

Ingeniørforeningen i Danmark **IDA**

## Spildevandskomitéen

Udvalget vedrørende regnbetingede udløb

Rapport om

## **Udledningskrav for regnbetingede udløb**

November 2002

## **Resumé**

Aflastning af regnvand og spildevand fra kloaksystemerne til vandløb, søer eller havet under regn er i praksis uundgåeligt. Det er derfor en vigtig ingeniørteknisk opgave at udforme de foranstaltninger, som skal fjerne eller begrænse de skadelige virkninger heraf. Disse nødvendige foranstaltninger som for eksempel kan være riste, bassiner, overløbsbygværker osv. skal dimensioneres ud fra velbegrundede miljømæssige og funktionelle krav.

Der har i Danmark hidtil været stor forskel på myndighedernes krav til de regnbetingede udløb i de forskellige dele af landet. Spildevandskomitéen under Ingeniørforeningen i Danmark har derfor haft nedsat et udvalg til at behandle dette spørgsmål med henblik på at foreslå mere klare retningslinier på området. Herværende rapport er resultatet af dette arbejde. Rapporten består af bidrag skrevet af en række af udvalgets medlemmer.

## Indholdsfortegnelse

1	Udvalget vedrørende regnbetingede udløb .....	4
2	Forudsætninger for krav til regnbetingede udløb.....	8
3	Erosion og aflejring.....	14
4	Æstetik.....	16
5	Hygiejne .....	20
6	Iltsvind.....	25
7	Udledning af næringsalte.....	30
8	Miljøfremmede stoffer .....	32
9	Andre toksiske effekter – svovlbrinte og ammoniak .....	35

## Appendiks 1

Rapport vedr. biologiske effekter af regnudledninger til vandløb.....	
37	

# 1 Udvalget vedrørende regnbetingede udløb

## 1.1 Forhistorie

I 1996 nedsatte Spildevandskomitéen et udvalg til behandling af spørgsmålet om kriterier for dimensionering af overløbsbygværker og bassiner i afløbssystemer i forbindelse med vandløbenes fysiske vandkvalitet. Arbejdet resulterede i rapporten:

Rapport om udledningskrav for regnbetingede udløb fra kloaksystemer i relation til de fysiske forhold i vandløb.

Spildevandskomitéen, Ingeniørforeningen i Danmark, marts 1998.

Denne rapport omhandlede

- Forslag og begrundelse for udledningskrav for regnbetingede udløb vedrørende fysiske forhold i vandløb
- Resultat af spørgeskemaundersøgelse hos amterne
- Resultat af spørgeskemaundersøgelse til leverandører af edb-programmer til forudsigtelse af effekter af regnbetingede udløb

I forbindelse med afslutningen af arbejdet i dette udvalg opstod ønsket om et nyt udvalg, som skulle dække hele spektret af miljømæssige effekter ved regnbetingede udløb fra kloaksystemer. Et oplæg hertil blev udarbejdet.

## 1.2 Nyt udvalg i 1998

Herværende rapport er udarbejdet af et udvalg nedsat af Spildevandskomitéens plenarforsamling den 3. marts 1998.

### 1.2.1 Kommissorium

På mødet den 3. marts 1998 blev også udvalgets kommissorium godkendt. Dette fik følgende ordlyd:

12.02.1998/TL

### **Kommissorium for et nyt udvalg under Spildevandskomiteen om regnbetingede udløb**

Udvalget skal med baggrund i den bedste og nyeste viden udarbejde et forslag til retningslinier for regnbetingede udledninger fra afløbssystemer til omgivelserne (vandløb, søer og marine områder) med henblik på at begrænse eller fjerne uønskede effekter heraf. Retningslinierne skal anvendes ved dimensionering af overløbsbygværker og bassiner mv.

Retningslinierne skal med udgangspunkt i myndighedernes målsætning for recipienterne (recipientkvalitetsplanerne) indeholde de operationelle krav og grænseværdier, som vurderes at være nødvendige for, at de ønskede målsætninger kan opnås eller opretholdes. Retningslinierne skal bl.a. omfatte følgende forhold:

1. Hydraulisk overbelastning, som kan medføre erosion og oversvømmelse.
2. Aflejring af slam og andre sedimenter fra afløbssystemet.
3. Æstetisk påvirkning ved afsætning af flydestof på vandløbsbrinker.
4. Hygiejnisk forurening, som kan overføre sygdomme til mennesker og dyr.
5. Udledning af organisk stof, som kan medføre iltsvind og/eller trænge ind i gydebanker.
6. Udledning af næringssalte, som kan medføre eutrofiering i søer og fjorde.
7. Udledning af stoffer med toksiske effekter, herunder miljøfremmede stoffer (bl.a. tung- metaller, pesticider, olie, ammoniak, svovlbrinte osv.), som vil kunne medføre forringelse af biologiske forhold i recipienten udtrykt ved ændring af faunaindeks, saprobieindeks eller tilsvarende.

Udvalget skal sammensættes med medlemmer med en faglig baggrund, således at både afløbstekniske og recipientmæssige forhold er dækket. Udvalget er et ad hoc udvalg, som skal afslutte sit arbejde inden for en tidsramme på ca. 2 år.

*Ovennævnte formulering blev godkendt ved et møde i Spildevandskomiteens Regnudvalg den 12. februar 1998 samt endelig godkendt ved plenarmødet i Spildevandskomiteen den 3. marts 1998.*

### 1.2.2 Udvalgets medlemmer

Udvalget kom til at bestå af følgende medlemmer:

Ole Mark (**næstformand**), lic. techn., civilingeniør, DHI - Institut for Vand og Miljø, Hørsholm.  
Niels Aagard Jensen, lic. techn., civilingeniør, NIRAS, Aalborg  
Jesper Dørge, cand scient., DHI - Institut for Vand og Miljø, Hørsholm  
Lis Napstjert (**sekretær**), afløbschef, akademiingeniør, Københavns Vand  
Karsten Arnbjerg, lic. techn., civilingeniør, COWI AS  
Henning Christiansen, cand scient. (biologi), Ribe Amt  
Torben Larsen (**formand**), professor, dr. techn. Institut for Vand, Jord og Miljøteknik, Aalborg Universitet  
Peter Poulsen, civilingeniør, Hedeselskabet, Miljø og Energi as, Viborg  
Anne Lausten, civilingeniør, Århus Kommune, Miljøkontoret  
Michael Dissing Nielsen, civilingeniør, Fyns Amt, Natur og Miljø, Odense  
Bo Skovmark, civilingeniør, Nordjyllands Amt, Aalborg  
Gitte Falstrup, civilingeniør, Vejteknisk Institut, Roskilde

Desuden har udvalget haft en følgegruppe som løbende har fået udvalgets papirer tilsendt

og som i et vist omfang har deltaget i udvalgets møder. Medlemmer af følgegruppen har været følgende:

Per Hallager, civilingeniør, Odense Vandselskab as,  
Knud Bache, civilingeniør, chefkonsulent, Rambøll, Sønderborg.  
Poul Harremoes, professor, civilingeniør, Institutet for Miljøteknologi, DTU  
Carsten Nygaard, civilingeniør, Herning Kommune  
Jakob Lysholdt Sørensen, civilingeniør, souschef, Storstrøms Amt, Vandmiljøkontoret, Nykøbing F.  
André Jensen, civilingeniør, Skive Kommune  
Hanne Kjær Jørgensen, civilingeniør, Krüger A/S, Søborg  
Niels Bent Johansen, PhD., civilingeniør, COWI, Lyngby  
Tage Pedersen, akademiingeniør, Spildevandsafdelingen, Aalborg kommune.  
Mogens B. Kaasgard, civilingeniør, Miljøstyrelsen  
Poul Chr. Erichsen, civilingeniør, afdelingsleder, Århus amt, Natur og Miljø, Højbjerg  
Svend K. Hansen, civilingeniør, Københavns Vand, København  
Peter Steen Mikkelsen, lektor, civilingeniør, PhD, Institutet for Miljøteknologi, DTU

### *1.2.3 Arbejdsgrupper*

Udvalgets arbejde har været organiseret i 5 arbejdsgrupper, som hver især har dækket følgende emner:

- Hydraulisk overbelastning, herunder erosion og aflejring af slam og sedimenter
- Æstetisk og hygiejnisk påvirkning
- Påvirkning fra organisk stof herunder iltvind
- Udledning af næringssalte
- Toksiske og miljøfremmede stoffer

Desuden har der fra forskellig side været ydet bidrag til udvalget arbejde. I appendiks 1 er gengivet en rapport udarbejdet af professor P. Harremoes m.fl. om biologiske effekter.

### *1.2.4 Litteraturstudium finansieret af Miljøstyrelsen*

Arbejdet i udvalget har tidsmæssigt forløbet sig en del længere en oprindeligt planlagt, hvilket bl.a. skyldes at Miljøstyrelsen undervejs i forløbet støttede udvalgets arbejde ved en bevilling til Aalborg Universitet til et nøjere litteraturstudium af de regnbetingede udløb. Dette studium resulterede i rapporten:

Regnbetingede udløb fra kloaksystemer - et litteraturstudium over danske og udenlandske erfaringer. Miljøprojekt nr. 547, Miljøstyrelsen. 2000. (ISBN 87-7944-173-4). Udarbejdet af Torben Larsen og Ole Neerup-Jensen.

Denne rapport er tilgængelig på Miljøstyrelsens hjemmeside <http://www.mst.dk>.

### *1.2.5 Afslutning af udvalgsarbejdet*

Arbejdet i udvalget blev i sin seneste fase kraftigt påvirket af EU's Vandrammedirektiv. Dette direktiv, som er vedtaget af Europaparlamentet og Ministerrådet, trådte i kraft den 22. december 2000. EU-landene har herefter tre år til at omsætte direktivet til national lovgivning.

Da direktivet indebærer at vandkvalitetsspørgsmål i fremtiden skal behandles på en anden måde end hidtil, og da den nødvendige lovgivning endnu ikke er vedtaget, besluttede man i udvalget at afslutte udvalgsarbejdet på en måde, uden at komme med meget konkrete og definitive forslag til udlederkrav.

## **2 Forudsætninger for krav til regnbetingede udløb**

Som allerede nævnt har Miljøstyrelsen støttet udvalgets arbejde ved at finansiere et litteraturstudium om emnet. Dette litteraturstudium har haft til formål at skabe den faglige basis for opstilling af krav til de regnbetingede udløb. Rapportens sammenfatning og konklusion gengives her ordret:

### **2.1 Konklusioner fra litteraturstudium om regnbetingede udløb**

Kvaliteten i vores vandløb, søer og marine områder er de seneste år løbende blevet forbedret. Men alligevel er de opstillede målsætninger i mange tilfælde stadig ikke opfyldt. En yderligere begrænsning af forureningen fra punktkilderne er derfor nødvendig for at vandkvalitetskravene i recipienterne kan opnås. Blandt disse punktkilder vurderes flere at medvirke til den endnu ikke tilfredsstillende vandkvalitet. Blandt disse kilder indgår de regnbetingede udløb fra kloaksystemer.

Begrænsningerne af spildevandsudledningerne ved de kommunale renseanlæg fortsatte, i Danmark op gennem 70'erne til 90'erne, efterfulgt af tiltag til begrænsning af regnbetingede udløb fra både fælles- og separatkloakerede områder. På baggrund af den markante reduktion af forureningen fra de kommunale renseanlæg vil de andre punktkilder efterhånden kræve mere opmærksomhed, set i lyset af at kun ca. 45 % af vandløbene opfylder målsætningen i dag.

I 1997 oplyste Miljø- og Energiministeriet i Danmark, at regnbetingede udløb udgjorde ca. 8% for BOD (biologisk iltforbrug), 15% for kvælstof og 8% for fosfor af den samlede belastning fra punktkilderne.

Regnbetingede udløb fra kloaksystemer kan enten komme fra de fælles- eller separatkloakerede områder. Aflastninger fra fælleskloakerede områder indeholder ikke kun overfladevand, men er en blanding af forurening fra både kommunalt spildevand, resuspendert kloaksediment og biofilm og overfladeafstrømning. Aflastninger fra separatkloakerede områder indeholder primært forurening fra befæstede arealer (tage, veje mm.) samt resuspendert materiale fra rørledningerne.

Regnbetingede udløb belaster både recipienternes flora og fauna samt mennesker og dyrs sundhed. Den hygiejniske og æstetiske påvirkning begrænser mulighederne for rekreativ anvendelse af vandområderne. De forskellige typer af påvirkninger af recipienten diskuteres i denne rapport medfører miljømæssige effekter som resultat af såvel fysiske, kemiske, mikrobiologiske og biologiske processer.

Hovedformålet med dette projekt er at undersøge litteraturen omhandlende aflastninger fra regnbetingede udløb. Litteraturstudiet er inddelt i følgende 3 hovedområder:

1. Effekter af regnbetingede udløb
2. Praksis, fastsættelse af udledningstilladelser, udlederkrav i andre vestlige lande



### 3. Forureningsbegrænsende foranstaltninger

#### **Sammenfatning vedrørende effekter**

##### *Forøgelse af vandføringen under regn*

De fysiske effekter i vandløb kan inddeles i 2 effekter, erosion/sedimentation og oversvømmelse. En forøgelse af vandføringsvariationerne, herunder en forøgelse af de store vandføringer i forbindelse med regn, er et resultat af den forøgede urbanisering (forøget vandføring pga. mindre infiltration og større befæstede områder). Denne forøgelse i vandføring resulterer i erosion, morfologisk forandring og deraf følgende effekter på de biologiske forhold i vandløbene. Erosion er en naturlig proces i vandløb. Naturlige og upåvirkede vandløb vil have en tendens til at indgå i en ligevægt, hvor erosions- og deponeringskræfterne er i balance. Denne balance bliver forstyrret af de regnbetingede udløb fordi erosionen forstærkes.

Flere har dokumenteret, at erosion pga. regnbetingede udløb er et generelt problem og er skyld i flere uheldige forhold. Den forøgede vandføring og transport af bundsediment skaber morfologiske ændringer i vandløbet resulterende i ændringer af tværsnittene.

Den forøgede erosion og omløjring af sedimentet påvirker bunddyrene og bevirker at vandløbet biologisk set indtræder i en tilstand, hvor en række af de mere følsomme arter enten reduceres i antal eller helt forsvinder. Disse ændringer kan være et resultat af en eller flere større aflastninger.

Der er således en række eksempler på tab af arter i vandløbenes flora og fauna pga. den øgede urbanisering. Denne forandring er i mange tilfælde irreversibel. Suspenderet materiale, resuspenderet af erosionen, er skyld i flere direkte og indirekte miljømæssige effekter, bl.a. reduktion af vandets sigtbarhed, tilstopning af gydebanker, påvirkning af fisks gæller og andet følsomt væv.

##### *Oversvømmelse*

Oversvømmelse i vandløb er en negativ effekt set i relation til anvendelsen af de nærliggende arealer. Generelt er oversvømmelser reduceret i danske vandløb bl.a. ved regulering af disse, og anses ikke for at være et væsentligt problem forbundet med regnbetingede udløb, men kan dog forekomme i mindre vandløb.

I miljømæssig sammenhæng er oversvømmelse en positiv effekt, fordi oversvømmelse udglatter de store vandføringsvariationer og oversvømmelse bidrager også til forøget fjernelse af næringssalte.

Afvejningen af disse modstridende forhold fremgår normalt af regulativerne for vandløbet.

### *Æstetiske forhold*

Æstetiske effekter i recipienterne fra regnbetingede udløb efterlader synlige efterladenskaber fra kloaksystemet. Forureningen forekommer både fra fælles- og separatsystemer, men er mest synlig fra fællessystemerne. Flere observationer fra amterne i Danmark har dokumenteret æstetiske problemer nedstrøms udledningpunkterne. Det drejer sig om ca. 20 % af tilfældene. Æstetiske effekter er vigtige at reducere, ikke kun for de biologiske forhold, men også fordi den offentlige opfattelse af recipientens kvalitet falder i takt med forureningen med toiletpapir mm. på vandløbsbrinkerne.

### *Hygiejniske forhold*

Mikrobiel forurening er primært associeret med udledninger fra fælleskloakerede områder og mindre fra separatkloakerede udledninger, typisk beskrevet ved indikatorbakterien *E. coli*. I 1997 blev der givet badeforbud i 4 tilfælde i Danmark pga. regnbetingede udløb, og problemet må anses for at være begrænset. En del strande, som ikke kan bruges som badestrande, må formodes ikke at kunne opfylde badevandskravene pga. regnbetingede udløb og derved forblive lukket.

### *Næringssalte*

Problemerne omkring næringssalte er meget velbeskrevne i Danmark, og litteraturstudiet har ikke bragt nye forhold frem.

### *Iltforhold*

Reduktionen af opløst ilt og biomasse akkumulering er traditionelt forbundet med udledningen af iltforbrugende stoffer. Iltsvindet kan indeles i 2 effekter, et umiddelbart iltsvind, som sker pga. en omsætning af det letomsættelige organiske materiale og ammonium samt det forsinkede iltsvind, som sker pga. omsætning af det bundfældede organiske materiale. Der synes imidlertid at være en betydelig usikkerhed om årsagssammenhænge i disse fænomener.

Normalt observeres der ikke betydelige iltsvind som resultat af regnbetingede udløb i Danmark, men der eksisterer flere målinger af lejlighedsvis, betydelige iltsvind i forbindelse med regnbetingede udløb. Der er i en enkelt undersøgelse rapporteret om et tilfælde af iltfrie forhold i løbet af en fireårig måleperiode. Kraftig påvirkning af vandløbene finder tilsyneladende især sted i vandløb, som generelt har dårlige iltforhold. Der er ikke dokumenteret fiskedød, forårsaget af iltsvind som følge af regnbetingede udløb, dog kan der måske opstå subletale effekter, f.eks. indvirkning på væksten.

### *Ammoniak og svovlbrinte*

Forhøjede koncentrationer af ammoniak og svovlbrinte kan bevirke en toksisk effekt i recipienterne. Dette er dog ikke dokumenteret i forbindelse med de regnbetingede udløb.

### *Miljøfremmede stoffer*

Toksicitet forefindes i aflastninger fra både fælles- og separatkloakerede oplande, men koncentrationen af både metaller og organiske forbindelser er typisk højere i separatkloakerede udledninger. Toksicitet kan både optræde akut eller akkumulerende, hvor forureningen kan akkumuleres i sedimentet (specielt fra meget belastede hoved- og motorveje). Toksicitet kan optræde i mange former og associeres specielt med metallerne, PAH og pesticiderne.

I mange tilfælde er toksicitet forbundet med udledninger fra separatkloakerede oplande, hvilket kan forklares med de høje koncentrationer i udledningen og f.eks. PAH's evne til at absorbere på og omsættes i det organiske materiale som forefindes i udledninger fra fælleskloakerede oplande.

De miljøfremmede stoffer kræver mere bevågenhed og forholdet mellem dem og de regnbetingede udløb må kvantificeres og eventuelle effekter på de biologiske forhold bestemmes. Kun få foranstaltninger er taget på grund af den manglende viden på området.

### *Uidentificerede og kombinerede effekter*

Der er mange rapporteringer af uidentificerede effekter på dyrelivets arter i recipienterne fra regnbetingede udløb, heriblandt fiskedød og tab af følsomme arter. Det angives uden nærmere dokumentation at de fleste af disse påvirkninger synes at skyldes en forgiftning af recipienten. Der er ikke dokumenteret fiskedød i Danmark pga. regnbetingede udløb (uheld ikke inkluderet).

### *Love og regler i andre lande*

Lovgivning omkring de regnbetingede udløb synes at være næsten ens når Danmark sammenlignes med andre vestlige lande, dog er der en tydelig forskel i forhold til lande der gør brug af deres recipienter i vandforsyningen. I disse lande er lovgivningen på området mere detaljeret.

### *Foranstaltninger til begrænsninger af effekter fra udløb*

Som det fremgår af ovenstående, er en af de væsentlige negative effekter ved regnbetingede udløb den ekstra forøgede vandføring under regn, som udløbene giver anledning til. Foranstaltningerne til begrænsning af dette er indlysende. For det første kan mængderne reduceres ved at formindske de befæstede arealer, som er tilknyttet afløbssystemet (lokal nedsvivning), for det andet kan de maksimale vandføringer reduceres ved magasinering (bassiner mv.)

Der eksisterer et stort antal foranstaltninger, som kan anvendes til at begrænse effekterne fra de forurenende stoffer i de regnbetingede udløb. Flere foranstaltninger har vist sig at kunne reducere forureningen signifikant, dette gælder ikke mindst forsinkelsesbassiner. Nye typer af bygværker (hvirvelseparatorer, flokkulering mfl.) har ligeledes vist sig at

kunne tilbageholde forureningen bundet til partikler. Den bedste løsning er i flere tilfælde en kombination af både magasinering og brug af de nye bygværker.

Der foreligger en del ubearbejdet datamateriale i udlandet (bl.a. i Tyskland), som vil kunne anvendes til en mere nøjagtig forudsigelse af hvor stor en del af de forskellige forureningskomponenter, der vil kunne fjernes via forsinkelsesbassiner.

En dansk undersøgelse konkluderer, at i et vandløb, hvor der er væsentlige problemer med iltkoncentrationen som følge af regnbetingede udledninger er indgreb mod tørvejs-situationen væsentlig. Som eksempel på indgreb er nævnt forøgelse af sommervandføring i tørvejr.

### **Opsummering af konklusionerne:**

- Den hydrauliske effekt fra de regnbetingede udløb synes at være veldokumenterede og har en effekt på biologien i især mindre vandløb.
- Væsentlige iltsvind pga. regnbetingede udløb forekommer normalt ikke. Der er eksempler på alvorlige iltsvind i danske vandløb med dårlige forhold (dvs. vandløb, som også har lave iltkoncentrationer i tørvejsperioder).
- Toksiciteten synes at være større i udløb fra separatkloakerede oplande (specielt fra veje) end i udløb fra fælleskloakerede oplande.
- Miljøfremmede stoffers resulterende effekt på recipienterne skal fastslås.
- Forsinkelsesbassiner har en signifikant kapacitet for fjernelse af de fleste forurenings typer.

Undersøgelsen viser, at der må fokuseres betydelig mere på udløbene fra separatsystemerne, både når det gælder vandføringsforhold og toksicitet.

## **2.2 Generelle konklusioner vedrørende krav til regnbetingede udløb**

### *2.2.1 Recipientrelaterede krav*

Der har i udvalget været enighed om, at udledningskrav formuleres som krav til de påvirkninger som udledningen skaber i recipienten og ikke som et udledningskrav, som kun er relateret til det aktuelle kloakopland. Dette indebærer, at der ikke i alle tilfælde skal etableres foranstaltninger, for eksempel bassiner, hvis der er tale om udledninger fra små oplande til store recipienter.

Udvalget er bekendt med, at der bl.a. i Miljøankenævnet har været truffet beslutninger der tilsyneladende ikke er i overensstemmelse hermed. Der gemmer sig flere grundlæggende og principielle juridiske og tekniske spørgsmål bag dette. Udvalget vil imidlertid gerne fastholde det overordnede synspunkt, at udlederkrav netop til regnbetingede ud-

løbbør sættes i relation til den aktuelle recipient. Denne problemstilling vil formentlig afklares i forbindelsen med implementeringen af Vandrammedirektivet.

### *2.2.2 Den såkaldte empiriskiterative metode*

Blandt andet det omtalte litteraturstudium har vist, at der foreligger kun meget usikre årsagssammenhænge mellem de udledningmæssige påvirkninger og de recipientmæssige effekter. Derfor har professor P. Harremoes mfl., som nærmere diskuteret i appendiks 1, foreslået, at man som løsningsmetode for regnbetingede udløb skal benytte den såkaldte empirisk iterative metode. Denne metode indebærer, at man gradvist og iterativt foretager foranstaltninger og efterfølgende registrerer om den ønskede biologiske målsætning er opnået. Hvis dette ikke er tilfældet må der tages yderligere foranstaltninger.

Der er i udvalget enighed om at denne metode er den eneste logiske og rationale metode på det foreliggende videngrundlag.

Imidlertid indebære metoden også alvorlige problemer i praksis fordi, der er andre væsentlige årsager til at vandkvaliteten i vandløbene er utilfredsstillende. Ikke mindst de fysiske forhold inklusiv vedligeholdelsen (grødeskæring og oprensning) i de regulerede vandløb vides, at være en meget væsentlig årsag til den dårlige kvalitet. Der er derfor en betydelig risiko for, at iterationen ikke kan føres til ende, med mindre både vandløbsvedligeholdelsen og de regnbetingede udløb inddrages som helhed i iterationen.

I EU's vandrammedirektiv lægges der op til at vandkvalitetsproblemerne netop skal løses i en samlet sammenhæng, og det vurderes, at den empirisk iterative metode vel være nyttig her.

På grund af de uafklarede forhold omkring vandrammedirektivet har udvalget afstået fra at føre denne diskussion til ende. Når den fornødne lovgivning og de tilhørende administrative bestemmelser er fastlagt bør spørgsmålet formentlig tages op igen.

### **2.3 Resultaterne af arbejdsgruppernes arbejde**

Udvalget har som nævnt nedsat en række arbejdsgrupper, som har haft til opgave at beskrive de enkelte miljømæssige effekter i henhold til udvalgets kommissorium. Dette har resulteret i et antal dokumenter, hvis indhold bringes ordret i de følgende afsnit. Der er dog sket enkelte redaktionelle ændringer af hensyn til at afsnittene skal fremstå på en ensartet måde.

## **3 Erosion og aflejring**

### **3.1 Recipienttype**

Det omhandler udelukkende vandløb.

### **3.2 Detaljeret beskrivelse**

Ved udledning/aflastning fra kloakken under regn vil vandmængderne kunne blive så store, at vandløbsbund og -sider bliver ødelagt ved at de bliver fjernet. Materialet, som bliver fjernet ved erosionen, vil længere nedstrøms i vandløbet blive aflejret, når vandhastigheden falder. Erosion/aflejring vil bl.a. kunne ødelægge gydebanks og skjulesteder for fisk. Dermed påvirkes eller ødelægges den bundfauna, som indgår i de indeks, som beskriver vandløbskvaliteten.

I nogle tilfælde vil påvirkningen fra kloakken være så stor, at det vil medvirke til oversvømmelse af arealer langs vandløbene. Det giver normalt kun problemer, hvis de oversvømmede arealer er dyrkede, hvilket kan give erstatningssager. Endelig vil oversvømmelserne kunne give en dårligere vandkvalitet, hvis jord og sand trækkes ned i vandløbet. Men oversvømmelser kan også være positive, fordi de blandt andet reducerer påvirkningen (erosion) af nedstrøms dele af vandløbet og fordi sedimenterbart materiale kan fjernes på marker og enge.

Derudover vil der også kunne forekomme direkte aflejring af de stoffer, der udledes/aflastes fra kloakken, hvor det opblandede spildevand fra fælleskloakken udgør det største problem for vandløbets dyreliv.

### **3.3 Virkemidler til fjernelse eller begrænsning af effekten**

På separatkloakken er løsningen oftest et åbent regnvandsbassin, som har et afløbstal svarende til en passende afstrømning, når vandløbet ikke er påvirket af regnbetingede udløb. Endelig skal der være sjældne nødoverløb fra bassinet. Hermed opnås, at vandløbets upåvirkede maksimale vandføring ikke overskrides og at en stor del af forureningen bliver i bassinet.

For fælleskloakken vil der ved de mindre vandløb være behov for relativt store bassiner. Her bør det vurderes, om det ikke er muligt at lave et "kombibassin". Ellers er f.eks. præfabrikerede betonbeholdere de mest almindelige valgte bassintyper, da de p.t. i de fleste tilfælde er billigst.

Derudover er der i de senere år foretaget anvendelse af ristning, sining, dynamisk stofseparation, filtrering, kompakte højteknologiske anlæg, sedimentationsbassiner, parallel systemer samt kombinationsmuligheder af de nævnte.

### **3.4 Metoder til forudsigelse af effekten**

Der skal foretages en beregning af den vandføring, der ledes ud i recipienten, og efterføl-

gende en beregning af bundforskydningen i vandløbet.

Ved ukomplicerede oplande og vandløb kan beregningen foretages uden edb-modeller. Ellers er den eneste løsning en beregning med Mouse til simulering af vandmængderne fra de regnbetingede udløb, og Mike11 til at beregne erosion/aflejring i vandløbet. Som datagrundlag er der behov for en opmåling af den fysiske udformning af vandløbet, valg af Manningtal, bundmateriale og ændringen af vandføring i det upåvirkede vandløb pga. nedbøren. Denne metode kan bruges for fælles- og separatkloak.

### **3.5 Udlederkrav – Separat- og fælleskloak**

#### *3.5.1 Generel formulering*

Udledning fra regnbetingede udløb må ikke ændre vandløbets naturlige fysiske forhold.

#### *3.5.2 Operationel formulering af udlederkrav*

Maksimalvandføringen fra regnbetingede udløb må ikke overstige en udvalgt naturlig vandføring for årstiden (evt. kun opdelt på et sommer- og vinterhalvår).

Der må ikke aflastes partikler fra fælleskloakken, som efterfølgende bundfældes i vandløbet.

#### *3.5.3 Kontrol*

Under forudsætning af, at der gives udledningstilladelse som overholder udlederkravet, vil der ikke være behov for kontrol.

### **3.6 Litteratur**

Rapport om udledningskrav for regnbetingede udløb fra kloaksystemer i relation til de fysiske forhold i vandløb. Spildevandskomitéen, Ingeniørforeningen i Danmark, marts 1998.

Kombibassin – en billig og effektiv løsning. Stads- og havneingeniøren 5/1997

## 4 Æstetik

### 4.1 Recipienttype

Udløb fra separat- og fælleskloakerede områder til søer og vandløb.

### 4.2 Detaljeret beskrivelse

Den æstetiske påvirkning er et alment problem ved regnbetingede udledninger. Specielt ved overløbsbygværker er æstetikken ofte kilde til beklagelser fra offentligheden. Ligeledes giver fejlkoblinger i separate regnvandssystemer med jævne mellemrum anledning til klager.

Engelske undersøgelser (jf. PH-Consult, 1992) har da også afdækket, at offentlighedens opfattelse af recipientkvalitet hænger nøje sammen med det visuelle indtryk af recipienten. En synlig ren vandløbsbund er f.eks. et af de væsentligste elementer i offentlighedens vurdering af vandløbskvalitet, hvorimod sammensætningen af mikrofaunaen, der ligger til grund for den sagkyndige vurdering af recipientkvaliteten, ikke tillægges nogen særlig betydning.

Æstetiske påvirkninger ses bl.a. som:

- ristegods på sø- og vandløbsbrinker
- flydestoffer eller oliefilm på vandoverfladen
- slamaflejringer, herunder banker af blød bund over og under vandoverfladen
- stærk lugt som følge af forrådnelse/kloaklugt
- kraftig erosion lige omkring udløbet
- oversvømmelser af arealer langs vandløb der benyttes til rekreative formål eller til græsning.

### 4.3 Virkemidler til fjernelse eller begrænsning af effekten

Det er praktisk umuligt at stille krav til specielt overløbsbygværkers udledning, således at æstetiske gener helt kan undgås. Reelt vil et sådant krav mere eller mindre medføre, at overløbsbygværker ikke må forefindes.

På den anden side kan der gøres en del for at de æstetiske gener minimeres. Det er bl.a. vigtigt, at traditionelle overløbsbygværker udformes, så der er rolige strømningsforhold i hele overløbsbygværkets kammer samt tilløbet (jf. Sørensen, 1991). Herved kan turbulent op-hvirvling og resuspension minimeres, og det synlige ristegods bedre tilbageholdes med en velfungerende rist. Endvidere bør der etableres en ligeledes velfungerende skumskærm, for at flydestoffer kan tilbageholdes. For detaljerede dimensioneringskriterier henvises til EVA-arbejdet om overløbsbygværker.



De æstetiske gener kan naturligvis også mindskes ved en begrænsning af overløbshyppigheden f.eks. via etablering af forsinkelsesbassiner.

Og endelig kan der stilles krav til etablering af finriste eller sier.

I Danmark er der ikke krav til hulstørrelser for riste i overløbsbygværker. Praksis er at gå ned til en risteafstand på 20 mm.

Hvis udslip af uæstetisk ristestof skal undgås, skal krav til risteafstand/hulstørrelser være fra 2 mm til 4 mm.

Virkemidler kan opdeles i riste og sier efter åbnings- og hulstørrelse:

- Grovristing,                   30-100 mm
- Mellemristing,               12-30 mm
- Finristning,                   3-12 mm
- Millisining,                   0,23-3 mm
- Mikrosining,                 0,01-0,25 mm

Herudover opdeles efter rensprincip:

- Selvrensende
- Manuelt rensende
- Automatisk rensende

Ved valg af løsninger skal medtages vurderinger af driftssituationen.

Endelig bør det nævnes, at en indirekte løsning er fx udløb, der har passeret i fx sedimentationsbassiner, hvor det "uæstetiske materiale" tilbageholdes.

#### ***4.4 Metoder til forudsigelse af effekten***

Driftsplanlægning, hvor den visuelle viden og erfaring indarbejdes, og vil kunne give god viden.

#### ***4.5 Metoder til måling og kontrol***

Visuel og systematisk registrering af effekter i søer og vandløb.

#### ***4.6 Principper/kriterier for kravfastsættelse***

Det tidligere udvalg (Larsen m.fl., 1988) har man foretaget en spørgeskemaundersøgelse

vedrørende regnbetingede udløb.

Af amternes svar fremgår det at mange amter har principper/kriterier for kravfastsættelse for æstetiske forhold for såvel udløb fra fælleskloakerede som fra separatkloakerede områder.

Det fremgår ligeledes at flere amter ikke foretager nogen egentlig registrering af effekter i vandløb.

#### 1.7.2 *Finriste installationer i DK*

- ROMAG-rist, finristning er installeret mere end 10 steder bl.a. Roskilde, København. De første installationer i 1993.
- Filter-si, finristning er installeret 2 steder i Hvidovre. Den første i 1998. Beskrevet i Stads- og havneingeniøren, nr. 1, 1999.
- Mosbæk installation, Lejre
- Roterende filtre, Nakskov

### **4.7 Udlederkrav, fælleskloakerede oplande**

#### 4.7.1 *Generel formulering*

Et primært kriterium for udledning af især overløbsvand - men også separat regnvand - bør være, at der ikke forekommer synlig (æstetisk) forurening som følge af udledningen.

Ved udløb fra fællessystemer tilbageholdes den synlige forurening generelt ved anvendelse af rist og skumskærm. Det er i denne forbindelse vigtigt, at de strømningsmæssige forhold muliggør en optimal funktion af disse.

Skumskærmen skal placeres med bunden minimum 20 cm under overløbskanten, men må ikke placeres, så den er til gene for strømmingen i overløbsbygværket.

Risten skal have et risteareal, så strømmingen gennem den aktive, åbne del af risten maksimalt er 0,25 m/s. Risten bør være vandret liggende med fri afstand mellem ristestænger på maksimalt 20 mm og med mulighed for nødoverløb (f.eks. over skumskærmen), såfremt risten tilstoppes.

Det bør sikres, at selve overløbsledningen (og overløbsrenden) har rigeligt med kapacitet - minimum den samme kapacitet som tilløbsrøret - idet der ellers er risiko for opstuvning i overløbsrenden med nødoverløb over skumskærmen som resultat.

Ved udledninger til recipienter, hvor der stilles specielt høje krav til de æstetiske forhold kan automatiske finriste og andre højteknologiske tiltag eventuelt overvejes.

Ved separate regnvandudledninger er det primært vigtigt, at sikre, at der ikke forekommer

fejlkoblinger i oplandet. Endvidere bør risikoen for synlig oliefilm i vandløbet tages i betragtning ved udformning af eventuelle bassiner før udløbet (i form af dykket afløb m.v.).

Olieudskillere skal i henhold til DS 432 (1994) derudover generelt anvendes i umiddelbar tilknytning til arealer, hvor der under normal drift forekommer olie i vandet, samt hvor der er risiko for benzin og oliespild. Olieudskillere bør f.eks. forefindes på afløbet fra tankstationer, P-pladser større end 20 biler, værksteder, garageanlæg, vaskepladser, autoskrot samt metalarbejdende industri.

#### *4.7.2 Operationel formulering af udlederkrav*

Hvis udslip af uæstetiske ristestoffer skal undgås, skal krav til hulstørrelser være fra 2 mm til 4 mm.

### **4.8 Litteratur**

Larsen, T. m.fl. (1998), Udledningskrav for regnbetingede udløb fra kloaksystemer i relation til fysiske forhold i vandløb, Rapport fra "Udvalget vedrørende udledningskrav for regnbetingede udløb fra kloaksystemer til vandløb" til Spildevandskomitéen, Ingeniørforeningen i Danmark.

PH-Consult (1992), Spildevandsforskning 1987-1992, PH-Consult for Miljø-styrelsen, 1992.

Sørensen, M.S. (1991), Stofseparation i overløbsbygværker, Erhvervsforskerafhandling EF 212, Aalborg Universitet, 1991.

DS 432 (1994), Norm for afløbsinstallationer, 2. udgave, Dansk Standard.

## 5 Hygiejne

### 5.1 Recipienttype

Når vandmiljøplanens krav til spildevandsrensning er effektueret, vil rensningen for kvælstof, fosfor, organisk stof m.v. være optimal. Der vil dog fortsat udledes sygdoms-fremkaldende bakterier og vira fra renseanlæg og regnbetingede udløb.

Krav til hygiejne stilles i dag af hensyn til infektionsrisiko via bakterier og vira. Kravene til hygiejne er imidlertid kun knyttet til områder med badevandsinteresse.

Der er ingen eller minimal interesse for hygiejne i vandløb og søer til trods for, at der ligeledes her kan være infektionsrisiko flere steder.

Af hensyn til at der også ved ferske vande foregår aktiviteter hvor mennesker har kontakt med vandet, bør der opstilles krav til hygiejnen relateret til den rekreative udnyttelse af de ferske vande.

### 5.2 Detaljeret beskrivelse

Udledning af opspådet spildevand fra overløbsbygværker indeholder så mange E.coli at en udledning til et badeområde vil betyde en påvirkning af badevandskvaliteten.

Ved de fleste lokaliteter vil reduktionen af E.coli ved overløbsvands passage gennem vandløb være beskedent på grund af de relativt korte afstande, og der kan ses bort fra denne reduktion.

Ved udledning fra overløbsbygværker tilføres der store mængder af bakterier m.v. til recipienten. Dette er naturligvis uønsket på grund af smittefaren, men det er på den anden side uundgåeligt.

Specielt i forbindelse med badevand har udledningen af bakterier fra overløbsbygværker stor betydning. De danske retningslinier for tilladelig bakteriel forurening af badevand (Miljøstyrelsen, 1985) kan generelt formuleres således:

"I højst 5 % af tiden i badesæsonen må vandet indeholde mere end 1000 E.coli/100 ml".

I grove træk betyder dette kriterium, at udledninger fra separate regnvandsudløb for så vidt angår bakteriel forurening kan finde sted i nærheden af badeområder uden specielle foranstaltninger, idet bakteriekoncentrationen i det afledte vand erfaringsmæssigt er i samme størrelsesorden som kriteriet (opmærksomheden bør dog henledes på risikoen for fejlkoblinger).

Ved overløbsvand er der til gengæld tale om bakteriekoncentrationer i størrelsesordenen 1.000-10.000 gange større end kriterieværdien. Ved udledning af overløbsvand i nærheden af badeområder er der altså behov for tiltag til reduktion af den resulterende bakteriekoncentration i badevandet.

En sådan reduktion kan principielt opnås ved enten lokal rensning, ved formindsket udledning eller fortynding.

Udledningens størrelse kan reduceres ved at øge den videreførte vandmængde fra overløbsbygværket og ved at indlægge bassin. Alternativt kan udledningen eventuelt fortyndes ved at øge afstanden mellem udledningspunktet og det betragtede badeområde

Lokal rensning er med dagens teknologi ikke realistisk, idet en på en gang økonomisk attraktiv og tilstrækkelig effektiv teknologi ikke forefindes på markedet. Det er derfor kun de resterende to måder, der forekommer realistiske.

### **5.3 Virkemidler til fjernelse eller begrænsning af effekten**

Bassiner etableret, hvor udløbet sker til samme vandløb som renseanlægget, vil ikke altid give den ønskede effekt, da det opsamlede vand i bassinet tilledes renseanlægget og dermed ender i samme vandløb. Dog sker der en vis reduktion og udligning gennem renseanlægget, og hvis anlægget er udbygget med hygiejnisering vil det selvfølgelig være optimalt. Anlæg udbygget med laguner betyder en stor E.coli-reduktion, idet den absolut væsentligste parameter for E.coli's henfaldstid er lyset og opholdstiden.

Desinfektion eller hygiejnisering har til formål at reducere det forurenede regnvands indhold af smittekim.

Overløbsvand fra fællessystemer indeholder smittekim svarende til fortyndingen af spildevandet, og indeholder også smittekim fra forurenede overflader.

Desinfektion er endnu ikke en almindelig proces i Danmark, og er mest aktuel ved hygiejnisering af slam og sjældent som behandling af rensset spildevand .

Desinfektion af behandlet regnvand praktiseres i udlandet, først og fremmest for at beskytte overfladevandsområder, der anvendes som drikkevandsressourcer, eller hvor der ønskes badevandskvalitet.

Desinfektion af forurenede regnvand vil normalt være en efterbehandling, hvor der allerede er foretaget en separation af suspenderet stof og hvor der således allerede er fjernet smittekim som en del af det fraseparerede materiale.

Normalt skal hygiejnisering ske over et relativt kort tidsrum, hvilket gør det økonomisk muligt at anvende mere utraditionelle og dyrere metoder.

De aktuelle hygiejniseringsmetoder er :

- Høj ratefiltrering
- Kalkbehandling
- Kloring

- UV-behandling
- Ozon-behandling

Et af problemerne ved hygiejnisering af regnvand er, at der normalt stadig efter forbehandling vil være suspenderet stof, som kan beskytte smittekim mod behandling samt flere af de traditionelle hygiejniseringskemikalier misfarver afløbet (kalk) eller danner toksiske restprodukter (klor).

#### **5.4 Metoder til forudsigelse af effekten**

Kravet til E.coli er: 1000 E.coli/100 ml i højst 5 % af tiden. En badesæson strækker sig over 147 dage (1.maj til 1. oktober), hvilket svarer til ca. 7 dage og da erfaringer samtidigt siger, at den overvejende del af aflastningerne fra overløbsbyværker forekommer i samme periode, må der maksimalt forekomme ca. 7-10 aflastninger pr. år for at E.coli kravet kan overholdes.

Modellering kan foretages med rimelig nøjagtighed, såfremt der eksisterer et tilstrækkeligt kendskab til bakteriernes hændelse i recipienten. Fyns Amt er i besiddelse af observationer opstrøms og nedstrøms Odense By (se afsnit 1.7). PH -Consult står sandsynligvis overfor en bearbejdning af disse data med henblik på kalibrering af en simpel model.

#### **5.5 Eksisterende undersøgelser**

##### **5.5.1 Undersøgelser i Liver Å**

Nordjylland Amt har i 1997 i samarbejde med Hjørring og Hirtshals kommuner udført en række E.coli målinger i Liver å. Ved udløbet af Liver Å i Skagerrak er der badeforbud på en strækning på op til 500 nord for åløbet.

Målingerne viste at E.coli koncentrationen er meget høj i regnvejr, hvilket især skyldes udledninger af spildevand fra overløbsbyværker i Hjørring.

Der blev også konstateret meget høje værdier under grødeskæring i vandløbet, hvilket kan tilskrives aflejret slam fra spildevand der aflastes under regn.

Måleprogrammet fortsætter med oprettelsen af flere målestationer i de forskellige tilløb til Liver Å. Måleprogrammet skal kortlægge helt præcist hvorfra forureningen stammer. Der sker samtidigt en registrering af overløb fra bygværkerne i oplandet.

##### **5.5.2 Regnvandsundersøgelser i Odense Å**

For at kunne vurdere belastningen og effekten af de regnbetingede udløb fra Odense By har Fyns Amt siden juli 1989 foretaget stof- og vandføringsmålinger ved to målestationer i Odense å. Den ene målestation ligger opstrøms Odense By ved Kratholm, og den anden ligger nedstrøms byen umiddelbart før udløbet fra Ejby Mølle Renseanlæg. På strækningen mellem de to målestationer er der 39 overløbsbyværker fra fælleskloakerede områder og 29 udløb fra separatkloakerede områder, hvilket svarer til 45 % af de regnbetinge-

de udløb fra Odense By. Herudover findes der ikke andre tilløb af betydning på strækningen.

I forbindelse med de dagligt udtaget tidsproportionale døgnprøver er der ved målestationerne udtaget stikprøver, som er analyseret for termotolerente coliforme bakterier. I den nedenstående figur er vist samtidigt udtagne E.coli analyser for perioden 1994-1997 for stationerne ved Kratholm og Ejby Mølle plottet mod hinanden. Der er skelnet mellem analyser udtaget i tørvejr og regnvejr. I tørvejr ligger de målte værdier ved Kratholm og Ejby Mølle på samme niveau, mens der i regnvejr er en forskel i koncentrationen på mellem en og tre dekader.

De høje koncentrationer nedenfor de regnbetingede udløb skal ses i forhold til badevandskravet, der er 1.000 E.coli/100 ml. Ved Ejby Mølle er der målt op til 1.600.000 E.coli/100 ml. Umiddelbart virker det som uacceptabelt med så høje E.coli koncentrationer i vandløb.

### 5.5.3 *Giber å*

Undersøgelse af den hygiejniske vandkvalitet, rapport nov. 98, Århus kommune, miljøkontoret.

Uddrag:

” Arbejdsgruppens anbefalinger:

- at spildevandet fra ..., enten afskæres fra Giber Å enten ved nedsivning eller kloakering.
- at der foretages en registrering af afløbsforholdene på enkeltliggende ejendomme med direkte udledning til Giber Å ..., med henblik på , at der etableres nedsivning inden for planperioden.
- At der i 1999 foretages en undersøgelse og vurdering af regnvandsbetingede udløb ...  
”

## 5.6 *Principper/kriterier for kravfastsættelse*

I Rapport om Udledningskrav for regnbetingede udløb fra kloaksystemer i relation til fysiske forhold i vandløb, marts 98, IDA, Spildevandskomitéen, er foretaget en spørge-skemaundersøgelse hos amterne vedrørende regnbetingede udløb.

Af amternes svar fremgår det, at mange amter har principper/kriterier for kravfastsættelse for bakteriel forurening for såvel udløb fra fælleskloakerede som udløb fra separatkloakerede områder. Det fremgår ligeledes at flere amter ikke foretager nogen egentlig registrering af effekter i vandløb.

## **5.7 Udlederkrav, fælleskloakerede oplande**

### *5.7.1 Generel formulering*

Rent badevand har generelt en høj prioritering blandt befolkningen, hvorfor regnbetingede udledninger fra fællessystemer som udgangspunkt ikke bør finde sted tæt på badevandsområder. I denne forbindelse bør det bemærkes, at tidshorizonten for henfaldet af bakterier ligger i størrelsesordenen op til flere døgn. Begrebet "tæt på" kan altså have en betragtelig udstrækning afhængig af transporthastigheden samt fortyndingsgraden i recipienten.

Det kan i parentes bemærkes, at formuleringen af badevandskravet indebærer en mulighed for at spekulere i udnyttelse af muligheden for overskridelse af grænseværdien i op til 5 % af tiden i badesæsonen svarende til ca. 8 aflastninger pr. år. Som udgangspunkt kan dette dog ikke anbefales.

Skønnes der at være en reel risiko for konflikt med badevandsinteresser, bør der derfor opstilles numeriske modeller for fortyndingszonen. Alternativt bør udledningen opgives eller forsøges omlagt til en anden og mere robust recipient.

Separate regnvandsudledninger kan normalt finde sted uden specielle foranstaltninger. Der bør dog i sådanne tilfælde altid fokuseres på risikoen for fejkoblinger, idet disse naturligvis kan medføre en betydelig hygiejnisk forurening.

### *5.7.2 Operationel formulering af udlederkrav*

Badevandskravene er i princippet entydige og operationelle og gælder ikke specielt for regnbetingede udløb.

## **5.8 Udlederkrav, separatkloakerede oplande**

Uændret i forhold til de fælleskloakerede oplande.



## 6 Iltsvind

Ved aflastninger fra fællessystemer og udledninger fra fællessystemer udledes bl.a. en række organiske forbindelser, der efterfølgende nedbrydes i recipienten. Nedbrydningen kan i nogle tilfælde medføre kritiske iltforhold i recipienten. Fænomenet betegnes ofte som iltsvind.

### 6.1 Recipienttype

Det er primært vandløb, der påvirkes af iltsvind. I vandhuller og mindre søer med lav vandudskiftning kan iltsvind også forekomme. I søer eller andre recipienter med gode opblandingsforhold og lang opholdstid vil iltforholdene ikke være dimensionsgivende i forhold til andre udlederkrav, primært makro-næringsstoffer og miljøfremmede stoffer.

### 6.2 Detaljeret beskrivelse

Iltindholdet i vandløbet er kritisk for akvatisk liv, specielt for de højere trofiske niveauer, såsom fisk. Mætningskoncentrationen af ilt ligger på 9-10 mg/l i sommerhalvåret, og allerede ved ilt-niveauer under 6 mg/l påvirkes laksefisk. Det tilladelige variationsområde er derfor i sommerhalvåret særdeles lavt. Om vinteren er mætningskoncentrationen højere og den biologiske aktivitet lavere, hvorfor iltindholdet sjældent når kritiske niveauer om vinteren.

Iltsvind optræder typisk i to tempi, idet der skelnes mellem umiddelbart og forsinket iltforbrug. Det umiddelbare iltforbrug skyldes omsætning i den udledte forureningsprop, mens det forsinkede iltforbrug skyldes omsætning af COD-holdigt materiale, der er sedimenteret eller adsorberet til fastsiddende materiale og planter.

Det umiddelbare iltforbrug skyldes opløst stof, der er meget letomsætteligt, primært små kulstofkæder og nitrifikation af ammoniak. Det umiddelbare iltsvind følger i store træk transporten af vandfasen ned gennem vandløbet. Tidspunktet for påbegyndelsen af effekten fra det umiddelbare iltforbrug kan for et vilkårligt nedstrøms punkt fastsættes til transporttiden mellem punktet og udledningspunktet, ligesom effekten i punktet vil have omtrent samme varighed som varigheden af udledningen.

Det forsinkede iltforbrug skyldes primært sedimentation eller adsorption til planter og lignende af partikler med organisk indhold. Partiklerne kan kun omsættes via hydrolyse, der er en langsommere proces end omsætningen af de små opløste kulstofkæder. Den forøgede vandføring formodes i nogle tilfælde at kunne medføre resuspension af organisk materiale fra tidligere hændelser. Resuspensionens betydning er ikke godt beskrevet i litteraturen.

Den største samlede effekt i et givet punkt vil optræde inden for et døgn efter at forureningsproppen har passeret punktet. Erfaringsmæssigt optræder den største effekt efter 2-5 km, hvis ikke der er betydelige tilløb på strækningen.

### **6.3 Virkemidler til fjernelse eller begrænsning af effekten**

For et givet afløbssystem kan effekten begrænses eller mindskes på to måder: mindre udledninger eller lokal rensning. Begge virkemidler kan være problematiske, idet den første ikke altid mindsker den totale forurening, men blot flytter den, og den sidste er teknisk svær at håndtere med godt resultat. De to metoder omtales mere detaljeret nedenfor.

#### *6.3.1 Mindre udledninger*

Iltsvind søges hyppigt mindsket ved brug af bassiner på afløbssystemet, hvorved de iltforbrugende stoffer sammen med det forurenede vand helt eller delvist tilbageholdes og efterfølgende ledes til rensenanlægget. Bassiner skal her forstås som en konstruktion, der kan opmagasinere vand i et volumen, der ikke bliver udnyttet i tørvejr. Voluminet kan tilvejebringes ved almindelige bassiner, udvidede rørdimensioner og/eller styring. Udledningen kan også mindskes ved brug af kildekontrol, såsom nedsivning af regnvand.

Metoden er veldokumenteret, men relativt dyr. Reduktionen af effekt i recipienten er noget usikker, primært pga. manglende kendskab til sedimentationsprocesserne i bassinerne og variationer i mængderne af organisk stof under og mellem regnhændelser. Endvidere har flere undersøgelser vha. modeller godtgjort, at den mindskede udledning fra overløbsbygværket medfører øget pres på rensenanlægget, ofte med reducerede rensegrader til følge, primært af næringssaltet kvælstof. Rensegraden for de iltforbrugende stoffer i rensenanlægget påvirkes kun ved slamflugt, der kan beskrives som et totalt sammenbrud af rensfunktionen. Slamflugt vil altid have store og mærkbare følger i recipienten.

Dimensioneringspraksis har stor indflydelse på, hvor store effekter der ses i recipienten. Det er oplagt, at opblandingsgraden mellem regn og spildevand i fællessystemer har betydning for effekten, men normalt består stofudledningen ved overløb i væsentlig grad af resuspenderet kloaksediment, hvorfor selvrensningsevnen er væsentlig for stofudledningens størrelse.

Den fysiske udformning af bassinerne har også betydning for graden af tilbageholdelse af de letomsættelige organiske stoffer. Nye undersøgelser har godtgjort, at stoftilbageholdelsen er større end volumentilbageholdelsen for de første 3-5 mm (30 – 50 m<sup>3</sup>/red.ha) ved hensigtsmæssig udformning af bassinet. Derefter er stof- og volumentilbageholdelsen den samme. Man kan derfor argumentere for opdeling af bassiner i delkamre, således at den første regnmængde opmagasineres i et lukket betonkammer og senere ledes til rensenanlæg, mens den resterende del kan opmagasineres i åbne kamre og ledes til enten rensenanlæg eller recipient efter lokal rensning.

#### *6.3.2 Lokal rensning*

De kendte teknologier til lokal rensning bygger alle på sedimentation af den partikulære fraktion. Ved dimensionering af mekaniske rensenanlæg er der angivet rensegrader på op til 30-50% i tørvejr ved opholdstider på omkring en time. Under regn er afstrømningsforholdene mere turbulente, og væsentligt ringere rensegrader må påregnes, også for større sedimentationsbassiner.

I nogle europæiske lande (f.eks. Tyskland og England) har man længe arbejdet på at konstruere bygværker, hvor stofindholdet i størst muligt omfang ledes videre. Mest kendt er nok hvirvel-separatoren. Fælles for disse systemer har været en rensegrad af det udledte vand på ikke over 10-15%. Den lave rensegrad har medført, at interessen for denne type anlæg har været lav i Danmark, svarende til, at det mere komplekse bassinanlæg blev dyrere end et traditionelt bassinanlæg der var tilsvarende større.

Der er dog i de sidste par år blevet introduceret et par nye typer af disse anlæg i Danmark. Disse anlæg har opnået en vis bevågenhed og der er blevet etableret fuld-skala systemer for begge systemer. Pilot-forsøg har dokumenteret, at tilbageholdelse af op til 50-60% af COD-indholdet kan opnås ved tilsætning af polymerer. Der mangler dog stadig længerevarende driftserfaringer med de nye systemer.

Den lokale rensning kombineres hyppigt med et vist opmagasineringsvolumen. Dette er nødvendigt alene for at få så rolige hydrauliske forhold, at den partikulære fraktion kan sedimentere.

#### **6.4 Metoder til forudsigelse af effekten**

Der er to trin i forudsigelsen af effekten. Først skal man have omdannet det biologiske krav om en bæredygtig fiskebestand om til en kravkurve for ilt. Dernæst skal der etableres sammenhænge, så man kan planlægge, hvilke indgreb, der er nødvendige for at kravkurven for ilt er overholdt. De to trin diskuteres nedenfor.

##### *6.4.1 Etablering af operationel kravkurve*

Det overordnede formål er at forudsige, hvornår en fiskebestand er bæredygtig og kan yngle i vandløbet. Dette overordnede formål kan i forbindelse med iltsvind gøres operationelt ved at fastsætte et døgnminimum i tørvejr. Derefter kan der fastsættes en sammenhængende kurve af, hvor hyppigt lavere iltminima kan accepteres.

Fastsættelsen af den operationelle kurve kan ske på baggrund af laboratorieforsøg, hvor faunaen udsættes for lavere og lavere iltkoncentrationer. For hver iltkoncentration notes det, hvor stor en andel af faunaen, der påvirkes (sublethale effekter, såsom ingen eller forringet forplantningsevne) og dør (lethal effekt). Sammenholdt med reproduktionshastigheden kan der dermed opstilles en operationel kravkurve, der sikrer en bæredygtig population.

De nuværende operationelle kravkurver forudsætter, at hændelser, der optræder med en hyppighed på mere end 10 gange årligt, ikke påvirker vandløbet til under kravet for tørvejr. For B1, B2, og B3 målsætninger accepteres, at op mod halvdelen af fiskebestanden dør med en gentagelsesperiode på hhv. 16, 12 og 8 år.

##### *6.4.2 Beregning af effekt i recipienten*

Beregning af effekten af udledning af organisk stof blev første gang formuleret så tidligt som omkring 1920. En videreudvikling af konceptet blev præsenteret i skrift 22 sammen med en anbefaling fra Spildevandskomitéen om i videst muligt omfang at benytte iltkon-

centrationen i vandløbet som dimensioneringskrav i forbindelse med aflastninger fra fællessystemer under regn.

I praksis har metoden haft begrænset anvendelse. Det skyldes bl.a. at det er bekosteligt at fremskaffe pålidelige informationer om vandløbets tilstand i tørvejr, som er forudsætningen for at kunne beregne en effekt. Variationer i klima, populationsdynamik i vandløbet, uheld fra renseanlæg og landbrug mv. skaber store variationer fra uge til uge og fra år til år. Det er derfor principielt nødvendigt med flere års kontinuerede målinger på flere målestationer for at få et godt grundlag til at beregne effekten med. Det er der sjældent mulighed for.

Modeller til beregning af effekter kan opdeles efter deres hydrauliske detaljeringsgrad, der har stor betydning for beregningstiden. Nogle modeller benytter dynamisk bølge-teori, mens andre er væsentligt mere simple. Beregningstiden for én regnhændelse ved brug af dynamisk bølge teori er af samme størrelsesorden som at gennemregne en regnserie med 10 års regndata med de simple hydrauliske modeller. I praksis er der tale om et trade-off mellem at vælge en dimensioneringsregn med detaljeret hydraulisk beskrivelse og at vælge en regnserie med forsimplet hydraulik, men med en bedre mulighed for at lave rangordning på effekten i stedet for på regnvoluminet. Hvis der er komplicerede strømningsforhold (f.eks. meget flade strækninger eller pludselige indsnævring med kraftig tilbagestuvning) taler det til fordel for brug af hydraulisk komplicerede modeller; ellers har beregningen af stoftransport og –omsætning langt større betydning end hydraulikken, hvorved beregningerne kan foretages med væsentligt større tidsskridt.

Procesmæssigt er der også flere detaljeringsniveauer. I skrift 22 og modeller, der bygger direkte derpå, er effekten modelleret som en iltsvingning i tørvejr overlejret med det akutte og forsinkede iltforbrug. En væsentlig implicit forudsætning er dermed, at vandføringen i vandløbet ikke ændres væsentligt under og efter udledningen. Der er også andre modeller på markedet, der mere direkte modellerer fotosyntese, respiration og indflydelsen fra den ændrede vandføring. Disse modeller må generelt anbefales i områder, hvor basisvandføringen er lav i forhold til udledningens vandføring. Dette vil f.eks. være tilfældet på øerne.

## **6.5 Udlederkrav, fælleskloakerede oplande**

### **6.5.1 Generel formulering**

Der må ikke ske udledninger, der skaber iltforhold, der forhindrer bæredygtige populationer af planter og dyr med en diversitet, der opfylder målsætningen for vandløbet.

## **6.6 Litteratur**

Et uddrag er følgende:

Skrift nr. 22. Forurening af vandløb fra overløbsbygværker. DIF Spildevandskomiteen, 1985.

Int. Revue ges. Hydrobiol. 72, 1987, 5, 575-597. Reaeration of Oxygen in Shallow, Macrophyte Rich Streams: II. Relationship between the Reaeration Rate Coefficient and Hydraulic Properties. Niels Thyssen og

Mogens Erlandsen.

Retningslinier for regnvandsbetingede udløb og risikovurdering af pumpestationer. Viborg Amt, 1998.

UPM-manual, version 1 og 2

Hvitved-Jacobsen et al. 1982-1998

## 7 Udledning af næringsalte

### 7.1 Recipienttype

Ferske og marine vandområder med større hydrauliske opholdstider, såsom damme, søer og fjorde, i hvilke en unaturlig stor algevækst kan forekomme (eutrofiering).

### 7.2 Detaljeret beskrivelse

Udledning af næringsalte fra kloaksystemer kan, ligesom næringsaltudledninger fra andre kilder, medføre at algevæksten i recipienten forøges med deraf følgende eutrofiering.

Eutrofiering kan f.eks. beskrives som en unaturlig høj primærproduktion fra menneskeskabt udledning af næringsalte. I vandsystemer vil primærproduktionen bestå af forskellige autotrofe grupper, der indbyrdes konkurrerer om adgang til lys og næringsalte. Ved eutrofiering forstås som oftest forøget algevækst (fytoplankton og makroalger), der kan medføre en række uønskede effekter i recipienten (f.eks. nedsat sigtdybde, iltvind, ensformigt dyre- og planteliv). Eutrofiering er en tilstand, der kan beskrives for en sommerperiode og graden af tilstanden er reguleret af meteorologien (lysindstråling, temperatur, vind). Meteorologien spiller desuden en vigtig rolle for afstrømningen og dermed næringsaltbelastningen fra land til vand.

Udledning af næringsalte består af opløste og adsorberede fraktioner samt organisk bundne næringsalte. Opløste næringsalte er som oftest direkte tilgængelige for algevækst, mens næringsalte, der er fysiske/kemisk bundet, må omdannes til uorganiske næringsalte via naturlige fysiske og biologiske processer før en algeoptagelse. Den bundne fraktion udgør således et forsinkelsesled for algevæksten.

I vandløb forekommer der som regel ingen dominerende algevækst i vandfasen pga. strømforholdene. Vandløb nedstrøms søer er dog en undtagelse, idet alger i søvand udsyldes til vandløb. Næringsalte fra kloakudledninger, som transporteres af vandløb, vil, når vandet passerer tilstrækkelig store vandmagasiner til at en algevækst i vandfasen kan forekomme, kunne medføre forøget algevækst og deraf følgende eutrofiering.

### 7.3 Virkemidler til fjernelse eller begrænsning af effekten

Da eutrofiering er en integreret tilstand for et givent vandsystem udviklet over en længere periode, kan effekter fra udledning af næringsalte fra kloaksystemer kun begrænses eller afskæres ved at reducere næringsaltudledningen fra kloaksystemet, dvs. ved at begrænse de regnbetingede udløb.

### 7.4 Metoder til forudsigelse af effekten

Effekter fra udledning af næringsalte fra kloaksystemer kan kun opgøres ved at anlægge en systembetragtning, dvs. en integreret analyse af vand- og næringsstofstrømme i vandsystemet. I analysen vil estimater af næringsaltudledning fra andre kilder, heraf de na-

turligt forekommende, indgå og beregninger af vand- og stoftransport til og i mellem potentielle eutrofieringsvandområder (damme, søer og fjorde) foretages.

Matematiske modeller for hydraulik, næringsstoftransport og vandkvalitet kan med fordel anvendes til forudsigelse, og via modelberegninger kan effekter fra regnbetingede udløb adskilles fra effekter fra øvrige kilder.

## **7.5 Udlederkrav for fælleskloakerede oplande**

### **7.5.1 Generel formulering**

Udledning af næringsalte fra regnbetingede udløb må ikke give anledning til forøget algevækst i vandsystemet.

### **7.5.2 Operationel formulering af udlederkrav**

Effekt fra udledning af næringsalte fra regnbetingede udløb anbefales analyseret ud fra en holistisk systembetragtning, hvor belastning fra det samlede opland til vandområde (punktkilder og diffus afstrømning) sammenholdes med den anslåede belastning fra regnbetingede udløb, systemets hydrauliske opholdstider og vandområdets målsætning for vandkvalitet.

Den anbefalede analyse vil identificere nødvendigheden af videre databehandling og biologiske vurderinger.

## **7.6 Kontrol**

Ingen

## **7.7 Litteratur**

Der er i amtlig regi blevet gennemført analyser af effekter fra kloakudledninger for forskellige vandsystemer. Der foreligger ikke nyere publiceret materiale om danske forhold på dette område.

## 8 Miljøfremmede stoffer

### 8.1 *Beskrivelse*

Miljøfremmede stoffer er en samlebetegnelse for mange forskellige enkeltstoffer og stofgrupper. Eksempler er tungmetaller, pesticider, aromatiske og polyaromatiske hydrocarboner (BTEX og PAH). Stoffernes effekt i miljøet kan vurderes ud fra kendskab til deres fysiske, kemiske og biologiske egenskaber. For at lave et første bud på deres effekter vil man ofte arbejde ud fra basis kriterierne: giftighed, nedbrydelighed og bioakkumulerbarhed. Ved vurdering af regnbetingede udledninger vil de fysiske processer sorption og sedimentation dog også være af stor betydning for om stoffet vil kunne udgøre en risiko for enten akut eller en mere langsigtet effekt i recipienten.

### 8.2 *Recipienttype*

Ved vurdering af effekten af udledningen er det ikke nogen principiel forskel mellem forskellige typer af recipienter. Der vil dog være forskel mellem hvilke processer som vil dominere stoffets opførsel og dermed giftighed afhængigt af recipienttype, f.eks. vil sedimentation være af stor betydning ved udledning i marine systemer, under forudsætning af, at stoffet er sorberet til partikler. Generelt er vidensniveauet dog for lavt til at kunne lave sådanne vurderinger.

### 8.3 *Detaljeret beskrivelse*

Miljøfremmede stoffer har stor national og international bevågenhed, såvel med hensyn til identifikation og kvantificering af stoffer i regnbetingede udledninger som med miljørisikovurdering.

Vurderingerne lider dog generelt under, at informationer om giftighed, nedbrydelighed og bioakkumulerbarhed af enkeltstofferne er sparsomme i litteraturen. Når der, som det er tilfældet for regnbetingede udledninger, er tale om komplekse blandinger med samtidig tilstedeværelse af mange enkeltstoffer bliver vurderingerne selvsagt endnu vanskeligere. Endvidere findes i dag kun et fåtal af undersøgelser, der direkte belyser akutte og kroniske effekter af regnbetingede udledninger til recipienter.

Der er i nogle tilfælde observeret problemer med at overholde de koncentrationer, som er fastlagt i bekendtgørelse 921 (kvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af visse farlige stoffer til vandløb, søer eller havet). Konsekvenserne af dette er ikke afdækket, herunder om dette kan få indflydelse på dimensioneringspraksis

Som tidligere nævnt vil sorption til en fast fase (partikler) og en eventuel efterfølgende sedimentation være af stor betydning for at vurdere om stoffet vil kunne medføre akutte og/eller kroniske effekter i recipienten. Årsagen er, at en sedimentation og dermed op-hobning af stoffet i bundsedimentet vil kunne resultere i høje koncentrationer af stoffet med tiden, og at resuspension (og evt. opløsning) af sedimenteret fast materiale kan forårsage frigivelse af stofferne tilbage til vandfasen. For flere af de stoffer, der er påvist i



regnbetingede udledninger (fx. PAH-forbindelser og phthalater) vil sorption og evt. efterfølgende sedimentation være de altdominerende fjernelsesprocesser fra vandfasen.

Naturligvis vil en evt. nedbrydning af stoffer i sedimentet medføre, at den reelle ophobning er mindre end den der umiddelbart vurderes ud fra sorption og sedimentation.

Internationale undersøgelser tyder på en væsentlig first-flush effekt samt at nogle af de giftige stoffer sorberer til organisk stof. I givet fald medfører det, at separate regnudledninger er mindst lige så giftige som overløb fra fællessystemer.

Der er i udenlandske undersøgelser fundet eksempler på oplande, hvor en væsentlig del af de udtagne prøverne udviste giftighed over for akvatiske organismer. I en nylig dansk undersøgelse af first-flush afstrømning fra separate regnudledninger blev der ligeledes påvist giftighed i alle de fire undersøgte prøver. Generelt var giftigheden lav, men dog målbar i laboratorietests. Én af de undersøgte prøver udviste betydelig giftighed og skulle fortyndes mere end 15 gange for at giftigheden var reduceret til under detektionsniveauet.

Det har vist sig at være svært at identificere hvilke stoffer eller stofgrupper, der er ansvarlige for en given målt giftighed. Det er derfor p.t. ikke muligt at opstille sikre operationelle krav til koncentrationer i udledninger med henblik på at opnå en ønsket effekt.

#### ***8.4 Virkemidler til fjernelse eller begrænsningen af effekten***

For et givet afløbssystem kan effekten begrænses eller mindskes på to måder: mindre udledninger eller lokal rensning.

Udenlandske undersøgelser tyder på, at etablering af våde bassiner til separate regnudledninger kan nedbringe effekten af udledningen, ligesom tørre bassiner måske også har en positiv effekt. Til gengæld kan det tilbageholdte materiale i bassinerne være forholdsvist giftigt såfremt de miljøfremmede stofferne er sorberet til det sedimenterede faste materiale. Indledende undersøgelser af giftigheden af sedimenter fra to bassiner, der modtager afstrømning fra motorveje, påviste da også toksiske effekter af sedimenterne.

#### ***8.5 Metoder til forudsigelse af effekten***

Der er p.t. ingen metoder til forudsigelse af effekterne af en regnbetinget udledning, hverken på en kort eller lang tidshorisont.

#### ***8.6 Udlederkrav, fælleskloakerede og separatkloakerede oplande***

Det er på det foreliggende grundlag ikke muligt at opstille nye fagligt begrundede udlederkrav til miljøfremmede stoffer. Det skyldes primært, at den aktuelle viden er ufuldstændig. De meget få danske målinger tyder på, at den akutte giftighed ikke er alarmende, men undersøgelserne er meget små. Giftighed over længere tid samt nedbrydelighed og bioakkumulerbarhed kan ikke vurderes med den nuværende danske og internationale viden.

## **8.7 Litteratur**

På dansk er det væsentligste videngrundlag følgende

Miljøprojekt 355: Miljøfremmede stoffer i overfladeafstrømning fra befæstede arealer.

Miljøprojekt 547: Regnbetingede udløb fra kloaksystemer – et litteraturstudium over danske og udenlandske erfaringer.

Miljøprojekt 610 (2001) : Biologiske effekter af toksiske stoffer i regnbetingede udløb.

## 9 Andre toksiske effekter – svovlbrinte og ammoniak

Antallet af mulige andre toksiske effekter forårsaget af udløb fra kloaksystemer er stort set ubegrænset. Endvidere vil toksiske effekter ofte være kombineret med andre effekter så det i praksis kan være vanskeligt at identificere virkningerne uafhængigt af hinanden.

Her skal kun nævnes henholdsvis svovlbrinte og ammoniak, som opstår ved nedbrydning af det organiske stof, som sedimenterer i afløbssystemerne.

### 9.1 Recipienttype

De potentielle problemer med svovlbrinte og ammoniak er primært knyttet til vandløb.

### 9.2 Detaljeret beskrivelse

Svovlbrinte og ammoniak (begge i den udissocierede form:  $H_2S$  og  $NH_3$ ) er eksempler på stærke fiskegifte, der er nævnt i forbindelse med observerede tilfælde af fiskedød i nærheden af overløb fra fællessystemer (Harremoes, 1990).

Svovlbrinte dannes under iltfrie forhold, typisk i trykledninger og i kloaksedimenter, ved mikrobiel reduktion af sulfat i spildevandet. Svovlbrintedannelse i afløbssystemet medfører udover eventuelle recipienteffekter også en lang række andre og væsentlige problemer i og omkring afløbssystemerne. Generelt må det derfor konkluderes, at svovlbrinteproblemer normalt bør løses ved kilden og ikke i forbindelse med de regnbetingede udledninger.

Der foreligger i øvrigt ikke nogen observationer af svovlbrinteproblemer i danske recipienter; men det skal i denne forbindelse anføres, at det eventuelt udledte svovlbrinte hurtigt iltes, hvorfor en monitoring er vanskelig.

Ammoniak vil ved pH op til ca. 9 i recipienten overvejende forefindes på den uskadelige, dissocierede form  $NH_4^+$ . Først ved  $pH > 9$  bliver der for alvor problemer med giftigheden af ammoniakken (idet ammoniakken her gradvist overgår til den udissocierede form  $NH_3$ ). Sådanne høje pH-værdier er ikke normale for danske recipienter, men i vandløb kan de dog forekomme. I vandløb med stor fotosyntese i dagtimerne optager planterne således  $CO_2$  fra vandet med øget pH som resultat.

Koncentrationen af total ammoniak ( $NH_3$  og  $NH_4^+$ ) i overløbssvand fra fællessystemer vil ofte være i størrelsesordenen 1- 6 mg/l. Da den dødelige koncentration for fisk ligger i størrelsesordenen 1-10 mg/l (afhængig af bl.a. eksponeringstiden) er det altså teoretisk muligt at regnbetingede udledninger kan bevirke fiskedød som følge af udledt ammoniak.

### 9.3 Virkemidler til fjernelse eller begrænsning af effekten

Den toksiske virkning af svovlbrinte og ammoniak reduceres af indlysende grunde ved en reduktion af udledningen. Dette vil kunne opnås ved bassiner. For svovlbrintes vedkommende er der imidlertid en række andre grunde (sikkerhed, korrosion osv.) som gør, at

det normalt er en klar målsætning at holde kloaksystemet fri for svovlbrinte, hvilket blandt andet kan opnås ved at sørge for at iltfrie forhold ikke kan opstå.

#### ***9.4 Udlederkrav, fælleskloakerede og separatkloakerede oplande***

Der foreligger allerede veldefinerede kvantitative krav til tilstanden i vandløbene for de nævnte påvirkninger. Disse kan imidlertid ikke på grund af de omtalte kemiske omsætninger direkte omregnes til udledningskrav. Før der foreligger en mere tilbundsgående analyse af om toksiske effekter på grund af svovlbrinte og ammoniak optræder under danske forhold i forbindelse med regn er det næppe hensigtsmæssigt at komme med forslag til udledningskrav.

## Appendiks 1

23. november 1999

### Rapport vedr. biologiske effekter af regnudledninger til vandløb.

#### Gruppens sammensætning

Poul Harremoes, IMT, DTU

Thorkild Hvitved-Jacobsen, LMT, AAU

Jens Skriver, DMU, Silkeborg

Hans Heidemann Lassen, Nordjyllands Amt

Bjarne Moeslund, Bio/consult as

#### Gruppen har afholdt to møder:

torsdag d. 16.9.99, 09.00-12.00 på DTU og

onsdag d. 27.10.99, 10.00-13.00 på AAU.

Gruppen har afgrænset opgaven til vandløb, fordi biologiske mål for recipientkvalitet i form af faunaindices indgår direkte i målsætningsopfyldelsen for vandløb. Søer og andre recipienttyper er ikke inddraget, fordi biologiske effektmål ikke indgår direkte i målsætningsopfyldelsen.

Som led i sine aktiviteter har gruppen udarbejdet følgende rapport til udvalget vedr. regnbetingede udledninger.

#### Grundlaget for gruppens initiativ

Gruppen har taget initiativ til denne gennemgang af de problemer, der er forbundet med

de biologiske effekter af regnbetingede udledninger i vandløb. Baggrunden er, at målsætningerne for danske vandløb indeholder krav til det biologiske indhold (flora og fauna), og at vandløbenes kvalitet rutinemæssigt bedømmes på grundlag af biologiske monitoringsmetoder, eksempelvis bedømmelse af vandløbskvaliteten ved hjælp af Dansk Vandløbsfauna Indeks. Det betyder, at vurdering af effekten af tiltag til reduktion af regnbetingede udledninger bliver foretaget på et empirisk grundlag ved hjælp af biologiske indikatorer.

Det væsentlige er, at man bestræber sig på at beskrive årsagssammenhængen mellem udledning og biologisk effekt - om ikke andet så kvalitativt og trods alskens usikkerhed. Hvis en sådan årsagssammenhæng ikke lader sig beskrive, så foreligger der et meget stort problem med hensyn til beslutningsgrundlaget for store investeringer i at mindske udledningerne. Beslutningerne træffes i dag på grundlag af den formodning, at der er en sammenhæng.

I løbet af de seneste årtier har der været udfoldet store bestræbelser for at beskrive årsagssammenhænge, såvel kvalitativt som kvantitativt, og lade disse ligge til grund for beslutninger om store investeringer. Det har været oplevelsen på grundlag af omfattende undersøgelser, at resultaterne er behæftet med store usikkerheder med hensyn til relationen mellem de fysiske og kemiske påvirkninger; og for de biologiske effekter er usikkerheden endnu større - så store, at det er bekymrende, at der ikke gøres en større indsats for at forstå sammenhængen og gøre den forudsigelig - i hvert fald i et vist omfang og med et vist kendskab til usikkerheden.

### ***Den aktuelle situation***

De regnbetingede udløbs betydning og effekt er tydeligst i små vandløb. Situationen er typisk den, at en kommune har samlet al spildevandsrensning på et eller nogle få centrale renseanlæg, med afløb enten direkte til havet eller til vandløb med en passende stor vandføring. Begge dele for at sikre, at udledningen af det rensede spildevand sker, hvor der er mulighed for en passende fortynding. Det betyder, at spildevandet i hovedparten af tiden ledes til de centrale renseanlæg og derfor ikke gør nogen skade i de små vandløb, således som det var tilfældet før etableringen af de centrale renseanlæg.

Men de byer, hvorfra spildevandet kommer, ligger stadig hvor de altid har ligget, for en dels vedkommende typisk ved de øvre dele af vandløbssystemerne. Og det er her mange af de regnbetingede udløb findes. Som eksempel blandt mange kan nævnes: Vester Elbæk i Løkken-Vrå kommune. Det meget lille vandløb modtager i dag overløbsvand fra Vrå, hvorimod den daglige spildevandsstrøm afskæres via en ca. 15 km lang ledning til renseanlægget i Løkken. Spektret af regnbetingede udløb spænder fra systemer med meget ringe overløbsfrekvens til systemer, hvor der nærmest er tale om permanente udløb, angiveligt på grund af "vanskelige" kloakeringsforhold.

Man har altså samlet spildevandsrensningen på centrale og effektive anlæg, men efterladt muligheden for periodiske udløb af fortyndet, men urensset spildevand mv., til de små

vandløb.

Som led i gruppens arbejde er der foretaget en mindre undersøgelse af amternes erfaringer på området. Det har ført til følgende information:

## **Oversigt over forholdene i Danmark**

Over halvdelen af de målsatte danske vandløb, i alt ca. 11600 km, har ikke en tilfredsstillende miljøkvalitet. I disse vandløb, hvor målsætningen ikke er opfyldt, vurderer amterne, at spildevandsmæssige problemer er den væsentligste årsag i ca. 6.000 km vandløb. Spildevandsmæssige problemer skyldes både udledning af rensset spildevand, regnvandsbetinget udledning af urensset spildevand via overløb fra fælles kloakerede og separat kloakerede systemer, samt udledning af urensset spildevand fra: spredt bebyggelse. På landsplan vurderes udledning af spildevand (renset og urensset) fra kloak-systemerne at være af noget mindre betydning end udledningerne fra spredt bebyggelse (Skriver et al. 1997; Miljøstyrelsen, 1997). Men udledning af rensset og urensset spildevand fra kloaksystemerne vurderes dog af amterne at være årsagen til manglende målopfyldelse i over 1700 km vandløb. Mængden af BODs fra overløb (incl. regnvandsudløb) og mængden fra rensset spildevand udgør nu hver især ca. 50% af den samlede mængde (Tony Christensen, pers. com.)

Målet har været at sammenstille den eksisterende viden om konsekvenserne af de regnvandsbetingede udledninger af urensset spildevand for tilstanden i vandløbene.

Med henblik på at afklare omfanget af de recipientmæssige problemer er 7 udvalgte amter blevet kontaktet. Amterne er blevet spurgt om, hvad den generelle vurdering er med hensyn til eventuelle recipientmæssige problemer. Derudover er amterne blevet spurgt om, hvorvidt der foretages et regelmæssigt tilsyn med overløbene.

### ***Generelle udmeldinger fra amterne***

De kontaktede amter vurderer generelt, at udledning fra overløbene giver anledning til en del recipientmæssige problemer - især lokalt kan udledningerne have stor betydning.

Amternes tilsyn med overløbene består dels i en vurdering umiddelbart nedstrøms for overløbet, hvor rester af toiletpapir, tamponer o.l. registreres (æstetisk vurdering). Samtidigt foretages en beskrivelse af smådyrfaunaen (forureningstilstanden) 25-100 meter nedstrøms for overløbet (biologisk vurdering).

Der er stor forskel på tilsynets omfang i de enkelte amter (Tabel 1). Ingen steder foretages der årlige tilsyn med samtlige overløb. Hertil er antallet af overløb simpelthen for stort. I nogle amter er tilsynet igangsat indenfor de senere år, og samtlige overløb er derfor endnu ikke blevet tilset. Nogle amter foretager tilsynet kommunevis (f.eks Ribe), andre amter laver en prioritering efter forventet overløbsfrekvens eller kendskab til en

dårlig miljø kvalitet i udvalgte vandløb (f.eks. Århus Amt). I en del af amterne foretages der ikke noget egentligt tilsyn med overløbene, og disse tilses kun i forbindelse med en konkret sagsbehandling.

*Tabel 1. Tilsyn med overløb i udvalgte amter. Antallet af overløb fra fælles kloakerede og separat kloakerede systemer er vist for de amter, hvor oplysningerne har været umiddelbart tilgængelige.*

<b>Amt</b>	<b>Regelmæssigt tilsyn ?</b>	<b>Antal overløb (Fælleskloakerede+ separatkloakerede)</b>
Nordjyllands Amt	Ja	513 + 1077
Viborg Amt	Nej	342 + 508
Århus Amt	Ja	554 + 962
Ribe Amt	Ja	4-500 + ?
Sønderjyllands Amt	Nej	500 + 700
Fyns Amt	Nej	585 + 1130
Storstrøms Amt	Nej	Ingen sikre tal. Måske 500 totalt.
Vejle Amt	Nej	Ca. 1000 + ?

### **Resultater fra udvalgte amters tilsyn**

#### **Nordjyllands Amt**

Der er gennemført registrering af overfaldsbygværker og regnvandsudløb. Overfaldsbygværkernes indretning er beskrevet. I en første tilsynsrunde er der foretaget saprobie undersøgelser omkring bygværkerne ligesom slam og ristestof er noteret. Fra 1999 er en systematisk tilsynsrunde påbegyndt med udgangspunkt i recipienterne. I tilfælde af problemer tilses bygværket. Tilsynsrunden afsluttes år 2000. Fremover er tilsynet planlagt med 5 års frekvens. Der er noteret forureningsproblemer ved 25-30 % af de tilsete overfaldsbygværker, og ved enkelte regnvandsudløb er der forurening p.gr.af fejkoblinger.

#### **Viborg Amt**

Samtlige udløb er registreret. Der foreligger ikke systematiske vandløbsundersøgelser omkring udløbene. Amtet vurderer dog, at udledning fra overfaldsbygværker er et stort problem i enkelte vandløb.



## Ribe Amt

Alle overfaldsbygværker er tilset. Der er noteret forekomst af slam, ristestof og forureningsfauna, men ikke systematisk udført saprobieundersøgelser. Tilsynet er afrapporteret kommunevis. På baggrund heraf vurderer amtet, at der er recipientmæssige problemer ved ca. 30% af overløbene.

## Århus Amt

Århus Amt har gennem de sidste 10 år ført tilsyn med overløbene i amtet. Overløbene er registreret, og udløbsstederne er indtegnet på kort. Der foretages en løbende prioritering af tilsynet. Overløb hvor der ikke har været synlige spor af udledning gennem flere år udelades af tilsynet. I stedet inddrages andre overløb, hvor forholdene ikke kendes.

I 1998 blev 142 overløb tilset. Tilsynet blev overvejende foretaget i juli og august, d.v.s. i perioden inden de hyppigste overløbshændelser. Ved 27% af overløbene var der synlige spor af udledning, idet der blev registreret toiletpapir o.l. nedfor udløbet.

Ved 71 af de 142 overløb var det muligt at foretage en opstrøms og en nedstrøms biologisk bedømmelse. Kun i 9 ud af de 71 tilfælde blev der konstateret en effekt på smådyrfaunaen i form af en forringelse af forureningsgraden. Dette indebærer at kun i halvdelen af de tilfælde, hvor der er konstateret udledning af toiletpapir m.m. ses der samtidigt en væsentlig påvirkning af smådyrfaunaen. Forklaringen herpå kan bla. være at den biologiske bedømmelse foretages så forholdsvis tæt på overløbet. Den maksimale effekt ses formentlig i mange tilfælde først længere nede i vandløbet, samtidigt med at drift af dyr fra opstrøms liggende strækninger relativt hurtigt vil kunne rekolonisere de første 25-100 meter nedstrøms for overløbet.

## Vejle Amt

Registrering af udløb er påbegyndt. Overløbshyppighed måles på udvalgte bygværker. Der foreligger ikke systematiske vandløbsundersøgelser omkring bygværkerne, men fra det regionale tilsyn er der mange eksempler på udledning fra bygværker. Amtet vurderer, at belastning fra overfaldsbygværker er et problem.

## Sønderjyllands Amt

Registrering af bygværker er ved at være gennemført. Der foreligger ikke systematiske vandløbsbedømmelser, men tidligere intensive undersøgelser viser, at denne type af udledning er et problem. Det er planlagt at lade tilsyn omkring bygværker indgå i intensive

undersøgelser i indsatsområder.

### ***Delkonklusion***

- Mængden af organisk stof (BODs) fra overløb (incl. regnvandsudløb) har nogenlunde samme omfang som den mængde, der udledes fra renseanlæggene med rensset spildevand.
- Der er uæstetiske forhold ved 25-30% af overløbene i form af toiletpapir m.m. som typisk sidder i bredvegetationen.
- De biologiske undersøgelser i vandløb som de foretages i øjeblikket undervurderer formentlig de recipientmæssige effekter af regnvandsbetingede udledninger.

### ***Effekter på biologien***

Nedenstående redegøres for en række forhold, som vurderes at være af betydning for de biologiske effekter af regnudledninger.

#### ***Hydrauliske effekter***

I mindre vandløb kan regnudledning ofte være ensbetydende med en voldsom øgning af vandføringen. Det er det første problem: denne "flash-flood" kan forårsage betydelige ændringer i vandløbene med øget sedimenttransport og -aflejring mv. til følge. Det skal også nævnes, at når store, pulsagtige udledninger finder sted i små vandløb, så de påføres hydrauliske hændelser, der er helt unaturlige. Det er således ikke ualmindeligt, at små vandløb via de regnbetingede udløb påføres maksimalvandføringer, der er mange gange større end den naturlige maksimalvandføring, eksempelvis når og hvis byer eller fabriksanlæg får behov for afledning af vand fra befæstede arealer. Dette kan have en dramatisk effekt på biologien i vandløbet. Disse forhold blev dokumenteret ved undersøgelserne i Skravad Bæk, foretaget af Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium i Silkeborg i 1979.

#### ***Effekt på iltforholdene***

Fra tid til anden er de regnbetingede udløb i funktion, og i nogle vandløb kan udløbsfrekvensen være ganske høj, særlig i den våde del af året. Men også i den tørre del af året kan overløb forekomme, og kan da have en meget større effekt, idet vandløbet da har lille vandføring, lavere iltindhold i vandet og måske ringere genluftning, ligesom der kan udskilles store mængder partikulært stof fra kloaksystemerne mv., og der er en højere stofomsætningsrate i vandløbet på grund af den højere temperatur. Denne effekt på iltforhol-

dene i vandfasen i vandløbet sker som enkelthændelser, hvor det er den samlede udledning i en given hændelse, der er afgørende.

### ***Effekt på vandløbsfaunaen***

Det må antages, at jo større overløbsmængde og jo højere overløbsfrekvens, desto større effekt på iltforholdene i sedimenterne, idet store overløbsmængder kan føre til akkumulation af organisk stof i sedimenterne. Det kan føre til, at der i vandløbene kan opretholdes en veludviklet biofilm på bundens og på planternes overflader samt en individrig "slamfauna" i slamaflejringerne. Omvendt vil sjældne overløb ske til et miljø uden veludviklet biofilm, og det må forventes at give et relativt mindre iltforbrug, forudsat aflejringerne af iltforbrugende slam ikke er store nok til langvarige forandringer af miljøet i vandløbene.

Det er et problem, at den pulsagtige øgning af vandføringen almindeligvis er ledsaget af et højt indhold af partikler mv., bl.a. fra det urensede spildevand, herunder sediment og afrevet biofilm fra afløbsledningerne. Ved faldende vandføring vil dette suspendede stof almindeligvis blive aflejret i vandløbet, og det er ikke ualmindeligt at se vandløbsbunden i små vandløb overtrukket med et lag af gråt spildevandsslam efter en sådan overløbshændelse. Efter en sådan hændelse ligger der så et lag af stærkt iltforbrugende slam over bunden i et vandløb, hvor vandføringen er lille. Her kan rentvandsdyr ikke leve, mens der til gengæld er mulighed for forekomst af forureningstolerante dyr, særlig hvis aflejringerne af slam er store nok. Hvis de ikke er det, kan der være tale om, at rentvandsdyrene er forsvundet, enten som følge af drift eller som følge af, at dyrene er døde, og vandløbet vil i så fald være efterladt med en meget arts- og individfattig fauna.

Hvis der er tale om meget sjældne overløbshændelser, kan faunaen i nogle tilfælde nå at genindvandre, men erfaringen er, at overløbsfrekvensen ofte er for stor til at genindvandring kan finde sted. Og selv ved lav overløbsfrekvens er det i modstrid med målsætningen, hvis vandløbene i en periode ikke kan huse eller huser en naturlig smådyrsfauna på grund af regnbetingede udløb.

### ***Miljøfremmede stoffer***

Et sidste, men meget væsentligt problem relaterer sig til de regnbetingede udløbs tilførsel af vejvand og vand fra befæstede arealer mv. til vandløbene. Udledning af saltholdigt vejvand kan have stor indflydelse på levevilkårene for både smådyr og planter i vandløbene, og pludselige udledninger af store mængder saltvand kan føre til "affolkning" af vandløbsbunden på grund af smådyrenes katastrofedrift. Særlig problematisk bliver vejvandet dog, når der også udledes miljøfremmede stoffer, hvoraf mange er eller kan være giftige for smådyr. Og erfaringen viser, at mængden af miljøfremmede stoffer generelt er stigende, og erfaringen viser også, at der fra tid til anden sker uheld med miljøfremmede og -skadelige stoffer, som med eksistensen af regnbetingede udløb kan løbe uhindret ud i vandløbene. Fra uheld med udledninger af pesticider ved man, at vandløbsstrækninger

kan være helt "defauniserede" i lange perioder på grund af stoffernes binding til sedimentet, og noget lignende kan ikke udelukkes også at gælde for andre miljøfremmede stoffer. Dertil kommer, at der for en række stoffers vedkommende sker akkumulation i vandløbenes sedimenter, hvilket betyder, at der over tid kan opbygges en alvorlig effekt på vandløbenes miljø. Endelig må det ikke glemmes, at udledninger af miljøfremmede stoffer kan have vidtrækkende konsekvenser, eksempelvis hvis de havner i mennesker og dyr, der lever af fisk fra vandløbene.

### ***Vandløbskvaliteten***

Det er klart, at i de fleste vandløb er der mange faktorer, der har indflydelse på vandløbskvaliteten. Og det er også klart, at jo større vandløbene er i forhold til overløbene, desto mindre er effekten, eller i hvert fald desto vanskeligere er det at påvise effekten. Men sidstnævnte betyder jo ikke, at effekten ikke er der.

Hovedbudskabet er derfor: man har med bygningen af effektive centrale renseanlæg taget meget vigtige skridt i retning af at skaffe rent vand i vandløbene. Men den store investering kan i miljømæssig henseende være gjort forgæves, hvis der fra tid til anden sker udledning af urensset spildevand. Dyrene (og planterne) kan kun dø en gang.

I mange, især små og mellemstore vandløb, kan der være behov for helt at undgå regnvandsbetingede udløb for at sikre vandløbets dyr og planter permanent gode levevilkår og for at undgå, at dyrelivet i perioder er stærkt påvirket som følge af selv nok så sjældne overløbshændelser. I de større vandløb kan det være vanskeligere at vurdere, om overløbshændelserne er årsag til ændringer, som er i konflikt med vandløbenes målsætninger.

### **Metodiske usikkerheder**

Vanskelighederne med at påvise effekten kan enten relateres til redskabet (Dansk Vandløbsfauna Indeks o.l.) eller til tilstedeværelsen af flere samtidige faktorer (kanalisering, reduceret vandføring, udledninger fra spredt bebyggelse osv.). Dansk Vandløbsfauna Indeks er på mange måder et udmærket redskab til bedømmelse af vandløbskvaliteten. Det skal dog bemærkes, at hver indekssværdi spænder over et interval af vandløbskvalitet og dermed faunasammensætning. En uændret indekssværdi betyder altså ikke nødvendigvis, at vandløbet ikke er påvirket. Der er mange situationer, hvor der må fuldstændige udsorteringer og bestemmelser af faunaen til for at påvise ændringer. Og så kan det alligevel være vanskeligt - eller umuligt. Og oven i disse metodebetingede vanskeligheder kommer så problemerne med at skille tingene ad: hvad skyldes regnvandsbetingede udløb, hvad skyldes kanalisering, hvad skyldes reduceret vandføring osv. Det siger indekset jo ikke noget om, og vurderingen må baseres på konkrete undersøgelser af forholdene kombineret med vandløbsbiologisk erfaring.

## **Praktisk fremgangsmåde**

Den ultimativt bedste situation er eksplicit at kunne bestemme, hvilken udledning, som vil kunne tilfredsstille de givne målsætninger for recipienterne. Det forudsætter, at der findes en veldokumenteret relation mellem udledningens størrelse, hyppighed og karakter og den resulterende biologiske kvalitet i recipienten. På et sådant grundlag kan man udregne den tilladelige belastning på grundlag af de givne recipientkvalitetsmålsætninger. Desværre foreligger der ikke veldokumenterede årsagssammenhænge for relationen mellem udledning og resulterende biologisk recipientkvalitet.

Der findes to principielt forskellige fremgangsmåder for valg af tiltag:

- Den deterministisk prediktive metode
- Den empirisk iterative fremgangsmåde

### ***Den deterministisk prediktive metode***

Denne metode består i, at der etableres følgende viden om påvirkninger af recipienten:

1. Recipientkvalitetsmålsætninger
2. En sammenhæng mellem belastningen i form af udledning til recipienten og resulterende recipientkvalitet
3. En viden om afløbssystem og renseanlæg, som gør det muligt at beregne belastningen på recipienterne under regn
4. En viden om de drivende kræfter (regnstatistik).

Som baggrund for undersøgelser foreligger der ofte et sæt af recipientkvalitetsmålsætninger for recipienterne, indeholdende bl.a. krav til floraens og faunaens sammensætning og til vandets iltindhold.

Der foreligger viden om de drivende kræfter de fleste steder i landet. Det skyldes, at der over en række år har været målt regn flere steder.

Sammenhængen mellem regn og belastning i form af udledning til recipienten kan findes ved lokale undersøgelser, som tilstræber at udnytte og supplere den etablerede viden om afløbssystemet.

Det er meget almindeligt, at der er manglende led i kæden i form af usikkert kendskab til årsagssammenhængen mellem udledninger og recipientkvaliteten. De seneste års undersøgelser i vandløb har demonstreret dette, Furesøen, Harrestrup Å, Damhusåen, Odense Å, m.fl.

Dette leder frem til alternative fremgangsmåder.

### ***Den empirisk iterative fremgangsmåde***

Det har været nødvendigt at gennemtænke en alternativ fremgangsmåde, fordi det er ret sædvanligt, at der ikke foreligger andet end en meget usikker viden om årsagssammenhæng mellem udledning og resulterende recipientkvalitet. Den såkaldte empirisk iterative fremgangsmåde består i at gennemføre trinvis tiltag i den forventeligt rigtige retning uden præcist kendskab til den resulterende recipientkvalitet. Den resulterende recipientkvalitet monitoreres systematisk og efter nogle år kan det konstateres, hvorvidt det givne tiltag er tilstrækkeligt. Hvis svaret er JA, kan investeringerne anses for afsluttet med succes. Hvis svaret er NEJ, må der foretages yderligere tiltag, som derpå fortsat monitoreres og på ny analyseres efter nogle år.

I de seneste år er der arbejdet med en kombination af disse to metoder. Der foretages recipientundersøgelse for i så stor udstrækning som muligt at kunne forudsige ønskelige tiltag, som formodes at tilfredsstille recipientmålsætningens krav. På dette grundlag indledes tiltag, som med den opnåede viden må forventes at lede i den rigtige retning. Ved at fortsætte recipientundersøgelserne opnås to fordele: Der sker en monitoring, som undersøger virkningen af tiltagene og med den øgede viden opstilles et fornyet program for supplerende tiltag, som forventes at tilfredsstille målsætningens krav.

## Hovedelementer i problemstillingen

Samlet kan problemstillingen vedrørende regnbetingede udløb udmøntes i følgende hovedelementer:

1. For nogle vandløb gælder, at de regnbetingede udledninger er blevet en afgørende faktor for den biologiske vandløbskvalitet.
2. For nogle vandløb gælder, at vandløbskvaliteten er så dårlig, at regnbetingede udløb eller øget omfang af de regnbetingede udløb ikke kan tåles.
3. Der er erfaring for, at der findes vandløb, hvor belastningen fra regnbetingede udløb under alle omstændigheder er uforenelig med opnåelse af den biologiske vandløbskvalitet og sikringen heraf.
4. Der er erfaring for, at eksistensen af regnbetingede udløb rummer en fare for, at der på et eller andet tidspunkt sker en udledning, der i værste fald kan have langvarig ødelæggende effekt på faunaen i vandløbene. Denne problemstilling kræver risikovurdering, primært for faunaen.
5. Der foreligger ikke et velbelyst grundlag for at foretage en sådan risikovurdering for faunaskader. Det er utilfredsstillende, at der ikke foreligger noget systemiseret erfaringsmateriale, som kan belyse årsagssammenhænge mellem regnbetingede udledninger og biologiske effekter i vandløb. Investeringer foretages derfor på et utilstrækkeligt grundlag i forhold til målsætningernes krav til biologisk vandløbskvalitet.
6. Derfor bør den empirisk/iterative fremgangsmåde anvendes i praksis. Den bør følges op af monitoring efter foretagne indgreb til formindskelse af den regnbetingede udledning, således at næste iteration kan foretages på et mere oplyst grundlag.
7. Der bør udvælges vandløb, hvor undersøgelser kan gennemføres specifikt med henblik på dokumentation af en årsagssammenhæng. Der bør ske en teoretisk metodeudvikling for risikovurdering for faunaskader mv., og der bør søges et empirisk grundlag for vurdering af sådanne metoders anvendelighed.

## ***Referencer***

Skriver J., Baattrup-Pedersen A. & Larsen S.E. (1997): Vandløbenes miljøtilstand. Ferske vandområder. Vandløb og kilder. Faglig rapport fra DMU, nr. 214, p. 29-46,

Miljøstyrelsen (1997): Punktkilder 1996. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 16.

Ellis, B. T.H. Jacobsen (1996) Impact on biological communities, Journal of Hydraulic Research, vol. 34(6), p. 776