEKTER OG LØSNINGSTEKNOLOGIER

HAVOMRÅDE

PROBLEMFELTER	KILDER	INDSATSOMRÅDE	KENDTE LØSNINGSTEKNOLOGIER	BEMÆRKNINGER
KVÆLSTOF	Overløb fra fælleskloakerede oplande	VED KILDEN	Gruppe FK	
		I SYSTEMET	Gruppe FS	
		VED UDLØBET	Gruppe FU	- Riste og Sier, kun N knyttet til SS k
	Regnvandsudløb fra separatkloakerede oplande	VED KILDEN	Gruppe RK	
		I SYSTEMET	Gruppe RS	
		VED UDLØBET	Gruppe RU	ringe effekt
BAKTERIEL FORURENING	Overløb fra fælleskloakerede oplande	VED KILDEN	Gruppe FK	
		I SYSTEMET	Gruppe FS	+ ORM-anlæg
		VED UDLØBET	Gruppe FU	+Desinfektion, riste har ringe virkning
MILJØFREMMEDE STOFFER	Overløb fra fælleskloakerede oplande	VED KILDEN	Gruppe FK	
		I SYSTEMET	Gruppe FS	
og PESTICIDER		VED UDLØBET	Gruppe FU	ringe effekt af riste, sier, filtre mv.
	Regnvandsudløb fra separatkloakerede oplande	VED KILDEN	Gruppe RK	
		I SYSTEMET	Gruppe RS	
		VED UDLØBET	Gruppe RU	- Sandfang
TUNGMETALLER	Overløb fra fælleskloakerede oplande	VED KILDEN	Gruppe FK	
		I SYSTEMET	Gruppe FS	
		VED UDLØBET	Gruppe FU	
	Regnvandsudløb fra separatkloakerede oplande	VED KILDEN	Gruppe RK	
		I SYSTEMET	Gruppe RS	
		VED UDLØBET	Gruppe RU	
UÆSTETISKE	Overløb fra fælleskloakerede oplande	VED KILDEN	Gruppe FK	
EMNER		I SYSTEMET	Gruppe FS	
		VED UDLØBET	Gruppe FU	især riste og sier

REGNBETINGEDE UDLEDNINGER FRA KLOAKSYSTEMER – separat og fælleskloakerede

ET KATALOG OVER EFFEKTER OG LØSNINGSTEKNOLOGIER

GRUPPER					
Fællessystem v. Kilde	Fælles System	Fællessystem v. Udløb	sep. Regnsystem v. Kilde	Regn System	Regnsystem v. Udløb
FK	**FS**	**FU**	**RK**	**RS**	**RU**
Separering	Overløb (kote, udformning)	Traditionelle riste	Infiltration	Regnvandsbassiner	Sandfang
Infiltration	Bassiner	Selvrensende riste	Perkolation	* Tørre	Olieudskiller
Perkolation	* lukkede	Tromlesier	Permeable befæstelser	* Våde	
Permeable befæstelser	* rør				Sedimentationsbassin
Befæstede arealer som forsinkelse	* åbne	Recipientbassiner		Olieudskiller	Lamelsedimentation
		Vådområder		Vandbremser	Forceret sedimentation
		Kombibassiner			
	Bøjeklapper	Skumskærme			
	Vandbremser	Sandfang			
		Olieudskillere			
		Sandfiltre			
		Kontraklapper			
		Sedimentationsbassin			
		Lamelsedimentation			
		Højratefiltrering			
		Forceret sedimentation			
		Hvirvelseparatorer			
		Flotation			
		Orm			
		Bøjeklap			
		Nye teknologier			

Grupperne er prioriteret med de hyppigst anvendte løsninger først

2. BEFÆSTEDE AREALER SOM FORSINKELSE

Funktionsbeskrivelse

Ideen med anvendelse af befæstede arealer som forsinkelse er, at kloaksystemet skal modtage den fulde mængde vand i forbindelse med en kraftig regnhændelse, men at de mest intensive toppe af hændelserne udjævnes inden det løber i kloaksystemet, og dermed inden regnmængderne bliver opblandet med kloakvand.

Udnyttelse af magasinerne kan etableres på mange forskellige måder f.eks. ved veje at etablere højere kant til fortov/beboelse eller opstemninger (bump) på tværs af vejen, samtidig med at afvandingsmuligheden afstemmes kloaksystemets kapacitet. Særlige kritiske lavninger i terrænet, som vil være meget udsatte ved kraftige regnhændelser, kan sikres ved f.eks. at etablere rekreative arealer evt. med lavninger i terrænet, hvorved der skabes magasineringsmulighed. I forbindelse med allerede etablerede torve, parkeringspladser mm. kan et magasin skabes ved forskellige former for opstemninger og samtidig regulering af afvandingsmuligheden i forhold til kloaksystemets kapacitet, f.eks. ved at rendestensristenes lysning mindskes.

Anvendelighed

Anvendelse af befæstede arealer som forsinkelse anses normalt kun som en løsningsmulighed i forbindelse med meget kraftige regnhændelser, idet løsning er forbundet med gener for de borgere, der anvender de befæstede arealer, f.eks. veje, hvor trafikken i høj grad vil blive generet. Det skal ses som en metode til håndtering af ekstreme regnhændelser, i stedet for ikke at være forberedt på hændelserne, som derfor alternativt medfører, at alt ender i kaos med f.eks. store vandskadeudgifter til følge.
Metoden anvendes dog som standard løsning i USA og Canada.

Principielt kan ikke-befæstede arealer også anvendes til denne form for forsinkelse. Ved meget kraftige regnhændelser vil al regnvandet, der falder på disse områder ikke kunne infiltrere, men vil i stedet løbe mod nærmeste lavning i terrænet, som evt. kunne være til kloaksystemet.

Arealer, der kan anvendes til bevidst forsinkelse af kraftige regnhændelser, er typisk veje, parkeringspladser, torve, havnearealer, rekreative arealer, fodboldbaner osv. I de fleste tilfælde vil arealerne også naturligt fungere som mindre magasiner, men da vil de oftest først udnyttes som magasin, når kloaksystemet er fyldt og måske allerede har medført problemer med opstuvet kloakvand.

Ved først og fremmest at analysere de kraftige regnhændelser, hvor kloaksystemet modelleres i samspil med overflademodeller, vil det være muligt at fastslå, hvor der vil opstå problemer hhv. i kloaksystemet og på terræn.

Hvis magasinering af regnvand i problemområderne derefter kan tænkes ind i f.eks. lokalplaner for områderne, vil de kunne planlægges og etableres under hensyntagen til behovet for magasinering. Derved vil magasineringen kunne øges og styring af vandmængderne vil kunne foranstaltes.

Magasinering kan evt. ske på flade tage (bl.a. Mosbaek har en regulator til nedløbsrør).

Driftsforhold

Der er ikke nødvendigvis ændrede driftsforhold til denne magasineringsform. Det er dog muligt, at vejriste skal tilses og renses oftere, hvis åbningernes størrelse mindskes.

Specielle forhold

Denne form for magasinering skal etableres i forbindelse med anlæg, der principielt er kloakforsyningen uvedkommende. Dvs. kloakforsyningen skal træffe aftaler med andre afdelinger i teknisk forvaltning eller andre samarbejdsparter. Deres interesse er at få afvandet vejene hurtigst muligt af hensyn til trafiksikkerhed, så der er tale om modstridende interesser. Vejstrækninger, der anvendes til opmagasinering, skal som minimum udstyres med advarselstavler.

Økonomi

Generelt en billig løsning i forhold til andre tiltag. Der skal kun investeres i bump/vulster og drossel-arrangement til rensestensriste.

Referencer

En långsigtig hållbar dagvattenhandtering. *Svensk Vatten. Peter Stahre. 2004.*

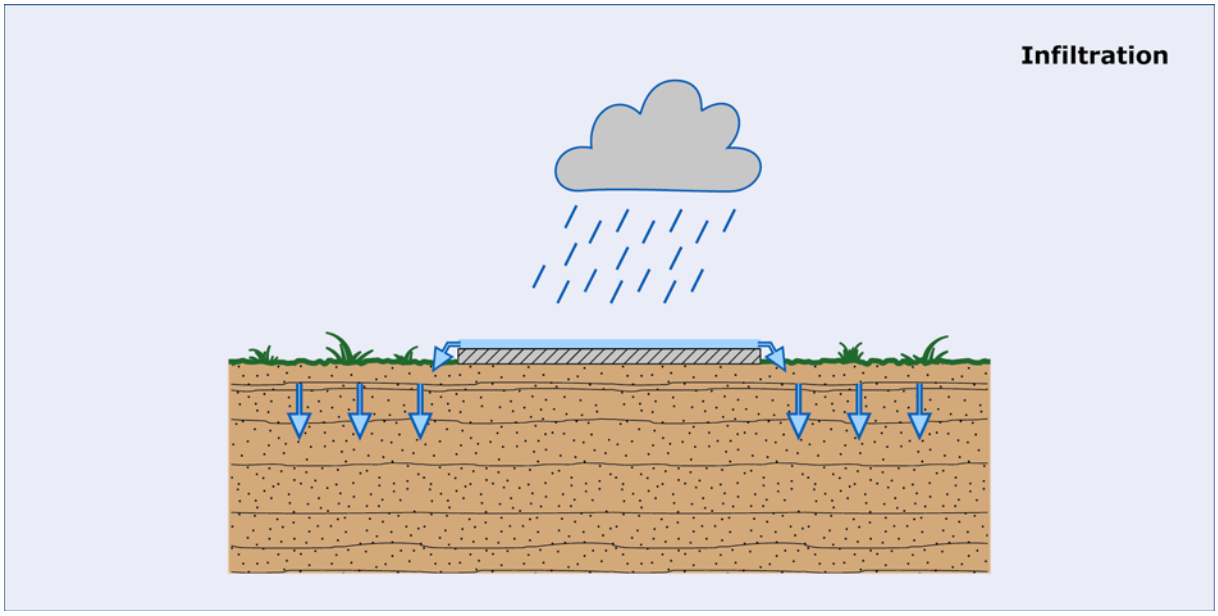
Street Storage System for Control of Combined Sewer Systems.
Stuart G. Walesh, US EPA National Risk Management Research Division, 1999.
Kan hentes på http://www.epa.gov/ednnrmrl/repository/epa-600-r-00-065/
Se også blad 5.

3. INFILTRATION

Nedsivning på vegetationsområder

Katalogblad 3, 4 og 5 er samhørende beskrivelser af LAR ved nedsivning.

Funktionsbeskrivelse



Nedsivning af regnvand gennem jordoverfladen kan ske på alle overflader i tilknytning til ubefæstede områder, såfremt vegetation, topografi, jordartsforhold og grundvandsforhold tillader dette. Disse faktorer er nærmere beskrevet i publikationen ”Lokal afledning af regnvand” (Miljøstyrelsen, 1992). På privat grund er det oplagt at udnytte græsarealer til for eksempel nedsivning af tagvand.

På offentlige arealer vil det derimod typisk være infiltrationsbassiner, der vil finde anvendelse – eventuelt kombineret med en form for lavningsmagasinering.

Et infiltrationsbassin er i princippet et bassin, hvorfra vandet bortledes ved nedsivning til den omgivne jord. Både partikulært materiale og opløste stoffer vil kunne fjernes ved en kombination af fysiske, kemiske og biologiske processer i jordoverfladen.

Sammenlignet med nedsivning fra en faskine, er nedsivning gennem jordoverfladen rensemæssigt at foretrække, idet den øverste del af jorden, dvs. rodzonen, har en meget god renseevne. Dette bør dog opvejes mod blandt andet de æstetiske forhold, idet nedsivning gennem overfla-

den indebærer, at synlige stoffer i det afstrømmende regnvand vil kunne aflejres på jordoverfladen.

Anvendelighed

Infiltration via dertil udlagte græsarealer og bassiner anvendes p.t. sjældent i Danmark. Et eksempel er Billund Lufthavn. Størstedelen af den regn, der falder i byer, infiltrerer dog alligevel, simpelthen fordi den falder på ubefæstet areal eller veje, der hælder mod en grøft eller et græsareal.
Mange åbne regnvandsbassiner fungerer også delvist som infiltrationsbassiner ved nedsivning gennem bund og sider.

De væsentligste fordele med nedsivning – og lokal afledning af regnvand generelt – er dels en væsentlig reduktion af den hydrauliske belastning på vandløb, dels en ekstra lokal tilførsel af vand til grundvandsressourcen. De seneste års forskning har imidlertid vist, at særligt afstrømmende vejvand, men også tagvand mm., kan indeholde betydelige mængder af miljøfremmede stoffer. Litteraturen viser dog en meget stor variation på disse data. (Anna Ledin, DTU, Day Water projektet).

Grundvandsmagasiners sårbarhed skal vurderes i sammenhæng med den potentielle forureningsrisiko i hvert enkelt tilfælde. Her bør specielt trafikart og – intensitet indgå. Ved nedsivning af overfladevand for offentlige veje kræves Amtsrådets godkendelse (efter kommunalreformen: kommunalbestyrelsen)

Udenlandsk litteratur anbefaler infiltrationsbassiner som driftsmæssig fornuftige ved oplandsarealer på mellem ca. 2 og 20 ha. Under 2 ha anbefales faskiner, og over 20 ha anses våde regnvandsbassiner som værende mere relevante.

Infiltrationsbassiner dimensioneres normalt med henblik på at kunne rumme det samlede vandvolumen i en given regn med en given gentagelsesperiode. Bassinet kan dog f.eks. også dimensioneres efter at skulle rense den første, mest forurenede del af det afstrømmende regnvand (f.eks. 5-10 mm).

Den maksimale vanddybde fastsættes ud fra jordens infiltrationshastighed sammenholdt med den ønskede tid for tømning af bassinet. For dimensionering af infiltrationsbassiner se i øvrigt Spildevandskomitéen (1994).

Driftsforhold

Infiltrationsbassiner bør tilses regelmæssigt, og man skal være opmærksom på risiko for tilstopning af overfladen af sedimenteret materiale. Et sådant sedimentlag bør fjernes, såfremt det nedsætter nedsivningsevnen væsentligt. Overfladen bør være så frodig og intakt som mulig, og bør derfor ikke udsættes for stor belastning og slitage. Megen saltning i vinterperioden kan beskadige vegetationen.
Metoden er driftmæssig at sammenligne med tørre regnbassiner.

Specielle forhold

Det kan i praksis være problematisk at fastsætte infiltrationskapacitet og hydraulisk ledningsevne for jorden på en given projektlokalitet. For detaljerede oplysninger om dette forhold henvises til kapitel 6 og 7 i Miljøstyrelsen (1992).

Ved en meget høj infiltrationshastighed når de forurenende stoffer ikke at blive absorberet i jorden, og ved meget lave infiltrationshastigheder vil bassinet ikke kunne nå at blive tømt inden den næste regnhændelse. Tilsyneladende er en hydraulisk ledningsevne i størrelsesordenen 5-20 mm/h passende. Saltholdig jord, gerne med såvel indhold af organisk stof og lermaterialer med et vist sandindhold, vil derfor kunne anvendes.

Grovere partikulært materiale bør i lighed med bl.a. faskiner og sandfiltre fjernes via forsedimentering, inden vandet ledes til selve infiltrationsbassinet.

Infiltration kræver mere plads end et bassin.

Økonomi

Relativ billig, men kræver plads

Referencer til kommuner / kontaktpersoner

Bornholms regionskommune, Jakob v. O. Post, tlf.nr.: 56 92 24 50, e-mail: jakob.post@brk.dk
Ebeltoft Kommune, Ulrik Christensen, tlf.nr.:89 52 12 60, e-mail: ulc@ebeltoft.dk

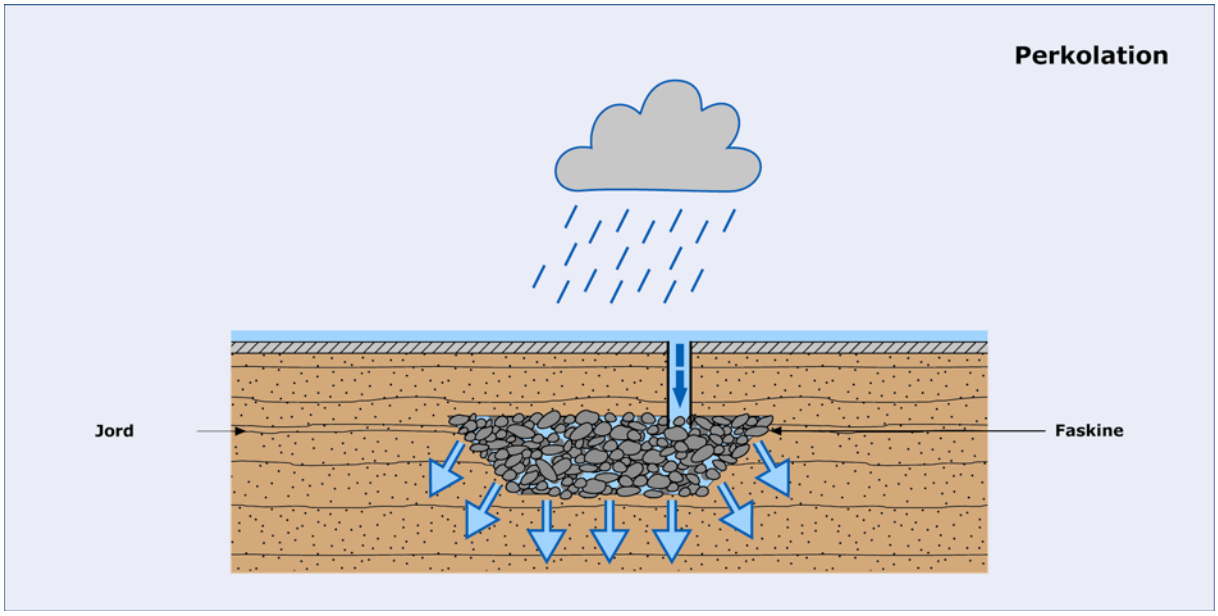
Referencer

Se blad 5

4. PERKOLATION

Nedsivning fra faskine

Funktionsbeskrivelse



Som et element i lokal afledning af regnvand kan regnvandet opsamles i underjordiske anlæg, faskiner, hvorfra nedsivningen foregår. Formålet med en faskine er hurtigere nedsivning end gennem almindelig jord ved at skabe et porøst hulrum, hvorfra regnvandet kan nedsives fra en stor overflade og over tid uden at genere på overfladen.

En faskine vil typisk bestå af et ca. 1-2 m dybt hul i jorden, der er foret med geotextil og fyldt med sten eller plastelementer, hvorefter overjorden igen er påfyldt. Vand, der ledes til faskinen for magasinering, vil efterfølgende kunne sive ud i den omgivne jord via bund og sider.

Faskiner kan fjerne fint partikulært materiale og opløste stoffer ved en kombination af filtrering, adsorption og nedbrydning i faskinen og den omgivende jord. Det er i denne forbindelse vigtigt at kende jordens egenskaber.
En forudsætning for at anvende denne anlægstype er, at jordlagene er egnede til nedsivning, og at grundvandsstanden ligger mindst 1 meter under bunden af faskinen.

Rensemæssigt er nedsivning fra jordoverfladen at foretrække frem for nedsivning fra faskine, idet rodzonens gode renseevne, ikke udnyttes ved anvendelse af faskiner. Dette bør dog opvejes mod bl.a. de æstetiske forhold, idet nedsivning fra jordoverfladen indebærer, at synlige stoffer i det afstrømmende regnvand vil kunne aflejres på jordoverfladen og desuden højere hastighed. Vandet er 'væk' fra overfladen med det samme.

Anvendelighed

For små separatkloakerede afstrømningsområder er faskiner fordelagtige, sammenlignet med de fleste andre renseforanstaltninger. Faskiner er velegnede og anvendes meget på private ejendomme.

Eventuelle grundvandsmagasiners sårbarhed skal dog vurderes i sammenhæng med den potentielle forureningsrisiko. I denne vurdering bør trafikart og intensitet specielt indgå. De seneste års forskning har vist, at særligt afstrømmende vejvand, men også tagvand mm., kan indeholde betydelige mængder af miljøfremmede stoffer. Litteraturen viser dog en meget stor variation på disse data. (Anna Ledin, DTU, Day Water møde Vandhuset samt DTU møde 3/3 2005.).

Ved nedsivning af overfladevand fra offentlige veje kræves Amtsrådets godkendelse. (efter kommunalreformen: kommunalbestyrelsen).

Faskiner dimensioneres normalt med henblik på at kunne rumme det samlede vandvolumen i en given regn med en given gentagelsesperiode. Ved f.eks. en klassisk, dimensionsgivende kasseregn på 140 l/s-ha over 10 minutter kan faskinerumfanget således sættes til 1 m^3 pr. 30 m^2 befæstet afstrømningsareal (ved en hulrumsprocent på 25 %).

Areal/volumen-forholdet i faskinen fastsættes i forhold til den omgivende jords hydrauliske ledningsevne, idet jord med lav infiltrationshastighed kræver et højt areal/volumen-forhold. For dimensionering af faskiner henvises i øvrigt til Spildevandskomitéen (1994).

Det kan i praksis være problematisk at fastsætte infiltrationskapacitet og hydraulisk ledningsevne for jorden på en given projektlokalitet. For detaljerede oplysninger om dette forhold henvises derfor specielt til kapitel 6 og 7 i Miljøstyrelsen (1992).

Faskiner kan eventuelt også udformes med mulighed for afløb eller overløb til et traditionelt, separat regnvandssystem. Faskinen kan bl.a. dimensioneres efter at skulle rense den første, mest forurenede del af det afstrømmende regnvand (f.eks. 5-10 mm) ved at etablere en afløbsmulighed fra faskinens øverste del.

Driftsforhold

Velanlagte faskiner kræver i princippet næsten ingen vedligeholdelse. Eventuelle sandfang før faskinen bør renses og tømmes årligt. Endvidere bør faskinens funktion kontrolleres af og til via vandpåfyldning og efterfølgende måling af vandets synkningshastighed.

Specielle forhold

Grovere, partikulært materiale skal fjernes via forsedimentering, inden vandet ledes til selve faskinen. Afvanding af f.eks. veje kan således ske via traditionelle rendestensbrønde til faskiner i rabatten langs vejen.

På trods af forrensningen vil faskinens bund normalt stoppe til efter nogen tid, hvorefter udsivningen primært sker via faskinens sider. Dette medfører, at lange smalle faskiner er en fordel frem for de mere rektangulære. Ved meget langstrakte faskiner skal der eventuelt etableres fordelerrør med henblik på at udnytte faskinens volumen fuldt ud.

Faskiner skal placeres så højt i jorden som muligt, så der er ilt til rådighed for de biologiske nedbrydningsprocesser. Ledninger skal dog lægges i frostfri dybde (75cm under terræn).

Økonomi

Noget dyrere end infiltration.

Referencer til kommuner/kontaktpersoner

De fleste kommuner har faskiner.

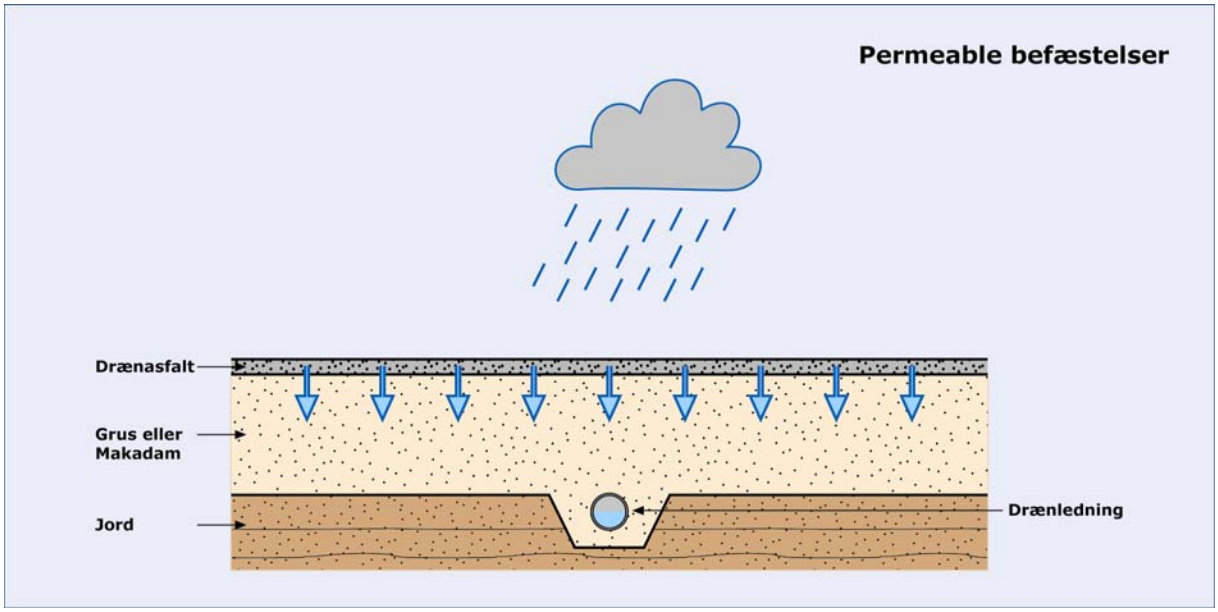
Referencer

Se blad 5

5. PERMEABLE BEFÆSTELSER

Nedsivning i delvis befæstede arealer

Funktionsbeskrivelse



En stor del af regnvandsafstrømningen stammer fra befæstede områder med hård belægning som asfalt, fliser eller brosten. Ved at anvende permeable materialer og tænke i løsninger, som tillader regnvandet at nedsive reduceres mængden af afstrømmende regnvand.

Løsninger med permeable belægninger kan både indtænkes lokalt i forbindelse med enkelt-ejendomme, dvs. som private løsninger eller fællesløsninger i beboelsesområder samt i kommunens planlægning ved f.eks. anlæggelse af veje.

Eksempler på lokale løsninger kan være:

- Anvendelse af naturgrus
- Anvendelse af natursten med permeable fuger
- Anvendelse af beton-hulsten (græsarmeringssten)
- Permeabel asfalt

Sådanne permeable belægninger anlægges typisk med et underliggende lag af groft sand eller grus som tjener til magasinering af det nedsivende regnvand. Regnvandet kan herefter nedsive videre gennem jorden eller evt. drænes bort via et anlagt dræningssystem. Erfaringer viser ifølge en Svensk rapport (Svensk Vatten, 2004) at op til 30 % af regnvandet fordamper fra overflader med disse typer belægninger.

I Sverige (Svensk Vatten) er den kommunale løsning illustreret ved etablering af veje med permeabel belægning samt ved fortove med grusbelægning. Sidstnævnte er typisk ikke en gangbar løsning i byerne pga. vedligeholdelse, det anbefales imidlertid, at man i ældre villakvarterer med denne type fortove sigter mod at bibeholde disse for at mindske regnafstrømningen.

Permeable belægninger i forhold til veje består i en speciel asfalttype, der tillader, at overfladevandet hurtigt trænger ned i selve vejbelægningen gennem bundsikrings- og bærelag og videre ned gennem undergrunden. Der kan eventuelt etableres et underliggende reservoir, fyldt med sten eller grus, hvorfra vandet med forsinkelse kan ledes videre til en egentlig rensning.

Permeable belægninger kan dog også være betonbelægningssten med fuger af størrelsesordenen 3-5 mm eller græsarmeringssten.

Infiltrationshastigheden gennem den specielle asfalttype kan være relativ høj (over 2000 l/s-ha). Anlægges et underliggende magasin, vil det permeable vejareals kapacitet derfor primært være et spørgsmål om magasinets volumen. Ved nedsivning gennem undergrunden vil jordens infiltrationskapacitet naturligvis have en væsentlig betydning for den samlede infiltrationshastighed.

Nedsivning gennem betonbelægningssten bør normalt suppleres med anden afvanding langs vejside, idet der ofte ikke vil kunne påregnes større nedsivning end svarende til en regnintensitet på 80-100 l/s-ha.

Anvendelse af permeable vejbelægninger vil dog under alle omstændigheder reducere behovet for etablering af store ledningssystemer, ligesom den eventuelle forsinkelse vil kunne øge muligheden for en efterfølgende rensning.

Anvendelighed

Selvom der reelt er tale om nedsivning gennem jordens overflade, kan nedsivning gennem permeable befæstelser bedst sammenlignes med perkolation i og med, at der i langt de fleste tilfælde ikke kan påregnes rensning via en veletableret rodzone.

Permeable vejbelægninger kan bl.a. anlægges som parkeringsområder eller eksempelvis som nødspor i vejanlæggets yderbane – anlagt således, at området modtager afstrømning fra selve vejbanen.

Eventuelle grundvandsmagasiners sårbarhed skal dog vurderes i sammenhæng med forureningsrisikoen. Her bør specielt trafikart og intensitet indgå. De seneste års forskning har vist, at særligt afstrømmende vejvand, men også tagvand mm., kan indeholde betydelige mængder af miljøfremmede stoffer. Litteraturen viser dog en meget stor variation på disse data. (Anna Ledin, DTU, Day Water projektet).

Afstanden til grundvandsspejlet fra underkant af vejkassen bør være større end 1,0 m, svarende til retningslinierne for faskiner.

Ved nedsivning af overfladevand fra offentlige veje kræves Amtsrådets godkendelse (efter kommunalreformen: kommunalbestyrelsen).

Driftsforhold

Der er ingen specielle driftskrav udover renhold af de permeable overflader. Opmærksomheden henledes på tilstopning, som beskrevet nedenfor.

Specielle forhold

Permeable asfaltbelægninger vil altid få tilført en mængde finkornet materiale, som på sigt vil reducere infiltrationskapaciteten pga. tilstopning. Svenske erfaringer viser, at permeabel asfalt med fordel kan anvendes på vej med let trafik, hvor funktionen kan bibeholdes i op til 15-20 år (Svensk Vatten, 2004). Ved større trafikbelastning kan problemer med tilstopning derimod indtræde allerede efter 5-6 år.

Ved valg af vejopbygning skal der tages særlige hensyn til den specifikke overfladetype, samt det forhold, at bærelaget anvendes til magasinering af vand.

Normale regler for afstande mellem nedsivningsanlæg og bygninger skal overholdes.

Økonomi

Ukendt.

Referencer

Bornholms Regionskommune, Jakob v. Ood Post, tlf.nr.: 56 92 24 50, e-mail: jakob.post@brk.dk
Haderslev Kommune, Jan Timmermann, e-mail: hfjti@haderslev.dk

Litteratur mv.
Relevante for katalogblade 3, 4 og 5

Link til EU Day Water projekt (DTU): www.daywater.org

Svensk Vatten. Peter Stahre. 2004. En långsigtig hållbar dagvattenhandtering.

Miljøstyrelsen 2004. Lokal afledning af regnvand – effekten af et detaljeret projektforslag på Tingbjerg, *Økologisk Byfornyelse og spildevandsrensning, nr. 44*

Miljøstyrelsen 1992. Lokal afledning af regnvand. Spildevandsforskning fra Miljøstyrelsen nr. 36.

IDA Spildevandskomitéen 1994. Nedsivning af regnvand – dimensionering, *Skrift 25*.

Miljøstyrelsen 1992. Faskiner, Spildevandsforskning fra Miljøstyrelsen

Dansk Ingeniørforening. DS 440 1983, Norm for mindre afløbsanlæg for nedsivning,

Rørcentret, Teknologisk. Maj 1992. LAR, Lokal afledning af regnvand.

Rørcenter-anvisning 009. Nedsivning af regnvand i faskiner. Vejledning i projektering, dimensionering, udførelse og drift af faskiner, juni 2005.

6. SEPARATKLOAKERING

Funktionsbeskrivelse

Kloakoplande er generelt kloakeret efter to forskellige kloakeringsprincipper, nemlig separatsystemet eller fællessystemet. Det vil sige, der kan være anlagt enten to ledninger til hhv. overflade- og spildevand, eller der er anlagt en ledning for både overflade- og spildevand med mulighed for aflastning til en lokal recipient.

Separatkloakering er det nyeste af de to kloakeringsprincipper og er siden 70'erne anvendt i de fleste nye udstykningsområder. I et separatkloakeret opland gælder det, at det tostrengede system er ført frem til den enkelte ejendom, som har to stik og to separate systemer, også indenfor skel. I det separatkloakerede opland bliver spildevandet bortledt til renseanlægget, ofte gennem et net af pumpestationer. Regnvandet afledes til en lokal recipient.

I modsætning hertil står fælleskloakering, som betyder, at overflade- og spildevand afledes i den samme ledning. Ved kraftig regn sker der en aflastning af en blanding af overflade- og spildevand til den lokale recipient. I det fælleskloakerede opland afledes spildevand – og undertiden regnvand – til centralrenseanlægget, ofte gennem et net af pumpestationer. Ved kraftig regn kan rør og pumper ikke klare den store vandmængde, og der vil derfor ske aflastninger til en lokal recipient. Desuden er der risiko for opstuvning af forurenet vand i kældre e.l. i forbindelse med kraftige regnskyl.

Et ofte set paradoks er, at de yderste, nye, kloakoplande i et byområde er separatkloakerede, mens det centrale – og ældre – byområde er fælleskloakeret. Det separerede spildevand fra de yderste oplande passerer på sin vej til centralrenseanlægget gennem disse fælleskloakerede oplande med de uhensigtsmæssigheder, det indebærer.

I dette datablad lægges især vægt på den proces det er at ændre et eksisterende fælleskloakeret opland til et separatkloakeret, og ordet separatkloakering anvendes som et udtryk for denne proces.

Separatkloakeringen består i at adskille overflade- og spildevand i to ledninger. Det betyder, at der skal nedgraves mindst en – og oftest to – ny(e) ledning(er), at alle stik skal fornys, og at systemerne indenfor skel skal ændres.

For boligejerne i et opland, der skal separatkloakeres, betyder processen, at der skal anlægges mindst en ny ledning indenfor skel. Alle tagnedløb skal adskilles fra husspildevandet og regn-

vand og husspildevand skal afledes gennem hver sit eget system. Det kan i visse situationer være næsten umuligt at opnå en fuldstændig adskillelse af overflade- og spildevand. F.eks. findes der ejendomme, hvor taghældningen er udført således, at regnvandet føres til en indvendig faldstamme, og der ikke er tagrender på ejendommen. Disse ejendomme kan kun separeres ved en større konstruktionsmæssig ændring af hele ejendommen.

Hvis den ældre ledning er i en god tilstand, kan det overvejes at bevare den, enten som spildevandsledning eller som regnvandsledning, og samtidigt anlægge yderligere en ledning.

Da spildevandsledninger – og fællesledninger – som regel ligger med større dybde end regnvandsledninger vil det være naturligt at bevare fællesledningen som spildevandsledning. Dette kan give problemer med ledningens selvrensningsevne, da ledningen oprindeligt er anlagt for væsentligt større vandmængder, end den fremtidigt bliver belastet med. Hvis fællesledningen ønskes bevaret som regnvandsledning, vil den have den fornødne kapacitet men kan komme til at ligge i en uhensigtsmæssig stor dybde og evt. være i vejen for de fremtidige spildevandsstik.

Der er også mulighed for at foretage en delvis separation. Det betyder, at der anlægges en ny regnvandsledning, som kun tilsluttes ”let tilgængeligt” regnvand. Det vil først og fremmest sige gadebrønde fra vejafvandingen, men også tagnedløb fra facader i vejskel vil kunne tilsluttes denne ledning. Det har den fordel, at det ikke belaster ejerne af de ejendomme, der ellers skal separeres.

Anvendelighed

Separatkloakering kan anvendes i alle fælleskloakerede oplande. Fælleskloakerede oplande er typisk de ældre og centrale dele af en by.

Separatkloakering kan gennemføres i såvel fælleskloakerede boligområder som fælleskloakerede bycentre. Den største miljømæssige gevinst kan opnås, hvis separationen gennemføres i bycentrene. Hermed opnås ikke alene, at ejendommene i oplandene bliver separeret, men at også de tilstødende separatkloakerede oplande vil opnå en fuld effekt af separationen. Det siger dog også sig selv, at separation af kloaknettet i et bycenter er en teknisk vanskelig og meget bekostelig affære, der ofte også vil medføre trafikale problemer. Nogle kommuner arbejder derfor med en koordinering af alle ledningsarbejder i et område, således at hele ledningsnettet i området er fuldt renoveret, når kloaknettet er blevet separeret og renoveret.

Driftsforhold

Separatkloakering af kloaknettet vil almindeligvis betyde enklere og nemmere driftsforhold. Der vil ikke være behov for rensning af overløbsbygværker og riste efter en overløbshændelse. Derudover bør kælderopstuvninger ikke forekomme. Hvis det alligevel skulle ske, vil det normalt være med rent regnvand.

Specielle forhold

Da separatkloakering betyder større indgreb også hos den enkelte boligejer, bør dette hensyn tænkes ind i planlægningen. Der kan f.eks. være tale om, at der udstedes påbud om separation af ejendommens kloaknet med en forholdsvis lang tidshorisont, som sikrer mulighed for både en økonomisk og teknisk god løsning af kloakopgaven på ejendommen.

Det anses generelt for en kendsgerning, at separation løser mange miljøproblemer med aflastning af næringsstoffer og andre stoffer til recipienten. Der er imidlertid en stigende tendens til at betragte regnvandet som urent med at heraf følgende behov for rensning. Der er derfor en begyndende usikkerhed overfor, om separation er den miljømæssig/økonomisk mest fordelagtige løsning.

Økonomi

Separatkloakering betragtes almindeligvis som den dyreste metode til at løse overløbsproblemer i eksisterende fælleskloak områder.

Et eksempel:
Fra separatkloakering af et mindre boligforeningsområde i Nordborg Kommune med 18 dobbelthuse (36 lejligheder) kendes følgende erfaringspriser:

Kloakforsyningens andel:	800.000 kr.
Boligforeningens andel:	800.000 kr.

Eller, i alt pr. boligenhed ca. 45.000 kr.

Området var kendetegnet ved små ledningsdimensioner, små dybder og ukomplicerede trafikforhold.

Se også referencen.

Referencer

Thornberg og Hasling: Bevar fælleskloakken. Stads og Havneingeniøren, sept. 2006. (økonomi og effekt)

7. OVERLØBSBYGVÆRK

Funktionsbeskrivelse

Formålet med et overløbsbygværk er at skabe mulighed for overløb fra en fyldt kloakledning og dermed mindske ledningernes dimension. Der findes mange slags overløbsbygværker. De har dog alle samme funktion og beskrives her samlet i ét katalogblad.

Overløb kan ske via interne overløb, defineret ved, at vandet ledes til andre dele af selve afløbssystemet. Typisk vil den normale opfattelse af overløb dog dække over, at opspædt spildevand fra fællessystemer under kraftige regnhændelser afledes direkte til en recipient i stedet for at blive ledt videre til renseanlægget.

Selve overløbet har i sig selv ikke nogen rensende effekt på det aflastede vand – men en hensigtsmæssig udformning af bygværket og dets enkeltdele kan samlet medvirke til, at mest mulig forurening sendes videre til renseanlægget, og at det aflastede vand dermed indeholder mindst mulig forurening. Specielt rolige strømningsforhold er afgørende for overløbsvandets indhold af forurening, idet den mulige stoffjernelse typisk knytter sig til fysiske renseprocesser i form af sedimentation samt stoftilbageholdelse via rist og skumskærm.

Anvendelighed

Generelt anvendes overløb til aflastning af overskydende vand, når en givet afløbskapacitet inkl. eventuel magasineringsevne er opbrugt. Formålet med overløb er således typisk at undgå tunge anlægsomkostninger til store fællesledninger med dårlig selvrensning, at minimere uønskede opstuvninger i fællessystemet, at undgå pumpning af store regnvandsmængder eller at forhindre overbelastning af renseanlægget.

I tilknytning til selve overløbet vil der typisk være et ønske om kontrol af såvel hydraulik som partikulært stof.

Hydraulisk kontrol kan bl.a. opnås gennem en vandbremse eller en drosselledning. Såfremt der påtænkes en form for styring i tilknytning til overløbet, kan anvendelsen af et spjæld eventuelt være hensigtsmæssigt.
Stofmæssigt knytter funktionen af overløbet – og specielt det tilhørende bygværk med rist og skumskærm – sig som førnævnt til strømningsforholdene. En betingelse for rolige strømningsforhold er afgjort, at der forefindes et stort magasineringsvolumen i tilknytning til overløbet, at

overfladebelastningen på dette volumen er minimal, samt at overløbet sker over så lang en kant som mulig. Endvidere skal vandet introduceres fornuftigt i selve bygværket. Som en gennemgående dimensioneringsparameter for overløbsbygværker bør Froudes tal i indløbet således ikke overskride intervallet 0,5-0,7 ved max. belastning (Morten Steen Sørensen, 1991).

I princippet vil rensegrader for ideelle overløb inklusive det tilhørende bygværk kunne modsvare rensegrader for bundfældningstanke. Det er dog i praksis kun yderst sjældent, at eksisterende overløbsbygværker kan karakteriseres som ideelle. Der vil derfor være endog meget store variationer på de opnåede rensegrader, og det må igen understreges, at selve overløbsbygværket normalt ikke medvirker til rensning.

Driftsforhold

Drift af overløbsbygværker kan ske ved et fast periodevis tilsyn eller ved alarmbaseret overvågning (specifikke krav stilles af amtet). Principielt bør der etableres overvågning af overløbsbygværker, da der er tale om ”åbne huller” i kloaksystemet ud til recipient tilsvarende nødoverløb fra pumpestationer, hvor amtet stiller krav om overvågning. Sker der tilstopning af kloakken nedstrøms overløbsbygværket, som ikke umiddelbart giver afledningsmæssige problemer for borgerne, kan der ske et udløb af sort spildevand til recipienten indtil næste faste tilsyn bliver udført.

Specielle forhold

Selve overløbskantens udformning (skarpkantet, rund etc.) er for så vidt underordnet for overløbets funktion, men af hensyn til en efterfølgende registrering af overløbsmængder kan det være hensigtsmæssigt at vælge en udformning, der muliggør beregning af overløbsmængder med en veldefineret, hydraulisk overløbsformel på baggrund af registrerede vandspejlsniveauer i bygværket.

Af hensyn til rolige strømningsforhold i bygværket er det vigtigt, at hele overløbskanten udnyttes. I forbindelse med anlægsfasen bør kant-kotens ensartethed derfor sikres ved nivellement. Risten bør om muligt etableres vandret af hensyn til strømningsforholdene gennem denne.

Økonomi

Meget varierende efter indretning.

Referencer

Morten Steen Sørensen (1991): Stofseparation i overløbsbygværker. Erhvervsforskerprojekt nr. 212.

8. BASSINER - OVERSIGT

Den mest anvendte foranstaltning til at nedsætte effekten af overløb er bassiner.
Bassiner er en fælles betegnelse for mange varianter, hvor hovedformålet er at forsinke og oplagre en vandmængde, mens der er høj vandføring i kloakken.
Bassinet kan i fællessystemer *oplagre* en vandmængde, der ellers ville være ledt til recipienten via overløbsbygværket. Når regnvejret er forbi, kan den oplagrede vandmængde ledes tilbage til kloakken og renseanlægget.
Bassiner kan også forebygge oversvømmelser og beskytte renseanlæggene mod hydraulisk overbelastning.

For regnvandssystemer er bassinerne mere anlagt til *forsinkelse* af regnvandet for således at sikre det modtagende vandområde eller nedstrøms regnvandskloak mod hydraulisk overbelastning.
Det opstuvede vand ledes til et modtagende vandområde, når ledningerne atter har kapacitet til det.
Ved at anlægge et forsinkelsesbassin kan ledningerne, der fører vandet videre (de afskærende ledninger) være i betydeligt mindre dimension. Man skal dog altid være opmærksom på en overløbsmulighed, når bassinet bliver fyldt.

Bassiner kan opdeles i typer efter deres placering, funktion og indretning:

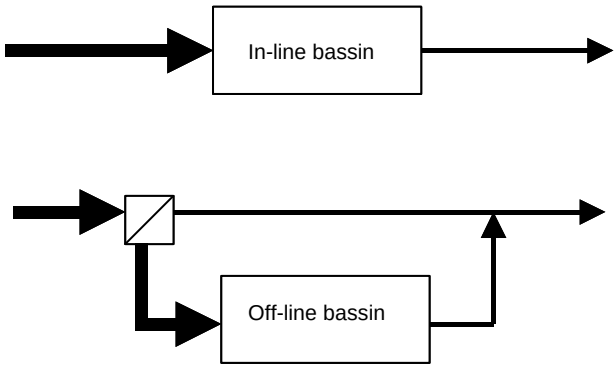
- Kloaktype: Fællesvand eller separat regnvand
- Placering i kloakforløb: In-line eller offline (serie/parallel)
- Overdækning: Lukket eller åben
- Materialer: Jernbeton, klappet beton, plast, fliser, asfalt, jord
- Vandstand i tørvejr: Tørt eller permanent vandspejl
- Renseeffekt: Mekanisk/biologisk/kemisk

Valg af bassin

De vigtigste parametre ved valget af bassin hænger sammen med ovenstående type opdeling.

Ad 1. Bassiner i fællessystemer har oftest et formål af æstetisk og rensemæssig karakter, hvor bassiner i regnvandssystemer er overvejene hydrauliske foranstaltninger.

Ad 2. Et rør-bassin vil oftest placeres in-line som en del af kloakledningen med konstant gennemstrømning også i tørvejr, mens rektangulære in-situ støbte bassiner oftest anlægges offline på 'den anden side' af en overløbskant.



Ad 3. Bassiner i fællessystemer anlægges i dag næsten altid som lukkede bassiner af æstetiske hensyn, mens bassiner på regnvandssystemer er åbne.

Ad 4. Materialevalget hænger sammen med anvendelsen. Et underjordisk spildevandsbassin bliver oftest udført i in-situ støbt jernbeton. Billigere bassiner kan f.eks. fås ved at anvende stålspunsplader som vægge, men de holder ikke så længe. Regnbassiner er oftest jordbassiner evt. beklædt med fliser eller lign.

Ad 5. Lukkede bassiner tømmes efter regnhændelser enten ved gravitation eller vha. pumper. Regnvandsbassiner kan henstå med eller uden vandspejl i tørvejrsperioder, f.eks. afhængig af om der ønskes en rekreativ værdi af bassinet eller fosforfjernelse.

Ad 6. Der vil i fællessystem bassiner oftest installeres en rist i tilløb eller afløb.
I visse tilfælde indrettes bassinerne mhp. bundfældning og evt. kemisk fældning. I regnbassiner optræder både bundfældning og evt. biologisk aktivitet i rodzone mv.
En mere vidtgående rensning vil efterhånden antage karakter af decentral rensning som satellit til renseanlægget. Det må overvejes i økonomisk perspektiv, hvor langt man skal gå.

- o -

Pladsforhold, jordbundsforhold og forurenet jord spiller også ind ved valg af bassin. Dybe bassiner har et lille "fodaftryk" på overfladen, men kan være dyre, hvis der f.eks. er højt grundvands-

niveau. Beliggenheden i forhold til naboer mv. kan afgøre valget af åben/lukket bassin. Et rør-bassin kan bedre lægges i vejareal, og optager derfor ikke særskilt plads.

9. LUKKEDE BASSINER

In-situ støbte rektangulære og
Rørbassiner

Funktionsbeskrivelse

Lukkede bassiner benyttes typisk som sparebassin til midlertidig magasinering af opspædt spildevand i fællessystemer med henblik på videre transport til renseanlægget, når der igen er kapacitet i afløbssystemet.

Det klassiske lukkede bassin er et in-situ støbt rektangulært (kasseformet), underjordisk beton bassin med pumper i bunden til tømning til kloak efter regnhændelsen.
Rørbassiner er også lukkede bassiner og de anvendes især in-line.

Den strømningsmæssige udformning af lukkede bassiner afhænger af den ønskede funktion. I bassiner uden overløb ønskes generelt størst mulig omrøring, så de bundfældelige partikler ikke sedimenterer. I bassiner med overløb må der gerne være omrøring under tømning og fyldning af bassinet, men der skal så vidt muligt være rolige strømningsforhold ved overløb fra bassinet – med henblik på størst mulig stoftilbageholdelse i bassinet. Det bundfældede materiale ledes til rensning med det opmagasinerede spildevand.

In-situ støbning af bassin kræver meget armering.

Anvendelighed

Lukkede bassiner vælges i dag altid frem for åbne bassiner på fællessystemer med henblik på minimering af de æstetiske og hygiejniske gener i forholdet til omgivelserne, især i bebyggede områder, til trods for, at det er væsentligt dyrere at etablere lukkede bassiner.

Offline bassiner er normalt fordelagtige ved store bassinvoluminer. Der kan anlægges mange kubikmeter på ikke så meget plads.
Rørbassiner er specielt fordelagtige ved mindre bassinvoluminer samt ved større voluminer, når der alligevel skal udskiftes ledninger eller etableres nye rørstrækninger. Rørbassiner er især velegnede i tæt bebyggede fælleskloakerede områder, idet bassinet kan indbygges som en del af afløbsledningen. Her vil et rørbassin være betydelig billigere at etablere i forhold til andet lukket bassin, som desuden oftest kan være svært at finde plads til i tæt bebyggede områder. Dette forudsætter, at det volumen, der kan etableres som rørbassin i vejarealet er tilstrækkeligt. Højdeforhold kan spille ind ved valget. Kan der anlægges et selvrensende rør uden pumper, kan der spares i drift.

Lukkede bassiner anvendes i nogle tilfælde til separat regnvand, særligt når pladsforholdene ikke tillader et åbent bassin.

Der er en kompliceret afvejning af, om der i ældre fælleskloakerede områder skal anlægges bassiner til at klare overløbsproblematikker, eller om man skal kaste sig ud i at separatkloakere. Dette kræver en nærmere analyse af de aktuelle kloakkers tilstand og funktion samt pladsforhold i lokalområdet. Ofte vil økonomiske overslag falde ud til bassinernes fordel.

Driftsforhold

Behovet for rengøring af lukkede bassiner afhænger meget af bassinets udformning, men oftest vil der forekomme aflejringer i bassinet. Aflejringerne medfører, at bassinvoluminet mindskes, og at der kan forekomme lugtgener fra det aflejrede materiale. Automatisk rengøring af et lukket bassin bør tænkes ind i dets udformning. Det vil ellers være en ubehagelig og tidskrævende opgave at udføre.

Det mest almindelige i dag er at etablere spuling i bunden af bassinet. Det kan f.eks. være pumpedyser. Nogle bassiner er i stedet udstyret med et skyllesystem. Det kan f.eks. være udformet med et særskilt skyllekammer, som fyldes med en vakuum pumpe under regnhændelsen/bassinfyldningen. Når bassinet er tømt, åbnes der for skyllekammeret og en skyllebølge gennem bassinets kamre sørger for at føre bundfældet materiale til en pumpesump.
Et skyllevolumen kan også etableres med en bevægelig klap.

Aflejringer på vægge kan være et problem, idet det kan skabe lugt. Vægge skal være så glatte som muligt.

Mange nye bassiner etableres med en rist i *indløbet* til bassinet, således at ristestof ikke kommer i bassinet men transporteres med spildevandsledningen til renseanlægget. Det betyder naturligvis, at risten er i drift oftere, men til gengæld er bassinet renere.
En rist i afløbet med krav om 1-2 afløb om året, vil næsten være 'for sjældent' i drift.

Rørbassiner fordrer sædvanligvis ikke særlige driftsrutiner, hvis de er etableret med passende forskydningsspændinger (se under afsnittet specielle forhold). Bassinerne kan på den anden side ikke forventes at være aflejringsfrie i tørvejrssituationer, men aflejringer vil normalt transporteres videre ved relativt lave vandføringer, og dermed før overløbet træder i funktion.

I Aalborg Kommunes kloakforsyning er der gennemført undersøgelser af rørbassiners funktion og behov for oprensning af sediment i hhv. 1994 og 2003. Kloakforsyningen har i de to undersøgelser undersøgt de samme 5 rørbassiner i beton uden mellemliggende oprensning. Undersøgelsen indikerer, at der kan ske aflejring af sediment i tørvejr, men det skylles videre i systemet under de større regnhændelser. Ved lave vandhastigheder vil der ske aflejring af løst sediment, som ikke umiddelbart skylles videre under regn, men tilsyneladende sker der ikke en fortsat opbygning af sedimentet. Der blev intet sted konstateret aflejringer på mere end 10 cm på trods af lave vandhastigheder. Da de konstaterede aflejringer ingen praktisk betydning har for flowet gennem rørbassinerne (ledningsdiameter fra 1200-1600), og da aflejringerne heller ingen betydning har for levetiden af betonen i ledningerne, er det på baggrund af undersøgelserne besluttet, at der fortsat ikke skal indføres driftsrutiner på rørbassiner i Aalborg Kommune.

I Helsingør Kommune er der anlagt et rørbassin (umiddelbart op ad en pumpestation), der er forberedt til rensning i form af et trykrør i mindre diameter til "returskyl". Denne skyllemulighed har dog endnu ikke været nødvendig at færdigetablere med montering af pumpe.

(Se også rapporten "Store kloakledninger …")

Specielle forhold

Et bassin kan eventuelt dimensioneres og udformes i overensstemmelse med praksis for sedimentationstanke på renseanlæg, såfremt størst mulig stoftilbageholdelse vil opnås.
Der findes endvidere erfaringer bl.a. i Frankrig og Tyskland med tilsætning af fældningskemikalier med henblik på øget fjernelse af suspenderede stoffer og fosfor. Dette kan blive mere al-

mindeligt i fremtiden, hvis kravene til stoffjernelse bliver større, f.eks. i forbindelse med Vandrammedirektivet.

Rørbassiner bør om muligt lægges med fald, der giver selvrensning ved tørvejrsafstrømning eller som minimum ved vandføringer svarende til jævnligt forekommende regnskyl (ca. 10-15 l/s-ha). Ved ringe faldforhold kan der eventuelt etableres en bundrende i røret til sikring af selvrensningen. Som vejledende fald kan anbefales 2-4 ‰.

Indpasningen af bassiner i afløbssystemet skal ske under hensyntagen til maksimalt tilladelige opstuvningskoter i systemet (kælderkoter m.v.).

Myndigheden, der giver udløbstilladelsen, vil ofte kræve en registrering af dels overløbshyppighed og evt. også vand mængder og stof mængder.

Placering af et bassin umiddelbart før et overløb bevirker ofte roligere strømningsforhold i selve bygværket – hvorimod en placering umiddelbart efter overløbet ofte medvirker til, at det mest forurenede vand (first flush) beholdes i afløbssystemet og ledes til rensning.

Økonomi

Der er stor forskel på prisen alt efter, hvilke forhold bassinerne etableres under.
Vigtige forhold er f.eks.:

- Jordbundsforhold – herunder blød bund, højt grundvand, forureningsgrad mm.
- Arealet – herunder erhvervelse, byggeplads mm.
- Bassintype -lukket, åben og rørbassin
- Kvaliteten af bassinet – jernbeton, spunsvægge o.a.
- Maskinbestykning herunder pumper, skyllesystemer og riste
- Målebygværk

Der er erfaringsmæssige priser på 3.000-15.000 kr./m3. (2006)
De laveste priser er ved store bassiner med ’lette’ jordbundsforhold, mens de høje priser er for små jernbetonbassiner i områder med besværlige jordbundsforhold.

Referencer

Store kloakledninger - drift, renovering og nyetablering. DANVA Rapport nr. 50, 2003.

10. REGNVANDSBASSINER, TØRRE

Funktionsbeskrivelse

I et traditionelt regnvandsbassin i separate regnvandssystemer foregår en midlertidig tilbageholdelse af et vandvolumen fra en regnhændelse, idet udløbet fra bassinet neddrosles. Bassinet tømmes mellem de enkelte hændelser, således at bassinet normalt henligger tørt.

Regnvandsbassiner udføres normalt som åbne jordbassiner med det primære formål at udjævne vandføringen til recipienten og sekundært at reducere indholdet af bundfældelige stoffer i det vand, der tilledes recipienten.

Regnvandsbassiner kan etableres ved udgravning eller ved udnyttelse af naturligt forekommende lavninger i terrænet, eventuelt ved etablering af dæmninger.

Stoffjernelsen foregår næsten udelukkende ved sedimentation af partikulært materiale – og de forurenende stoffer, der er knyttet hertil. Det er derfor vigtigt, at bassinet udformes således, at optimale forhold for sedimentation bliver etableret. Tilsvarende bør muligheden for erosion af aflejret materiale minimeres. Bevoksning i form af græs kan bevirke en rensning og tilbageholdelse af stof.

Tørt bassin i nordjysk landsby-idyl

Anvendelighed

Regnvandsbassiner kan anvendes overalt, hvor pladsen tillader det. Bassiner kan med fordel gives en landskabelig bearbejdning. Indhegning må dog overvejes i det konkrete tilfælde. I bymæssige områder kan indhegning være ønskelig. Alternativt kan bassinet udføres med flade skråningsanlæg og/eller lille dybde såfremt pladsforholdene tillader det. Derved kan bassinet anvendes til andre formål f.eks. fodboldbane, rekreativt areal mv.

Bygværkdele (indløbs-, udløbs og nødoverløbsarrangement) udføres typisk i beton evt. indbygget i en brønd. Synlige betondele kan af visuelle hensyn eventuelt forsynes med bræddebeklædning (trykimprægneret) eller kampesten.

Dimensioneringen af et regnvandsbassin skal tage udgangspunkt i recipienten. Såfremt der er tale om et vandløb, vil dimensioneringen normalt ske ud fra hydrauliske kriterier, dvs. reduktion af den hydrauliske belastning på vandløbet. I den sammenhæng kan udløbet drosles ved anvendelse af en drosselledning, en vandbremse e.l. Ved udledning til et vådområde (en sø eller mose) kan bassinet dimensioneres ud fra andre hensyn, f.eks. synkehastigheder for partikulære stoffer.

Ud fra afvejede hensyn til såvel renseprocessen som tømning inden næste regnhændelse, bør tømningstiden for et fyldt bassin være i størrelsesordenen 1-2 døgn.

Tilløbs- og afløbsforhold bør udformes, så der sker mindst mulig hydraulisk forstyrrelse i bassinet. Indløbet kan eventuelt udformes, så energien tages af det indkommende vand.
Der børe være en mulighed for bundfældning i den første del af bassinet med let tilgang for oprensning af sediment. Der kan evt. anlægges en dæmning eller rørsump som adskillelse for yderligere tilbageholdelse af partikler.

Længde/breddeforholdet bør om muligt være mellem 1:3 og 1:4, idet sedimentation fordrer rolig langsgående gennemstrømning i bassinet.

Membran kan overvejes, såfremt infiltration er uønsket.

Driftsforhold

Driftsmæssigt bør funktion af ind- og udløbsarrangementer samt sedimentations- og erosionsforholdene regelmæssigt kontrolleres. Funktionsmæssigt tilsyn af de hydrauliske forhold kan med fordel udføres i umiddelbar tilknytning til en regnhændelse.

Fjernelse af sediment vil normalt kun være nødvendigt med mindst 10-20 års intervaller.

Specielle forhold

Oprensning kan blive dyr, idet sedimentet ofte vil blive karakteriseret som forurenet jord af klasse 4, med en pris på 600-1000 kr./ton vådt slam.

Økonomi

Anlægsomkostninger, ekskl. evt. hegn, kan til et regnvandsbassin overslagsmæssigt anslås til 1000-3000 kr./m3. Billigst er græsklædte bassiner opført i bar mark, mens de dyrere bassiner er i byområder med f.eks. ind- og udløb i beton.

Referencer

Regnvandsbassiner findes i stort set alle kommuner.

Litteratur

Miljøstyrelsen (1992), Lokal rensning af regnvand, Spildevandsprojekt nr. 49, 1992.

Hvidtved-Jacobsen m.fl. (2004): Er vi klædt på til at rense byernes regnvand om elleve år? Dansk Vand nr. 6. aug. 2004.

11. REGNVANDSBASSINER VÅDE

Funktionsbeskrivelse

Et vådt regnvandsbassin udføres således, at der forekommer et permanent vandspejl, hvilket ofte kræver en tæt bund med ler- eller plastmembran. Vandets indhold af partikulært stof reduceres ved sedimentation, og flydestoffer i form af olie e.l. kan ligeledes tilbageholdes. I beplantede bassiner sker endvidere en vis stoffjernelse via adsorption til planter og andre overflader, samt en lang række kemiske og biologiske processer.

Våde regnvandsbassiner bør udføres med et mindre forbassin – et separat sandfangsbassin/-kammer – som nemmere kan oprenses.

Våde bassiner giver anledning til en vis miljøbelastning af flora og fauna. For eksempel vil tungmetaller føres ind i fødekæden via padder, som spises af fugle og andre dyr.

Tilbageholdelse af flydestoffer sikres med dykket udløb eller en decideret skumskærm. Reguleres afløbsvandmængden med en vandbremse eller en lille drosselledning (< ø 200 mm), bør der suppleres med rist foran afløbsledningen.

Afløb fra bassinet kan ske horisontalt eller vertikalt. Vertikal afstrømning sker via et grusfilterlag i bunden og dræn herunder.

Anvendelighed

Våde regnvandsbassiner kan med fordel gives en landskabelig bearbejdning og derved komme til at berige naturmiljøet samt eventuelt indgå som et rekreativt element. Indhegning må dog overvejes - specielt i byområder.

Eksempel på vådt regnvandsbassin anvendt som rekreativt landskabselement. Nordborg Kommune.

I procesmæssig henseende kan våde regnvandsbassiner sammenlignes med en sø, men uanset, at der i bassinet udvikles et naturligt dyre- og planteliv, er et vådt regnvandsbassin et renseanlæg, og bør ikke misopfattes som en naturlig biotop.

Våde bassiner forudsætter, at der jævnligt forekommer tilførsel af vand, og at der ved bassinudformningen tages hensyn til de integrerede fysiske, kemiske og biologiske processor.

Dimensioneringen af våde regnvandsbassiner bør tage udgangspunkt i ønsket om rensning, men
ved udledning til vandløb må en krævet reduktion af den hydrauliske belastning dog naturligvis inddrages.

Bassinvoluminet bør være 150-250 m^3 pr. red. ha. plus et magasineringsvolumen, idet graden af rensning afhænger af voluminet. Magasineringsvoluminet fastsættes via en beregning på basis af afløbstal og ønsket maksimal overbelastningshyppighed. Forbassinet vil kunne dimensioneres som et simpelt sandfang.

For et veldimensioneret og velfungerende bassin kan følgende rensegrader forventes for separat regnvand:

Afløb	**Suspenderet stof**	**Organisk stof**	**Totalt kvælstof**	**Totalt fosfor**
Horisontal	60-80 %	40-80 %	10-30 %	10-30 %
Vertikal	70-90 %	50-90 %	20-40 %	40-70 %

Driftsforhold

Der bør regelmæssigt (f.eks. 2-4 gange årligt) foretages inspektion af bassinets funktion, samt udføres mindre oprensning for tilført affald og andet groft materiale. Forsedimentationsbassinet må i øvrigt forventes at skulle oprenses ca. hvert andet år. Fjernelse af materiale fra hovedbassinet vil derimod kun sjældent være nødvendigt (forventeligt med 10-25 års intervaller).
Modsat sedimentet fra forbassinet må sedimentet fra hovedbassinet forventes at indeholde væsentlige mængder af tungmetaller, hvorfor bortskaffelse skal ske under hensyntagen hertil.(Spildevandskomiteen, 2006)

Specielle forhold

Ved våde regnvandsbassiner er der risiko for eutrofiering og deraf følgende vækst af svævende alger (fytoplankton). En sådan algeopblomstring kan periodevist foranledige en høj organisk belastning på recipienten, uønskede iltkoncentrationer i bassinet samt et uæstetisk udseende af bassin og recipient. Modsat er en moderat mængde rodfæstede planter ønskelig af hensyn til stoffjernelsen og den rekreative værdi. En moderat plantevækst kan fremmes ved etablering af områder med varierende vanddybder samt ved plantning af udvalgte plantearter ved anlæggelsen af bassinet. Der kan eventuelt lægges et forholdsvis tyndt sandlag på bunden, som kan virke som rodfæste for planter.

Af hensyn til såvel stoffjernelse, plantevækst som æstetik bør det øverste sedimentslag være aerobt. Vanddybden bør derfor under tørvejrsforhold ikke overstige 1-1,5 m og under regn ikke 2-2,5 m. Bassindele, som ikke ønskes plantedækkede, eksempelvis sandfang, må dog have en vanddybde > ca. 1,6 m. Der bør endvidere være dybe partier i bassinet for at undgå total tilgroning, som vil virke kedeligt (visuelt).

Af hensyn til såvel sikkerhed som ønsket om vegetation langs bassinets sider anbefales brinker anlagt i f.eks. forholdet 1:5. Af hensyn til sedimentationsforholdene bør længde/breddeforholdet være i størrelsesorden 3:1-4:1.

Tilløbs- og afløbsforhold bør udformes, så der sker mindst mulig hydraulisk forstyrrelse i bassinet. Indløbet kan med fordel udformes, så energien tages af det indkommende vand. Hastigheder højere end ca. 0,7 m/s vil erfaringsmæssigt kunne foranledige fysiske skader på vegetationen.

Bygværkdele (indløbs-, udløbs- og nødoverløbsarrangement) udføres typisk i beton. Synlige betondele kan af visuelle hensyn eventuelt forsynes med bræddebeklædning (trykimprægneret) eller kampesten.

Ud fra hensynet til tømning inden næste regnhændelse bør tømningstiden for magasineringsvoluminet være under 10-20 timer.

Ved vertikal gennemstrømning skal afledningssystemet dimensioneres under hensyntagen til tryktab i filter-/drænsystemet.

Det er vigtigt for en kloakforsyning at fastholde, at et regnbassin er et teknisk anlæg med krav på vedligehold. Der har været eksempler på divergerende opfattelser, hvor andre myndigheder deklarerer regnbassiner som vandområder, omfattet af Miljølovens § 3, evt. efter at en hvis flora og fauna har indfundet sig i bassinet.
Dette kan tale for tørre bassiner idet de er mere 'tydelige' tekniske anlæg, og der er ikke er en indvandring af fauna i samme grad.
Dog er våde bassiner mere effektive, når det gælder fosforfjernelse.

Økonomi

Omkostninger ved etablering af våde regnvandsbassiner afhænger naturligvis af de lokale forhold samt den valgte udformning, men ligger i intervallet 500-4.000 kr./m3.
Bassiner med vertikal gennemstrømning er generelt noget dyrere at anlægge.

Kommer det tilledte vand fra vej-overflader, vil bundslammet oftest være forurenet med oliestoffer. Oprensning kan således blive dyr, idet sedimentet ofte vil blive karakteriseret som forurenet jord af klasse 4, med en pris på 600-1.000 kr./ton vådt slam.

Referencer

Herning Kommune, Carsten Nygaard, e-mail: mjocn@herning.dk, (Vertikal gennemstrømning)
Silkeborg kommune, Jan Pedersen.

Litteratur

Spildevandskomiteen (IDA), 2006. Miljø og regnvandssystemer. Erfaringer og anbefalinger.

Miljøstyrelsen (1992), Lokal rensning af afløbsvand, Spildevandsprojekt fra Miljøstyrelsen, nr. 49, 1992.
Vollertsen, Hvidtved-Jacobsen (2006): Våde regnvandsbassiner. Mikroben, Nr. 34, 14. årgang, Maj 2006 (Spildevandsforeningen Øst).

12. ÅBNE BASSINER I FÆLLESSYSTEMER

Funktionsbeskrivelse

Åbne bassiner benyttes i lighed med andre bassintyper også til magasinering af opspædt spildevand i fællessystemer med henblik på videre transport til renseanlægget, når der ingen er kapacitet i det nedstrømsliggende afløbssystem. Endvidere kan bassintypen anvendes til reduktion af den hydrauliske påvirkning på vandløb ved forsinkelse af aflastet, opspædt spildevand fra overløbsbygværker.

I selve afløbssystemet kan åbne bassiner som andre bassiner placeres såvel før som efter et overløbsbygværk. En placering før overløbet bevirker ofte roligere strømningsforhold i bygværket, og en placering efter overløbet medvirker normalt til, at det mest forurenede vand bibeholdes i afløbssystemet.

Åbne bassiner kan principielt indbygges seriekoblet eller parallelkoblet, men det er klart at foretrække, at åbne bassiner indbygges parallelkoblede som følge af de driftsmæssige forhold.

Åbne bassiner på fællessystemer bør udføres med fast, tæt bund og sider. De henligger som regel tørre mellem regnhændelser.

Åbne bassiner til fælleskloak bør ligge langt fra beboelse.

Anvendelighed

Sammenlignet med rørbassiner og lukkede bassiner, kræver åbne bassiner mest plads, idet elementer som skråninger, adgangsvej, hegn og beplantning kræver udenomsplads. De åbne bassiner har endvidere begrænsede placeringsmuligheder, idet de bør placeres med en passende afstand til beboelse. I denne forbindelse er det vigtigt, at bassinerne renholdes og eventuel skærmes ved beplantning.

Da bassintypen er billig sammenholdt med rørbassiner og lukkede bassiner, vil den dog ofte finde anvendelse, når en placering i det åbne land er mulig. Specielt hvis et bassin kan placeres ved renseanlægget, hvor lugtgener alligevel på påregnes, kan det være oplagt at etablere det som åbent bassin.

Driftsforhold

Åbne bassiner bør placeres efter et internt overløbsbygværk, forsynet med rist og skumskærm for tilbageholdelse af riste- og flydestoffer. Endvidere bør bassinet rengøres efter hver fyldning, såfremt der er risiko for lugtgener. For at mindske antallet af fyldninger, og dermed rengøringsarbejdet, vil der derfor med fordel kunne indbygges f.eks. et rørbassin inden overløbet til det åbne bassin. Alternativt bør bassinet forsynes med et forkammer for bundfældning af størstedelen af slammet.

Bassinudformningen skal tage hensyn til, at bassinet efter brug skal kunne rengøres for slam. Det kræver passende faldforhold med pumpesump, spulevandsinstallation og eventuelt nedkørselsrampe for maskinel oprensning. Alternativt kan der etableres et pumpebaseret anlæg, som ved en kraftig omrøring af vandet i tømningsfasen holder de bundfældelige stoffer opblandet i vandet. Stofferne vil således føres med afløbsvandet tilbage til afløbssystemet igen.

Den strømningsmæssige udformning af åbne bassiner afhænger af den ønskede funktion af bassinet. I bassiner uden overløb ønskes generelt størst mulig omrøring, så de bundfældelige partikler ikke sedimenterer. I bassiner med overløb må der gerne være omrøring under tømning og fyldning af bassinet, men der skal så vidt muligt være rolige strømningsforhold ved overløb fra bassinet – med henblik på størst mulig stoftilbageholdelse i afløbssystemet.

Specielle forhold

Åbne bassiner ses ofte med bundbelægninger af fliser eller belægningssten. Dette har den ulempe, at der i fugerne vil vokse ukrudt, som besværliggør rengøringsarbejdet. Specielt ved

selvrensende bassiner med pumpeomrøring bliver generne tydelige. Endvidere vil kraftige vandbevægelser kunne ødelægge bundbelægningen på udsatte steder. Åbne bassiner bør derfor anlægges med massiv bundbelægning – f.eks. asfalt.

Åbne bassiner på fællessystemer bør indhegnes, og der bør informeres om bassinets funktion via skiltning, så borgere er klar over, at bassinet ikke egner sig som værested for børn.

Ved større dimension af tilløbsrør til åbne bassiner bør der etableres sikkerhedsrist, så børn eller dyr ikke kan kravle ind i kloaksystemet.

Høj grundvandsstand kan give uacceptabel stor indsivning eller medføre ekstraudgifter til dræning, pumpning af drænvand samt opdriftssikring.

Økonomi

Der er stor forskel på, under hvilke forhold eksempelvis lukkede, åbne og rørbassiner etableres. Priserne pr. m^3 skal findes i intervallet 2000-6000 kr./m^3. Evt. mekaniske installationer fordyrer anlæg og drift.

Referencer

Aalborg kommune.

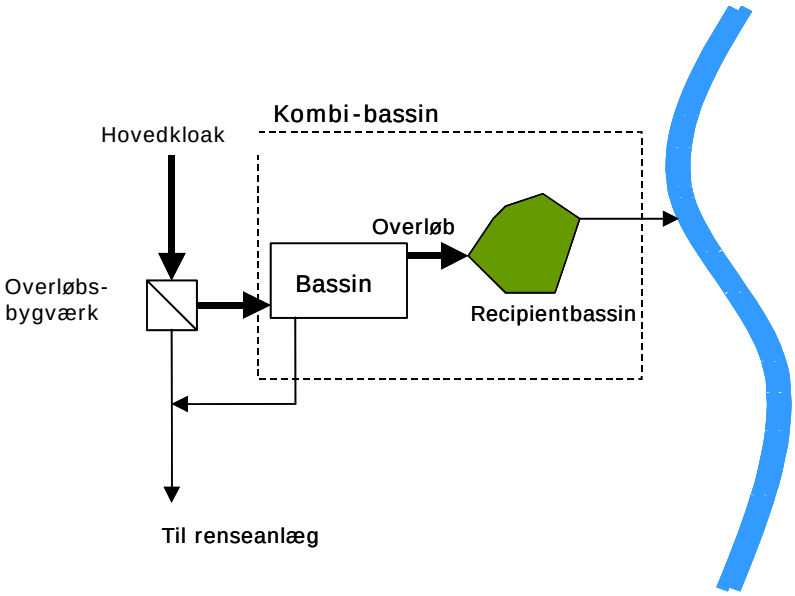
13. KOMBIBASSINER

Recipientbassiner

Funktionsbeskrivelse

Kombi-bassin er en kombinationen af et sparebassin og et recipientbassin.

Et kombi-bassin har som første trin et lukket opmagasineringsbassin på fællessystemet, hvorfra vandet tømmes tilbage til kloakken efter nedbørshændelsen. Der kan f.eks. være tale om et rørbassin eller et betonbassin. Hvis opmagasineringsbassinet bliver helt fyldt, er der overløb til det andet bassin, som er et recipientbassin, hvor der sker en neddrosling af udløbet til vandløbet. Det vand, der ledes i recipientbassinet, ledes ikke retur til kloaksystemet.



Et kombi-bassin består af et overløb til et lukket bassin efterfulgt af et åbent recipientbassin med overløb til et vandområde.

Et recipientbassin svarer i hovedtrækkene til et tørt regnvandsbassin. Der er dog den væsentlige forskel, at recipientbassinet finder anvendelse i fælleskloakerede oplande, og at overløbsvandet derfor indeholder spildevand i en vis fortynding.

Recipientbassinet vil normalt være et simpelt jordbassin, evt. med græsbevoksede sider og bund. Recipientbassinet fungerer som yderligere forsinkelse og yderligere rensning. Recipient-

bassinet sikrer gennem sedimentation, riste og skumbræt en vis rensning af overløbsvandet inden det løber til recipient.

Da overløbet til recipientbassinet indeholder spildevand er det væsentligt, at opmagasineringsbassinet før recipientbassinet tilbageholder så meget stof som muligt. Det betyder, at der skal etableres hensigtsmæssige sedimentationsbetingelser samt skumbræt og riste. Selve recipientbassinet bør udføres således, at det tørrer ud mellem regnhændelserne. Formålet hermed er der sker en UV-bestråling af bassinet fra solen og hermed hygiejnisering af de aflejrede stoffer.

Recipientbassinet kan også anlægges som egentlig *vådområde*.

En variant af kombi-bassinet er navngivet KROSS.
Anlægget er et kombineret recipientbassin/overløbsbygværk/regulerings-/sediment- og separationsanlæg - heraf navnet KROSS.
Anlægget består af rørbassin, overløbs- og separationsbygværk og recipientbassin samt nogle reguleringsspjæld.

Anvendelighed

Kombi-bassiner anvendes med henblik på både at reducere den hydrauliske belastning på vandløb i forbindelse med regnbetingede udledninger fra fællessystemer, *og* at minimere stofudledning til recipienten.

Bedste placering er langt fra bymæssig bebyggelse og tæt på recipienten, hvor krav til lugt, de hygiejniske forhold, indhegning mv. vil være mindre.
Et recipientbassin er et prisbilligt alternativ til dyr bassinkapacitet i betonbassiner eller i rørbassiner. Endvidere kan et kombi-bassin forholdsvis billigt forbedre den hydrauliske og stofmæssige udledningen fra et eksisterende opmagasineringsbassin. Oftest vil det dog være svært at finde plads til udvidelser af eksisterende bassiner i bymæssig bebyggelse.

Kombi-bassiner findes f.eks. i Herning og Skive (Jensen m.fl., 1997). Ved anlæggene i Herning er der tale om rørbassiner, kombineret med recipientbassiner, der bedst kan beskrives som en mellemting mellem våde regnvandsbassiner og egentlige vådområder. I Skive er der derimod tale om to åbne bassiner (i serie) på fællessystemet, hvortil vandet dog ledes via et (internt) traditionelt overløbsbygværk, kombineret med et tørt regnvandsbassin som recipientbassin.

Driftsforhold

Som nævnt, er der en risiko for lugtgener og uhygiejniske forhold. Et recipientbassin bør under alle omstændigheder indhegnes.

Dimensioneringen af de forskellige bygværksdele bygger på den normale dimensioneringspraksis for disse enkeltdele, men kombinationen af forskellige bygværkstyper åbner på den anden side mulighed for ubegrænsede kombinationer af voluminer, videreførte vandmængder etc.
Stoffjernelsen i kombi-bassiner foregår naturligvis ved en kombination af forskellige fysiske, kemiske og biologiske processor – afhængig af den specifikke anlægsudformning. Generelt vil angivelser af typiske rensegrader for kombi-bassiner derfor være tvivlsomme, idet begrebet dækker over en lang række kombinationer af bygværkstyper.

Graden af stoffjernelse vil dog sandsynligvis primært knytte sig til udformningen af selve recipientbassinet. Et bud på mulig stoffjernelse ved kombi-bassiner svarende til de i Herning og Skive anlagte, vil derfor kunne uddrages af stambladene for henholdsvis våde regnvandsbassiner/vådområder og tørre regnvandsbassiner.

Specielle forhold

Planlægning og projektering af kombi-bassiner fordrer et grundlæggende kendskab til forhold vedrørende de enkelte bygværkstyper, kombineret med en forståelse af det procesmæssige samspil. Endvidere er evnen til anskuelser ud over den traditionelle afløbstekniske tænkning en fordel.

Økonomi

Afhænger stærkt af den valgte kombination af bygværkstyper.

Referencer til kommuner / kontaktpersoner

Ved Holing Bæk og Knudmose, Herning Kommune, Carsten Nygaard, e-mail: mjocn@herning.dk

Litteratur

Andre Jensen, Carsten Nygaard og Peter Poulsen (1997), Kombi-bassin - en billig og effektiv løsning, Stads- og havneingeniøren, nr. 5, 1997.

Rambølls nyhedsbrev Komma nr. 7, september 2002

14. VÅDOMRÅDER

Funktionsbeskrivelse

Et vådområde er kendetegnet ved en sumpvegetation – altså vegetation på vandområder med generelt ringe vanddybde (15-30 cm dybde). Der bør dog være store variationer i vanddybden, således at der forekommer såvel frit vandspejl som områder over vandniveau.

Et vådområde kan være naturligt, men kan også anlægges kunstigt. I denne forbindelse er det vigtigt at erindre, at vådområdet anlægges som en renseforanstaltning og ikke som et egentlig økosystem, idet der ellers er risiko for væsentlige, administrative problemer.

Den store variation og diversitet, der forekommer i vådområder, medfører en lang række fysiske, kemiske og biologiske processer. Til gengæld indebærer denne kompleksitet generelt også en vis usikkerhed omkring de enkelte processers betydning. Sammenlignet med f.eks. et vådt regnvandsbassin vil den ringe vanddybde og den udbredte vegetation dog generelt medføre en øget sedimentation og adsorption.

Vådområde, Farum

Anvendelighed

Specielt i visse dele af USA er vådområder blevet populære til behandling af regnafstrømning. Der synes dog ikke altid at være dokumenteret, rensemæssig begrundelse for valg af vådområder frem for andre metoder.

Vådområders effekt er således uforudsigelig på grund af den store kompleksitet i virkemåden. Vådområder kan dog med fordel. f.eks. anvendes som efterpolering efter andre og mere forudsigelige renseforanstaltninger.

I vådområder vil der givet udvikles et naturligt dyre- og planteliv, men overordnet bør vådområdet opfattes som et teknisk anlæg, og altså ikke som en naturlig biotop.

Dimensioneringen af vådområder bør tage udgangspunkt i evnen til magasinering. Magasineringsvoluminet fastsættes f. eks. på basis af afløbstal og ønsket maksimal overbelastningshyppighed. Ved udledning til vandløb bør en reduktion af den hydrauliske belastning indregnes.

Arealkravet afhænger naturligvis af det ønskede magasineringsvolumen, men ofte vil arealkravet være i størrelsesordenen > 2 % af det samlede oplandsareal.
Område med typisk 15 – 30 cm vanddybde bør udgøre 60-80 % af det samlede areal, idet resten af arealet udgøres af øer og områder med dybder op til 1-1,2 m.

Erfaringer med vådområder viser, at rensegrader vil kunne opnås i størrelsesordenen svarende til våde regnvandsbassiner. Der vil dog være endog meget store variationer som følge af de lokale forhold. Følgende rensegrader skulle med andre ord være opnåelige:

	Suspenderet Stof	**Organisk Stof**	**Total Kvælstof**	**Total Fosfor**
Fællessystem	-	-	-	-
Separatsystem	60-80 %	40-80 %	10-30 %	40-70 %

Specielle forhold

Når vådområder anlægges, er ønsket ofte at få området integreret i den lokale natur. De lokale forhold, herunder plantevalget, bør derfor tages i betragtning i det aktuelle tilfælde.

Et bassinlignende område med høj magasineringsevne i tilknytning til indløbet kan være fordelagtigt.

Som ved de våde regnvandsbassiner er der også ved vådområder risiko for eutrofiering og deraf følgende vækst af svævende alger (fytoplankton) med deraf følgende problemer.

Der bør regelmæssigt (f.eks. en gang årligt) foretages inspektion af specielt ind- og udløbsarrangementernes funktion, samt udføres mindre oprensning for tilført affald og andet groft materiale. Systematisk fjernelse af materiale fra området burde derimod kun sjældent være nødvendigt (forventeligt 20 -30 års intervaller).

Økonomi

Et vådområde er relativt billigt at anlægge, sammenlignet med egentlige bassiner, såfremt der allerede i landskabet er højdeforhold og jordbund til det.

Referencer

Herning Kommune, Carsten Nygaard, e-mail: mjocn@herning.dk

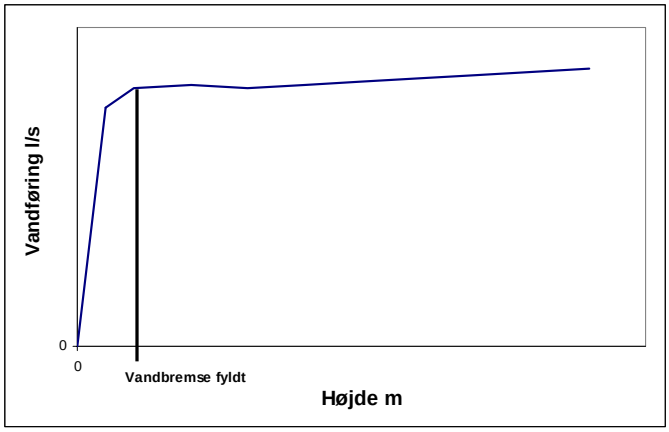
15. VANDBREMSER

Funktionsbeskrivelse

Ved indbygning af en vandbremse i kloaksystemet opnås, at der maksimalt kan passere en fast begrænset vandføring på dette sted.

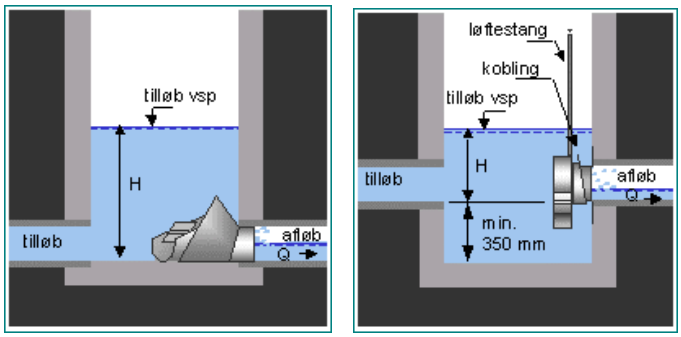
I forhold til andre muligheder for sænkning af vandføringen (drosselledninger, spjæld etc.) kan en vandbremse give en relativ konstant vandføring ved et stort interval af trykhøjder.

Dette kan illustreres, som i nedenstående figur, hvor vandføring er vist som funktion af vandets højde på tilgangssiden. Når vandbremsen er fyldt er flowet stort set uafhængigt af trykhøjden.



En vandbremse gør vandføringen uafhængig af trykhøjden

Vandbremser produceres normalt i rustfrit stål, og findes i en lang række modelvarianter med forskellige anvendelsesmuligheder. De hyppigste anvendte typer i Danmark er centrifugalbremser og cyklonbremser. Den danske virksomhed Mosbaek A/S har en stor produktion og eksport af vandbremser til hele verden.



Cyklon og centrifugalbremser fra Mosbaek A/S indsat i brønde

Når vandbremser har en meget konstant max. Vandføring ved alle tilløbstrykhøjder kan man tale om en 'afløbsregulator'.

Anvendelighed

Vandbremser indbygges ofte i forbindelse med overløbsbygværker og bassinanlæg på fællessystemer, så der er passiv kontrol over hvor store flow, der ledes videre i kloaksystemet. Det vil typisk være for at undgå oversvømmelser eller overbelastning af systemer nedstrøms bremsen. Vandbremser mindsker den videreførte vandmængde, hvilket vil være til ugunst for recipienten, hvor vandbremsen sidder fordi en større mængde aflastes, medmindre der er magasineringsmulighed.
En vandbremse anvendes altså til at styre, hvor overløbet kommer, således at det giver mindst mulig skade.

Vandbremser kan også anvendes i forbindelse med kontrol af den hydrauliske belastning på vandløb, ved at anbringe den på selve overløbsstrømmen.

Cyklonbremser bør kun indbygges, hvis den videreførte vandmængde overstiger 8-10 l/s. Centrifugalbremser, kan derimod anvendes ved ganske små vandmængder.

Driftsforhold

Man bør altid sikre sig, at gennemstrømningsåbningen i vandbremsen er tilpas stor til at tilstopning ikke bliver et gentagende problem. Erfaringsmæssigt bør gennemløbstværsnittet således helst ikke komme under ø200 mm. For at sikre sig mod tilstopning og minimere behovet for drift og vedligehold, bør regulatoren være uden bevægelige dele.

Vandbremser bør indbygges på en sådan måde, at der er mulighed for at udføre en spuling af vandbremsen – ved bygværker bør der bl.a. placeres dæksler over vandbremsen. Endvidere bør overløbs-/omløbsmulighed forefindes i tilfælde af, at vandbremsen tilstoppes.

Specielle forhold

Ved dimensionering af vandbremsen skal man sikre sig, at den daglige spildevandsmængde kan passere bremsen, uden at dette giver anledning til at vandbremsen bliver fuldtløbende. Dette sikres bl.a. ved at vælge en bremse med lille modstand for lave vandføringer.
Såfremt der er opstuvning nedstrøms vandbremsen, bliver kapaciteten i øvrigt ikke som forudsat. I forbindelse med dimensionering af vandbremser bør nedstrøms stuvningsforhold derfor altid beregnes.

Økonomi

Anlægsudgift:	10.000-30.000 kr. for kapaciteter på 50-100 l/s (simple modeller) ekskl. montage
Drift:	Små udgifter til rutinemæssige tilsyn

Referencer

Kontakt: Dines Thornberg, det59@helsingor.dk har i 2004 installeret både Mosbaek A/S og Biogest bremser ved bassiner.

Producenter

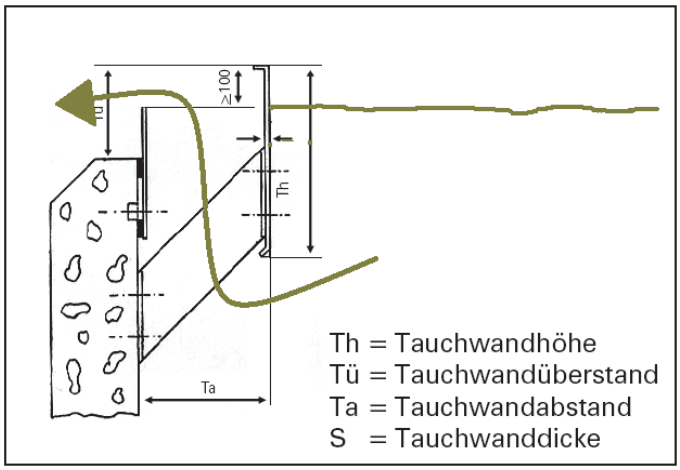
www.mosbaek.dk
www.steinhardt.de
www.biogest.com

16. SKUMSKÆRME

Funktionsbeskrivelse

Formålet med en skumskærm er udelukkende, at tilbageholde flydestoffer i afløbssystemet, således at disse ikke bevirker æstetiske og hygiejniske problemer i recipienten.

En skumskærm kan derfor principielt udføres i alle slags materialer – blot de er egnet til ophold til en kloakatmosfære.



Skumskærm monteret på betonvæg. Vandet strømmer fra højre under skærmen.
(KLAT-system, Tyskland)

Der findes særlige flydende skumskærme, der følger vandoverfladens evt. bevægelse op og ned.

Anvendelighed

En skumskærm er en forholdsvis billig løsning, der uden problemer kan installeres i stort set alle relevante bygværker.
Der tilbageholdes skum, der mest består af fedt og oliestoffer samt flydende genstande såsom vatpinde og grene mm.

I ældre eksisterende overløbsbygværker uden skumskærme kan disse ligeledes ofte installeres med fordel. I hydraulisk dårligt fungerende bygværker kan der dog i flere tilfælde sættes spørgsmålstegn ved den reelle effekt af en indbygget skumskærm.

Hvis en skumskærm skal kunne medføre en fornuftig tilbageholdelse af flydestoffer, er det således afgørende, at der etableres rolige strømnings-forhold i bygværket. I modsat fald kan turbulens holde flydestofferne opblandet i vandet, hvorved de får mulighed for at passere skumskærm og overløbskant.

Driftsforhold

En skumskærm skal normalt ikke vedligeholdes. Der spules, når der er ophobet unormalt store mængder flydestof.

Specielle forhold

Skumskærmens overkant skal være over det maksimalt forekommende vandspejl i bygværket. Underkanten skal gerne være ca. 20-50 cm under overløbskanten. I denne forbindelse skal det sikres, at selve skumskærmen ikke udgør en hindring for et roligt strømningsmønster i bygværket.

Økonomi

Afhængig af valgt materiale. Billigst er plast eller jern mens rustfrit (evt. syrefast) stål er dyrest.

Anlægsudgift: 2.000-3.000 kr./m skærm

Flydende skumskærme er en op til 10 gange dyrere.

Referencer

De fleste kommuner har skumskærme

17. STATISKE RISTE

Funktionsbeskrivelse

Ved en statisk rist forstås her en ’manuel’ rist uden automatisk rensning.
En rist tilbageholder ristestof, dvs. papirrester, grene, hygiejnebind, kondomer og andre større dele i spildevandet.
Hvor små dele eller partikler der tilbageholdes afhænger af afstanden mellem ristestængerne dvs. spaltevidden. Den er i manuelle riste 10-50 mm. Større end 30 mm må dog i dag anses for utilstrækkeligt i nye bygværker.
Det tilbageholdte ristestof vil dels falde tilbage i spildevandstrømmen af sig selv og dels fjernes ved rengøring af risten.

Vandret rist i overfaldsbygværk.
Overløbet strømmer op gennem risten og ud til venstre. Den mindre afskærende ledning ses under risten der er løftet af for inspektion.

Anvendelighed

En rist anvendes på overløb til recipient enten i et rent overløbsbygværk eller et bassin, og det er en god og billig foranstaltning til at forbedre de æstetiske forhold omkring et overløb.

Amterne stiller ofte krav om riste i overløbsbygværker. I denne forbindelse er det værd at bemærke, at amtet reelt ikke kan stille krav om riste, idet recipientmyndigheden kun kan stille krav til selve udledningen – og altså ikke til udformningen af dele af afløbssystemet. At kravet alligevel normalt accepteres, skyldes, at riste er en forholdsvis billig foranstaltning.

Kendskabet til ristens renseeffekt ved varierende belastninger er yderst begrænset. Som konsekvens heraf varierer vilkår for ristens dimensionering også meget såvel nationalt som internationalt – idet krav til spaltevidder hyppigt varierer fra 6 til 20 mm, ligesom krav til gennemstrømningshastigheder varierer mellem 0,2 og 1,0 m/s. Krav om spaltevidder på ned til 6 mm kan dog ikke opfyldes gennem anvendelsen af statiske riste, da disse ret hurtigt vil tilstoppe.

Spaltevidder i statiske riste bør ikke være mindre end 10 mm. Erfaringsmæssigt er statiske riste mest driftsikre ved 20 mm spaltevidde.

Hvis en rist skal kunne medføre en fornuftig stoftilbageholdelse er det i øvrigt afgørende, at der etableres rolige strømningsforhold gennem risten. I modsat fald vil ristestof blive presset gennem risten. Ifølge Dansk Ingeniørforening (1946) bør den dimensionsgivende hastighed gennem risten derfor ikke overstige 0,3 m/s. Selvom denne kilde har relativt mange år på bagen finder kravet stadig anvendelse. Det er dog efterfølgende flere steder modificeret til 0,25 m/s.

Statiske riste bør placeres vandretliggende, da der herved opnås det størst mulige gennemstrømningsareal, hvilket igen giver den mindst mulige gennemstrømningshastighed. Endvidere bør risten placeres et stykke under overløbskanten, idet vandets strømning over kanten i modsat fald kan bevirke store lokale hastigheder gennem risten.

Risten kan med fordel opbygges af 5 x 40 mm flade ristestænger, idet runde ristestænger erfaringsmæssigt har en dårligere tilbageholdelsesevne.

Da riste indebærer en risiko for tilstopning, bør der normalt forefindes et nødoverløb ovenover risten.

Driftsforhold

Riste kræver generelt hyppigt tilsyn og rengøring. Riste i tilknytning til overløb bør som minimum tilses, når overløbet har været i drift.
En vandret rist som vist på fotoet kan rengøres ved spuling fra terræn uden nedstigning i bygværket.

Økonomi

Der findes erfaringspriser i Aalborg Kommune på 20.000-100.000 kr. for en risteinstallation alt efter størrelse, indretning og kvalitet.

Referencer

Alle kommuner har en statisk rist.

18. SELVRENSENDE RISTE

Funktionsbeskrivelse

Riste med spaltevidder på 10 mm og derunder vil ret hurtigt stoppe til. Ønskes derfor sådanne små spaltevidder, er det nødvendigt at anvende en selvrensende rist.

Selvrensende riste af denne type består af en ramme med forspændte ristestænger med en indbyrdes spaltevidde på 4-10 mm. I forbindelse med en overløbshændelse skubber skrabesystemet kontinuerligt materiale, der er ”fanget” af risten, tilbage i spildevandsstrømmen. Skraberen, der drives hydraulisk med olietryk, starter og stopper automatisk ved en niveaumåler. Skraberen kan, afhængig af fabrikat, køre i hele ristestængernes længde eller udføre en ”roterende” bevægelse med flere skraberhoveder, der skubber ristestoffet tilbage på kloaksiden.

Risten kan placeres vandret såvel som lodret. Endvidere kan den vandrette rist have gennemløb både oppefra og nedefra. Der er således mange muligheder for indplacering i eksisterende bygværker.

Risteinstallation i bygværk (Romag)

Nærbillede af en skraber (Romag)

Anvendelighed

Mekanisk rensede finriste kan med fordel finde anvendelse, hvor der skal foretages en særlig beskyttelse af recipienten med hensyn til de æstetiske og hygiejniske forhold.
Krav om stoftilbageholdelse ned til 6-10 mm partikelstørrelse ved overløbsbygværker kan klares ved anvendelse af mekanisk rensede riste. Herhjemme stilles kravet ofte ved nye eller fornyede udledningstilladelser fra overløb af fællesvand.

Selvrensende riste er i de senere år blevet meget udbredte i takt med ønsket om at forbedre den æstetiske kvalitet af overløb. I DANVA's undersøgelse fra dec. 2004 havde 25 % af de kommuner, der svarede, selvrensende riste
De fleste af disse kommer fra firmaerne Romag, Stjernholm eller Huber.

Generelt kan rensegrader for mekanisk rensede finriste som helhed ikke forventes at være mere end maksimalt 60 % med hensyn til synligt, partikulært stof (Balmforth and Meedes, 1996 – ved ristevidder på 6 mm). For store partikler som hygiejnebind, bleer, kondomer og lignende kan rensegrader tæt på 100 % dog ofte opnås.

Driftsforhold

Selvrensende riste, indebærer en introduktion af en forholdsvis avanceret teknik i afløbssystemet – og dermed en vis risiko for uventede driftsforstyrrelser og lignende problemer.

Specielle forhold

Ristearrangementet kræver, at der er strømforsyning til en hydraulikstation. Endvidere skal der være plads til hydraulikstationen, f.eks. i separat overbygning eller i pladeskab.

I forbindelse med strømsvigt og under overløb vil risten hurtigt tilstoppe med nødoverløb til følge.

Selvrensende riste etableres oftest i forbindelse med forsinkelsesbassiner. De kan anbringes enten i tilløbet eller afløbet fra bassinet. En rist i *tilløbet* vil sikre, at der ikke kommer ristestof i bassinet med risiko for, at ristestoffet sætter sig på vægge o.a. Hermed mindskes risiko for lugt og arbejdsmiljø ved evt. nedstigning i bassinet.
Sidder risten i *afløbet* vil den kun skulle fungere få gange om året, svarende til udløbstilladelsen. Det vil alt andet lige give mindre vedligehold, mindre strømforbrug og længere levetid.

Økonomi

De selvrensende riste er naturligvis noget dyrere end de statiske for samme kapacitet, idet en motoriseret skraber installation koster ekstra.

Referencer

Helsingør kommune, Benny Höök, beh54@helsingor.dk.
Hjørring kommune, Ole Madsen, teom@hjoerringkom.dk.

De mest kendte leverandører herhjemme er pt.:
Biobalance (Romag)
Stjernholm
Hans Buch
Veolia Water Systems (Huber)
H. P. Andersen Engineering

19. TROMLESIER OG SKIVEFILTRE

Funktionsbeskrivelse

Ved sining af spildevand er princippet, at vandet passerer igennem et net, en dug eller en plade forsynet med tilpas små huller. Sining fjerner således suspenderet stof over en vis størrelse uanset stoffets bundfældnings- eller flotationsegenskaber. Sier opdeles generelt efter filterets hulstørrelse:

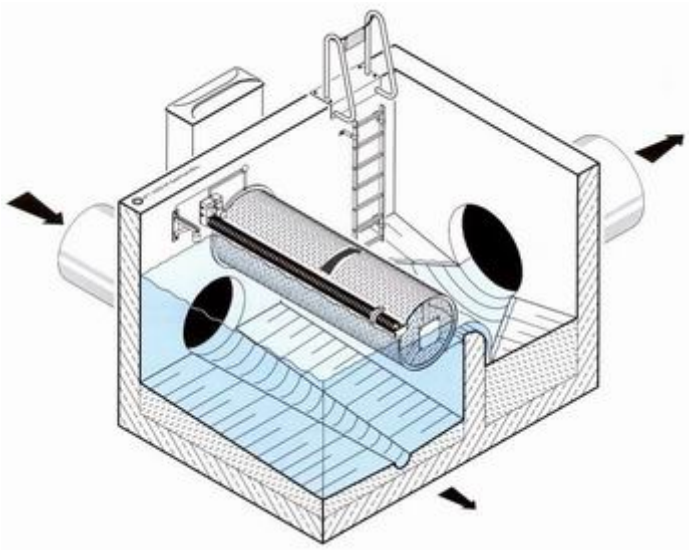
- Mikrosier: 0,01-0,3 mm åbning.
- Makrosier:0,3-5,0 mm åbning.

Ved installationer med over 5 mm åbning anvendes oftest en rist.

I forbindelse med overløbsvand og separat regnvand anvendes typisk forskellige udgaver af tromlesier. Ordet ”si” erstattes ofte af ”filter” (tromlefilter, skivefilter etc.).

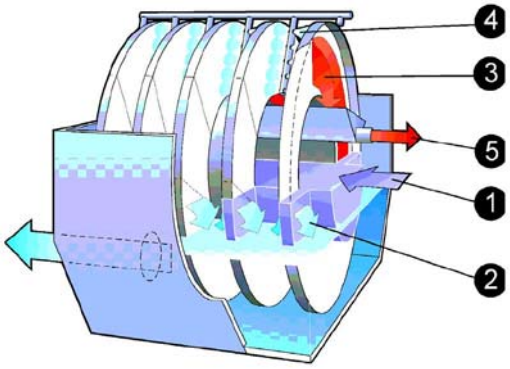
Når målet er en rensning, der er bedre end almindelig bundfældning, kan der f.eks. anvendes en mikrosi, hvor vandet filtreres gennem en filterdug. Der kan frit vælges mellem filterduge med forskellige poreåbninger, således at der kan opnås den ønskede kombination mellem rensegrad og hydraulisk kapacitet.

Det frasiede materiale tilbageholdes typisk på indersiden af filterdugen, hvorfra det kan fjernes ved hjælp af roterende børster, ved afskrabning eller ved afspuling med vand. Ved rensning af overløbsvand vil stoffet kunne føres tilbage til spildevandsstrømmen og dermed frem til rense-anlægget.



Tromlefilter (Umwelt und FluidTechnik)

Tromlefilter med spuling på ydersiden. Filterkagen skrabes af dugen på indersiden af tromlen. (Hydrotech)



Skivefilter principskitse.
(1) Tilløb. (2) Filtrering gennem dug-skiver. (3) Frafiltreret materiale.
(4) Spuledyser der får materialet til at falde ned i slamrende (5)

Anvendelighed

Tromlesier har vundet en vis udbredelse i indløb til lukkede bassiner som alternativ til selvrensende riste.
Tromlesier er gode i forhold til riste, når der ønskes en meget vidtgående fjernelse af partikler helt ned til under 1 mm, og de er mindre følsomme overfor sten o. lign. end en rist.

Anvendelse af tromlesier er herudover vidt udbredt i forbindelse med rensning af tynde typer af spildevand, eksempelvis afløb fra dambrug, hvor de har vist sig meget stabile.

Ønskes en endnu finere filtrering, tages filtre i anvendelse.
Fordelen ved tromlefiltre er bl.a., at filterdugen kan udskiftes, således at den ønskede effekt opnås. Det er dog også væsentligt at være opmærksom på, at en finere filterdug naturligvis vil give en mindre hydraulisk kapacitet.

Stoftilbageholdelsen i tromlesier opgives og filtre varierer meget og hænger nøje sammen med hulstørrelserne i dugen.

Driftsforhold

Driftsproblemer for mikrosining er især knyttet til tilstopning af filterdugen. Fedt, olie og bakteriel vækst er de typiske årsager. Fedt og olie kan evt. fjernes fra filterdugen ved tilsætning af detergenter til spulevandet. Hvis der forekommer store koncentrationer af olie og fedt, kan mikrosining dog næppe anbefales. Bakteriel vækst kan formindskes ved at belyse filterdugen med ultraviolet lys.

Specielle forhold

En tromlesi kræver, at der er strømforsyning samt mulighed for rensning af hulplade eller filterdug, f.eks. vha. vandværksvand, alternativt vha. spulepumpe, der anvender det filtrerede vand som spuling.

Der findes en variant af tromlesi uden behov for elektricitet f.eks. Mono Stormscreen (foto), der forhandles af Hans Buch. I stedet drives en børste af en ’vandmølle’ som overløbsvandet passerer.

Mono Stormscreen

I nogle tilfælde kan filtreringen forbedres ved at opretholde et vist lag af ristestof. Vandstrømmen skal passere gennem ristestoflaget, og der tilbageholdes derved finere partikler end uden ristestof.

Da filterets hydrauliske kapacitet er afhængig af, at der foretages en effektiv rensning af filterdugen, er det vigtigt, at f.eks. spuledysser holdes rene, hvilket specielt kan være et problem, såfremt der anvendes ”genbrugsvand”.

I forbindelse med strømsvigt eller stor hydraulisk belastning skal der være etableret et hensigtsmæssigt nødoverløb – eventuelt gennem tromlefiltret.

Økonomi

En tromlesi i makroområdet (4 mm spalter) med kapacitet på 500 l/s kan fås for omkring 500.000 kr. inkl. el og montage, men ekskl. bygning.

Et tromle- eller skivefilter er noget dyrere pr. kapacitetsenhed. Anlægget ved Svanemøllen (se LOT-water nedenfor) har kostet ca. 5 mio. for tromlefiltre og skivefiltre i serie med kapacitet til 500 l/s

Referencer

Tromlesier findes efterhånden flere steder i Danmark.
Københavns Energi, Niels Bent Johansen, e-mail: nbj@ke.dk
Hvidovre kommune
Helsingør kommune

Leverandører

Wintec Aqua.

Veolia Water Systems/Hydrotech

Fagerberg

EU-Life projektet LOT-water (2003-2006) demonstrerer bl.a. anvendelse af en seriel kombination af rist, tromlefilter og skivefilter, efterfulgt af UV-bestråling.

Se også

http://www.cowiprojects.dk/lotwater/

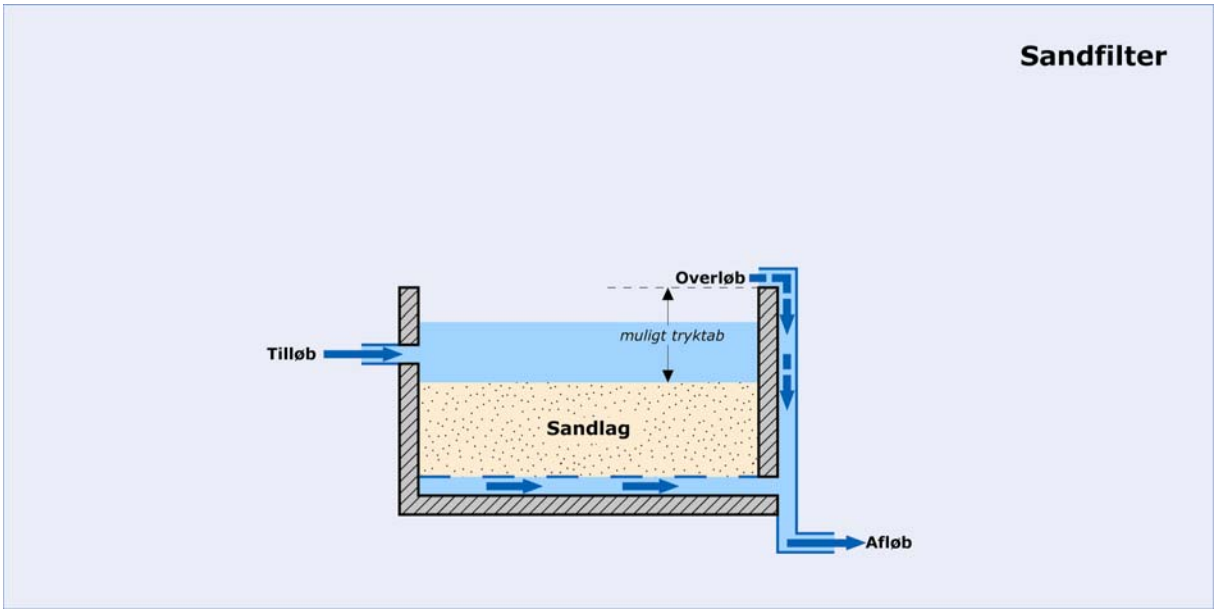
20. SANDFILTRE

Funktionsbeskrivelse

Et sandfilter består typisk af dels et volumen til magasinering af vand, dels et egentlig filter i form af et sandlag. Desuden vil der normalt forefindes en for-sedimentering af grovere partikulært materiale i et særskilt bygværk, inden vandet ledes til filteret

Sandfiltre anlægges ofte som lukkede anlæg, placeret under jorden, men åbne anlæg kan også forekomme.

Filtret tilbageholder primært suspenderet stof med tilhørende forurening, men en vis stoffjernelse vil også kunne finde sted som følge af den biologiske film på sandkornenes overflade.



Anvendelighed

I USA er sandfiltre især anvendt på lokaliteter, hvor våde regnvandsbassiner, vådområder eller infiltrationsanlæg ikke anses for hensigtsmæssige, bl.a. som følge af specielle jordforhold eller pladsforhold. I Danmark er sandfiltrering, jf. Århus Amt (1992), med held været afprøvet i Århus Amt ved rensning af vejvand. Det skal dog bemærkes, at det omtalte sandfilter tilsyneladende var kraftigt overdimensioneret.

Magasineringsvoluminet i tilknytning til et sandfilter dimensioneres normalt med henblik på at kunne rumme det samlede vandvolumen i en given regn med en given gentagelsesperiode. Bassinet kan dog også dimensioneres efter, at filteret kun skal kunne rense den første, mest forurenede del af det afstrømmende regnvand (f.eks. 5-10 mm).

Filtrets overfladeareal fastsættes i forhold til den opnåelige hydrauliske ledningsevne – typisk ca. 25 mm/h, såfremt der foretages en forsedimentering, under hensyntagen til den ønskede tømningstid for bassinvolumet. En tømningstid på 3-5 døgn anses for acceptabelt under danske forhold.

Med et velfungerende sandfilter (i kombination med forsedimentering) bør følgende rensegrader kunne opnås:

	Suspenderet Stof	**Organisk Stof**	**Total Kvælstof**	**Total Fosfor**
Fællessystem	-	-	-	-
Separatsystem	70-90 %	40-70 %	20-40 %	40-60 %

Driftsforhold

Driftsmæssigt er sandfiltre relativt krævende. Det kan således anbefales, at der mindst 4 gange årligt samt efter større regnhændelser foretages tilsyn af filteret samt eventuel tømning af den tilhørende forsedimentering. Når der på selve sandfilteret er opbygget et 1-2 cm sedimentlag, bør dette ligeledes fjernes. Der er risiko for, at filteret stopper til, og der skal etableres nødoverløb og evt. automatisk returskylning.

Specielle forhold

Et sandfilter bør i bunden være forsynet med eksempelvis et slaggelag. Udledning af det rensede vand kan eksempelvis ske via drænledninger. Tykkelsen af selve sandfilteret er typisk i størrelsesordenen 0,5-1,0 m.

Økonomi

Anlægsudgift: 5.000-10.000 kr./m3

Referencer

Fredensborg kommune (Fr.borg/Humlebæk)
Haderslev kommune (Vojens)

21. HØJRATEFILTRERING

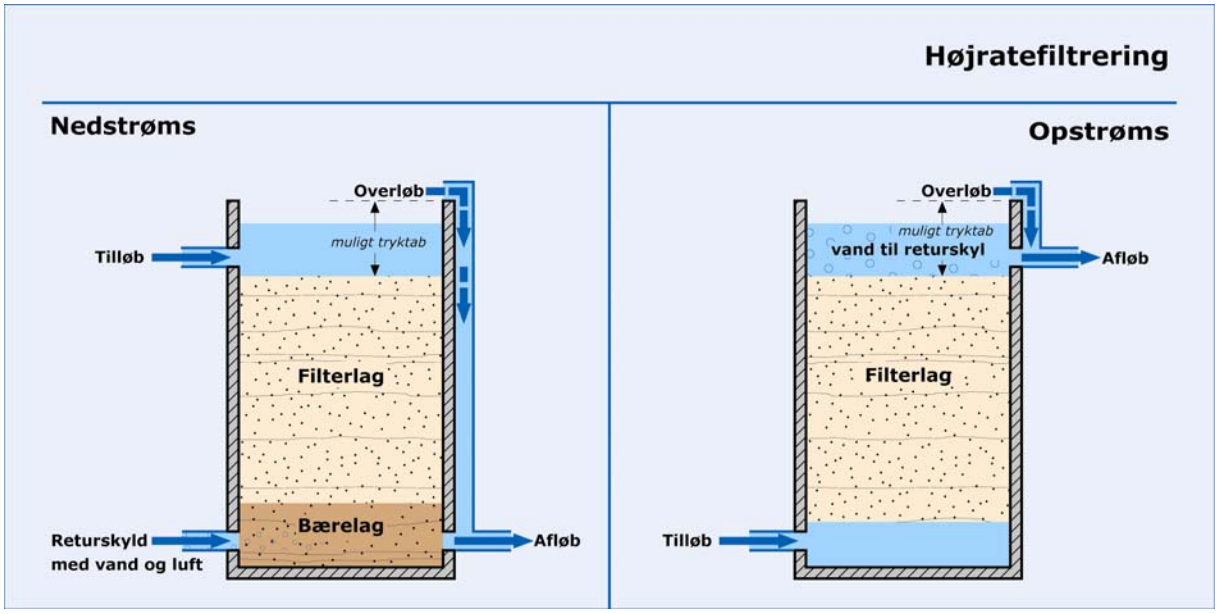
Funktionsbeskrivelse

Højhastighedsprocesser har vist deres værd til behandling af regnbetingede udløb pga. muligheden for hurtig opstart og afslutning, samt stor fleksibilitet i kapacitet. Højrate processer kan kombineres af flere enheder. Forceret sedimentation er et eksempel på kombination af hurtig fældning og bundfældning. Denne metode har sit eget katalogblad.

Højtratefiltrering kan bygges op med *sandfilter eller dug-filter*.

<u>Sandfilter</u>
Det almindelige sandfilter har sit eget katalogblad. I dette blad beskrives højrate-sandfilter. Der er ikke nogen veldefineret grænse mellem disse, men almindelig sandfiltrering foregår typisk ved 1-5 m^3/m^2xtime mens højratefiltrering anvender 30-60 m^3/m2xtime. Voluminet eller opholdstiden reduceres altså med en faktor 10 i højrate filtre.

Et højrate sandfilter udformes enten som nedstrøms- eller opstrømsfilter – svarende til, at vandstrømmen i filteret sker i retning med eller imod gravitationskraftens retning. Begge typer virker diskontinuert, idet højratefiltre efter en vis tid (kaldet cyklustiden eller gangtiden) må returskylles for at fjerne det opbyggede lag af filtreret materiale, når tryktabet bliver for stort.



I et nedstrøms filter anvendes nederst et bærelag i form af f.eks. sand over hvilket, det egentlige filterlag er placeret. Opstrømsfilteret består derimod normalt kun af et filterlag, der f.eks. kan bestå af antracit.
En særlig udgave er to-lags sandfilteret med f.eks. et groft og let filtermateriale i toppen (antracit) med tungere og finere materiale i bunden (sand). Tilstrømningen sker fra toppen således, at vandet først grovfiltreres.
Ved returskyl blandes materialerne, men cyklus tilrettelægges sådan, at der opnås adskillelse til sidst i rensningen, baseret på forskelle i massefylde mellem filtermaterialerne.

Returskylning sker typisk med en blanding af vand og luft.

Dug-filter - se 'Tromlesier og Skivefiltre'.

Anvendelighed

Sandfiltrering kan principielt anvendes på såvel overløbsvand som separat regnvand, men en vis forbehandling af overløbsvand er hensigtsmæssig for at undgå hyppige tilbageskyl og filtertilstopning.
En seriel kombination af grove og derefter fine sandfiltre giver færre tilstopninger.

Anvendelsen af højratefiltre er udbredt i drikkevandsbehandling og industriel produktion til fjernelse af partikulært materiale. Der foreligger imidlertid ikke eksempler på metodens anvendelse i fuldskala ved regnbetingede udledninger. Generelt skønnes højratefiltrering således ikke at være interessant, sammenlignet med andre mulige renseforanstaltninger.

Højratefiltre dimensioneres primært ud fra den hydrauliske overbelastning. Yderligere oplysninger vedrørende dimensionering m.v. forefindes i Henze (1980) og Miljøstyrelsen (1992).

Ved laboratorieforsøg er følgende rensegrader opnået ifølge (Miljøstyrelsen, 1992):

	Suspenderet Stof	**Organisk Stof**	**Total Kvælstof**	**Total Fosfor**
Fællessystem	60-90 %	40-70 %	-	-
Separatsystem	-	-	-	-

Laboratorieforsøgene er gennemført med hydrauliske overfladebelastninger i intervallet 35-70 m^3/m^2xtime (Miljøstyrelsen, 1992). I samme forbindelse er det konstateret, at polymertilsætning kan forbedre rensningen.

Driftsforhold

Kræver returskyl, når tryktabet når en hvis højde. Den høje belastning øger ligeledes behovet for returskyl (i forhold til alm. sandfiltre). Anlæg til højratefiltrering forudsætter hyppige tilsyn.

Specielle forhold

En del automatik er nødvendig for at sikre driften.

Økonomi

Priser kendes ikke, men det må formodes, at metoden er relativt dyr. Er en kompakt løsning højt prioriteret, kan det retfærdiggøre høje omkostninger.

Referencer

Der er så vidt vides ingen installationer i DK til overløbsvand.

Litteratur

Dual Process Highrate Filtration of Raw Sanitary Sewage and Combined Sewer Overflows. **EPA publ. Nr. 600/2-79-015.** Undersøgelser fra 1975-77 af høj rate filtrering af råspildevand og overløbsvand. Konkluderer at teknologien er konkurrencedygtig med flotation og mikrofiltrering**.**

Field, R., (1990a) Chapter 4, "Combined sewer overflows: control and treatment." Moffa, P. E., Ed., *Control and Treatment of Combined-Sewer Overflows*. Van Nostrand Reinhold, NY.

22. SANDFANG

Funktionsbeskrivelse

Spildevand og overfladevand indeholder mange partikler.
Disse partikler er både uorganiske (sand og grus) og organiske (slam, papir mv.).
For at undgå at sand og grus bundfældes og fylder op i f.eks. regnvandsbassiner eller recipienter, indsættes sandfang på kloakledningen inden udløb.

Indenfor spildevandsrensning skelnes, traditionelt set, mellem sandfang og bundfældningstanke. Formålet med et sandfang er i princippet udelukkende at fjerne tunge, uorganiske partikler som sand og grus, hvorimod bundfældningstanke fjerner såvel uorganiske som organiske partikler fra spildevandet. På mange måder kan et sandfang dog reelt opfattes som en simpel bundfældningstank, der målrettes mod fjernelse af sandpartikler.
Den væsentligste forskel er i tankvolumenet i forhold til vandføringen. Der er således stor forskel i opholdstiden, som er minutter i et sandfang, mens den måles i timer i en bundfældningstank.

Årsagen til den nævnte skelnen skal søges i mulighederne for viderebehandling af det udskilte materiale. Sand fra velfungerende sandfang kan normalt deponeres på lossepladser uden viderebehandling eller sandvaskes og genbruges, hvorimod slam fra bundfældningstanke kræver viderebehandling pga. et højere indhold af organisk materiale.

Sandfangsbrønd fra Norsk Beton.
Tilløb og afløb er lige under keglen, mens bunden udgør volumen til sand.

Anvendelighed

Sandfang kan med fordel etableres som forrensning, specielt ved separate regnvandsudledninger – primært for ikke at belaste efterfølgende rensetrin, eksempelvis våde regnvandsbassiner eller infiltrationsanlæg.
Nogle amter kræver i dag, at alle udløb fra separate regnvandssystemer til recipient forsynes med sandfang og olieudskiller.

Ved regnbetingede udledninger forekommer specielt de horisontale sandfang som anvendelige. Horisontale sandfang udformes typisk som et forholdsvist fladt og aflangt bassin med langsgående strømning.

En pumpestationers pumpesump kan være indrettet som sandfang for at skåne pumper og begrænse den videre strømning af sand i kloaksystemet.

Sandfang i tilknytning til renseanlæg etableres normalt som horisontale sandfang eller som beluftede sandfang, men typer som vertikale sandfang og centrifugalsandfang forefindes.
I afløbssystemer anlægges sandfang oftest som simple brønde med tilløb og afløb et stykke over bunden, evt. med baffler til at nedsætte vandhastigheden internt i brønden

I almindelige vejbrønde, nedløbsbrønde og tagbrønde er der indbygget et lille sandfang, idet afløbet sidder en smule over bunden på brønden.

Driftsforhold

Sandfang skal tømmes for sand med en slamsuger med faste intervaller, inden de bliver så fyldte, at nyt sand bare passerer sandfanget. Det kan f.eks. ske en til to gange årligt, afhængigt af bl.a. den aktuelle overfladebelægning og terrænforhold i øvrigt.

På renseanlæg foregår oprensningen såvel manuelt som automatisk, men ved anlæg i tilknytning til regnbetingede udledninger vil manuel oprensning givet blive valgt i langt de fleste tilfælde. I denne forbindelse kan det være en fordel med muligheden for afspærring af sandfanget, således at dette kan tømmes for vand.

Specielle forhold

Karakteristisk for dimensionering af sandfang er, at den horisontale hastighed i sandfanget erfaringsmæssigt bør være ca. 0,3 m/s. Ved mindre hastigheder vil tungere organiske partikler

bundfældes, og ved højere hastigheder vil tilbageholdelsen af tungere partikler blive forringet. Regnbetingede udledninger karakteriseres ved store vandføringsvariationer, og hastighedsvariationer må enten accepteres med risiko for, at en lille del af sandet bundfældes, eller at der med-bundfældes en del organisk stof, der kan give anledning til lugtgener. Alternativt kan man forsøge at indsætte vandbremser, så det maksimale flow begrænses.

Sandfangets nødvendige overfladeareal dimensioneres i øvrigt ud fra kendskab til den hydrauliske belastning samt den ønskede mindste bundfældningshastighed for fangede partikler. Begrebet hydraulisk overfladebelastning – defineret ved vandføringen divideret med sandfangets overfladeareal – er således afgørende for funktionen af det rektangulære sandfang (jf. stamblad for sedimentationsbassiner).

Økonomi

Anlægsudgift:	20.000-50.000 kr. for en sandfangsbrønd til kapacitet 10-20 l/s
Drift:	200-300 kr. for en tømning af sandfang, hertil kommer deponering

Referencer

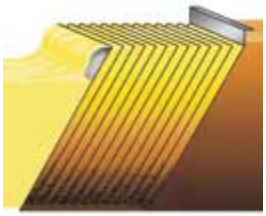
De fleste kommuner har sandfang.

23. LAMELSEPARATION

Funktionsbeskrivelse

En lamelseparator anvendes til adskillelse af væske og partikler ved bundfældning. Den består af en række skråtstillede plader, der enten er placeret i medløbsretning, modløbsretning eller vinkelret på strømretningen (cross-flow).

En afgørende faktor for bundfældning er, at partiklerne kan nå bunden, inden vandet forlader bundfældningsvoluminet. Ved lamelseparation gøres bundfældningsvejen meget kort, idet partiklerne kan opfattes som bundfældet, når de når de skråtstillede plader.
Ved lamelseparation kan den hydrauliske kapacitet i forhold til traditionel bundfældning sedimentationsbassiner derfor øges ved at lade vandet bevæge sig mellem disse skråtstillede plader (lameller).



Ved anvendelse af lamelseparatorer anvendes oftest betegnelsen *lameloverfladebelastning*, der beregnes som aktuel hydraulisk belastning (m^3/time), divideret med effektiv overfladeareal, der for lamelseparatorer er den vandrette projicerede areal af lamelpladerne. Denne størrelse anvendes til vurdering af lamelseparatorens belastningsforhold.
Et Actiflo-anlæg består af en lamelseparator, hvor der tilsættes fældningskemikalier, polymér og sand for at fremme sedimentationen.

Anvendelighed

Lamelseparation anvendes typisk, hvor der ønskes et reduceret volumen eller reduceret overflade for bundfældningsprocessen. Lamelseparation finder kun begrænset anvendelse i spildevandsrenseanlæg. Den største anvendelse findes i industrielle anlæg samt i specielle applikationer.

Fordelen ved lamelseparatorer i forhold til alm. bundfældning er primært, at arealbehovet minimeres væsentligt. Til gengæld forøges risikoen for tilstopninger, specielt i forbindelse med kontinuert drift.

Lamelseparation finder nogen anvendelse i forbindelse med industrielle anlæg, hvor der er tale om en væsentlig mere veldefineret spildevands sammensætning. Der er kun få erfaringer i forbindelse med regnbetingede udledninger i Danmark. I andre lande, herunder Canada, er der flere erfaringer med lamelseparation med tilsætning af polymer, specielt til separate regnbetingede udledninger.

Driftsforhold

En lamelseparator kræver mere omhyggelige overvejelser end almindelig bundfældning. Følgende specielle hydrauliske forhold bør overvejes:

Det skal sikres, at bundfældningshastigheden af det aktuelle forurenende stof er så stor, at det kan bundfældes.
Lameloverfladens effektive størrelse – med reduktion for evt. blokerede lameller.
Jet-strømninger i tanken (selv ved små hastigheder < 0,1 m/s) giver en skæv fordeling af hastigheden under eller over lamellerne, og påvirker dermed fordelingen af flowet.
Der skal sikres en strømningsmæssig ligelig fordeling af flowet på de enkelte lameller.
Hastigheden specielt under lamellerne er så lille, at der ikke opstår ophvirvling af det slam, der allerede er sedimenteret på lameloverfladen.
Der må ikke ophobes slam på lameloverfladen eller i bundfældningskammeret fra forudgående belastninger.
Risiko for tilstopning af lameller.

Ofte leveres lamelseparatorer i færdige lukkede enheder, hvor der i konstruktionen er taget højde for de krævede hydrauliske forhold.

Specielle forhold

Lameller anvendes også i de mest effektive olieudskillere.

Økonomi

Der er så få erfaringer med lamelseparatorer, at det ikke er muligt at anføre generelle økonomiske nøgletal. Det kan dog generelt anføres, at etablering af lameller generelt er relativ kostbar idet de nødvendige installationer og konstruktioner vil være relativ omfattende. I applikationer, hvor der er pladsmangel, kan lamelseparation alligevel være en økonomisk attraktiv løsning. Ligeledes kan det være fordelagtigt at anvende lamelseparation ved relativ små vandmængder.

Referencer

Odense Vandselskab, Per Hallager, ph@ov.dk har et anlæg fra 2004
Århus Kommune, Anne Laustsen, al@mil.aarhus.dk har et anlæg fra 2004

LOT-water projektet omfatter test af lamelklaring i både Århus og Odense-delen af projektet. (Se katalogblad ”Kombinationer”)

Installation af lamelklaring i LOT-water, Århus

24. FORCERET SEDIMENTATION

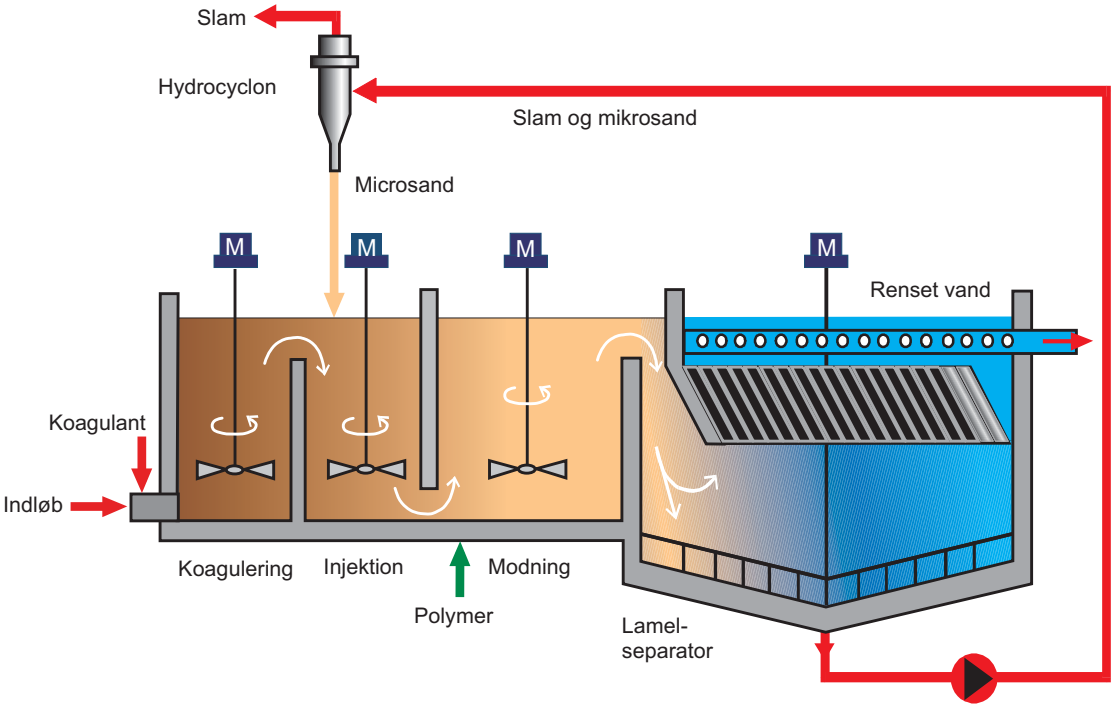
Funktionsbeskrivelse

Fra udlandet kendes en række udgaver af forceret sedimentation i form af bl.a. anlægstyperne DensaDeg (Infilco Degremont Inc.) og Actiflo® (Krüger/Veolia)

Den sidstnævnte anlægstype blev lanceret på det danske marked midt i halvfemserne (Thomsen og Dahl, 1997), hvorfor den her anvendes som udgangspunkt for beskrivelsen af forceret sedimentation.

Ved et Actiflo-anlæg kombineres flokkulering baseret på mikrosand med kemisk fældning og lamelseparation.

Således udnyttes sandets større massefylde ved i tilløbet at blande mikrosand sammen med koagulant (f.eks. aluminium- og jernsalte) samt polymér. Herved opnås en langt større sedimentationshastighed i bundfældningsdelen, sammenholdt med flokke i andre fældningsprocesser. Herudover forceres sedimentationen yderligere via en lamelseparator (se katalogblad). I Actiflo® anvendes opstrømshastigheder, i lamelseparatoren op til ca. 140 m/h.



Actiflo anlæg

Det bundfældede materiale pumpes til en hydrocyklon, hvor mikrosand og slam adskilles, og mikrosandet genanvendes. Slammet kan pumpes til den videreførte spildevandsstrøm eller alternativt til en form for slambehandling.

Der opereres med opholdstider på i størrelsesordenen 10 minutter i processen, hvorfor anlægget naturligvis er særdeles kompakt, sammenlignet med andre traditionelle renseforanstaltninger.

Anvendelighed

Metoden er i forhold til specielt de naturbaserede metoder driftsmæssigt krævende, idet anlægget som minimum skal tilses som pumpestationer og overløbsbygværker. I tilfælde, hvor der af pladsmæssigt eller kvalitetsmæssigt stilles specielle krav, kan et anlæg med forceret sedimentation dog være af interesse.
Et Actiflo anlæg fjerner fosfor i modsætning til mange andre af de her nævnte teknologier.

Anlægges Actiflo ved et renseanlæg, kan anlægget anvendes kontinuerligt ved f.eks. i tørre perioder at bruge anlægget til efterpolering af biologisk renset spildevand og under regn at rense overløbsvand fra tilløbet til renseanlægget.

Ved at kombinere et Actiflo anlæg med et opstrøms bassinvolumen vil det være muligt at reducere anlæggets grundbelastning væsentligt.

Hvis anlægget alene anvendes ved en regnbetinget udledning, vil anlægget typisk være fyldt med delvist renset vand. Men anlægget vil allerede efter en ca. 10-15 minutters opstartsperiode opnå en optimal renseeffekt.

Ved anvendelse i forbindelse med regnbetingede udledninger kan følgende rensegrader forventes for Actiflo processen:

	Suspenderet Stof	**Organisk Stof**	**Total Kvælstof**	**Total Fosfor**
Fællessystem	80-98 %	65-90 %	-	50-98 %
Separatsystem	-	-	-	-

Der foreligger ikke rensegrader specifikt på separat regnvand, men det må forventes, at de som minimum er af samme størrelsesorden som for fællessystemer.

Driftsforhold

Der må påregnes en del tilsyn og vedligeholdelse. Lamelklaringen kan risikere at stoppe til og at skulle renses jævnligt for at fungere ordentligt. Normalt renses lamellerne en til to gange om måneden, hvis anlægget er i kontinuerlig drift.

Specielle forhold

Der anvendes fældningskemikalier og polymér i forbindelse med processen.
En vis mængde mikrosand skal suppleres. Dog genanvendes mere end 99,9 % af mikrosandet og supplering af mikrosand kan ske automatisk løbende eller med dages mellemrum.

Økonomi

Forceret sedimentation er en relativt dyr foranstaltning til at rense ved udløbet. Anlægs- og driftsudgifter er relativt høje. Til gengæld er det et kompakt anlæg med høj effektivitet.

Anlægsudgift:	Der findes eksempler på anlæg til 1.000-2.000 kr. pr. m^3/time. Her er tale om anlæg på 3000-6000 m^3/time, og det er ekskl. omkostninger til bygninger. Mindre Actiflo-enheder til 600 m3/time koster omkring 3 mio. kr.
Drift:	0,10 – 0,25 kr./m^3 renset vand.

Referencer

Sverige: Borås (tertiær rensning), Halmstad (fællessystem overløbsvand), Karlskoga (fællessystem overløbsvand)

Artikler

Anders Haarbo og Lis Napstjert: Rensning af spildevand med Actiflo™, Spildevandsteknisk Tidsskrift, 26. årgang, nr. 1, S. 17-19, februar 1998.

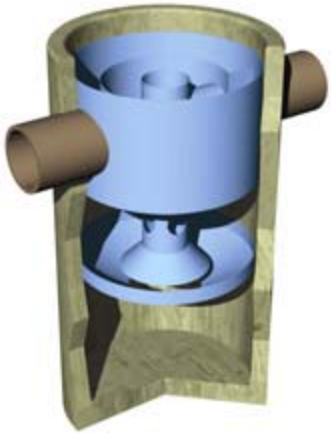
Anders Haarbo, Claus Dahl, Lis Napstjert og Svend K. Hansen: Rensning af søvand, Stads- og Havneingeniøren, nr. 4, s. 52-55, 1998.

25. HVIRVELSEPARATORER

Funktionsbeskrivelse

Stoffjernelse ved hvirvelseparation bygger grundlæggende på, at vandet sættes i en roterende bevægelse. Centrifugalkraftens indvirkning på partiklerne i vandet, kombineret med tyngdekraften, og det forhold, at vandet nær hvirvelseparatorens væg får en relativ højere opholdstid, bevirker derved, at det sedimenterbare stof vil blive opkoncentreret og derved adskilt fra den primære vandfase. Der skabes således gennem separationen dels en delstrøm med høj stofkoncentration, der ledes videre til rensning, dels en delstrøm med lav stofkoncentration, der som udgangspunkt udledes uden yderligere behandling.

Der findes overordnet to hovedtyper af hvirvelseparatorer, nemlig typer med henholdsvis åben hvirvel og lukket hvirvel. Overløbsvandet i den åbne hvirvel løber ud over en kant, mens vandet i den lukkede hvirvel løber ind mod midten. Der findes dog også en type med udløb parallelt med rotationsaksen.



Et eksempel på en hvirvelseparator er dette bygværk med det smukke navn "Downstream defender" fra Hydro International.

Anvendelighed

Der foreligger gode erfaringer internationalt med brug af hvirvelseparatorer på både overløbsvand fra fælleskloakerede oplande og separate regnvandsudledninger.
Hvirvelseparatorer er specielt fordelagtige med hensyn til drifts- og vedligehold.

Måleresultater fra laboratorieforsøg viser, at særdeles høje rensegrader (90 – 100 %) *kan* opnås for især større partikler under veldefinerede flowforhold. I praksis vil de varierende flowforhold ved regnbetingede udledninger dog bevirke, at disse lovende resultater ofte ikke opnås. Rensegraderne for de mindre partikler, hvortil en stor del af de forurenende stoffer ofte er tilknyttet, er endvidere væsentlig ringere (under 20 %).
Bedømt på baggrund af den foreliggende litteratur, må følgende generelle rensegrader forventes at være opnåelige i praksis:

	Suspenderet Stof	**Organisk Stof**	**Total Kvælstof**	**Total Fosfor**
Fællessystem	40-80 %	20-60 %	20_50 %	25-60 %
Separatsystem	-	-	-	-

Rensegraderne i en hvirvelseparator vil være meget afhængige af forholdet mellem indløbs- og udløbsvandføringen.

Der er ikke kendskab til rensegrader i hvirvelseparatorer, placeret i separatsystemer.

Driftsforhold

Såfremt banketter m.v. i bygværker udformes med skyldig hensyntagen til selvrensning, vil selve hvirvelseparatoren kun kræve yderst begrænset drift og vedligehold.

Specielle forhold

Hvirvelseparatorer kræver generelt en relativ stor niveauforskel mellem indløbet og udløbskoten. Hvirvelseparatorer er derfor kun relevant, hvor faldforholdene tillader dette.

Økonomi

En installation til dimensionsgivende vandføring på 15 l/s koster ca. 80.000 kr. fra fabrikken (Hydro International UK).

Referencer

Ullerslev kommune (Nyborg fra jan. 2007), har et anlæg fra forrige århundrede.
(kontakt Peter Frandsen)

Sorø kommune har selv konstrueret en hvirvelseparator i en Peerstrup tank.
(Kontakt Leif Stryger leif@soroe.dk)

Miljøstyrelsen, 1992. Lokal rensning af regnvand

Leverandører

http://www.hydro-international.biz/stormwater/a_overview.php
Firmaet står for mange teknologier herunder produkterne ”Downstream Defender” og ”Storm-King”, der er varianter af hvirvelseparatorer.

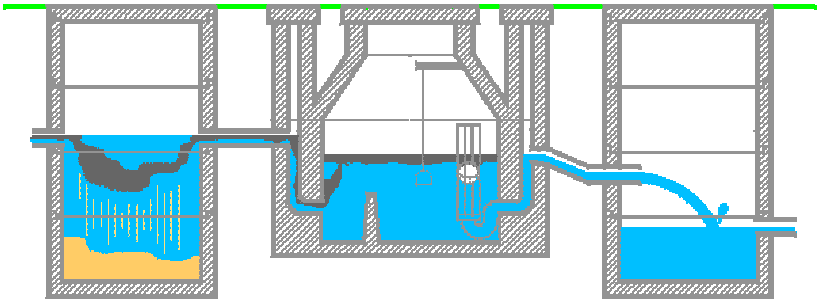
http://www.uft-brombach.de/index.html Firmaet Umwelt und FluidTechnik har en hvirvelseparator (Wirbel-abscheider) med i deres store program til overløb. Forhandles af Veolia Water Systems.

26. OLIEUDSKILLERE

Funktionsbeskrivelse

Olieudskillere indbygges på steder i kloaksystemet, hvor der er risiko for forurening med olieprodukter.

Udskillelsen foregår ved, at udnytte at olie er lettere end vand, således at olien under rolige strømningsforhold stiger op og tilbageholdes i en opsamlingszone, medens vandet løber videre. Udskilleren er normalt udstyret med simple prelplader, der fordeler vandet over hele udskillerens areal. I mere sofistikerede olieudskillere er der monteret lameller, der medfører større udskillerareal.
Erfaringsmæssigt er lameludskillere 10-15 gange mere effektive i samme volumen.
På steder, hvor olien er delt i meget små partikler med ringe opstigningshastighed (f.eks. grundet højtryksspuling eller brug af koldaffedtningsmidler), anvendes ofte koalescensudskillere. I disse er der monteret et filter, der bevirker, at olien flokkulerer til større partikler med højere opstigningshastigheder.



Første trin er et sandfang til venstre. Herefter selve olieudskilleren. Sidst en målebrønd.
(Fra TIs vejledning)

Anvendelighed

I Danmark er der krav om, at der etableres olieudskillere på afløb fra en lang række steder, hvor der kan forekomme spild af olie og olielignende produkter. Generelt bør olieudskillere altid placeres så nær ved kilden som muligt.
For kloakforsyninger er den væsentligste anvendelse ved udløb af separat regnvand, idet miljømyndighederne oftest forlanger disse forsynet med sandfang og olieudskiller.
Regnvand kommer jo som bekendt som store flow i korte tidsperioder, og det vil, da olieudskillere har en begrænset kapacitet, være nødvendigt at etablere overløb, omløb eller lignende for at

sikre af udskillerens funktion. Allerede opsamlet olie kan blive revet med af et højt flow. Et lavt flow kan også sikres ved et udligningsvolumen før olieudskilleren.
Olieudskillere, der benyttes i offentlige afløbssystemer, skal have en VA-godkendelse. En VA-godkendelse er dog langt fra en garanti for, at udskilleren virker optimalt under den belastning, der forekommer i afløbssystemet.

Rensegraden for en olieudskiller afhænger kraftigt af den form, hvorpå olien forefindes.

I en ideel situation med rent vand kun iblandet store oliedråber, kombineret med en tilpas stor olieudskiller med rolig og jævn belastning, kan en VA-godkendt olieudskiller opsamle 97-100 % af olien i udskillerens oliereservoir.
Hvis olien er kemisk stabiliseret via tensider eller lignende, der mindsker dråbernes overflade-energi, vil olieudskillere være så godt som virkningsløse (Miljøstyrelsen, 1990).

Driftsforhold

Olieudskillere skal tømmes med jævne mellemrum. Det skal ske med udstyr, der er beregnet hertil med hensyn til arbejdsmiljø og brandfare.
Det er væsentligt for udskillerens funktion at tømme både i top og bund. Oftest vil bundslammet indeholde den største del af forureningen.

Specielle forhold

Olieudskilleren bør beskyttes med et sandfang. Sandfanget bevirker bl.a. en roligere vandstrøm i udskilleren, samt at de tungere partikler ikke bundfælder i udskilleren.
Ved bassiner opstrøms olieudskillere bør det i øvrigt sikres, at eventuelt ophobet olie ikke udledes fra disse i forbindelse med overløb. Overløb skal derfor være dykkede.

Økonomi

En installation til 10-30 l/s koster 70.000-150.000 kr. med sandfang, alm. olieudskiller og målebrønd inkl. nedgravning.
Anvendes i stedet en lameludskiller, stiger prisen med 40.000-50.000 kr.
(IBF/Unisep).

Referencer

Der findes olieudskillere i stort set alle danske kommuner

Litteratur

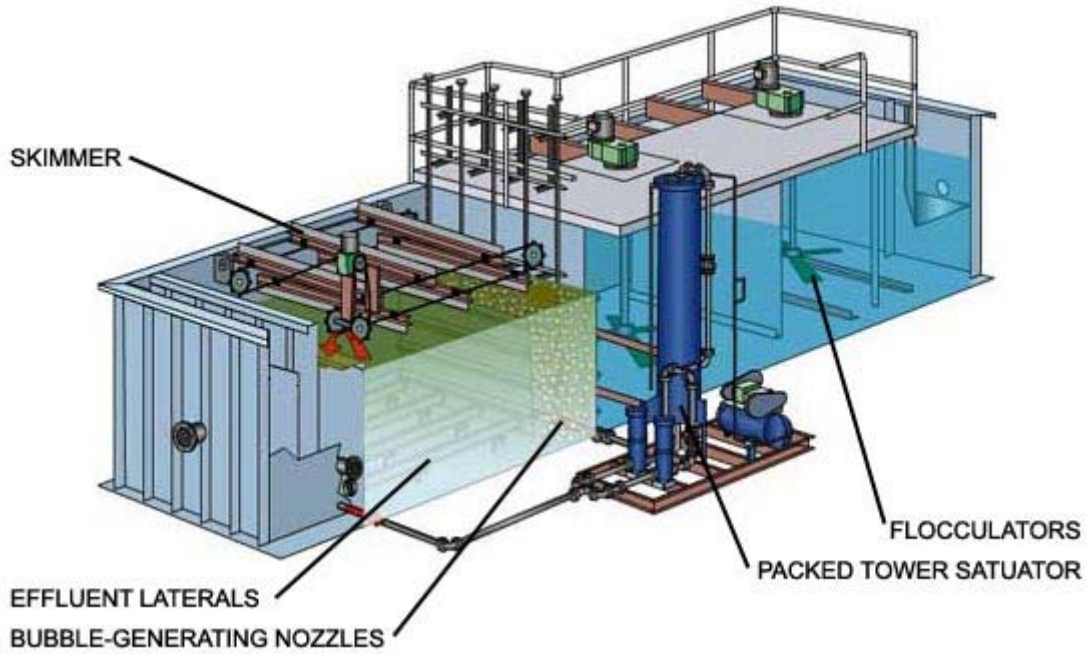
Olieudskilleranlæg. Vejledning i projektering, dimensionering, udførelse og drift, Teknologisk institut. Rørcenter-anvisning 006, marts 2004.

27. FLOTATION

Funktionsbeskrivelse

Ved flotation separeres især flydestof og lette stoffer fra vandfasen.
Flydestoffer, fedt og lette partikler, løftes til overfladen af meget fine luftbobler.
Luftboblerne tilvejebringes ved at opløse luft i en delstrøm af vandet under tryk (overmætning). Når vandet genblandes med hovedstrømmen, vil luften frigives som gas fra det overmættede vand, på lignende måde, som når man åbner en sodavand. Partikler mv. stiger til toppen af anlægget og slamlaget kan her skimmes af som et luftigt slam, og føres tilbage til spildevandsstrømmen. Forsynes flotationsanlægget med bundslamskrabere kan tunge partikler i form af sand og lignende også fjernes i samme enhed.

Fordelen ved flotationsbassiner er, at den hydrauliske belastning kan være væsentlig større end ved traditionel bundfældning. Flotationsanlæg dimensioneres således for en hydraulisk overfladebelastning i intervallet 3-25 m/h. Dette medfører, at et flotationsanlæg er meget mindre pladskrævende end f.eks. bassiner (typisk 1-2 m/h).



Skitse af et flotationsanlæg.
Først blandes vandet med flokkuleringsmiddel i bassinerne til højre, før selve floationen til venstre i billedet. Slammet skimmes af i toppen (fra Leopold System Solutions).

Anvendelighed

Flotationsanlæg anvendes traditionelt som forrensning på industrier samt ved opkoncentrering af industrielle produkter. Der foreligger dog yderst sparsomme oplysninger om metodens anvendelighed i forbindelse med regnafstrømning.
Et flotationsanlæg er en relativt dyr løsning, men den kan dog finde anvendelse, hvis der er et særligt behov for fjernelse af lette stoffer eller fedt fra overløbsvand uden at bruge meget plads. Anvendelse ved separate regnvandsudledninger vurderes for helt usandsynligt.

Dimensionering kan bl.a. ses i Miljøstyrelsen(1992).

Med baggrund i den undersøgte litteratur, må følgende generelle rensegrader forventes at være opnåelige i praksis for opspædt fællesspildevand uden tilsætning af kemikalier:

	Suspenderet Stof	**Organisk Stof**	**Total Kvælstof**	**Total Fosfor**
Uden kemikalietilsætning	40-60 %	30-60 %	15-20 %	15-20 %
Med kemikalietilsætning	60-80 %	50-60 %	15-20 %	60-70 %

Flotationsprocessen kan gøres mere effektiv ved tilsætning af fældnings- og flokkuleringsmidler. Ved kemikalietilsætning vil rensegraden for suspenderet stof og total fosfor således kunne øges betydeligt, jf. ovenstående tabel, udarbejdet på baggrund af den undersøgte litteratur.

Flotation kan overvejes som høj-effektiv olieudskiller, hvis der er behov for dette til et følsomt vandområde.

Driftsforhold

Et flotationsanlæg er teknisk set et forholdsvis kompliceret anlæg, der forudsætter regelmæssig tilsyn samt vedligehold. Endvidere kræver anlægget, at strømforsyning forefindes.

Specielle forhold

Det er vigtigt, at flotationsanlægget sikres mod hydraulisk overbelastning, idet opsamlet slam ellers vil blive revet med i udløbet.

Økonomi

Ukendt.

Referencer

Så vidt vides, er der ingen installerede anvendelser til overløbsvand i Danmark. Renseanlægget i Hirtshals anvender et flotationsanlæg til forbehandling af spildevand fra fiskeindustri.

Litteratur

Miljøstyrelsen, 1992. Lokal rensning af regnvand

S. Lainé, T. Poujol, S. Dufay, J. Baron and P. Robert (1998): Treatment of stormwater to bathing water quality by dissolved air flotation, filtration and ultraviolet disinfection. Water Science and Technology **Vol 38 No 10 pp 99–105**

28. DESINFEKTION

Funktionsbeskrivelse

Desinfektion, der indebærer en uskadeliggørelse af sygdomsfremkaldende bakterier, foretages mest effektivt vha. en af følgende teknikker: Klordosering, ozondosering eller UV-behandling (bestråling med ultraviolet lys).

Bestråling med ultraviolet lys foregår ved at lede vandet igennem en kanal, hvor der er en intensiv bestråling. Opholdstiden er nogle få sekunder.

Et "solarium" af lysstofrør der udsender UV-stråler.

Spildevandet passerer lyskilden i en langsgående kanal.
(Trojan UV)

For alle metoder gælder det, at spildevandet skal være så fri for partikler som muligt.

Partikler vil øge forbruget af klor eller ozon, og det vil nedsætte effekten af en UV-behandling drastisk. En forbehandling med f.eks. bundfældning eller filtrering er nødvendig.

Anvendelighed

I forbindelse med regnbetingede udledninger vil ulempen ved klordosering være, at recipienten vil kunne blive påvirket af reststoffer fra processen. Klordosering anvendes mange steder i udlandet, men generelt kan en mulig udledning af giftige klorforbindelser ikke være ønskelig i danske recipienter.

Ozon er et uhyre effektivt middel til desinfektion. Ozon nedbrydes dog hurtigt, hvorfor det må produceres på lokaliteten. Følgelig anses ozon normalt ikke for værende interessant i tilknytning til regnbetingede udledninger, grundet disses uforudsigelighed. Ny teknik til fremstilling af ozon kan dog eventuelt ændre på dette faktum – specielt i kombination med UV-behandling (se Miljøstyrelsen, 1993).

Fordelen ved UV-behandling er, at denne proces umiddelbart kan startes og stoppes efter behov. Endvidere er den yderst effektiv under rette betingelser. UV-behandlingens effektivitet afhænger dog af, at UV-lyset rammer de sygdomsfremkaldende bakterier og kim med en tilstrækkelig stor dosis i de bølgelængder, der virker dræbende for disse.

Specielle forhold

Såvel ozon produktion som UV-belysning kræver, at der er elforsyning på stedet. Begge metoder er temmelig energikrævende.
Ved UV-belysning bør der vælges en bølgelængde på ca. 2540 Å, idet en række undersøgelser har vist, at denne bølgelængde er mest effektiv til at dræbe bakterier, vira m.v. De fleste bakterier og vira dræbes ved en dosis over 20 mW /s/cm^2, men for coliforme bakterier er en dosis på 8,2 Mw s/cm^2 tilstrækkelig (Miljøstyrelsen, 1993).

Økonomi

For priser på desinfektion, se forneden.

Referencer

Københavns Energi, Niels Bent Johansen, e-mail: nbj@ke.dk

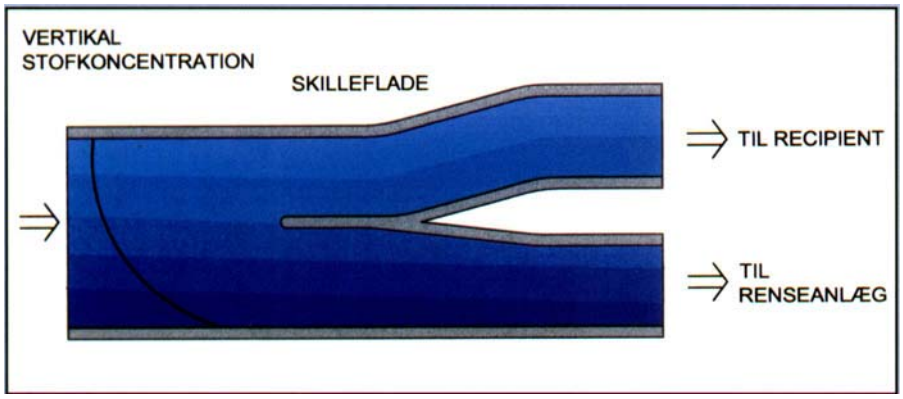
Artikler: Bendtsen og Sundmark: UV-behandling af overløbsvand – fra utopi til virkelighed. Dansk VAND nr. 6, 2004

29. ORM

Funktionsbeskrivelse

ORM er en forkortelse for **O**verløbs **R**egulerings **M**odul.

Et ORM-anlæg er et nyt, avanceret rørbassin, der deler blandingen af regn- og spildevand i 2 dele. En del med lave forureningskoncentrationer, der ledes tilbage til recipient, og en del med høje forureningskoncentrationer, der ledes til renseanlæg. Anlægget virker via sedimentation (bundfældning), hvor vandhastigheden styres gennem store og lange rør, så der skabes gode forhold for bundfældning.



Principskitse af ORM-anlæg.
Afløbet til recipient skal kombineres med en form for overløbsbygværk for at sikre at flydestoffer og øvrigt tilbageværende ristestof fjernes

ORM-anlæg bliver produceret af præfabrikerede elementer af beton, stål, PEH eller glasfiber, og dimensioneres af leverandøren efter det konkrete anlæg.

Anvendelighed

ORM-anlæg finder anvendelse i afløbssystemer, hvor der sker jævnlige overløb til en recipient, og hvor effekterne fra disse overløb ønskes reduceret. Et typisk eksempel kan være et fælleskloakeret opland, hvor et ORM-anlæg kan erstatte separatkloakering i oplandet, skåne en recipient og/eller reducere den videreførte vandmængde til renseanlægget.

Der vil være flow gennem et ORM-anlæg i såvel tørvejrs- som regnvejrssituationen. Et ORM-anlæg skal derfor dimensioneres, så det er selvrensende i tørvejr. Det er erfaringen, at det i så fald også vil være selvrensende efter en regnhændelse.

På et pilotanlæg i Hørsholm kommune er der målt følgende rensegrader (reduktion af de tilledte koncentrationer i forhold til overløbet til recipient):

Suspenderet stof	COD	BOD	Total Kvælstof	Total Fosfor
73 %	70 %	63 %	42 %	41 %

Målt stofreduktion på pilotanlæg i Hørsholm Kommune

Da ORM-anlæg er opbygget af præfabrikede elementer, vil etableringen af anlægget normalt tage kort tid. Dette kan være en fordel i trafikerede områder eller i områder med vanskelige jordbundsforhold.

ORM-anlæg ved Askov, Vejen Kommune. Kapacitet 475 m^3 udført i ø2200 mm stålrør

Driftsforhold

Det er vigtigt at sikre sig et veldimensioneret og velkonstrueret anlæg for at minimere vedligehold og sikre et selvrensende anlæg.
Der er dårlige erfaringer med aflejringer i nogle ORM-anlæg.

Specielle forhold

Et ORM-anlæg vil forholdsvist nemt kunne finde indpas i gader og veje i forbindelse med et renoveringsarbejde, hvor det i princippet kan anlægges som en dimensionsforøgelse af de eksisterende rørledninger.

Sedimentationseffekten i et ORM-anlæg er hidtil sparsomt dokumenteret. Et veldimensioneret bassin vil formodentlig have større sedimentations effekt.

Økonomi

Anlægget er erfaringsmæssigt ca. dobbelt så dyrt som et traditionelt rørbassin. Følgende planlægningspriser kan anvendes:

Anlæg: 5000 kr./m^3
Drift: 2000 kr./år
Levetid: 50 år (stålrør forventes dog at have en levetid på 100 år).

Referencer til kommuner / kontaktpersoner

ORM-anlægget er oprindeligt et hollandsk produkt udviklet af det rådgivende firma DHV Water BV. Det er i Danmark videreudviklet af entreprenørfirmaet MT Højgaard a/s i samarbejde med det hollandske firma. MT Højgaard er i Danmark leverandør af systemet.

Det første anlæg i Danmark blev etableret i Hørsholm i 1999.

Siden er etableret følgende anlæg:

Hørsholm, 4 anlæg, 2000-2003:

ø1600-ø2250 mm beton
L = 55-2 *200 m

Vejen Kommune, Askov, 2003 (ref. Ole Pedersen):
ø2200 mm stål
L = 3 * 43 m

Rønde Kommune, Uglebølle, 2004:
Kombineret med recipientbassin

ø1600 m beton
L = 2 * 37 m

Sæby kommune, Østervrå, 2004:

Kombineret med recipientbassin
ø1600 mm PE
L = 40 m

Stevns kommune, St. Heddinge, 2004:
ø1400 mm beton
L = 3 * 206 m

Litteratur

ORM-anlægget (CSSM-anlægget) ved overløbsbygværk U41
Hørsholm Kommune
Resultater fra målinger på anlæg og recipient
Dokumentation
MT Højgaard a/s

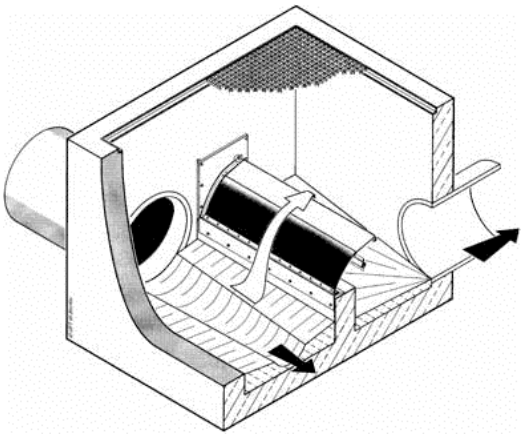
ORM-anlæg – mere miljø for pengene. Stads- og Havneingeniøren, nr. 2, 2004.

30. BØJEKLAP

Funktionsbeskrivelse

En bøjeklap giver, i forhold til en fast overløbskant, mulighed for større overløbsvandmængder ved samme opstuvningshøjde.

Når vandet stuver op i bygværket vil klappen efterhånden, som vandet nærmer sig kanten, bøje nedad mod afløbssiden pga. trykket fra vandsiden. Når overløb indtræder, vil klappen kunne bøje videre ned og dermed tillade en større vandhøjde. En større vandmængde kan derfor passere kanten i forhold til over en fast kant ved samme vandhøjde.



Bøjeklap indsat i overløbsbygværk (Umwelt- und FluidTechnik)

Anvendelighed

Bøjeklappen kan reducere behovet for overløbskantlængde i eksisterende bygværker, eller sagt på en anden måde, kan der opnås et større flow med en given opstuvning over en given kant.

Ved placering af en traditionel overløbskant er der oftest indlagt sikkerhed for at kunne komme af med vandet ved kraftige regnhændelser, dvs. kanthøjden er lavere end nødvendig. Derfor kan anvendelse af en bøjeklap oftest betyde, at kanthøjden kan hæves i forhold til en traditionel kant. Derved minimeres de mange små overløbshændelser med høje stofkoncentrationer.

Bøjeklappen kan alternativt anvendes til at øge det anvendelige volumen af et sparebassin.

En bøjeklap kan med overbygning også anvendes som højvandslukke.

Driftsforhold

En bøjeklap er normalt vedligeholdelsesfri. Er den installeret som højvandslukke, kan der ophobes ristestof.

Specielle forhold

En bøjeklap alene kan give problemer med tilbageholdelse af stof. Der bør overvejes en kombination med rist og skumskærm.

Økonomi

Prisen for en typisk installation med en bøjeklap på 3 meter er omkring 90.000 kr. for maskinudstyr og montage. Kapacitet: Ca. 1800 l/s.

Referencer

Københavns Energi, Niels Bent Johansen, e-mail: nbj@ke.dk
Helsingør Kommune har et anlæg fra 2004.

Bøjeklappen er udviklet af det tyske firma UFT (Umwelt- und Fluid-Technik) og markedsføres i Danmark af Veolia Water Systems.

31. KOMBINATIONER

De ovenfor beskrevne teknologier er forskellige i omfang, kompleksitetsgrad og anvendelsesmulighed.
Nogle af katalogbladene omhandler anlægsdele, der sjældent eller aldrig optræder alene.
Teknologierne kan (og skal) kombineres på forskellig måde.
Dette katalogblad søger at uddybe dette en smule.

- Rist, tromlesi, bøjeklap, vandbremse og kontraklap skal naturligvis monteres i et bygværk.
- Et nyt spildevandsbassin vil som minimum indbefatte en rist og en skumskærm. Hertil kommer ofte automatiserede spule- og/eller skyllesystemer.
- Kombi-bassinet har i dette katalog fået sit eget katalogblad, men det er jo en kombination af et lukket bassin og et recipientbassin.
- En olieudskiller sættes næsten altid med et sandfang foran.
- Sandfiltre vil ofte kræve en grovfiltrering først som f.eks. en rist, så antallet af returskyl kan reduceres.

Hydro-International anbefaler en kombination af bassin, vandbremse og hvirvelseparator til behandling af vejvand. Dette er udbredt i UK og USA.

I *LOT-water projektet* testes forskellige kombinationer af teknologier:

- Tromlesier af forskellig finhed efterfulgt af UV desinfektion for at opnå badevandskvalitet.
- Forsinkelsesbassin med:
- Lamelseparation i tilløb.
- Lamelseparation i afløb, eller
- med efterfølgende sedimentationsbassin udstyret med Turbofloc (hydraulisk chikane).
- Lamelseparation på et mindre udløb til et lille vandløb.

(www.cowiprojects.dk/lotwater/)

Bonnerup regnvandsrensning

Bonnerup Consult / HydroSystems har i samarbejde med Københavns Energi, Afløb udviklet et kombinationssystem til behandling af overfladevand, der består af tre enheder.
Første enhed er et bassinvolumen til magasinering af det første regnvand. Andet trin er en lamelseparator, mens tredje trin er et adsorptionstrin på en filteroverflade.

En vigtig del af systemets funktion består i en automatisk tømning og rensning af alle overflader efter hver regnhændelse, således at intet ophobet materiale risikerer at blive skyllet ud ved en efterfølgende regn. Den væsentligste del af forureningen opsamles i bundslammet i lamelseparatoren. Dette slam sendes derfor automatisk til renseanlægget efter hvert regnskyl. Der er således ikke brug for tømning med special-slamsuger som normalt til olieudskillere.

Der pågår pt. (medio 2006) et måleprogram på et anlæg ved Holmen i København.
Betydningen af aflejringer i kloaksystemet indgår også i måleprogrammet.

Det forventes, at der vil ske nogen fjernelse af miljøfremmede stoffer.

- 0 -

Der kan tænkes mange kombinationer, og der vil sikkert dukke flere op i fremtiden.