



# Prosjektkomiteén for rensing av avløpsvann

## Forurensninger i overvann



## PROSJEKT RENSING AVLØPSVANN – PRA

I Stortingsproposisjon nr. 90 "Tilråding fra Industridepartementet av 10. april 1970", godkjent ved kongelig resolusjon samme dag, la Industridepartementet fram forslag til en bevilgning på 5,0 mill. kroner for 1970, som en første bevilgning for et flerårig forskningsprogram for rensing av avløpsvann. Forslaget grunnet seg på Ressursutvalgets innstilling nr. 1 som ble avgitt 3. juli 1969.

For at det faglige grunnlag for utbygging av avløpsanlegg skulle kunne bedres, konkluderte Ressursutvalget med at det måtte skje en utvidet forskningsinnsats for å finne fram til effektive transportmetoder og tilfredstillende metoder for rensing av avløpsvann.

En foreløpig tidsramme ble satt til seks år og kostnadene beregnet til omlag 30 mill. kroner.

St.prp. nr. 90 ble vedtatt av Stortinget og forskningsprogrammet kunne settes i verk. Forskningsprogrammet fikk navnet

### PROSJEKT RENSING AVLØPSVANN som forkortes PRA

Det ble opprettet en ad hoc komite, prosjekt-komiteen for et forskningsprogram for rensing av avløpsvann, for å vurdere og prioritere forskningsprosjekter.

Prosjektkomiteen har delt inn forskningsprogrammet i følgende 6 delområder:

1. Avløpsvannets mengde og sammensetning.
2. Rensing av avløpsvann og slambehandling.
3. Bruk av terrestriske resipienter for disponering av avløpsvann og slam.
4. Transportsystemer.
5. Utslipp av forurenset vann i resipienten.
6. Industriens avløpsproblemer.

En har i størst mulig utstrekning forsøkt å konsentrere innsatsen på forsknings- og utredningsoppgaver som vil gi resultater som kan anvendes på kort sikt.

De prosjekter som hittil har blitt prioritert er listet på omslagets side 3.

Prosjektkomiteen gir ut et informasjonsblad, PRA-INFORMASJON, samt såkalte bruker-rapporter.

Forespørsel om PROSJEKT RENSING AV AVLØPSVANN kan rettes til PRA-komiteens sekretariat v/avd.dir. John Hatling, Statens forurensningstilsyn, Postboks 8100 Oslo-dep., Oslo 1, tlf. (02) 41 88 60.

Forespørsel om PRA-INFORMASJON og BRUKERRAPPORTER rettes til sivilingeniør Paul Liseth, Ph.D., I/S Miljøplan, Maries vei 20, 1322 Høvik, tlf. (02) 53 88 89.

Brukerrapporter bestilles hos Liv Jansen, Norsk institutt for vannforskning, Postboks 333, Blindern, Oslo 3, tlf. (02) 23 52 80.

# Forurensninger i overvann

*Dr.ing. Oddvar Lindholm*

Norsk institutt for vannforskning

Formgivning, NIVAs tegnekontor  
Sats og ombrekking, Grafisk Kontor, NTNF  
Trykt hos Reclamo  
ISBN 80-90180-06-3  
Copyright Prosjektkomiteen for rensing av avløpsvann

## INNHold

FORORD	5
SAMMENDRAG	7
ANBEFALINGER	8
1. INNLEDNING	9
2. MÅLEOPPLEGG OG FELTBESKRIVELSE	9
2.1 Opplegg og gjennomføring av målingene	9
2.2 Beskrivelse av feltene	10
2.2.1 Bislettbekken – Oslo	10
2.2.2 Rukklabekkefeltet – Sandefjord	10
2.2.3 Øyafeltet – Trondheim	11
2.2.4 Solvik, K – Bærum	11
2.2.5 Solvik, O – Bærum	11
2.2.6 Oppsal – Oslo	11
2.2.7 Vestli – Oslo	11
2.2.8 Vestre Vika – Oslo	12
2.2.9 Risvollen – Trondheim	12
3. MÅLERESULTATER	12
3.1 Tørrværsavrenningens mengde og kvalitet	12
3.2 Overvannets kvalitet	13
3.2.1 Årlige utspylte mengder – middelkonsentrasjoner	13
3.2.2 Faktorer som påvirker det øye- blikkelige forurensningsnivået	16
3.2.3 Korrelasjon mellom de enkelte komponenter	19
4. KORRELASJON MELLOM FELTPARAMETRE OG ÅRLIGE UTSPYLTE MENGDER	24
5. REFERANSER	27

## FORORD

Prosjektet "PRA 4.7 – Undersøkelse av urbant avrenningsvann og forhold vedrørende overløp" – ble påbegynt september 1974 og avsluttet mars 1976.

Prosjektet er utført av Norsk institutt for vannforskning. Dr.ing. Oddvar Lindholm har vært prosjektleder støttet av følgende rådgivende komité:

Avdelingssjef P. Balmér  
Norsk institutt for vannforskning  
Vannverksjef K.S. Balstad,  
Oslo vann- og kloakkvesen  
Dosent Å. Bøyum  
Institutt for vassbygging, NTH  
Professor T. Simensen  
Institutt for vassbygging, NTH

Videre har følgende deltatt i prosjektet:

Avd.ing. Glomnes  
Bærum kommune  
Stud.tek. K. Kalleberg  
Institutt for vassbygging, NTH  
Stud.tek. A. Malme  
Institutt for vassbygging, NTH  
Avd.ing. N. Saltveit  
Oslo vann- og kloakkvesen

Dataseksjonen ved Norsk institutt for vannforskning har i samarbeid med A/S Computas utarbeidet dataprogrammer for databearbeiding og plotting i diagrammer.

Forurensninger i overvannet er målt i fem prøvelfelter med separatavløpssystem og i fire prøvelfelter med fellesavløpssystem. Prosjektet har hatt som målsetting å bestemme årlig utspylte mengder av de viktigste forurensningsparametre samt relatere disse til befolkningstetthet, prosent tette flater og kloakkeringsystem. Videre har oppmerksomheten spesielt vært rettet mot å beskrive de mekanismer som bestemmer det øyeblikkelige forurensningsnivået i overvannet under et nedbørtiffelle.

Denne rapporten gir en kortfattet beskrivelse av prøvelfeltene med opplegg og gjennomføring av målinger. Videre er den målte mengde og sammensetning av overvannet ved forskjellige nedbørtiffeller sammenstillet og statistisk bearbeidet. Til slutt er de årlige utspylte mengder av forurensende stoffer korrelert med de viktigste egen-skaper til prøvelfeltene.

Oslo, april 1977

*Paul Liseth*  
redaktør

## Sammendrag

Forurensninger i overvannet er målt i fem felter med separatavløpssystem og i fire felter med fellesavløpssystem. Overvannet i fellessystemene er definert som tilleggs vannføringen som kommer som følge av nedbør. Forurensningene i overvannet i fellessystemer vil inneholde både avlagringer fra overflater og avlagringer fra rør med dårlig selvrensing. Overvannets forurensninger i separatssystemer stammer for det meste fra overflatene i feltet.

Prosjektet har hatt som målsetning å bestemme årlige utspylte mengder av de viktigste forureningsparametre samt relatere disse mengder til befolkningstetthet, prosent tette flater og kloakeringssystem. Denne del av undersøkelsen vil for øvrig si noe om hvor store deler av overvannets forurensninger i fellessystem som stammer fra overflater og fra røravlagringer. Prosjektets andre målsetning har vært å øke forståelsen for hvilke mekanismer som bestemmer det øyeblikkelige forureningsnivået i overvannet under et nedbørtillfelle.

Undersøkelsene har pågått i 1 – 2 år. Det er derfor umulig å si noe om eventuelle variasjoner fra år til år.

Overvann karakteriseres av meget stor variabilitet i konsentrasjoner og mengder fra felt til felt og fra regn til regn i samme felt. Et variasjonsområde med en faktor på 10 fra regn til regn i samme felt er ikke uvanlig.

Høye konsentrasjoner av overvannsforurensninger kan generelt ventes under følgende forhold:

- Tidlig i regnforløpet
- I sterkt urbaniserte områder
- Ved høye regnintensiteter
- Etter lange tørkeperioder
- I områder med anleggsvirksomhet (uorganiske forurensninger).

Massetransport er representert ved produktet av konsentrasjon og vannføring.

I målingene i de ni prøvefeltene har man erfart at vanligvis ble 1–10 ganger så mye organisk og suspendert stoff transportert ut med overvannet i regnværperiodene i forhold til det

spillvannet fra samme felt transporterte i samme periode. Det var ikke uvanlig at 20–30 ganger så mye tungmetaller ble fraktet ut med overvannet i regnværperioden, sett i forhold til spillvannet i samme periode. (Tallene kan ikke benyttes generelt da befolkningstettheten i det aktuelle felt påvirker forholdstallet sterkt.)

Når det gjelder næringsstoffene fosfor og nitrogen, var forholdet mellom transport i overvann kontra spillvann 0,5 – 5 ganger. Dersom et renseanlegg renses spillvann 90%, ville overvannets belastning på resipienten etter dette være 5–300 ganger større enn utslippet fra renseanlegget i den perioden regnet varte, avhengig av hvilken komponent som ble betraktet og regnskyllets størrelse og karakter.

Betrakter en forureningstransporten på årsbasis, finner en imidlertid ofte at forurensningene i overvannet vil være mindre enn i det urensede spillvannet, som fremgår av tabell 1.

Av tabellen ser man f.eks. at den årlige mengde fosfor i fellessystemenes overvannsbidrag er hhv. 2%, 28% og 23% av respektive felts fosfor i årlig mengde urenses spillvann.

Vannføringen har stor innflytelse på det øyeblikkelige forureningsnivået under et regn. Dette har sammenheng med at medselepningskraften på en partikkel øker med vannets hastighet i kvadrat. Konsentrasjonen av organisk stoff og suspendert stoff øker med økende vannføring dersom det ikke umiddelbart før har vært et tidligere regn. Konsentrasjonen av næringsstoffer holder seg mer konstant, uavhengig av vannføringen. Stofftransporten av næringsstoffer vil vanligvis være omtrent proporsjonal med vannføringen, mens suspendert stoff og organisk stoff viser en tendens til eksponensiell økning når vannføringen øker.

I de fleste regn er det en utvaskingstendens. Det vil si at konsentrasjonen minker med økende tid etter regnets start, selv om vannføringen holder seg konstant. Med andre ord, den første delen av regnflommen inneholder mer stoffmengde enn den senere delen. Som median for alle felter og alle regn fant man følgende stoffmengder i den første halvparten av regnflommen.

		Fellessystem- felter	Separatsystem- felter
Suspendert stoff	%	57	53
KOF	%	56	55
Total fosfor	%	54	52
Bly	%	57	52
BOF <sub>7</sub>	%	59	52

Middeltallene over året vil være vesentlig høyere enn mediantallene da de store regnskylleene trekker gjennomsnittet meget opp.

Tiden fra foregående regn har innflytelse på den midlere konsentrasjon av en parameter i det regn som betraktes. For alle felter øker konsentrasjonen av alle parametre når tiden fra foregående regn øker. Det har også vist seg at den midlere konsentrasjon av de forskjellige parametre i et regn minker når antall mm nedbør forut for det aktuelle regnet øker.

Den enkleste måten å karakterisere overflaten i feltene på er å benytte tette flater. Figurene 20–26 i kapittel 4 viser årlig utspytt mengde av ulike komponenter kontra prosent tette flater og befolkningstetthet. Det er en helt klar forskjell mellom sammenliknbare fellessystemfelter og separatsystemfelter. Differansen antas å skyldes rørutspylinger fra ledninger i fellessystemfeltene. Figurene 20–24 indikerer at mengden rørutspylinger i fellessystemene er relativt konstant, uavhengig av prosent tette flater. Dette virker logisk, da det er helingen på rørene som særlig bestemmer røravlagringene. Grovt sett ser det ut som om minst halvparten av forurensningene i overvannsbidraget i fellessystemfeltene, uttrykt som KOF, SS og Tot-P, stammer fra røravlagringer.

Tabell 1. Spillvanns- kontra overvannsfurensninger.

Felt	System	Årlige transporter i kg/ha								Forholdet mellom årlig mengde stoff: Overvann Urenset spillvann			
		Overvannsbidrag og overvann				Urenset spillvann				KOF	SS	Tot-P	Bly
		KOF	SS	Tot-P	Bly	KOF	SS	Tot-P	Bly				
Bislettbekken Rukklabekken Øya	Felles	1373	1867	6,2	1,2	18004	7276	263	1,48	0,08	0,26	0,02	0,81
		340	537	5,1	0,1	581	299	18	0,07	0,56	1,80	0,28	1,43
		1210	1755	10,3	—	3405	1629	44	—	0,36	1,08	0,23	—
Vestli Oppsal Risvollan	Separat	108	543	0,7	0,15	5387	3142	135	0,27	0,02	0,17	0,005	0,56
		117	159	1,6	0,1	6789	3960	170	0,34	0,02	0,04	0,01	0,29
		127	1600	0,5	0,12	1314	767	33	0,066	0,10	2,09	0,015	1,82

## ANBEFALINGER

Større tettsteder bør vurdere sine lokale overvanns- og overløpsvannproblemer samt sette opp målsetninger for behandling og kontroll med overløpsvann og overvann.

Rent skrivebordsarbeid har i denne forbindelse begrenset verdi, da et lokalt utviklet data-grunnlag er essensielt. Arbeidet med et data-grunnlag bør minst gå over ett år.

Dersom man ønsker å minke mengden forurensninger som går ut i overløp i eksisterende fellessystemer, bør følgende muligheter vurderes, økonomisk og forurensningsmessig:

- Installere fordrøyningsbasseng ved overløpene eller andre steder.
- Installere reguleringsmekanismer, slik at lagringskapasiteten i selve ledningsnettene kan utnyttes.
- Spyle ledningsstrekninger hvor selvrensingen er dårlig, slik at mengden røravlagringer som spyles ut i regnværperioder, kan minskes.
- Infiltrere mer av regnvannet til grunnen, eller minke tilløpet til ledningsnettene på annen måte.
- Endre på spyle- og feierutiner av gater og fortauer.
- Søke en optimal innstilling på overløpene.
- Installere en form for avskilling eller rensing ved overløpet.



I overvannsledningsnett i et separatsystem kan følgende tekniske tiltak vurderes:

- Installere fordrøyningsbasseng eller annen form for fordrøying og overføre overvannet i små mengder til spillvannsrenseanlegget.
- Overføre en begrenset del av overvannet til renseanlegget (f.eks. 2 x tørrværsavrenningen) uten forutgående fordrøying.
- Infiltrere mer regnvann til grunnen, eller minke tilløpet til ledningsnett på annen måte.
- Endre på spyle- og feierutinene av gater og fortauer.
- Installere avskillings- eller rens tiltak for overvannsledningsnett.

Ved bygging av nye avløpsanlegg bør det ses på muligheter for å infiltrere overvann og/eller eventuelt legge forholdene til rette for en senere behandling eller temporær lagring av overløpsvann og overvann.

Dersom man ønsker å forbedre vannkvaliteten i en resipient, må alle utslipp ses i sammenheng. Disse utslipp kan være spillvann fra spillvannsledningsnett, overvann fra overvannssystemer, lekkasjer og feilkoblinger av spillvann til overvannsledninger, overløpsvann fra overløp i fellessystemer, lekkasjer fra ledninger til bekker, ikke-punkt kilder som avrenning fra jordbruk osv. En systemanalyse bør i en slik situasjon gjennomføres for å finne et optimalt sett med tiltak som gir det største utbytte for lavest mulig kostnad.

Dette er særlig aktuelt for de større byene hvor man i dag har fellessystem og har valgt mellom å beholde dette eller legge om til separatsystem.

## 1. INNLEDNING

I de senere år er man blitt mer oppmerksom på de forurensningskilder overvannet fra separatsystemer og overløpsvannet fra fellesavløpssystemer representerer.

Overvann medfører i hovedsak fire typer forurensningsutlipp:

- Overløpsvann fra fellessystemer.
- Overløpsvann fra separate spillvannsledninger (på grunn av ukontrollert infiltrasjon, feilkoblinger og lekkasjer).
- Overvann fra separate overvannsledninger.
- Overvann fra ikke-punktkilder (arealavrenning utenom ledninger).

De forurensninger som stammer fra disse kilder, kan i seg selv føre til relativt store belastninger på resipientene. Særlig er dette tilfellet i svake resipienter, da forurensninger i overvannet og overløpsvannet kommer som intense sjokkbelastninger. I tid fordeles disse over kun 5–10 prosent av årets timer mens utløpet fra renseanlegget fordeles jevnt over hele året. Det blir ofte antatt at en forurensningsmengde tilsvarende ca 5 prosent av årlig spillvannsproduksjon i et fellessystem avlastes i overløpene pr år. Dersom feltet har et spillvannsrenseanlegg som renser spillvannet 90 prosent, tilsvarer overløpsutslippene 50 prosent av utslippet fra renseanlegget på årsbasis. I tillegg er overløpene ofte plassert i svakere resipienter enn renseanleggets utslipp.

Kildene for forurensninger fra overvann i ledningsnettene vil kunne deles i to hovedgrupper:

- a) Overflateavlagringer i feltet
- b) Røravlagringer i ledningene

I separatavløpssystemer vil overflateavlagringene være helt dominerende, da det i tørrværsperioder er små muligheter for en oppbygging av røravlagringer. I fellesavløpssystemer hvor spillvannet går i samme ledning som overvannet, vil det derimot i mange tilfeller kunne bygges opp avlagringer i rørene under tørrværsperioder. Disse avlagringer skylles ut med overvannet sammen med avlagringer fra overflatene.

## 2. MÅLEOPPLEGG OG FELTBESKRIVELSE

### 2.1 Opplegg og gjennomføring av målingene

Det ble valgt ut ni nedbørfelt hvorav fire er

kloakkert etter fellesavløpssystemet og fem etter separatavløpssystemet (dobbeltsystemet). Feltene er forsøkt valgt med en viss spredning i geografi, urbaniseringsgrad og feltstørrelse. I prøvefeltene ble nedbør og dels vannføring registrert kontinuerlig, mens vannprøver for analyse av forurensningsparametre ble tatt i regnperioder. Ved regn rykket en mann straks ut til målestasjonen i det aktuelle felt og tok manuelt 5–20 prøver av avløpet med visse tidsintervaller inntil regnet var slutt. De forurensningsparametre som ble analysert regelmessig i alle feltene, var: Organisk stoff uttrykt ved kjemisk oksygenforbruk med kaliumdikromat (KOF) og som flyktig suspendert stoff (FSS), total fosfor (Tot-P), total nitrogen (Tot-N), bly (PB) og suspendert stoff (SS). Parametre som ble analysert med en lavere frekvens, var: 7-døgns biologisk oksygenforbruk (BOF<sub>7</sub>), olje, alkalitet, spesifikk ledningsevne, pH, kobber (CU), sink (ZN) og kadmium (CD).

Det ble i tillegg tatt sporadiske målinger på ortofosfat. Vannføringen på det tidspunkt de enkelte prøver ble tatt, ble notert på stedet, slik at forurensningstransporten under regnskyllet kunne beregnes. I separatsystemfeltene ble vannføringen målt med V-overløp. I disse V-overløp sedimenterte ofte sand og slam som i større eller mindre grad ble spylt ut under regnskyllet. Dette kan i noen grad påvirke resultatene av de øyeblikkelige konsentrasjoner for særlig de uorganiske stoffene, men svært lite de årlige utspylningstillene.

Tabell 2. Oversikt over prøvefeltene.

Feltets navn	Avløpssystem	Areal ha	Tette flater %	Antall fysiske personer pr. ha	Antall person-ekvival. pr. ha	Antall person-enheter pr. ha	Midlere fall i ledn.nettet o/oo	Type bebyggelse
Bislettbekken	Felles	219,3	69	140	202	342	28	Bol., sentr.omr.
Rukklabekken		380,0	10–15	23	2	25	25	Boliger, spredt
Øya		21,3	37	84	9	93	11	Boliger, bystrøk
Solvik, K		175,0	11	16	1	17	22	Boliger, spredt
Solvik, O	Separat	23,0	19	6	0	6	20	Boliger, spredt
Vika		9,9	97	—	—	—	53	Forr., sentr.omr.
Oppsal		37,2	43	147	8	155	41	Boliger, blokk
Vestli		36,6	33	120	3	123	93	Bol., rek.hus/blokk
Risvollan		19,7	18	30	0	30	53	Bol., " "

## 2.2 Beskrivelse av feltene

Tabell 2 viser karakteristiske data for prøvefeltene. I det etterfølgende er gitt enkelte tilleggsplysninger.

### 2.2.1 Bislettbekken

Feltet omfatter området fra Ullevål sykehus via Bislett og nedover til Stortinget. Det fins ingen overløp ovenfor prosjektets målestasjon som ligger like ved Stortinget.

De fleste ledninger i feltet har relativt bra fall, mens den støpte firkantkulvert som utgjør nedre del av avløpssystemet, får en del avsetninger i tørrværsperioder. Midlere fall fra øverste punkt i ledningsnettet til målestasjonen er 28‰. Målestasjonen er plassert i en underjordisk pumpestasjon ved Stortinget. Her er også overløpet plassert, slik at vannføringen i og forbi overløpet kan måles. Overløpslengden er 16 m. Vannprøvene tas umiddelbart nedstrøms overløpet. Nedbøren registreres på nedbørmålere ved Vika og på Blindern.

### 2.2.2 Rukklabekkefeltet – Sandeffjord

Ledningsnettet drenerer et område på 380 ha, hvorav 280 ha er boligområder med overveiende eneboliger, 30 ha er sentrumsområder, og 70 ha er dyrket mark.

De fleste hus har egen septiktank, og området har ordnede renovasjonsforhold. Hovedledning gjennom nedbørfeltet er utført som en støpt

kulvert med et firkant-tverrsnitt på 5 m<sup>2</sup>. I den nederste delen av denne kulvert, hvor fallet er ca 5‰, vil stoff sedimentere i tørrværsperioder og spyles ut i regnsværsperioder. Resten av ledningsnett er av sirkulære betongrør med relativt godt fall. Midlere helning i ledningsnett, dvs. fra øverste punkt i feltet til målestasjonen, er ca 35‰. En antar at de fleste ledningene ikke tilfredsstiller dagens krav til tetthet.

I nedre del av feltet er det plassert en flottør-pluviograf. I utløpsledningen står en Parshallrenne med en skrivende limnigraf. Parshallrennen har en bredde på 0,92 m i innsnevringen.

Det er et regnvannsoverløp 65 m oppstrøms limnigrafen, som trer i funksjon ved en vannføring på 292 l/s. Vannstanden registrert ved limnigrafen benyttes til beregning av vannføringen i overløpet og forbi målestasjonen.

### 2.2.3 Øyafeltet – Trondheim

Feltet er flatt, og grunnen består av marine avsetninger med sand og siltig leire. Området er et boligområde hvor bebyggelsen vesentlig består av eldre småhus med en del større boligblokker langs Elgeseter gate. Av industri- og institusjonsbygg fins det to bensinstasjoner med tilhørende verksteder, to små sykehus og ett aldershjem. Midt i feltet ligger en ballplass på 2,5 da som sammen med parkeringsarealer og hagearealer rundt villabebyggelsen gir en stor prosent-andel permeable flater.

Avløpsledningene i feltet består av betongrør, og hovedstammen i ledningsnett ble lagt i 1926. Bare 19% av ledningene har tilstrekkelig fall til å kunne gi selvrensing i rørene. Midlere fall i ledningsnett er ca 11‰ fra øverste punkt i ledningsnett til målestasjonen. En flottør-pluviograf ble montert i feltet [1].

### 2.2.4 Solvik, K – Bærum

Feltet er langstrakt, og hovedledningen som er en bekkelukking, er ca 4,5 km lang, med en høydeforskjell på ca 100 m. Feltet er delvis bebygd, vesentlig med åpen villabebyggelse. Er-

vervsvirksomheten er lite spillvannsproduserende, en arbeidsplass er derfor satt lik ½ pe. Tørrværsavrenningen fra feltet er ca 15 l/s, dvs. ca 420 l/person og pr. døgn. Målinger sommer og høst 1975 viser at avrenning etter nedbør er forskjellig, avhengig av markfuktigheten. I "tørre" perioder får man avrenning nesten bare fra tette flater, mens det i "våte" perioder kommer svært store mengder drens- og infiltrasjonsvann til avløpsnett.

## SEPARATSYSTEM

### 2.2.5 Solvik, O – Bærum

Overvannsledningen ligger parallelt med Drammensveien i ca 1 km og tar bl.a. overflateavrenningen fra denne. Inn på overvannsledningen kommer spillvann via overløp, lekkasje og muligens feilkoblinger. Spillvannet øker i mengde ved nedbør, men det er vanskelig å finne forholdet mellom overflatevann og spillvann. Prosent tette flater i feltet er relativt stor på grunn av stort trafikkareal og antas å være ca 19%.

### 2.2.6 Oppsal – Oslo

Feltet ligger i de østre deler av Oslo mellom Østensjøvannet og Østmarka. Feltet har varierende grunnforhold fra fjell i dagen til betydelige mengder løsmasser. Vegetasjonen består av veletablerte grøntanlegg med en god del trær innimellom.

Feltet har blandet bebyggelse hvor man finner forretningsbygg, andre servicebygg og boligblokker, noen eneboliger fins også i de sydøstre deler av feltet. Alle gater, gangveier og parkeringsplasser er asfaltert. Feltet ble utbygd omkring 1955 og er således et etablert felt.

### 2.2.7 Vestli – Oslo

Dette nye boligområdet ligger helt nordøst i Oslo inn mot Gjelleråsen. Bortsett fra en barne-skole og en dagligvarebutikk er det et rent boligområde. Feltet er bebygd med blokker og rekke-

hus. Alle veier, parkeringsplasser, fortau og gangveier er ferdig asfaltert, men det gjenstår enda en del parkmessig bearbeiding.

I den østre del av feltet er jordsmonnet tynt med ofte fjell i dagen. Den vestre del ned mot avløpsstasjonen har ganske mektige løsmasser, vesentlig leire. Vegetasjonen i området består av parkmessige plener og private hager i tilknytning til rekkehusene. I tre områder av feltet er også den opprinnelige barskog beholdt som friarealer.

### 2.2.8 Vestre Vika – Oslo

Dette er det minste av de tre Oslofeltene og er lokalisert umiddelbart vest for Oslo Rådhus. Det representerer et utpreget cityområde og består nesten utelukkende av ugjennomtrengelige flater. De permeable flater består bare av noen få grøntområder og blomsterrabatter.

Feltet er i sin helhet bebygd med forretnings- og andre servicebygg.

### 2.2.9 Risvollan – Trondheim

Feltet ligger sydøst for Trondheim sentrum. Det er et nyanlagt boligområde med vertikalt delte boliger samt noen eneboliger. Jordsmonnet består av mektige leirmasser. I måleperioden foregikk fremdeles noe anleggsvirksomhet som har påvirket målingene.

## 3. MÅLERESULTATER

### 3.1 Tørrværsavrenningens mengde og kvalitet

Tørrværsavrenningens mengde varierer svært meget fra dag til dag, avhengig av værforholdene forut for det aktuelle tidspunkt. Siden variasjonene i mengdene særlig skyldes variasjoner i infiltrasjon av grunnvann, vil naturlig nok også tørrværsavrenningens kvalitet variere i samme takt. I tabell 3 er det satt opp midlere vannføring og kvalitet i alle ni prøvefeltene.

På grunnlag av tabell 3 er det beregnet midlere tørrværstransporter av de ni kjemiske komponenter. Se tabell 4.

Bortsett fra en ledningsstrekning i Vestre Vika ligger alle separatystemfeltenes overvannsledning nederst i grøften. Med unntakelse av Oppsal hvor spillvanns- og overvannsledningene har felles kum, ligger overvanns- og vannledningen på de andre feltene i separate kummer.

I alle overvannsledningene har man en viss tørrvannsføring som kan skyldes lekkasjevann fra vannledningen, infiltrert grunnvann, eller – for Oppsals vedkommende – spillvann som ved kloakkstopp flommer over den åpne spillvannsledningen og ned i overvannsledningen.

Dessuten vil det alltid være en mulighet for at spillvannsledningen er lekk (feil i skjøter, brudd på ledningen), og at spillvannet som leker ut, infiltrerer overvannsledningen sammen med eventuelt grunnvann.

Tabell 3. Tørrværsavrenninger – Mengde/kvalitet

Felt	System	Vannføring l/s	Midlere konsentrasjon uttrykt i mg/l								
			BOF <sub>7</sub>	KOF	SS	FSS	Tot-P	Tot-N	Bly	Sink	Kobber
Bislettbekken	Felles	333	194	376	152	124	5,5	25,8	0,031	0,261	0,179
Rukklabekken		52	43	135	69	50	4,2	18,6	0,017	0,052	0,015
Øya		14,1	146	166	76	56	2,2	–	–	–	–
Solvik, K		16	–	61	24	–	3,0	–	0,006	–	–
Solvik, O	Separat	3,5	–	60	21	–	2,9	–	0,008	–	–
Vika		4,7	–	22	8	–	0,1	2	0,012	–	–
Vestli		5,4	–	10	5	–	0,1	3	0,001	–	–
Oppsal		11,2	–	40	18	15	1,0	4,8	0,005	–	–
Risvollan		0	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Tabell 4. Tørrvæstransporter.

Felt	System	Midlere transport av stoff uttrykt i								
		g/s						mg/s		
		BOF <sub>7</sub>	KOF	SS	FSS	Tot-P	Tot-N	Bly	Sink	Kobber
Bislettbekken	Felles	64,5	125,2	50,6	41,2	1,83	8,57	10,30	86,90	59,50
Rukklabekken		2,2	7,0	3,6	2,6	0,22	0,97	0,88	2,7	0,78
Øya		2,0	2,3	1,1	0,8	0,03	—	—	—	—
Solvik, K		—	1,0	0,5	—	0,05	—	0,10	—	—
Solvik, O	Separat	—	0,24	0,087	—	0,01	—	0,03	—	—
Vika		—	0,10	0,038	—	0,00	0,01	0,05	—	—
Vestli		—	0,05	0,025	—	0,00	0,01	0,00	—	—
Oppsal		—	0,45	0,2	0,17	0,011	0,05	0,05	—	—
Risvollan		—	—	—	—	—	—	—	—	—

For alle feltene gjelder at maksimalvannføringene inntreffer om høsten etter langvarige regnperioder, og at minimumsvannføringene kommer i tørkeperioden om sommeren eller sent på våren.

Når målsetningen er å måle overvannets sammensetning, er det av stor betydning å få oversikt over mengden av eventuelt spillvann som lekker ut og infiltrerer overvannsledningen. I feltene på Oppsal og Vestli ble sporstoff benyttet til å måle hvor store spillvannsmengder en kunne finne igjen i overvannsledningen. På Oppsal ble 10–13% av spillvannet funnet igjen i overvannsledningen. I overvannsledningen på Vestli ble kun 0,1% av spillvannet funnet.

### 3.2 Overvannets kvalitet

I det etterfølgende er kvalitetsmessige forhold angående overvann i separatsystemer og overvannsbidrag i fellessystemer beskrevet. Med overvannsbidrag menes tilleggs vannføringen som følge av et regn.

#### 3.2.1 Årlige utspylte mengder – middelkonsentrasjoner

*Solvikfeltene.* Solvik K og Solvik O er ikke medtatt i tabellene som sammenstillter de syv øvrige feltene, da disse på mange måter har forskjellige forutsetninger enn de syv andre.

Det er særlig to forhold som gjør forurensningstallene fra disse feltene usikre:

a) Vannføringene er målt i V-overløp. Dette fører til store avsetninger oppstrøms V-overløpet, noe som blir forsterket av de relativt lave fall ledningene i oppstrømsområdet har. Det er spesielt Solvik K (som har fellessystem og dermed en spillvannsføring i tørrvæ) som vil rammes av dette. Tallene for overvannsfurensningene vil dermed bli for høye.

b) I Solvik O fins et overløp fra et fellessystem. I nedbørperioder kommer det derfor en ukjent mengde spillvann inn i overvannsledningen. Tallene for overvannsfurensningene er derfor blitt for store.

Mengden av overvannsfurensninger i Solvikfeltene er dessuten beregnet av Bærum kommune ved hjelp av en annen prosedyre enn Oslo kommune og NIVA. Følgende prosedyre er brukt i Solvikfeltene:

For alle målte regn er en konstant tørrværsbelastning trukket fra. Denne mengden er målt på forhånd i tørrværsituasjoner. Den overskytende vannføring og stofftransport skyldes overvann og øket grunnvannsinfiltrasjon. Konsentrasjonene for denne blandingen er beregnet for alle prøver (ca 220). Det er så beregnet et rent aritmetisk middel av alle disse prøver. Siden Solvikfeltene har hatt kontinuerlige vannføringsmålinger i et helt år, har en kunnet beregne vannføringsøk-

ninger pga, nedbør (øket grunnvannsinfiltrasjon og overvann). Dette målte antall m<sup>3</sup>/år er multiplisert med det aritmetiske middel for konsentrasjonen av de ulike stofftransportene. En har således kunnet unngå å benytte avrenningskoeffisienter slik det er gjort i de øvrige feltene. Følgende middelkonsentrasjoner er på dette grunnlag målt i Solvikfeltene i mg/l:

Solvik K: KOF – 95 SS – 200  
Tot-P – 2,0 Bly – 0,04

Solvik O: KOF – 106 SS – 227  
Tot-P – 1,4 Bly – 0,09

Følgende årlige avstrømninger i overvann og overvannsbidrag er beregnet i kg/ha.år.

Solvik K: KOF – 204 SS – 430  
Tot-P – 4,3 Bly – 0,1

Solvik O: KOF – 230 SS – 490  
Tot-P – 3,3 Bly – 0,2

*De øvrige felter.* Fremgangsmåten for å beregne årlige stofftransporter for alle felter unntatt Solvik-feltene, har vært som følger:

Konsentrasjonen i tilleggs vannføringen som skyldes nedbør, er beregnet ved å trekke ut den på forhånd målte mengde som skyldes grunnbelastningen eller tørrværsavrenningen. Stofftransporten i en tidsperiode er funnet ved å middle konsentrasjonene og vannføringene i hver ende av dette tidsintervallet. For et helt regn summeres alle tidsintervaller som er målt, og en finner et visst antall kg av ulike stoffparametre og en viss mengde m<sup>3</sup> vann som skyldes nedbøren.

For å finne middelkonsentrasjonen av de ulike parametre, er stofftransportene for alle målte regn summert. Denne summen er dividert på overvannsmengden for alle de tilsvarende målte regn.

De årlige stoffavstrømninger er funnet ved å multiplisere den beregnede middelkonsentrasjonen med årlig nedbør og med en avrenningskoeffisient. Avrenningskoeffisienten er funnet ved å se på forholdet mellom målte nedbør/avrenningsverdier samt en vurdering av tette flater og andre forhold i feltene. Det må bemerkes at det er en stor usikkerhet representert ved avrenningskoeffisienten.

I tabell 5 er det vist de totale midlere konsentrasjoner av ulike komponenter i overvannet i separatsystemer og i overvannsbidraget i fellessystemer. Som man ser av tabell 5, varierer middelkonsentrasjonene mye fra felt til felt. Hovedinntrykket er at fellessystemene har mer forurenset overvann enn separatsystemene. Dette beror, som før nevnt, på at rørvaglinger også spyles ut med overvannet i fellessystemene. For øvrig ser man at forurensningsgraden med hensyn til organisk og suspendert stoff er stor i forhold til i spillvann, mens konsentrasjonen av næringsstoffer ligger lavere enn i spillvann. Når det gjelder tungmetaller i overvannet, er mengden av dette meget større enn tilsvarende i spillvann.

De årlige utspylte stoffmengder som følger overvannet i separatsystemene, og overvannsbidraget i fellessystemene, er vist for 9 komponenter i tabell 6.

Tabell 5. Midlere konsentrasjon i overvann.

Felt	System	Konsentrasjon i mg/l								
		BOF <sub>7</sub>	KOF	SS	FSS	Tot-P	Tot-N	Bly	Sink	Kobber
Bislettbekken	Felles	200	530	721	188	2,4	8,2	0,45	1,07	0,17
Rukklabekken		103	268	424	168	4,0	14,4	0,08	0,64	0,11
Øya		–	352	510	193	3,0	–	–	–	–
Vika <sup>x)</sup>	Separat	–	244	1038	189	1,2	4,2	0,82	1,73	0,52
Vika		42	160	303	75	0,6	3,2	0,41	0,57	0,19
Vestli	Separat	–	73	367	46	0,5	4,9	0,10	0,17	0,04
Oppsal		16	63	86	33	0,8	5,9	0,05	0,32	0,13
Risvollan		–	74	929	72	0,3	2,3	0,07	0,10	0,03

<sup>x)</sup>Inkl. regnet 10.9.1975. Dette var et 10-års regn som trekker den årlige mengden over normalt årsgjennomsnitt.

Tabell 6. Årlig stoffavstrømning i overvann.

Tabell 6

% lette flaker

69  
10-15  
34  
94  
33  
43  
18  
31

Felt	System	Årlig stoffavstrømning i overvann kg/ha*år								
		BOF <sub>7</sub>	KOF	SS	FSS	Tot-P	Tot-N	Bly	Sink	Kobber
Bislettbekken	Felles	518	1373	1867	487	6,2	21,2	1,2	2,8	0,44
Rukklabekken		131	340	537	213	5,1	18,2	0,1	0,8	0,14
Øya		—	1210	1755	665	10,3	—	—	—	—
Vika <sup>x1</sup>	Separat	—	1083	4609	839	5,3	18,6	3,6	7,7	2,31
Vika		186	710	1345	333	2,5	14,2	1,8	2,5	0,84
Vestli		—	108	543	68	0,7	7,3	0,15	0,25	0,06
Oppsal	Separat	—	117	159	61	1,6	10,9	0,1	0,59	0,24
Risvollan		—	127	1600	123	0,5	4,0	0,12	0,2	0,05

x1) Inkl. regnet 10.9.1975. Dette var et 10-års regn som trekker den årlige mengden over normalt årsgjennomsnitt.

Tabell 7. Bakgrunnsdata for feltene.

Felt	System	Midlere avrenningskoeffisient	Årlig nedbør (m)	Avrent vannmengde pr. hektar og år m <sup>3</sup>	Antall regn i målingene	Antall prøver i regn
Bislettbekken	Felles	0,35	0,74	2590	18	142
Rukklabekken		0,17	0,745	1267	9	88
Øya		0,40	0,857	3430	13	99
Vika	Separat	0,60	0,740	4440	6	51
Vestli		0,20	0,789	1480	9	52
Oppsal		0,25	0,748	1850	11	69
Risvollan		0,20	0,857	1714	14	82

Tabell 8. Årlig stoffavstrømning i overvann kontra spillvannsbidraget i norske felter.

Felt	System	Årlige transporter i kg/ha								Forholdet mellom årlig mengde stoff overvann			
		Overvannsbidrag og overvann				Urenset spillvann				Urenset spillvann			
		KOF	SS	Tot-P	Bly	KOF	SS	Tot-P	Bly	KOF	SS	Tot-P	Bly
Bislettbekken	Felles	1373	1867	6,2	1,2	18004	7276	263	1,48	0,08	0,26	0,02	0,81
Rukklabekken		340	537	5,1	0,1	581	299	18	0,07	0,56	1,80	0,28	1,43
Øya		1210	1755	10,3	—	3405	1629	44	—	0,36	1,08	0,23	—
Vestli	Separat	108	543	0,7	0,15	5387	3142	135	0,27	0,02	0,17	0,005	0,56
Oppsal		117	159	1,6	0,1	6789	3960	170	0,34	0,02	0,04	0,01	0,29
Risvollan		127	1600	0,5	0,12	1314	767	33	0,066	0,10	2,09	0,015	1,82

I tabell 7 er det vist grunnlagsdata fra feltene som er benyttet for å komme fram til de årlige overvannsmengder.

Det er forutsatt at smeltevann inneholder de samme middelkonsentrasjoner som vist i tabell 5. Lager og Smith [4] antyder at vann fra snøsmeltning inneholder omtrent like mye organisk stoff,

(uttrykt som BOF<sub>5</sub>) som overløpsvann fra kombinertsystemer. Selv om denne forutsetning er noe usikker, vil utslaget bli lite på årsbasis for de totale utspylte masser.

I tabell 8 er de årlige stoffmengder i overvannet i separatsystemfeltene og i overvannsbidraget i fellessystemfeltene sammenliknet med tilsva-

ende mengder i det urensede spillvannet fra samme felt. Vika er utelatt, da pe/ha er en vanskelig og dårlig parameter å benytte for det feltet.

For fellessystemfeltene er spillvannstransporten beregnet ut fra målinger, mens tilsvarende for separatsystemfeltene er beregnet ut fra følgende forutsetninger: KOF – 120 g/p.d., SS – 70 g/p.d., Tot-P – 3 g/p.d., bly 0,006 g/p.d.

De fire siste kolonnene i tabellen viser forholdet mellom årlig avstrømmet stoffmengde i overvann (eller overvannsbidraget) og tilsvarende årlig mengde i det urensede spillvannet. Bly er den parameter der overvannets bidrag betyr mest i forhold til spillvannets. Mengde suspendert stoff (SS) i overvannet ligger også høyt i forhold til spillvannets bidrag. Overvannets fosforbidrag er relativt lite, mens det organiske stoff (KOF) inntar en mellomstilling. Overvannets bidrag ser man utgjør mer i fellessystemene enn i separatsystemene. En annen svært klar tendens er at dess færre antall personekvivalenter en har på hvert hektar overflate, dess mer betyr overvannets bidrag i forhold til spillvannets bidrag.

Dersom en sammenlikner overvannets bidrag med f.eks. utløpet fra et renseanlegg med 90% renseseffekt, må forholdstallene ti-dobles, hvilket gjør overvannets bidrag vesentlig også på årsbasis.

### 3.2.2 Faktorer som påvirker forurensningsnivået

#### Nedbørens intensitet

Nedbørens intensitet er registrert i alle felter og i hele den aktuelle perioden. Det ble imidlertid funnet lite hensiktsmessig å benytte nedbørens intensitet som en korrelasjonsfaktor. Den første årsaken til dette er at avrenningen som følge av ensartede regn er meget forskjellig fra felt til felt. Dessuten vil avrenningskoeffisienten selv i et bestemt felt variere svært mye fra regn til regn. Dette er illustrert i figur 1 og figur 2 som for regnet 23.10.1974 viser en avrenningskoeffisient på over 1,0, mens det for regnet 21.9.1974 er en avrenningskoeffisient på 0,2–0,4 (avhengig av hvordan den defineres). Den andre årsaken til at nedbør er en vanskelig faktor, er at intensitet-

en varierer mye fra punkt til punkt i nedbørfeltet. På figur 2 er vist den registrerte nedbør på Blindern og i Vika. Man ser f.eks. at nedbørintensiteten på Blindern kl. 10.27 var 17 l/s · ha mens den var 6 l/s·ha samtidig i Vika. Avstanden mellom disse to stasjoner er ca 2 km. I tillegg varierer nedbøren svært raskt fra minutt til minutt i et bestemt punkt.

#### Tid etter start av regn

Vanligvis er konsentrasjonene lave i starten av et regn. De øker deretter relativt raskt, mens de på slutten av regnet synker tilbake til start-nivået. Konsentrasjonsminkingen skyldes delvis en minkende vannføring og delvis at stoffavsetningene etter hvert er spylt bort.

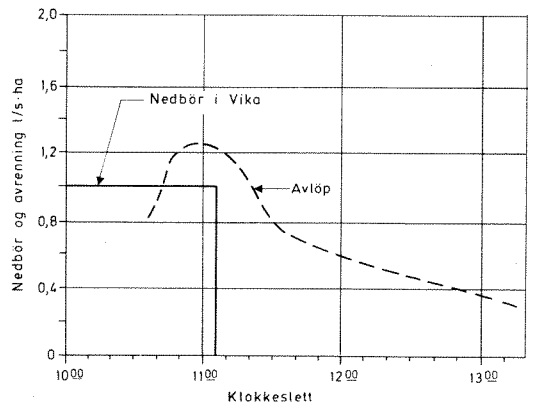
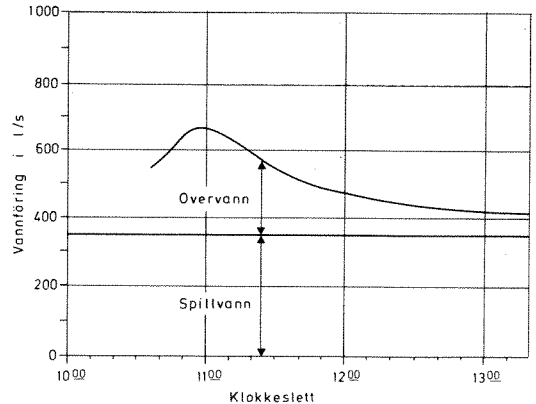


Fig. 1. Bislettbecken – Regnvær 23.10.1974 kl. 10.00.



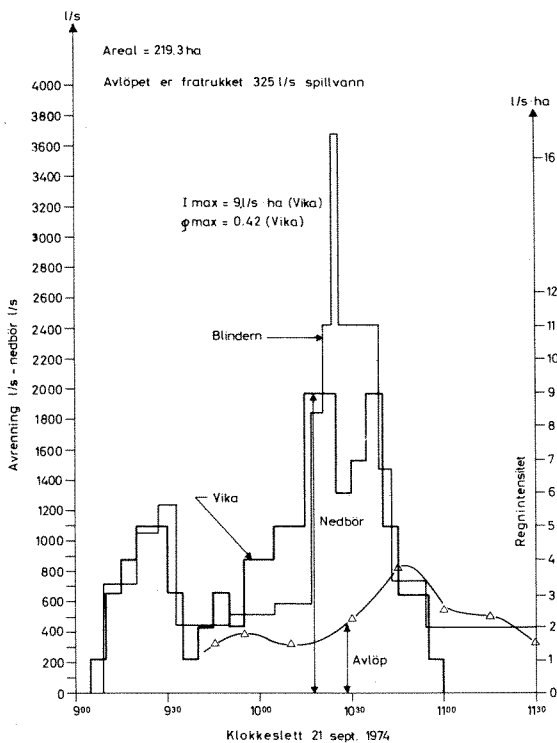


Fig. 2. Nedbør – avløp Bislettbekken 21.9.1974.

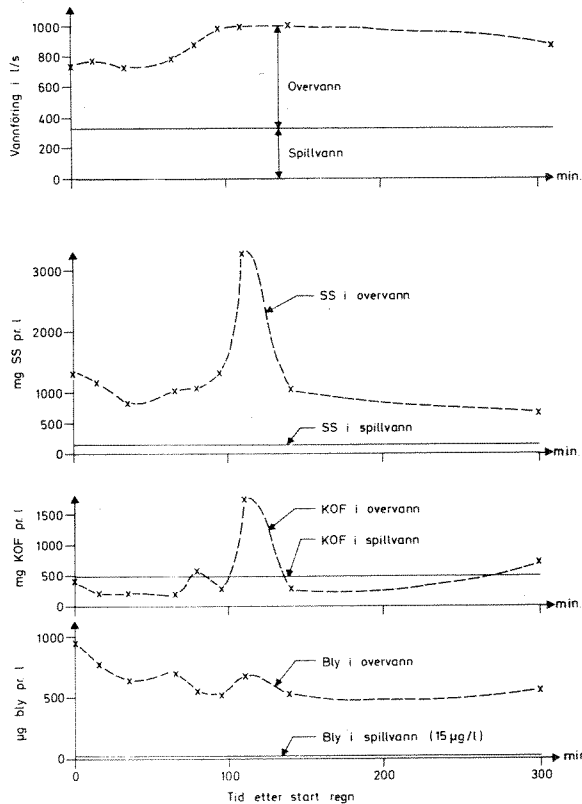


Fig. 3. Bislettbekken 7.3.1975.

Konsentrasjonene forandrer seg meget raskt over relativt korte tidsperioder. Dette er svært karakteristisk for overvann. Ved høye vannføringstoper er disse forandringer størst og på den måten at kurveformen på konsentrasjonene ofte følger kurveformen for vannføringen. Dette indikerer at høye vannføringer har tendens til å gi høye konsentrasjoner. Konsentrasjonskurvene for de ulike parametre svinger ofte i takt. Det vil si at en konsentrasjonsøkning for en parameter skjer samtidig med at konsentrasjonene for de andre parametre øker.

I figur 3 er det sammenliknet konsentrasjoner i overvannsbidraget med konsentrasjoner i spillvannet for et regn 7. mars 1975 i Bislettbekkfeltet. Av figuren går det fram at overvannsbidragets konsentrasjoner for suspendert stoff og bly er svært store i forhold til spillvannets midlere konsentrasjon.

På figurene 4 og 5 er KOF og transport av KOF, Pb, Cu og Zn i Bislettbekken vist som funksjon av vannføring og med kronologisk rekkefølge av prøvetakingen (markerte med piler). Regnet som er valgt, falt den 16. juni 1975. Illustrasjonene viser at for samme vannføring er transport og konsentrasjon større tidlig i regnforløpet enn senere.

Som en konklusjon kan man si at en utvaskingstendens er til stede for de fleste parametres vedkommende, men mest utpreget for suspendert stoff, KOF og bly. Fellessystemet har dessuten større utvaskingstendens enn separatsystem. Som praktisk konsekvens betyr dette at den første delen av en overløpsmengde er av større betydning å få lagret i fordryningsbassenget eller å få behandlet på annen måte, enn den senere delen.

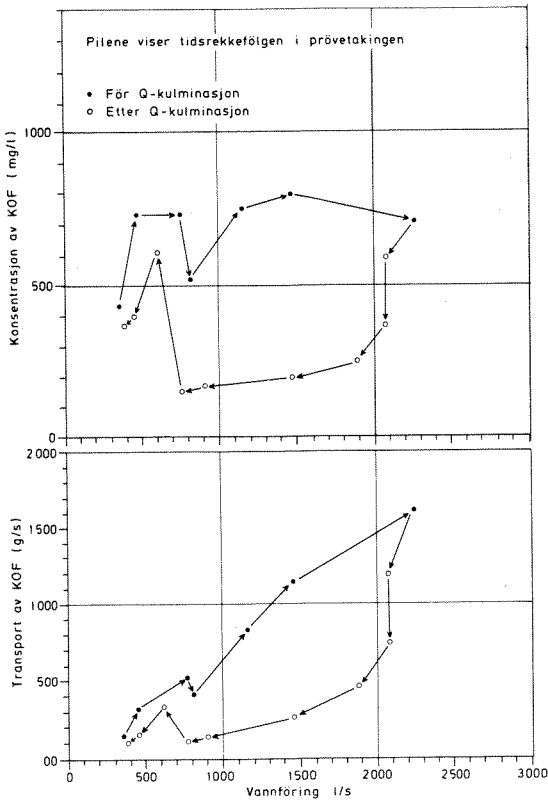


Fig. 4. KOF kontra vannføring Bislettbekken – Oslo 16.6.1975.

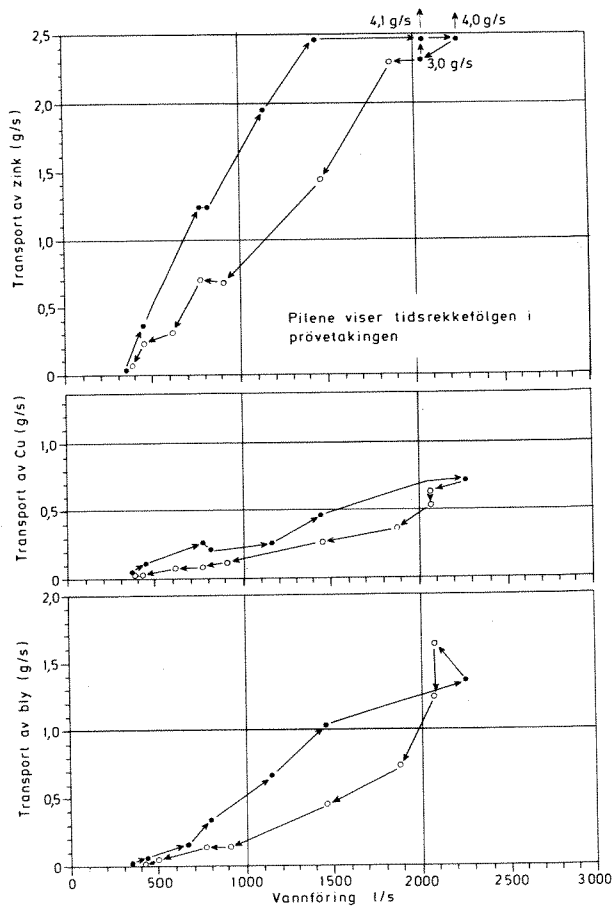


Fig. 5. Tungmetaller kontra vannføring Bislettbekken – Oslo 16.6.1975.

### Vannføring – konsentrasjon/transport

Generelt kan man si at sannsynligheten for en høyere konsentrasjon øker med økende vannføring. Fra denne regelen har man likevel en rekke klare unntak. Dette gjelder særlig nitrogen som tvert om synes å følge en fortynningsfunksjon i de fleste feltene. Prinsipielt burde man ha et forløp som vist i figur 6. For nitrogen virker det som om utspylingseffekten er meget liten (bortsett fra feltet Vika). Dette burde kunne tolkes som om avlagringer av nitrogen på overflater og i rør er små i forhold til de andre komponentene. For fosfor ser det også ut til at fortynningsmekanismen er betydningsfull, men utspylingsmekanismen er her likevel mer tydelig enn for nitrogen. De parametre som oftest domineres av en utspylingsfunksjon, er suspendert stoff og bly.

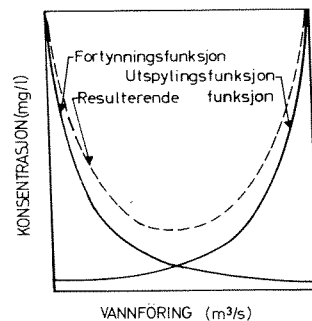
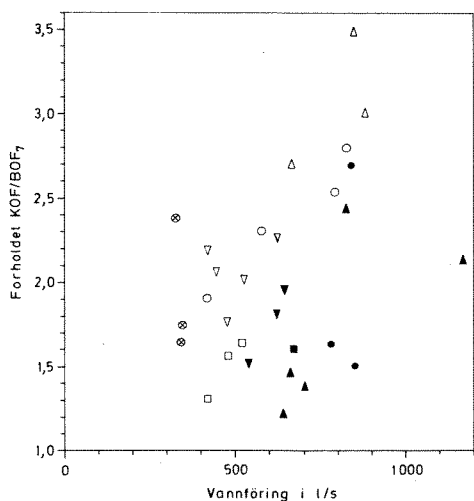


Fig. 6. Fenomener av betydning for konsentrasjon.

Forholdet mellom KOF og  $BOF_7$  er plottet i figur 7 mot vannføringen i Bislettbekken. Det er en tendens til et økende forholdstall med økende vannføring. Dette kan skyldes at de lettest nedbrytbare organiske stoffer vaskes lettere ut enn de mer tungt nedbrytbare. De tyngre nedbrytbare fraksjoner øker dermed sin relative betydning ved større vannføringer. Fra figur 7 ser man dessuten at de fylte tegn stort sett ligger samlet i nedre høyre hjørne i diagrammet. Dette skulle tyde på at tidlig i utvaskingsforløpet, dvs. før kulminasjonen i vannføringen, er den relative mengden av de lettest nedbrytbare organiske stoffer større enn senere i utvaskingsforløpet selv om vannføringen i begge tilfeller er den samme. Dvs. de organiske stoffer som krever raskest oksygentilførsel i resipienten vaskes ut først.



- △ 21.9 1974
  - 25.9 1974
  - ▽ 23.10 1974
  - 22.4 1975
  - ⊗ Tørrværsavrenning
- Fylte tegn: Før vannføringskulminasjon  
 Åpne tegn: Etter " "
- Spillvannsbidraget er inkludert

Fig. 7. Forholdet KOF/BOF

### Tid fra foregående regntilfelle

Forholdene forut for det aktuelle regnet vil ha en innflytelse på forurensningsgraden i overvannet. Dette er vist i figurene 8–19 hvor midlere konsentrasjon av en parameter i overvannsbidraget er plottet dels mot tørrværsperioden i dager forut for det aktuelle regn og dels mot antall mm nedbør fem døgn umiddelbart foran det aktuelle regntilfellet. Sammenhengen er ikke like klar for alle kombinasjoner av parametre og felter. Dette gjelder f.eks. Bislettbekkfeltet med figurene 16–19. Solvik-K er ett av de feltene som har klareste sammenheng, figurene 8–15. De øvrige feltene representerer tilfeller som faller mellom de to nevnte feltene. For øvrig ser en av figurene 8–15 at antall mm nedbør gir en sikrere korrelasjon med konsentrasjonen enn det antall tørrværsdøgn gir.

### 3.2.3 Korrelasjon mellom de enkelte komponenter

Det er foretatt korrelasjoner mellom alle kombinasjoner av parametre for vannføring, –  $BOF_7$ , KOF, SS, Tot-N, Tot-P, bly, sink og kobber, med hensyn til konsentrasjon og for alle ni feltene. Det er korrelert i form av plotteringer i diagrammer. Det etterfølgende er en kort visuell bedømmelse av i hvilken grad de ulike parametre er innbyrdes avhengig. Med "god korrelasjon" menes i det etterfølgende at når en parameters konsentrasjon øker, så øker også konsentrasjonen til den parameter som det er sammenliknet med.

*Suspendert stoff (SS).* Konsentrasjon av SS er plottet mot kobber, sink, bly, vannføring,  $BOF_7$ , KOF, Tot-N og Tot-P.

For de felter hvor man har relativt rikelig med observasjoner der vannføringen vesentlig overstiger tørrværsavrenningen, ser man en klar sammenheng mellom økende konsentrasjon av de tre tungmetallene og suspendert stoff.

Undersøkelser under et regn 26.7.1974 i Sandefjord, Rukklabekken, som inkluderte ti stikkprøver, viste at 90% av blyet var knyttet til det partikulære materialet mens 10% var løst.

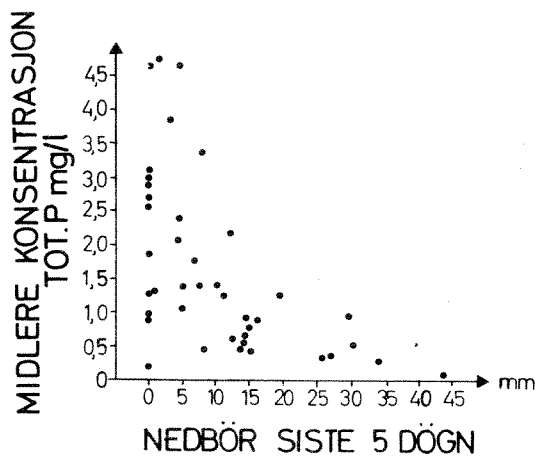


Fig. 8. Solvik, K-feltet – Overvann – Midlere konsentrasjon Tot-P mg/l.

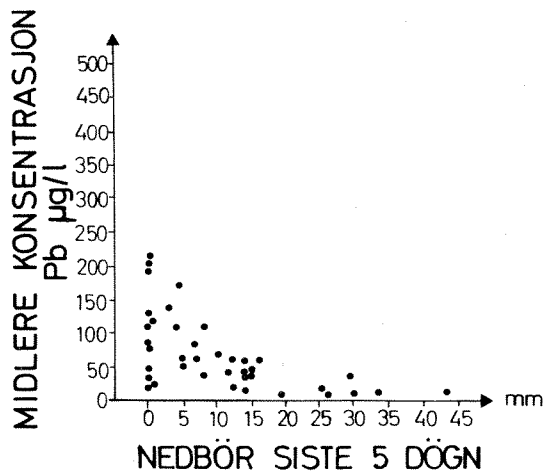


Fig. 9. Solvik, K-feltet – Overvann – Midlere konsentrasjon Pb µg/l.

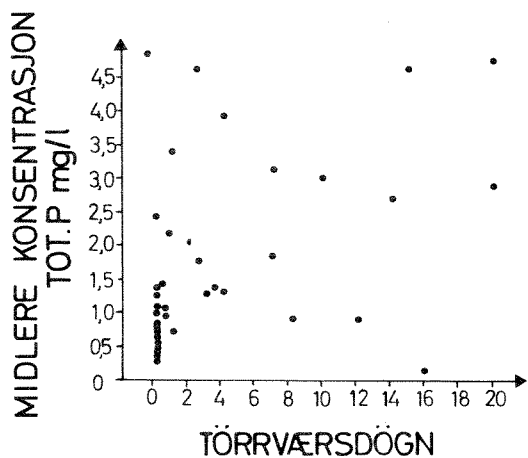


Fig. 10. Solvik, K-feltet – Overvann – Midlere konsentrasjon Tot-P mg/l.

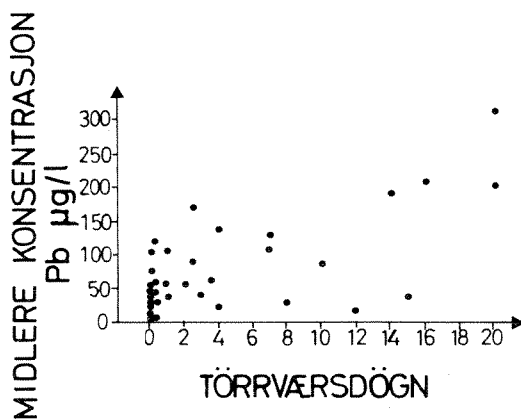


Fig. 11. Solvik, K-feltet – Overvann – Midlere konsentrasjon Pb µg/l.

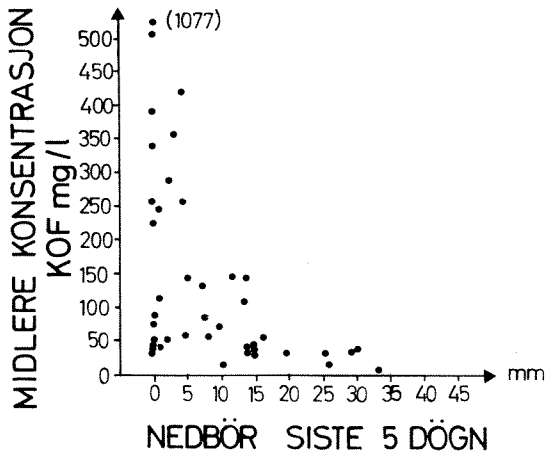


Fig. 12. Solvik, K-feltet – Overvann – Midlere konsentrasjon KOF mg/l.

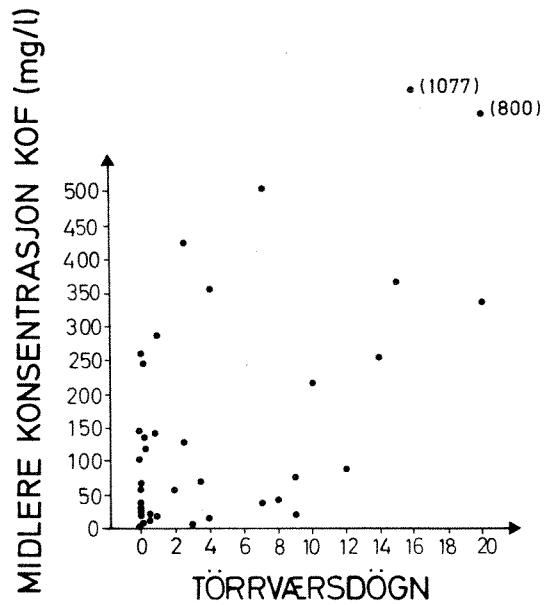


Fig. 13. Solvik, K-feltet – Overvann – Midlere konsentrasjon SS mg/l.

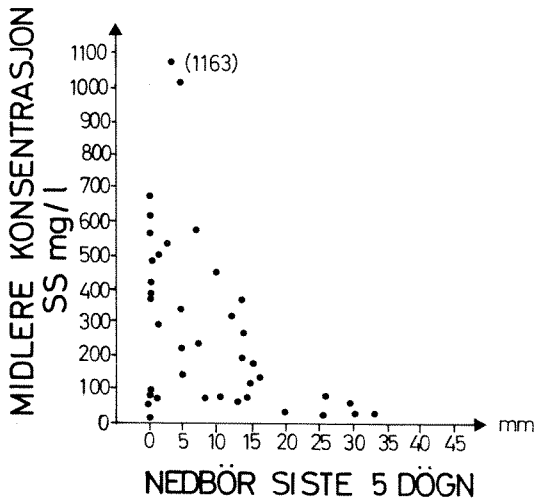


Fig. 14. Solvik, K-feltet – Overvann – Midlere konsentrasjon KOF mg/l.

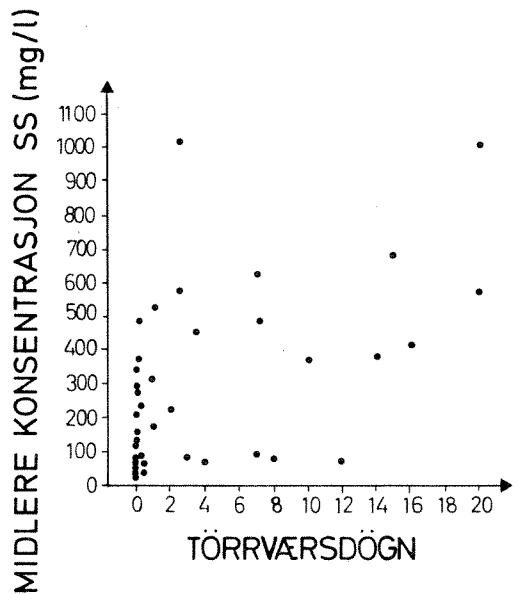


Fig. 15. Solvik, K-feltet – Overvann – Midlere konsentrasjon SS mg/l.

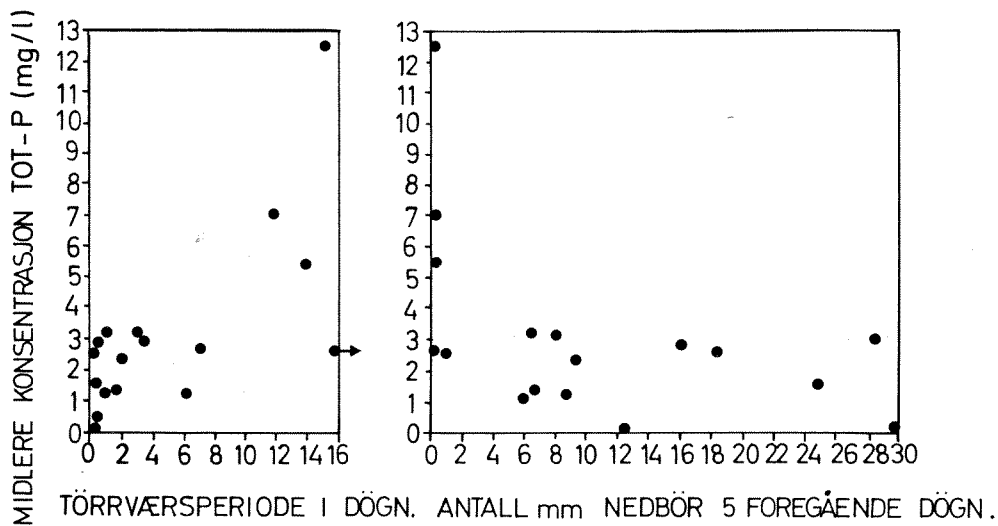


Fig. 16. Tørrværsperiode — Midlere Tot-P-innhold i overvann i Bislettbekken.

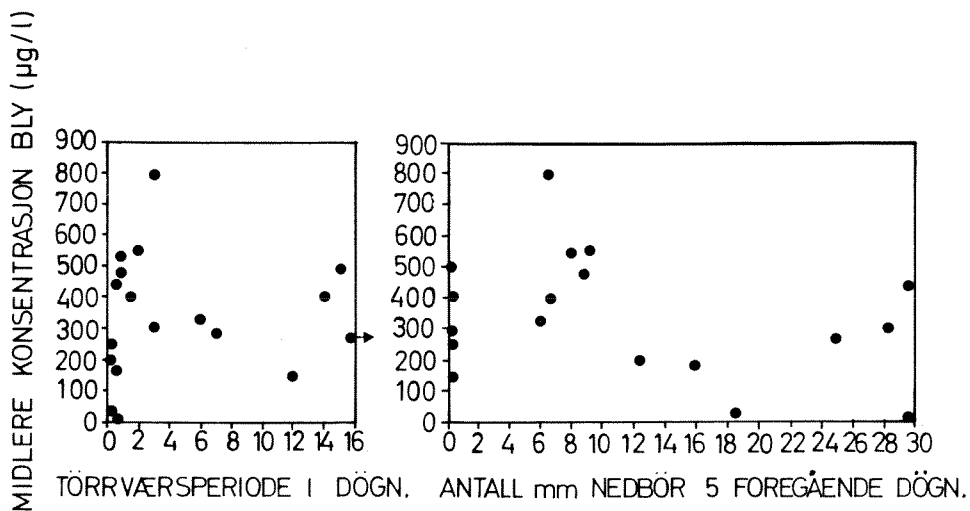


Fig. 17. Tørrværsperiode — Midlere bly-innhold i overvann i Bislettbekken.

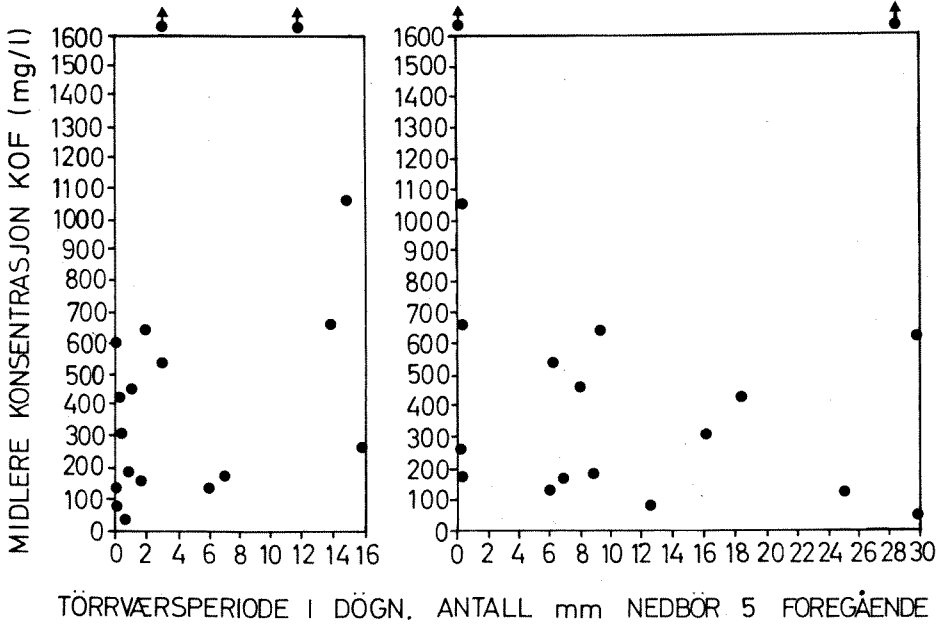


Fig. 18. Tørrværsperiode – Midlere KOF-innhold i overvann i Bislettbekken.

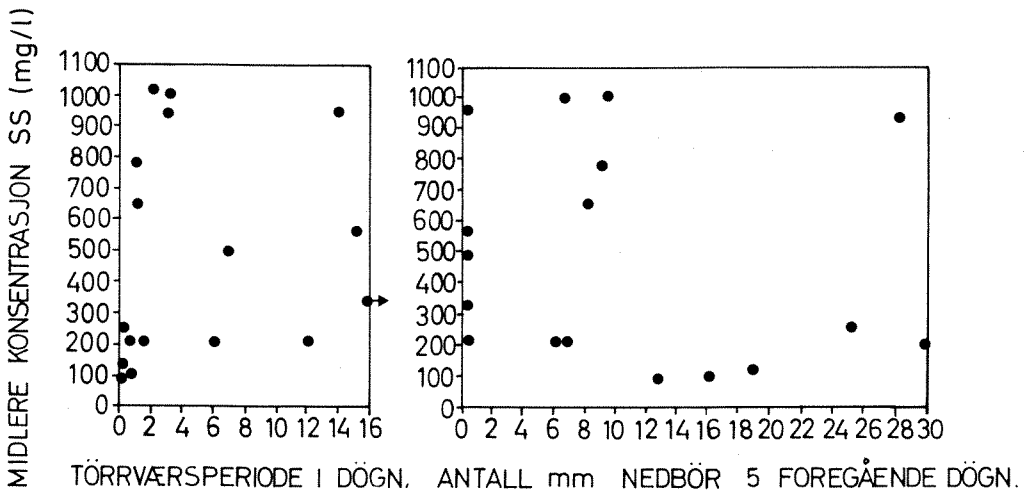


Fig. 19. Tørrværsperiode – Midlere SS-innhold i overvann i Bislettbekken.

Dette kan f.eks. ha den praktiske betydning at en utskillelse av partikulært stoff også vil medføre en stor reduksjon i blyinnholdet.

Total nitrogen er en parameter som viser svært liten korrelasjon med SS, hvilket kan bety at mesteparten av nitrogenet ikke er knyttet til partiklene, men foreligger i løst form. Total fosfor viser også en meget liten korrelasjon med SS. Når det gjelder organisk stoff, uttrykt ved KOF, synes det å være en god sammenheng med SS for de fleste feltene.

*Kjemisk oksygenforbruk (KOF).* KOF viser en forholdsvis bra korrelasjon med bly, kobber og sink. Videre er KOF korrelert mot  $BOF_7$ . Korrelasjonen mellom disse parametre er relativt god, hvilket synes naturlig da begge er et uttrykk for organisk stoff. Det er imidlertid påfallende at vinkelkoeffisienten for den mest sannsynlige regresjonslinjen mellom KOF og  $BOF_7$  varierer sterkt fra felt til felt. Dette kan bety at andelen lett nedbrytbart organisk stoff i forhold til den totale mengde organisk stoff varierer sterkt fra felt til felt. Dette synes også å være tilfelle selv innen gruppen av felter med felles-system.

Total fosfor synes å vise en relativt god korrelasjon mot KOF. Total nitrogen har en noe dårligere korrelasjon med KOF enn det fosfor har, men den er likevel klart til stede.

*Total nitrogen (Tot-N).* Total nitrogen viser liten eller ingen korrelasjon til de tre tungmetallene og SS. Som før nevnt, er det en relativt god korrelasjon mellom nitrogen og fosfor. Nitrogen har en mindre god korrelasjon med KOF.

*Total fosfor (Tot-P).* Fosforinnholdet har en merkbar sammenheng med innholdet av tungmetaller og suspendert stoff i enkelte av feltene, mens det i andre felter er liten eller ingen sammenheng. Som før nevnt, er det god sammenheng mellom fosfor og nitrogen, samt fosfor og organisk stoffinnhold.

*Tungmetallene.* Nitrogen viser ingen eller liten korrelasjon med metallene, mens fosfor har antydning til dette i noen av feltene. Mellom organisk stoff og metallene og SS og metallene er det en relativt god sammenheng. Mellom de tre tungmetallene er det innbyrdes god korrelasjon.

#### 4. KORRELASJON MELLOM FELTPARAMETRE OG ÅRLIGE UTSPYLTE MENGDER

Det er gjort forsøk på å sammenlikne årlige mengder av ulike komponenter i overvannet med forskjellige feltparametre, som prosent tette flater, midlere helning i feltet og befolkningstetthet. Den parameter som ga best korrelasjon, er prosent tette flater i feltet. På figurene 20–24 er fem ulike parametre plottet mot prosent tette flater i feltene. Hovedtendensen for begge systemene er at den årlige mengde av SS, KOF, Tot-P, Tot-N og bly øker med økende prosentandel tette flater. Avvik fra dette kan som regel forklares. SS-mengden for Risvollan, som er et separatsystemfelt med 18% tette flater, ligger høyere enn tilsvarende for de andre separatsystemfeltene. Dette kan forklares ved at bygge- og anleggsvirksomhet foregår i måleperioden. Dette forårsaker store mengder suspendert stoff i overvannet. Punktet i figur 24 som viser suspendert stoff i overvannet fra Vestlifeltet, som er et separatsystemfelt med 33% tette flater, ligger høyt i forhold til Oppsalfeltet med 43% tette flater. Dette kan også skyldes en viss anleggsvirksomhet i Vestlifeltet. I figur 20 hvor fosfor er plottet mot tette flater, ligger Solvik O-feltet unormalt høyt i forhold til andelen tette flater. Dette skyldes antakelig at Drammensveien passerer gjennom dette feltet, hvilket utgjør en stor forurensningsbelastning. Dette samme forhold gjør seg gjeldende for KOF i figur 22. I figur 23 ligger Bislettbekken og Vika svært høyt i forhold til de øvrige felter med hensyn til blymengder. Dette skyldes at de nevnte felter har svært mye mer trafikk av biler enn de øvrige feltene.

I figur 25 og 26 er årlige mengder av SS, KOF, Tot-P og bly plottet mot antall personekvivalenter pr. ha (pe/ha). Fellessystemfeltene viser en tendens til økning i årlige mengder for alle parametre når antall pe/ha øker. Punktene for separatsystemfeltene i Vika og Solvik O er ikke plottet inn, da disse har en meget stor andel med trafikkarealer. Risvollanfeltet og Vestlifeltet har hatt noe anleggsvirksomhet, hvilket forklarer hvorfor punktene for separatsystemfeltene viser en dårlig korrelasjon for SS.



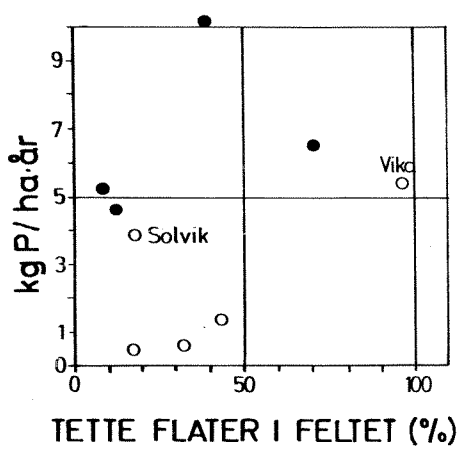


Fig. 20. Årlig mengde fosfor i overvann pr. hektar. Fellessystemet kontra separatsystemet.

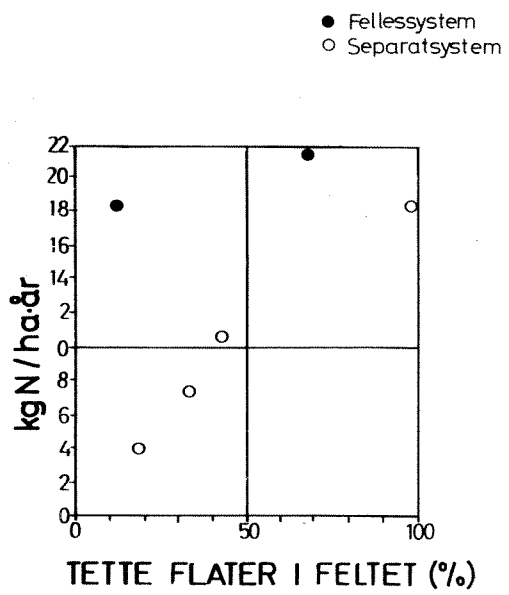


Fig. 21. Årlig mengde nitrogen i overvann pr. hektar. Fellessystemet kontra separatsystemet.

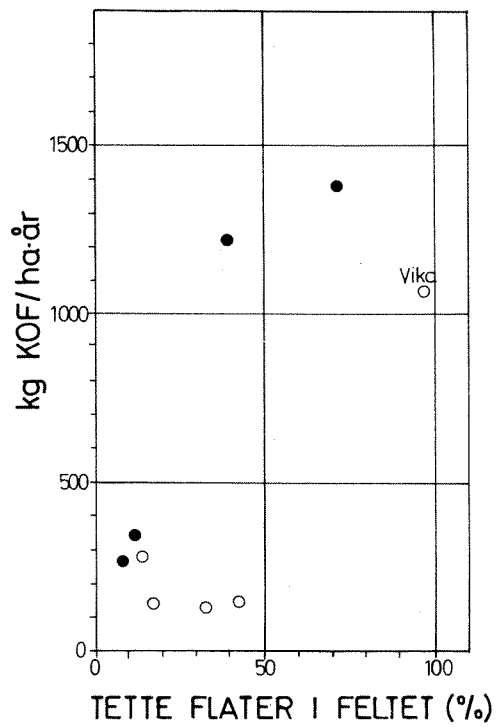


Fig. 22. Årlig mengde KOF i overvann pr. hektar. Fellessystemet kontra separatsystemet.

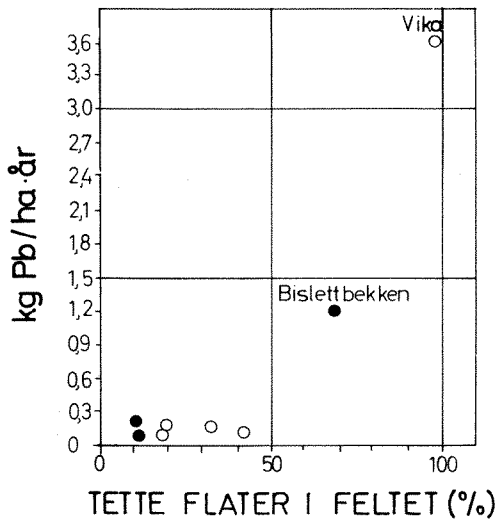


Fig. 23. Årlige mengder bly i overvann pr. hektar. Fellessystemet kontra separatsystemet.

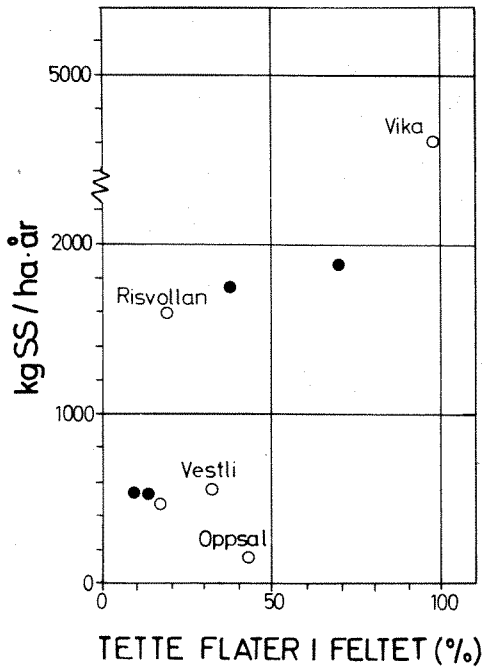


Fig. 24. Årlig mengde SS i overvann pr. hektar. Fellessystemet kontra separatsystemet.

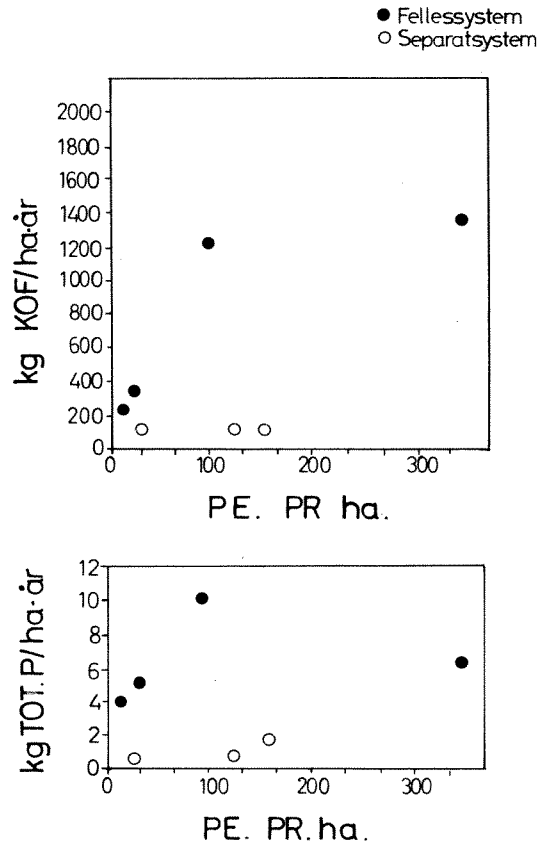


Fig. 25. Årlige mengder stoffstrømning i overvann kontra folketetthet (pe/ha). Solvik-O og Vika er ikke med p.g.a. spesielle trafikkforh.

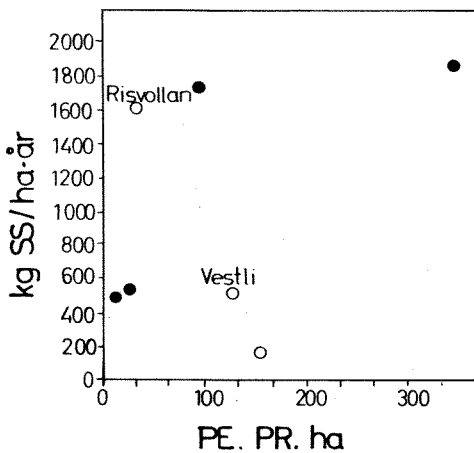
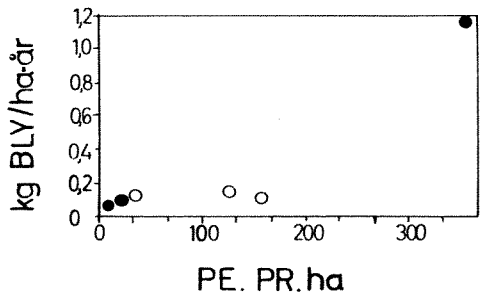


Fig. 26. Årlige mengder stoffstrømning i overvann kontra folketetthet (pe/ha).



## 5. REFERANSER

- [1] Kalleberg, K. og Malme, A.: "Forurensninger i overvann basert på undersøkelser i Trondheim". Hovedoppgave. Institutt for vassbygging, NTH. Trondheim 1974.
- [2] Glomnes, J.: "Analyse av avløpsproblemene i Rukklabekkens nedslagsfelt i Sandefjord". Hovedoppgave. Institutt for vassbygging, NTH. Trondheim 1974.
- [3] Saltveit, N.: "Overvannsforurensninger i separate avløpssystemer". VANN nr. 4 1975.
- [4] Lager, J. og Smith, W.: "Urban Stormwater Management and Technology – An Assessment". EPA-670/2-74-040, page 83. Cincinnati, Ohio. December 1974.
- [5] Lindholm, O., Balmer, P., Glomnes, J., Malme, A. og Saltveit, N.: "Forurensning i overvann". NIVA-rapport m/bilag. O-57/74 (PRA 4.7). Oslo 20. august 1976.

## Oversikt over PRA-prosjekter

Prosjekt nr.	Forskningsprosjekt	Ansvarlig institusjon
1.1.	Avløpsvannets mengde og sammensetning	Statens forurensningstilsyn/ Østlandskonsult A/S
2.1.	Forsøksanlegget på Kjeller	Norsk institutt for vannforskning (NIVA)
2.2.	Kjemisk felling i eksisterende renseanlegg	NIVA
2.3.	Standardisering av metoder for slamkarakterisering Cost 68	NIVA
2.4.	Enkel behandling av avløpsvann	NIVA/A/S Hjellnes
2.5.	Aktivt karbon til rensing av kommunalt avløpsvann	NIVA
2.6.	Avløpsvann fra næringsmiddelindustri i kommunale renseanlegg	NIVA
2.7.	Filtrering av avløpsvann i steinfilter	NIVA
2.8.	Behandling av spetiksclam i renseanlegg for avløpsvann	NIVA
2.9.	Rensing av sigevann fra kommunale fyllinger	NIVA
2.10.	Driftsundersøkelse av renseanlegg	NIVA
2.11.	Desinfeksjon av avløpsvann med ultrafiolett bestråling	Statens institutt for folkehelse
2.12.	Avvanning av slam med posefilter	A/S Forbrenningsteknikk /NIVA
2.13.	Bruk av biologiske systemer for resirkulering av plantenæringsstoffer i vann	NIVA
3.1.	Metoder og undersøkelser vedrørende disponering av slam	Norges landbrukshøgskole, (NLH)
3.2.	Disponering av latrineavfall i Åstadalen	Institutt for geologi, NLH
3.3.	Slam og kompost på jord og vegetasjon	Institutt for jordkultur, NLH
3.4.	Undersøkelse av jordbruksforurensning på Nes, Ringsaker kommune	Institutt for kulturteknikk, NLH
3.5.	Infiltrasjon av avløpsvann og slam i løsmasser	Institutt for kulturteknikk, NLH
3.6.	Slamdisponering på Romerike	Institutt for kulturteknikk, NLH
3.7.	Felleskompostering av søppel og slam	Institutt for kulturteknikk, NLH
3.8.	Alternativer til konvensjonelt vannklosett	Institutt for mikrobiologi, NLH
3.9.	Undersøkelse av potetnemotode i ulike slamtyper	Statens plantevern/NIVA
3.10.	Litteraturstudier vedrørende sigevannsproblemer	Utvalg for fast avfall, NTNf
3.11.	Sigevann fra eksisterende fyllinger	Utvalg for fast avfall, NTNf
3.12.	Biologiske avfallssystemer til bruk i skip	Saga Industrier A/S/NLH
3.13.	Mikrobielle problemstillinger ved bruken av slam som jordforbedringsmiddel	Norges veterinærhøgskole
4.1.	Data for korttidsnedbør	Det Norske Meteorologiske institutt
4.2.	Avrenningsforhold i urbane områder	Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen, Hydrologisk avd.
4.3.	Ledningsmaterieell og ledningsarbeider	Institutt for vassbygging, NTH
4.4.	Slitasje i avløpsledninger	Vassdrags- og Havnelaboratoriet ved NTH, (VHL)
4.5.	Fordrøyningsbassenger og regnvannoverløp	Vassdrags- og Havnelaboratoriet ved NTH, (VHL)
4.6.	Systemanalyse av avløpsanlegg	NIVA
4.7.	Undersøkelse av urbant avrenningsvann og forhold vedrørende overløp	NIVA
4.8.	Tetthetsprøving av avløpsledninger	Norges Byggstandardiseringsråd
4.9.	Legging og fundamentering av stive rør	Oslo kommune
4.10.	Tilrettelegging av regnskylldata	NIVA
5.1.	Ytre krefter på utslippsledninger	VHL
5.2.	Undersøkelse av eksisterende utslipp	NIVA
5.3.	Luftansamling i utløpsledninger	VHL
5.4.	Sedimentering, begroing og selvrensing i rør	NIVA/VHL
5.5.	Spreddeanordning og avløpsvannets primærfortynning	I/S Miljøplan
5.7.	EDB-program for avløpsvannets primærfortynning	NIVA
6.1.	Fibre i avløpsvann fra treforedlingsindustrien	Papirindustriens forskningsinstitutt (PFI)
6.2.	Destruksjon eller konvertering av kjemisk avfall	Norges Industriforbund
6.3.	Tungmetallfjerning fra industriavløp	NTNF/SINTEF
6.4.	Rensing av meieriavløpsvann	Landteknikk A/L
6.5.	Wallboardindustriens avløpsproblemer	Papirindustriens forskningsinstitutt
6.6.	Forurensningsproblemer i potetbearbeidende industri	Potetmelfabrikantenes salgskontor
6.7.	Vannforbruk og forurensningsforhold i slakterier	Landbrukets bygge- og rasjonaliseringskontor A/L
6.8.	Spalting av skjærroljeemulsjoner	Norges Industriforbund
6.9.	Ionebytting til rensing av avløpsvann i galvanoteknisk industri	Norsk Dampkjelforening A/S
6.11.	Avløp fra inndampere i sildoljefabrikk	Stord Bartz Industrier
6.12.	Avløp fra rengjøring og spyling i sildoljeindustrien	Sildolje- og sildemelindustriens forskningsinstitutt (SSFI)
6.13.	Regenerering av konsentratbad fra elokseringsbedrifter	Statens teknologiske institutt
6.14.	Rensemetoder for avløpsvann fra sildoljeindustri	Sildemelfabrikantenes Forskningsinstitutt (SSFI)
6.15.	Utskilledeanlegg for behandling av oljeholdig avløpsvann	A/S Hjellnes & Co
6.16.	Upolare klorerte hydrokarboner i avløpsvannet fra treforedlingsindustri	Sentralinstitutt for industriell forskning/PFI
6.17.	Rensing av tekstilindustriens avløpsvann	Norsk Tekstilinstitutt
6.19.	Biologisk rensing av fruktvann fra potetmelfabrikken	Norske potetindustrier
6.20.	Resirkulering av krom i garverier	Borge Kromlær

De ansvarlige forskningsinstitusjoner utarbeider framdriftsrapporter og forskningsrapporter. PRA-Komiteen utgir såkalte brukerrapporter basert på en eller flere forskningsrapporter. Brukerrapportene er forsøkt laget så oversiktlige og lettleste som mulig for de brukergrupper man spesielt satser på.

## PRA-BRUKERRAPPORT HITTIL UTKOMMET

- 1 Systemanalyse av avløpsanlegg  
ISBN 82-90180-00-4  
Lindholm, O  
Mai 1975
- 2 Regnvannsoverløp og fordrøyningsbasseng  
ISBN 82-90180-01-2  
Mosevoll, G.  
Juli 1976
- 3 Bygning og drift av dyputslipp  
ISBN 82-90180-02-0  
Johansen, Ø og Liseth, P  
Juni 1975
- 4 Lekasjevann. Økonomisk betydning  
ISBN 82-90180-03-9  
Grande, S.  
November 1975
- 5 Enkle rensemetoder  
ISBN 82-90180-04-7  
Balmer, P., Christensen, F.B., Garmann, J.J.  
Februar 1976
- 6 Valg av modellregn  
ISBN 82-90180-05-5  
Lindholm, O.  
Desember 1975
- 8 Luft i utslippsledninger  
ISBN 82-90180-07-1  
Mosevoll, G.  
April 1976
- 9 Selvrensing i avløpsrør  
ISBN 82-90180-09-8  
Lysne, D.K.  
Mars 1976
- 10 Stabilisering av kommunalt slam  
ISBN 82-90180-10-1  
Eikum A and Paulsrud, B.  
Mai 1976
- 11 Slitasje i avløpsrør  
ISBN 82-90180-12-8  
Schei, I. og Tekle, T.  
April 1976
- 13 Vassdragsbiologi. Virkninger  
av renetekniske tiltak  
ISBN 82-90180-14-4  
Traaen, T.  
August 1976
- 14 Dykket utslipp i resipient – Utledning og  
fortynning av avløpsvann  
ISBN 82-90180-15-2  
Liseth, P.  
Februar 1977
- 16 Rensing av sigevann  
ISBN 82-90180-10-1  
Johansen, O.J.  
Mai 1976