

# Forurensningsutslipp fra overløp i Skien og Porsgrunn

## Analysert for en hel regnsesong med Nivanett's nye tidsserieversjon

Av Frode Syversen.

Frode Syversen er sivilingeniør ansatt hos Berdal Strømme a.s.

### Situasjons- og problembeskrivelse

I følge Nordsjøavtalen skal vi redusere utslippene av næringssalter med 50% innen 1995. Kommunal kloakk er et viktig element i denne avtalen. Uten at det tas stilling til hva som er et realistisk måltall for utslippsreduksjonen kan det konstateres at det investeres milliarder i renseanlegg og ledningsnett innen avløpssektoren.

Nødvendigheten av å se utslippene fra avløpsrenseanlegg i sammenheng med utslipp fra tilhørende transport-system er kommet klarere fram i den senere tid. I henhold til nye sentrale retningslinjer vil utslippstillatelsene heretter sette krav til utslipp både fra renseanlegg og avløpsnett.

I nedbørsperioder gir overløp på avløpsnettet ofte store utslipp av fortynnet råkloakk til resipientene.

De nye retningslinjene fra SFT sier ikke noe om hvordan fylkesmennene skal avvike utslippsnivået fra overløp mot utslipp fra renseanlegg, eller hvilke metoder og prinsipper som bør legges til grunn for en slik vurdering.

I forbindelse med utbyggingen av

Knarrdalstrand renseanlegg med kjemisk felling for ca. 80 000 PE fra Skien og Porsgrunn kommuner, ønsker Fylkesmannens miljøvernavdeling å få:

- dokumentert de totale utslipp fra overløp og renseanlegg
- optimalisert utslippene fra overløp og renseanlegg.

Det er derfor gjennomført beregninger av overløpsutslippene ved ulike situasjoner med en ny versjon av beregningsmodellen NIVANETT med tidsseriesimulering. Optimaliseringstiltak er kost/nyttet beregnet.

Analysen gir grunnlag for å fastsette konkrete målsetninger og krav til overløpsutslippene. Når utbyggingen av renseanlegg og avskjærende avløpsanlegg er etablert og satt i drift, vil det være aktuelt å supplere/kontrollere beregningene med kontinuerlig måling ved overløpene, og evt. fjernstyre overløpene.

Gjennomførte prosjekt inngår i Miljøpakke Grenland og er finansiert med 75% tilskudd fra Miljøverndepar-

temetet. Prosjektet kan ha allmenn interesse, da en ny metode for beregning av overløpsutslipp utprøves.

### Knarrdalstrand rensedistrikt

Hovedresipient er Porsgrunn-/Skien-elva som går ut i Frierfjorden. Tilførsel av næringsalter som forårsaker algeoppblomstring og oksygensvikt er et av hovedproblemene i denne relativt høyt

forurensningsbelastede elva. I Miljøpakke Grenland har man satt som mål å få badevannskvalitet i elva innen år 2000.

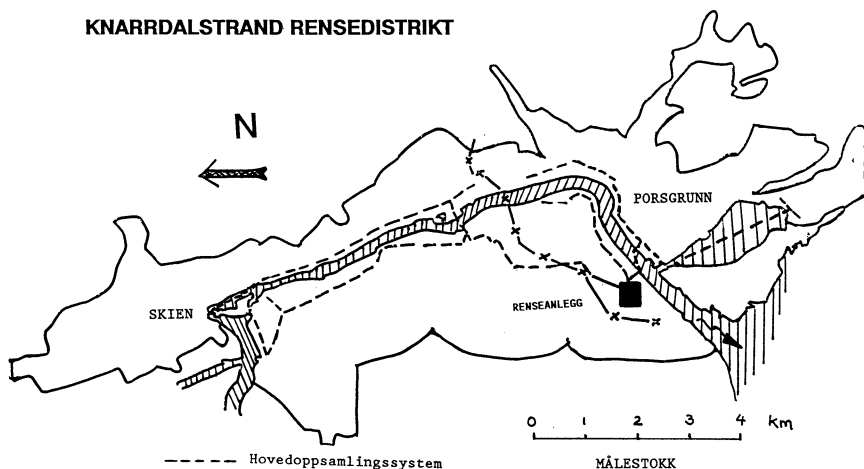
Rensedistriktet strekker seg langs elva fra Hjellevannet ved Skien sentrum til utløpet i Frierfjorden og utgjør et areal på ca. 21 km<sup>2</sup>. Kfr. figur 1.

Dagens spillvannsproduksjon i rensedistriktet fordeler seg mellom:

Kommune	Personer	Personekvivalenter	Personenheter
Skien	26.000	17.900	43.900
Porsgrunn	18.700	7.300	26.900
Totalt	44.700	25.200	69.900

Eksisterende transportsystem består stort sett av mange små avløpsfelt med tilhørende direkte utslipp til elva, totalt ca. 75 stk. Fellessystemet dominerer i området og utgjør 70—80%. Det er ca. 40 overløp lokalt i avløpsnettet med relativt små tilhørende avrenningsfelt.

Eksisterende utslipp fra avløpsnettet vil avskjæres på begge sider av elva med et hovedoppsamlings- og overføringsnett. Det avskjærende avløpssystemet inkluderer 25 nye separate overløp og 35 nye pumpestasjoner med overløp.



Figur 1. Skisse over Knarrdalstrand rensedistrikt med hovedelementer.

Det er sprenget ut en tilløpstunnel foran renseanlegget som også vil utnyttes som fordrøyningsvolum, totalt 4000 m<sup>3</sup> eller ca. 25 m<sup>3</sup>/ha redusert avrenningsareal. Hele overføringssystemet var allerede før analysen planlagt og dimensjonert ut fra en overløpsinnstilling på 4 ganger spillvannsføring (800 l/p · d), mens maksimal tilrenning til renseanlegget var satt til 3 ganger spillvannsføring (600 l/p · d). Tilløpstunnelen skal da stort sett kunne utjevne differansen.

### Metoder og utførelse

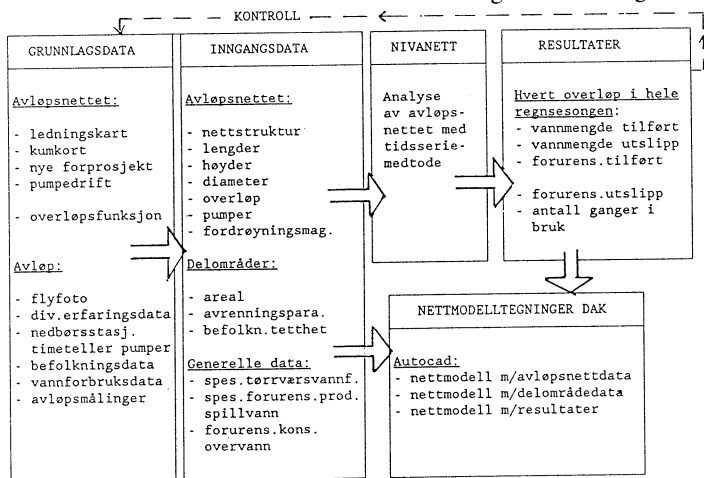
En stor del av prosjektet har bestått i å etablere avløpsnettmodeller. Modellene er etablert i to trinn ut fra en todelte målsetning:

1. Detaljerte avløpsnettmodeller som et generelt analyserverktøy for planlegging og drift av avløpssystemet i kommunene.
2. En grovmasket modell av hele transportsystemet, spesielt tilpasset forurensningsanalysen.

De detaljerte modellene består totalt av 1270 knutepunkt-/lednings-elementer fordelt på 19 avløpssoner, mens den grove nettmodellen består av ca. 430 knutepunkt-/lednings-elementer. Alle overløp og pumpestasjoner er med i modellene, totalt 110 stk. Fig. 2 viser et forenklet flytskjema for systemanalysen.

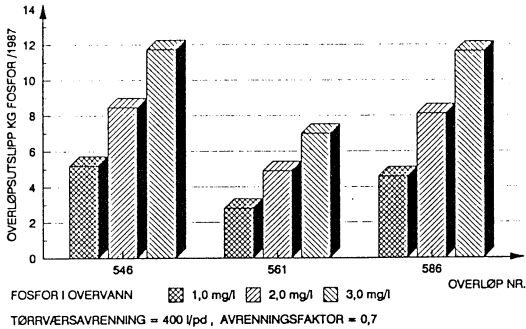
Etableringen av nettmodellene er hovedsaklig basert på eksisterende grunnlag i kommunen, supplert med endel feltarbeid. Det er ikke gjennomført noe større måleprogram for å kunne kalibrere avrenningsparametre i modellen. Erfaringsvis er dette arbeidet meget ressurs- og tidkrevende, ofte uten at man kommer til entydige resultater. Modellen bør på et senere tidspunkt kontrolleres mot målinger på sentrale steder, spesielt når konkrete tiltak skal bestemmes.

I det påfølgende gjengis valg av de viktigste inngangsdata for forurensningsanalysen med tilhørende kommentarer. Resultater fra egne følsomhetsvurderinger er vist i fig. 3.

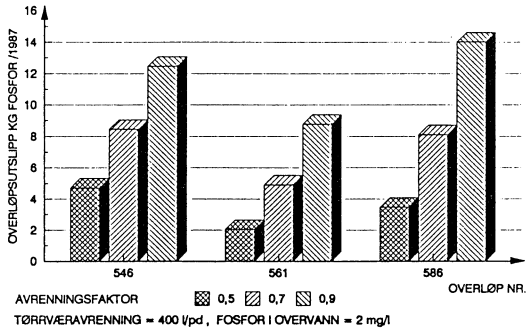


Figur 2. Flytskjema for systemanalyse Knarrdalstrand rensedistrikt.

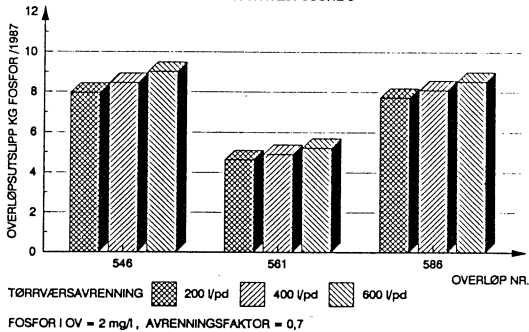
**SYSTEMANALYSE KNARRDALSTRAND RENSEDISTRIKT**  
 SENSITIVITETSANALYSE OVERLØPSUTSLIPP  
 PORSGRUNN AVLØPSSONE 5



**SYSTEMANALYSE KNARRDALSTRAND RENSEDISTRIKT**  
 PORSGRUNN AVLØPSSONE 5



**SYSTEMANALYSE KNARRDALSTRAND RENSEDISTRIKT**  
 SENSITIVITETSANALYSE OVERLØPSUTSLIPP  
 PORSGRUNN AVLØPSSONE 5



Figur 3. Effekten av å variere analyseparametrene overvannsforurensning, avrenningsfaktor og tørrversvannføring for beregnet overløpsutslipp over en hel regnesesong.

<i>Parameter</i>	<i>Valgt verdi</i>	<i>Kommentarer</i>
Overvannsfurensning	2,0 mgP/l	Basert på erfaringstall fra norske måleprogram, kfr. NTNF-VAR 90/88. Inkluderer overflateavlagringer og røravlagringer som vaskes/spyles ut under regnvær. Følsomhetsanalyse antyder at en økning til 3,0 mgP/l (50%) vil øke beregnede sesongutslipp fra overløp med ca. 40%.
Avrenningsfaktor for «tette flater»	0,7	For overløpsberegning benyttes volumavrenningskoeffisient. Andel «tette flater» er basert på erfaringsverdier fra målt avrenning andre steder. Avrenningsarealene er klassifisert i ulike grupper etter type. Beregnet overløpsutslipp er meget følsom for variasjoner i avrenningsfaktor. En økning i avrenningsfaktoren til 0,8 (14%) antyder en økning av overløpsutslipp med 25—30%.
Tørrværsvannføring	350 l/p · d	Basert på driftstidsmålinger ved eksisterende pumpestasjoner i området. Følsomhetsanalyse antyder at en 50% økning av tørrværsvannføringen gir liten effekt på beregnet overløpsutslipp (5—10%). Effekten vil bli noe større ved de mest aktuelle overløpsinnstillingene (4—6).
Nedbør	Plumatic-måler 3031 Kloster-skogen 1968-sesongen	Det er gjennomført en analyse av tilgjengelige regnmålsserier ved MI's automatiske korttids registrerende nedbørmålere for å finne en regnsesong som er representativ for et middelår. De nyutviklede programmene NIVAVA og NIVAMI er benyttet til dette. Hele regnsesongen i 1968 består av 80 regnepisoder som beregnes direkte av NIVANETT. Det er usikkert hvordan valg av en spesiell intensiv regnsesong vil øke beregnede overløpsutslipp, men effekten av et ekstremår vil antagelig være stor.

Ved vurdering av usikkerhetene og feilkildene i modellen konkluderes det med at beregnede overløpsutslipp er underestimert i modellen, hovedsakelig pga. sekundæravrenning og flombekkelukninger. I tillegg vil det også

være overløpsutslipp i vinterhalvåret i perioder med regn og snøsmelting/avrenning på frossen mark.

For forureningsanalysen var det nødvendig å få utviklet en versjon av NIVANETT for tidsseriesimulering av store avløpsnett. Tidsserieversjonen ble lagt om fra PC til NORD og utvidet til 1000 knutepunkter, samtidig som overløpsutslipp ved pumpestasjoner og fordrøyningsmagasin også ble mulig å få fram direkte.

### Analyseresultater

Effekten av ulike typer tiltak er beregnet. Som basis er det benyttet kost/

nytte betraktninger. Kost/nytte for hele utbyggingen av Knarrdalstrand renseanlegg og tilhørende avskjærende avløpsanlegg er beregnet til 0,7 mill. kr/tonn fosfor, når både kapital og driftskostnader inngår i årskostnadene. Alle de marginale optimaliseringstiltakene som er beregnet har ikke høyere kost/nytte enn hele Knarrdalstrand utbyggingen og vil dermed totalt sett gi en bedre kost/nytte faktor. I beregningene er 1 kg fosfor fra renseanlegg og 1 kg fosfor fra overløp likt.

Følgende tiltak er beregnet:

<i>Tiltak</i>	<i>Kost/nytte mill. kr./tonn p</i>
1. Justere overløpsinnstillingene mellom ulike overløp uten å øke den totale tilførsel.	0,04
2. Overføre mer vann til tilløpstunnel og renseanlegg u/økning av dim. pumpekapasitet.	0,1—0,2
3. Økt kapasitet overføringssystem og mer vann overføres tilløpstunnel og renseanlegg.	0,25—0,55
4. Bygge store fordrøyningsmagasin ved hovedoverløpsutslipp.	0,7

Resultatene fra beregninger for fullt utbygde anlegg og dagens belastning viser:

<i>Fosfor- utslipp</i>	<i>Før tiltak</i>		<i>Etter tiltak</i>		<i>Kommentarer</i>
	<i>kg/år</i>	<i>%</i>	<i>kg/år</i>	<i>%</i>	
Overløp *)	1000	18	780	14	Overløpsutslipp i sommersesong utgjør 36%
Renseanlegg	4700	82	4720	82	Ytterligere red. av overløpsutslipp kan oppnås
Totalt	5700	100	5500	96	

\*) Overløpsutslipp er bare beregnet for sommerhalvåret.

Det er beregnet at renseanlegget drives med 90% fosforfjerning. Det er normalt ikke noe problem å holde en konstant rensegrad for fosfor ved varierende vannmengde opp til Qmaks-dim.

Overløpsutslippenes andel blir 18% når beregnet regnsesongutslipp fordeles over hele året. For resipienten vil det være mest relevant å sammenligne utslippene over sommerhalvåret og da utgjør overløpsutslippene hele 36% av totalt utslipp.

Effekten av foreslåtte optimaliseringstiltak er beskjedne 4% når det gjelder totalt antall kg fosfor. Utslipp fra overløp teller mer enn utslipp fra renseanlegg og overløpsutslippene er redusert med nærmere 25%.

Optimaliseringstiltak er stort sett foreslått innenfor de anleggsmessige rammer som allerede er definert i foreliggende planer og det setter klare begrensninger på hva som er mulig å få til. Den angitte utslippsreduksjon på nesten 1/4 forutsetter marginale økning av pumpekapasitet for en del sentrale pumpestasjoner uten at det gir økte ledningsdimensjoner.

Overløpsinnstillingen er økt fra 4 til 6 ganger spillvannsføring i snitt for de store overløpene. Dette gir en bedre utnyttelse av fordrøyningsvolumet i tilløpstunnelen, men en ytterligere tilførsel vil trolig medføre en økning av de totale utslipp pga. store utslipp fra tilløpstunnelen foran renseanlegget.

Overløpsutslippene kan reduseres ytterligere hovedsakelig ved å:

- Kombinere økte pumpekapasiteter med etablering av lokale fordrøyningsmagasin eller andre tiltak
- Styre mer vann inn på renseanlegg når tilløpstunnelen går full. Når

byggetrinn 2 står ferdig i 1994 har renseanlegget en reservekapasitet på ca. 10% som bør utnyttes ved kraftige regnepisoder. Maksimal vannmengde inn på anlegget kan trolig økes fra normalt 3 ganger til ca. 4 ganger spillvannsproduksjon uten at renseeffekten reduseres nevneverdig.

Det er verdt å nevne at hovedandelen av de totale overløpsutslipp (70%) kommer fra noen store overløp (10%) under noen få kraftige regnepisoder i løpet av en regnsesong. Effekten av fordrøyning og forsinkelse i avløpsnettets synes å ha liten betydning for overløpsutslippene i disse situasjonene.

### **Oppsummering og konklusjoner**

- Beregnede overløpsutslipp utgjør på årsbasis 18% av totalutslipp.
- Beregnede overløpsutslipp utgjør i sommerhalvåret 36% av totalutslipp.
- Beregnede overløpsutslipp er underestimert i størrelsesorden:
  - sommerhalvåret: 10%
  - hele året: 30—40%.
- Overløpsutslipp må veies tyngre enn utslipp fra renseanlegg bl.a. pga.:
  - hygieniske og estetiske forhold ved utslipp av råkloakk
  - utslipp spres på flere steder og medfører mer lokal forurensning
  - ukontrollerte utslipp forekommer.
- Overløpsutslippene kan reduseres ved ulike tiltak avhengig av ulike ambisjonsnivå/rammebetingelser:
  - minst 1/4 reduksjon kan oppnås innenfor kost/nyttefaktoren til hele Knarrdalstrandutbyggingen
  - trolig kan det maksimalt praktiske måltall ligge rundt 40—50% utslippsreduksjon.

- Usikkerheter i beregningene har liten betydning for valg av optimaliserings tiltak.
- I det videre arbeid kan det være aktuelt å vurdere:
  - å gjennomføre målinger på avløpsnett
  - verifisere beregningsmodellen
  - optimal plassering av overløp
  - redusere antall eksisterende overløp
  - valg av overløpstype
  - effekt av andre tiltak som influerer på overløpsutslipp, f.eks.
    - spyling av avløpsnett eller økt bruk av lokal overvannsdysponering (LOD)
    - helhetsbilde som inkluderer også andre forureningsparametre og andre utslipp fra ledningsnett.
- Modellen ligger til rette for å arbeide målrettet mot utslippsreduksjoner ved videre saneringsplanlegging.
- Fylkesmannen kan enklere formulerer mål og krav til avløpsnett ved hjelp av gjennomførte analyse.

#### REFERANSER:

- Berdal Strømm A/S: «Systemanalyse Knarrdalstrand rensedistrikt». Prosjekt-rapport, febr. 1990.
- Aaby, Lars: «Forurensninger i overløp». NTN—VAR-rapport 90/88 NIVA, Oslo, aug. 1989.