

NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse: Brekke 23 52 80
Postboks 333, Blindern Gaustadalleen 46 69 60
Oslo 3 Kjeller 71 47 59

Rapportnummer: 0-82111
Undernummer:
Løpenummer: 1554
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Tørrværsavsetninger i fellessystemrør. Fase II VA-rapport 27/83	Dato: 1. november 1983
	Prosjektnummer: 0-82111
Forfatter(e): Oddvar G. Lindholm	Faggruppe: Urban hydrologi
	Geografisk område: Oslo
	Antall sider (inkl. bilag): 74

Oppdragsgiver: NTNFs VAR-utvalg og Oslo Vann- og Kloakkvesen	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
---	----------------------------------

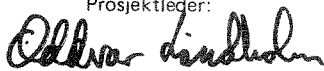
Ekstrakt:

Målinger fra et felt i Oslo har bekreftet at rørvlagringer som spyles ut i regnskyll representerer betydelige forurensningsmengder. Forhold omkring 118 spylepunkter i Oslos avløpsnett er undersøkt, bl.a. hva som påvirker rørvlagringsmengdene. Tolv kommuner er intervjuet m.h.t. kloakkstopp i avløpsnettene. Videre er det oppsummert en del erfaringer med virkningen av gatesandfang.

4 emneord, norske: Fellessystemrør Fase II
1. Rørvlagringer
2. Spyling av avløpsledninger
3. Kloakkstopp
4. Gatesandfang
VA-rapport 27/83

4 emneord, engelske:
1. Pipe deposits
2. Sewer flushing
3. Pipe clogging
4. Sand trap basins

Prosjektleder:

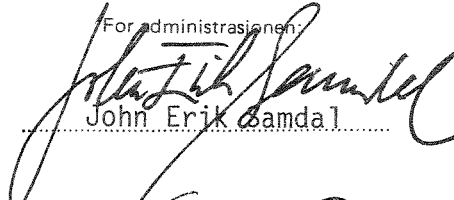

Oddvar Lindholm

Divisjonssjef:


Egil Gjessing

ISBN 82-577-0702-3

For administrasjonen:


John Erik Samdal


Lars N. Overrein

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
OSLO

0-82111

TØRRVÆRSVÆRSETNINGER I FELLESSYSTEMRØR
Fase II

Oslo, 1. november 1983

Saksbehandler:
Oddvar Lindholm

I N N H O L D S F O R T E G N E L S E

	Side:
1. FORORD	3
2. SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	4
3. INNLEDNING	7
4. ANALYSER AV TØRRVÆRSAVSETNINGER I ET AVLØPSFELT I OSLO	9
4.1 Generelt	9
4.2 Beskrivelse av avløpsfeltet	9
4.3 Arlige tørrværsavsetninger beregnet med matematisk modell	11
4.4 Målinger av rørutspylinger under regnskyll	14
5. UNDERSØKELSER AV SPYLEPUNKTER I OSLOS AVLØPSNETT	16
5.1 Generelt	16
5.2 Sammenheng mellom fysiske forhold knyttet til spylepunktene og røravlagringer nedstrøms spylepunktet	16
5.3 Målinger under en rutinemessig spyling på to ledningsstrekninger	26
5.4 Vurdering av behovet for spyling av de undersøkte 118 spylepunktene i Oslo	28
6. KLOAKKSTOPP-PROBLEMETS OMFANG I 13 KOMMUNER	29
7. KOSTNAD - NYTTE BETRAKTNINGER PÅ SPYLING AV AVLØPSLEDNINGER	35
7.1 Eksempel fra Norge	35
7.2 Eksempel fra en avløpsplan i Boston, USA	42
8. OM GATESANDFANGS BETYDNING FOR RØRAVSETNINGER OG FORURENSNINGSSITUASJONEN	46
8.1 Erfaringer fra USA	46
8.2 Erfaringer fra Göteborg, Sverige	53
8.3 Erfaringer fra Danmark	56
8.4 Gatesandfang i Oslo kommune	59
8.5 Kostnad/nytte betraktninger for gatesandfang	61
9. LITTERATUR	63

V E D L E G G

- A. Ledningsnettdata fra feltet i Maridalsveien
- B. Fysiske data fra ledningsnettets rundt spylepunktene.

F O R O R D

Fase I av prosjektet "Tørrvørsavsetninger i fellessystemrør" ble i sin helhet finansiert av NTNFs prosjekt transport av vann (PTV). Denne fasen resulterte i en delrapport fra NIVA som behandlet omfanget av røravlagringer i fire norske fellesavløpssystemer, hvor mye av disse røravlagringene som årlig går i regnvannsoverløp og uttesting av et EDB-program for beregning av tørrvørsavlagringer i avløpsrør.

I fase I utarbeidet også Vassdrags- og Havnelaboratoriet (VHL) en delrapport som behandlet selvrensningskriterier i avløpsledninger og forsøk med spyling av avløpsledninger med sedimenter i bunnen.

I fase II av prosjektet har både NTNFs VAR-utvalg og Oslo Vann- og Kloakkvesen (OV&K) bidratt med økonomisk støtte. OV&Ks driftsavdeling har dessuten vært aktivt med i prosjektarbeidet. I denne fasen vil VHL utrede forhold omkring dimensjonerende vannføring for selvrensing, bølgeforplantning, separasjonseffekter og vurdering av ulike spylemetoder. NIVA har i fase II utredet forhold omkring røravlagringer og kloakkstopper i Oslo kommune og gjort en intervju-undersøkelse i 12 andre kommuner. Videre er det rapportert en del erfaringer om virkningen av gatesandfang på overvannets kvalitet.

Prosjektet er gjennomført i nær kontakt med siv.ing. Sveinung Sægrov i VAR-utvalget.

Sivilingeniørene Bjarne Helland og Per Kristiansen i Oslo Vann og Kloakkvesen (OV&K) har bidratt med faglig innsats i prosjektet. Per Kristiansen har skaffet alle data om 118 spylepunkter i avløpsnettet, samt besørget spyling av disse punktene.

VAR-utvalget tar sikte på å utarbeide en samlerapport på basis av de fire delrapportene. Denne vil sannsynligvis bli publisert i første halvår av 1984.

Oslo, 1. november 1983

Oddvar Lindholm

2. SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Målene for prosjektet har for NIVAs del vært å:

- a) Undersøke hvilke mengder av ulike stoffer som avlagres i avløpsnett i tørrværsperioder.
- b) Diskutere de forurensningsmessige konsekvenser av slike avlagringer.

Utspyling av rørsedimenter i regnværsperioder

Undersøkelsene i fase I har vist at utspyling av rørsedimenter i regnværsperioder kan representere betydelige forurensninger både totalt pr. år og spesielt som sjokkbelastninger i løpet av få timer. Det ene regnskylllet som kom med i undersøkelsesperioden i fase II bekrefter dette.

Undersøkelse av spylepunkter i Oslo

I samarbeid med Oslo Vann og Kloakkvesens (OV&K) driftsavdeling ble 118 spylepunkter i avløpsnett i Oslos syd-østre deler undersøkt. Fysiske forhold vedrørende avløpsledningene knyttet til spylepunktene er registrert. Dessuten er alle de 118 spylepunktene spylt, og den sedimenterte massen som ble skyllet ut som følge av dette, ble observert.

Den utspylte massen fra de ulike spylepunktene er sammenholdt med de fysiske forhold i nettet som f.eks. fall, rørlengde, kloakkeringsareal, diameter, tørrværsavrenning og alder på røret. Det er utført partielle og multiple korrelasjoner samt regresjonsanalyser.

Alle de fysiske parameterene for avløpsnett viser dårlig korrelasjon med mengder utspylt, og dermed sedimentert masse i ledningene. Imidlertid viser fallet på ledningene en viss korrelasjon med massen i ledningene, når bare ekstremtilfellene betraktes.

I den multiple korrelasjonen, hvor alle de relevante parameterene er med, blir korrelasjonskoeffisienten noe bedre enn for den beste partielle korrelasjonskoeffisienten. Hovedinntrykket er likevel at nytten av spylepunktet ikke kan sees å være knyttet særlig sterkt til de fysiske parametere man vanligvis tror har stor betydning for selvrensningsforholdene.

Generelle inntrykk fra de kumulative frekvensfordelingene er imidlertid at rørfall over 20 ‰ ikke representerer særlig problemer. Når det gjelder rørlengder virker det som om rørlengder under 50 m representerer svært lite problemer, mens lengder opp mot 150 m gir noe mer selvrensningsproblemer.

For øvrig viser de målinger og vurderinger som er foretatt omkring de 118 spylepunktene på Nordstrand i Oslo, at spyling en gang pr. år er for mye for flesteparten av punktene. Årlig spyling synes bare nødvendig for 10 - 15 % av de 118 punktene. Videre virker det som spyling forsøksvis kan sløyfes helt på ytterligere 15 %. De resterende punktene burde kunne spyles med et intervall på 2 - 3 år. Dersom et slikt spyleprogram innføres bør virkningene av dette følges nøye opp for å systematisere erfaringene.

Erfaringer fra 13 kommuner om selvrensningsforhold

Erfaringene fra de 13 intervjuede kommunene om kloakkstopp og selvrensningsforhold kan oppsummeres i det følgende:

- Antall rapporterte kloakkstopp synes å ligge omkring ca. 1 pr. år pr. tusen personer. Det er imidlertid en spredning fra 0,1 til 4 i tallmaterialet.
- Antall faste spylepunkter i avløpsnettene ligger i middel på ca. 0,5 pr. tusen personer, når kommunen er på ca. 100 000 innbyggere eller mindre.
- Antallet rapporterte kloakkstopp har en økende tendens med økende andel fellessystem.
- Erstatning pr. kjelleroversvømmelse som følge av kloakkstopp øker med økende kommunestørrelse, fra ca. 4 000 til 17 000 kr.
- Antall årsverk som brukes til arbeid med kloakkstopp og selvrensning ligger i middel på ca. 0,5 pr. 10 000 personer.

På basis av intervjurunden har det vist seg at selvrensningsproblemer vanligvis er noe som krever en ikke ubetydelig del av de totale driftsressurser en kommune har til sitt vann- og avløpsnett.

Spyling sammenlignet med andre tiltak

Kostnads-nytte analyser har vist at spyling av avløpsledninger kan konkurrere med andre mer konvensjonelle tiltak for å begrense forurensningsutslipp. Spyling kan imidlertid ikke sees på som et isolert fullverdig tiltak. Det må kombineres med andre tiltak i avløpssystemet. I så fall er spyling av avløpsledninger et tiltak som bør vurderes ut fra forurensningshensyn.

Følsomhetsanalyser har vist at kunnskapsgrunnlaget for å beregne kostnader og nytte ved spyling er dårlig. Usikkerheten på $\pm 50\%$ i kost/nytte faktoren må påregnes.

I rapporten er en del erfaringer med gatesandfang fra andre land rapportert. Konklusjonen på undersøkelsene er bl.a.:

- En rekke gatesandfang innstilleres uten at virkelige behovsvurderinger blir gjort.
- Et gatesandfang gir liten eller ingen effekt etter at det er mer enn halvfullt. De må med andre ord vanligvis tømmes minst 1 gang pr. år for at partikler skal kunne holdes tilbake.
- Et gatesandfang har stor betydning for hvor mye partikler som kommer ned til selve avløpsledningen.

Danske undersøkelser har vist at ca. 5 % av tungmetallene fjernes i gatesandfang, mens svenske har vist nærmere 50 %.

- Ser man på kostnads-nytte faktorer for tømming av gatesandfang med hensyn på fjerning av fosfor, er dette et lite gunstig tiltak sammenlignet med andre alternative tiltak.

For norske forhold kan man trygt si at tømming av gatesandfang ikke kan forsvares alene ut fra forurensningshensyn. Imidlertid gir dette et positivt bidrag når tømmingen skjer primært ut fra driftshensyn eller andre hensyn.

3. INNLEDNING

I kommunale avløpsledningsnett er det alltid større eller mindre deler av nettet som har dårlige fallforhold. Selv i felter hvor fallet generelt er stort, vil det som regel være noen ledningstracéer som følger "kotene" og dermed får mindre fall enn terrenget for øvrig. Det er såpass mye partikulært materiale i spillvann at sedimentlag kan bygges opp i bunnen av rør med ugunstige selvrensningsforhold. Ved siden av å kunne forårsake såkalte kloakkstopp, som kan medføre kjelleroversvømmelser og andre akutte problemer, vil slike sedimentansamlinger bli spylt ut i regnværperioder. I slike perioder er renseanlegg og transportsystemet hardt belastet, med den følge at svært store forurensningsmengder går urensset til vannforekomstene via regnvannsoverløp.

Bevisstheten om at tørrværsavsetninger er et problem i avløpsnett er ikke av ny data. Thomas Wardle (13) publiserte allerede i 1893 i London boken "Sewage treatment and disposal", hvor dette problemet diskuteres grundig. Følgende sitater er hentet fra Wardles bok fra 1893:

- "I think, then, we may safely infer from these facts the necessity of constantly looking to the flushing of the sewers both by the admission of stored flushing-water in dry weeks and storm-water of rainy seasons. Very much, of course, depends on the velocity of the sewage-flow".
- "At Salisbury there are flushing wells at the corners of the streets, and the sewers are well cleaned by fortnightly flushing".
- "The removal of the storm water (from the sewer pipes) should be accompanied by the adoption of adequate flushing-tanks, which, in fact, are needed in hot and dry seasons, whether the storm-water mixes with the sewage or not".
- "In urban districts, and especially where there is much traffic, the first storm-washings contain large quantities of putrescible organic matter".

Imidlertid er begrunnelsen til Thomas Wardle for spyling av avløpsledningene en annen enn det man ser som hovedmotivet idag.

Wardles hovedbegrunnelse er at spylingen fører til mindre sykdom hos folk som følge av minskede muligheter for utvikling av patogene organismer og giftige gasser.

For ytterligere problemorientering om dette emnet vises bl.a. til delrapport 1 i prosjekt, Lindholm (7).

4. ANALYSER AV TØRRVÆRSAVSETNINGER I ET AVLØPSFELT I OSLO

4.1 Generelt

Hensikten med å velge et avløpsfelt i Oslo var å måle hvilke stoffmengder som spyles ut under regnvørsperioder. På grunnlag av disse målingene ville man beregne årlige mengder røravlagringer av fosfor (P), nitrogen (N), organisk stoff (KOF) og suspendert stoff (SS).

Slike beregninger er gjort i delrapport 1 for fire fellessystemfelt, men man ønsket ytterligere målinger fra et felt hvor man hadde grundigere målinger av stofftransporten i tørrvørsperiodene.

Dessverre har man bare fått ett regn med i målingene i løpet av prosjektperioden. Dette skyldes:

- Jevn, vedvarende nedbør i april og mai uten lange nok opphold til oppbygging av sedimenter i rørene.
- Meget tørr periode i juni og juli.
- For øvrig små nedbørtilfeller som ikke ga nevneverdig avrenning, samt at de få store interessante regntilfellene falt utenfor den tiden av døgnet hvor man hadde utrykningsberedskap.

4.2 Beskrivelse av avløpsfeltet

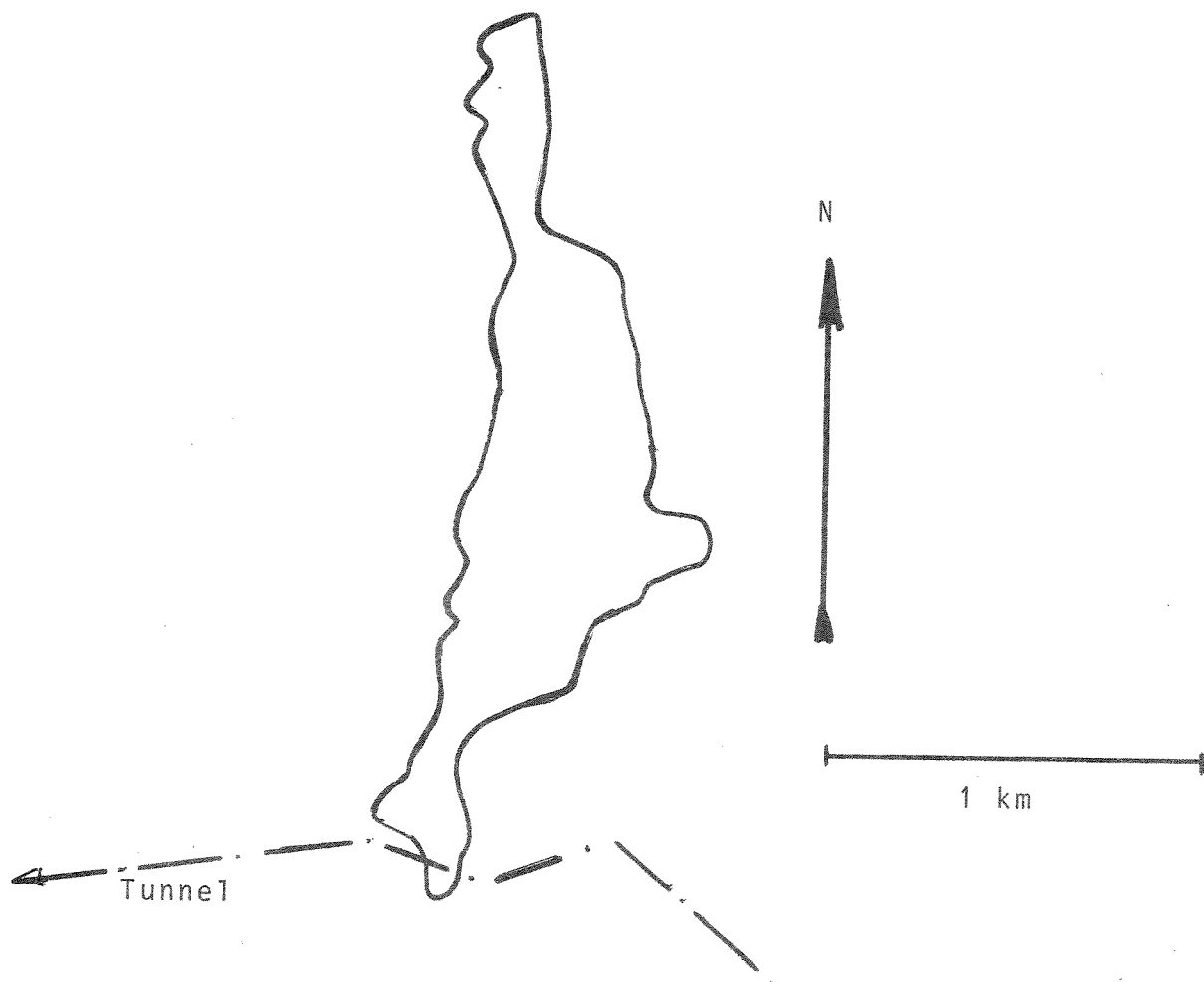
Feltet man har valgt å måle på ligger omtrent midt på en linje mellom Maridalsvannet og Rådhuset i Oslo.

Det kalles internt i OV&K for Maridalsveien - Søren Jaabæks gate. Feltets bebygde område er på ca. 57,6 ha. og har ca. 7 200 personer og 5 100 personekvivalenter. Tilsammen 12 300 personenheter. Midlere tørrvørsavrenning er ca. 32 l/s tilsvarende ca 225 l/pe.d. Feltet ender i et påslippspunkt til kloakktunnelen, som fører til Sentralrenseanlegget vest (SRV). I påslippspunktet har man en Venturi måleren.

Persontettheten blir ca. 213 P.E./ha. Figur 1 viser feltets form, beliggenhet i forhold til tunnelen og nord/syd retningen. Målestokken er 1:20 000.

Som man ser er feltet relativt langstrakt. Midlere fall er ca. 35 ‰ fra øverste punkt i feltet til nederste punkt. Diametere, fall, lengder, minimumshastigheter etc. for rørene er vist i vedlegg A. Av dette går det frem at ca. 10 % av rørene har fall under 10 ‰, ca. 38 % har fall under 20 ‰ mens 40 % har fall over 30 ‰.

Ved midlere tørrværsvannføring har ca. 44 % av rørene vannføring med hastigheter under eller lik 0,6 m/s.



Figur 1. Avløpsfeltet Søren Jaabæks gate.

4.3 Årlige tørrværsavsetninger beregnet med matematisk modell

Feltet Søren Jaabæks gate er analysert ved hjelp av en matematisk modell for tørrværsavsetninger i rør. Modellen er utviklet i USA og rapportert av Pisano et.al. (10). En norsk versjon av programmet er utviklet og beskrevet av Lindholm (7).

Innlesningsdata til programmet er feltets areal, midlere spesifikk tørrværsavrenning (l/pd) rørenes nr. med tilhørende lengde, fall og diameter.

Resultatet av beregningene er vist i figur 2.

Avsetningene i ledningsnettene er beregnet for tre ulike driftssituasjoner og med alle de fire formlene utviklet av Pisano et al. (10). I utskriftene har formel nr. 1 betegnelsen (42) med korrelasjonskoeffisienten $R^2 = 0,949$, formel 2 har betegnelsen (43) med $R^2 = 0,852$, formel 3 har (44) med $R^2 = 0,848$ og formel 4 har betegnelsen (45) med $R^2 = 0,845$. Formlene er vist i litt. (7).

Avviket mellom resultatene for formlene forteller bl.a. noe om usikkerheten som ligger i kunnskaper om avsetningsbetingelsene i ledningsnett. Grunnen til at dette avviket er så stort for feltet Søren Jaabæks gate kan være at formel 1 ((42) i utskriften) baserer seg på den kumulative frekvensfordelingen mellom rørlengde og korresponderende fall, mens de andre 3 formlene ikke benytter denne. Denne frekvensfordelingen kan være uvanlig, hvilket kan forklare noe av det store avviket.

Dersom man fra beregningen, vist i figur 2, benytter middels drifts- og vedlikeholdsforhold, samt antar at spesifikk produksjon av organisk stoff (KOF) er 150 g/p.d. og for total fosfor (Tot-P) 2,5 g/p.d., får man følgende årlige røravlagringer.

TØRRSTOFFAVSETTING I KG/ÅR/HEKTAR							
TS	COD	BOD	TKN	NH3	TP	VSS	FORMEL
GODE DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD							
305.965	381.538	132.789	12.545	4.284	2.754	227.944	(42)
664.870	829.093	288.554	27.260	9.308	5.984	495.328	(43)
657.891	820.390	285.525	26.974	9.210	5.921	490.129	(44)
641.457	799.896	278.392	26.300	8.980	5.773	477.885	(45)
MIDDELS DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD							
360.673	449.759	156.532	14.788	5.049	3.246	268.701	(42)
783.753	977.340	340.149	32.134	10.973	7.054	583.896	(43)
775.525	967.080	336.578	31.797	10.857	6.980	577.766	(44)
756.152	942.922	328.170	31.002	10.586	6.805	563.334	(45)
DÅRLIGE DRIFTS/VEDLIKEHOLDSFORHOLD							
370.220	461.665	160.676	15.179	5.183	3.332	275.814	(42)
804.500	1003.212	349.153	32.985	11.263	7.241	599.353	(43)
796.055	992.681	345.488	32.638	11.145	7.164	593.061	(44)
776.170	967.883	336.858	31.823	10.866	6.986	578.246	(45)

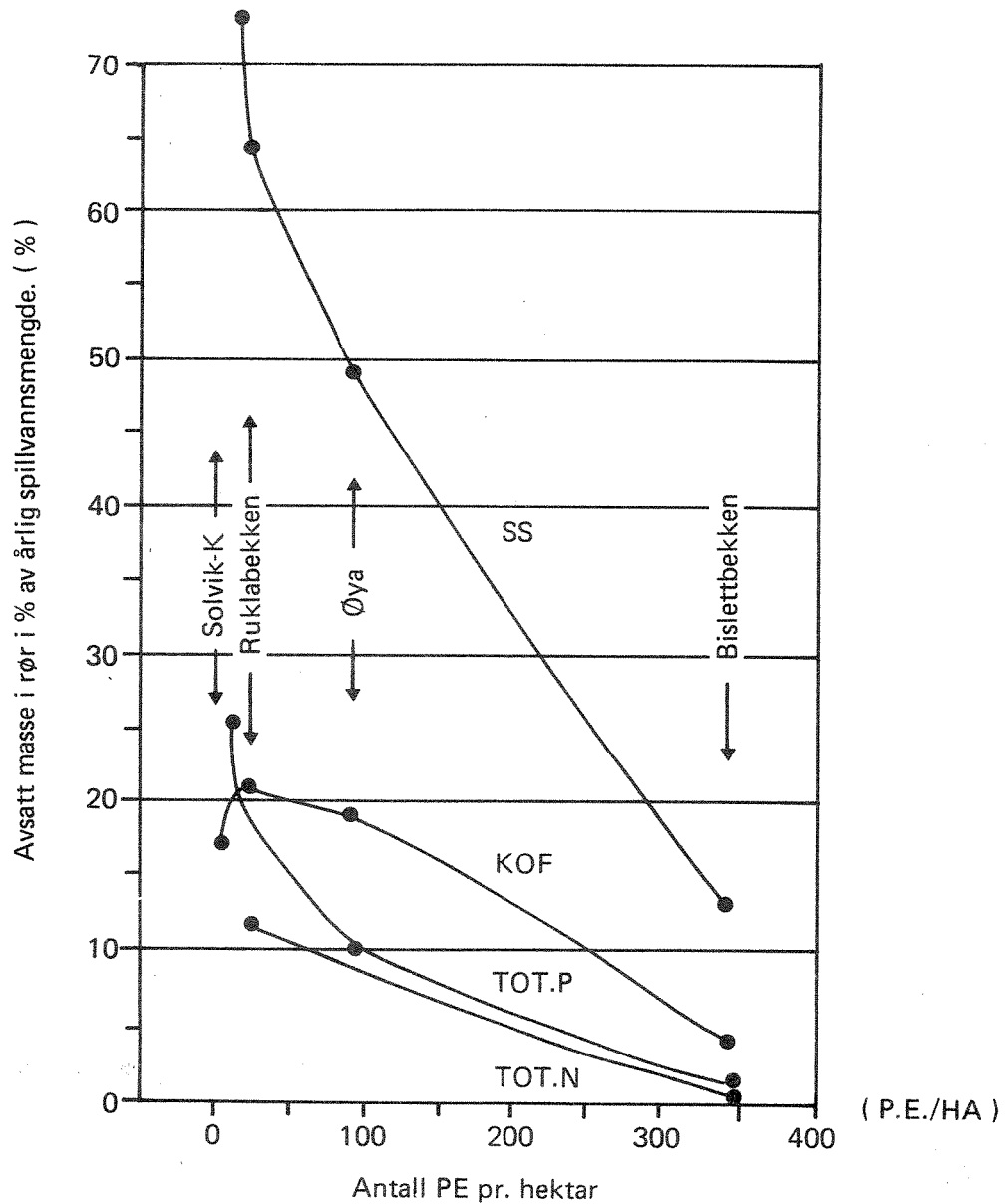
Figur 2. Beregnede tørrværsavsetninger.

Tabell 1. Beregnede årlige røravlagringer.

Stoff-parameter	Årlige røravlagringer i % av årlig mengde i spillvannet	
	Basert på formel (42)	Basert på middelet formel (43), (44) og (45)
KOF	3,8 %	8,2 %
Tot-P	1,7 %	3,6 %

Tabell 1 viser beregninger som dels baserer seg på den formelen som har best regresjonskoeffisient (42) og dels middelet av de tre andre. Grunnen til at de årlige prosentvise røravlagingsmengdene blir relativt små er den store personenhetstettheten på 213 P.E./ha.

Figur 3 viser målte verdier for % av røravlagring fra de fire feltene som ble beskrevet i fase I, litt. (7).



Figur 3. Avsatte røravlagringer (prosent) kontra befolkningstetthet i feltene.

Beregningene i Søren Jaabæks gate (med EDB-programmet) gir som vist en del lavere verdier enn de målingene fra de fire norske feltene, vist i figur 3 gir.

4.4 Målinger av rørutspylinger under regnskyll

Som nevnt under pkt. 4.1 var det bare en regnværperiode med i måleprogrammet (15. juni 1983). Regnet startet kl. 1335 og sluttet kl. 1350. Regnintensiteten er ikke kjent ennå, da magnetbåndene fra PLU-MATIC-målerene i Oslo ikke behandles før i 1984. Dersom man skal dømme etter vannføringen i røret kan imidlertid ikke intensiteten ha vært særlig mer enn ca. 10 l/s.ha i 15 minutter, hvilket er et regn som vanligvis opptrer relativt ofte i løpet av sommeren. Før dette regnet har det vært en tørrværperiode på 11 dager. Den 3. juni var det et regn som medførte en vannføring på 84 l/s, mens det den 4. juni var et regn som medførte en vannføring på 80 l/s.

Tabell 2 viser verdier som ble målt.

Tabell 2. Konsentrasjonsmålinger i regn 15. juni 1983.

Klokkeslett	Suspendert stoff mg/l	Organisk stoff mg KOF/l	Fosfor mg Tot-P/l	Q l/s
1343	346	430	5,8	70
1346	942	650	8,6	65
1349	1392	1080	11,0	63
1352	1188	1080	40,0	58
1355	970	690	13,0	51
Tørrværsavr.				32

Totaltransporten i løpet av de 12 minuttene prøvetakingen foregikk er beregnet, så vel som normal tørrværsavrenning fra feltet. Se tabell 3.

Tabell 3. Transport og konsentrasjoner i avrenningen fra regnet.

Parameter	Total transport kg	Tørrværsbidraget kg	Sannsynlig bidrag fra overflater kg	Utspylte røravlagringer i kg	Konsent. i overvannsbidraget som skyldes røravlagr. mg/l
SS	45,83	7,69	6,4	31,7	1 495
KOF	36,77	15,38	2,5	18,9	892
Tot.P	0,74	0,26	0,01	0,5	23
Q	44,2 m ³	23,0 m ³	21,2 m ³		

Beregningen av tørrværsbidraget er basert på følgende standardverdier for spesifikk personproduksjon, SS = 75 g/p.d, KOF = 150 g/p.d. og Tot-P = 2,5 g/p.d. Som man ser av tabellen vil selv store unøyaktigheter i disse antagelsene ikke bety mye for konklusjonene. Bidraget fra overflatene er funnet ved å bruke anbefalte konsentrasjoner (PTV-rapport nr. 15) for overvannskonsentrasjoner; SS = 300 mg/l, KOF = 120 mg/l, Tot-P = 0,4 mg/l.

Tallene i tabellen viser at rørutspylinger dominerer både over spillvannets og overflatenes bidrag.

Å vurdere hva dette betyr på årsbasis er vanskelig. Mindre intense regn gir lavere konsentrasjoner og mer intens regn gir høyere konsentrasjoner enn det tabell 3 viser.

Tabell 3 bekrefter imidlertid at røravlagringer betyr mye for forurensningssituasjonen.

5. UNDERSØKELSER OM SPYLEPUNKTER I OSLOS AVLØPSNETT

5.1 Generelt

OV&K har ca. 880 faste spylepunkter i sitt avløpsnett. I de fleste av disse punktene er det installert 1" kran med uttak fra drikkevannsledningsnettet. Disse gir ca. 3 l/s. Disse spylepunktene besøkes rutinemessig og begrunnelsen for spylingen i dag er å forhindre at kloakkstopper oppstår.

I følge OV&Ks driftsavdeling var årlig (1981) arbeid på avløpsnettet i Oslo, knyttet til avløpsnett med dårlig selvrensing, som følger:

a) Rensing av kummer	=	1 196	lagtimer
b) Spyling av avløpsrør	=	463	"
c) Arbeid med kloakkstopper	=	794	"
d) Forebyggende kontroll	=	1 492	"
e) Mekanisk skrapping av rør	=	3 197	"
f) Assistanse til spylebil	=	2 379	"

Vanligvis er det 2 - 3 mann pr. lag.

Totalt er ca. 24 000 arbeidstimer brukt av renselagene i 1981 i felten til forebyggende aktiviteter og til arbeid med kloakkstopper. I tillegg er ca. 9 000 arbeidstimer brukt i felten av spylebilsjåførene til å rense kloakkledninger.

5.2 Sammenheng mellom fysiske forhold knyttet til spylepunktene og røravlagringer nedstrøms spylepunktet

I samarbeid med OV&K er 118 spylepunkter som ligger i et sammenhengende område i de sydøstre deler av Oslo valgt ut. De fysiske dataene fra avløpsledningsnettene umiddelbart nedstrøms spylepunktene er vist i vedlegg B.

Disse dataene er samlet inn av siv.ing. Per Kristiansen, OV&K, og omfatter ledningslengde (L) nedstrøms spylepunktet (som er årsak til at spylepunktet eksisterer), diameter (D) på ledningen nedstrøms, gjen-

nomsnittlig fall (I) på denne ledningen, overflateareal (A) som sogner til ledningen, antall personenheter som sogner til ledningen (PE), midlere tørrværsavrenning (AVR), alder på ledningen (AAR) og type avløpssystem. OV&K har spylt alle de 118 spylepunktene og vurdert utspylt masse. Mengden masse ble grovt klassifisert i 3 grupper; svært lite (0), lite (1) og mye (2). Tabellen i vedlegg B viser utspylt masse under kolonne "masse".

Man antar at spylepunktene stort sett ble spylt sist for et år siden.

Kumulative frekvensfordelinger

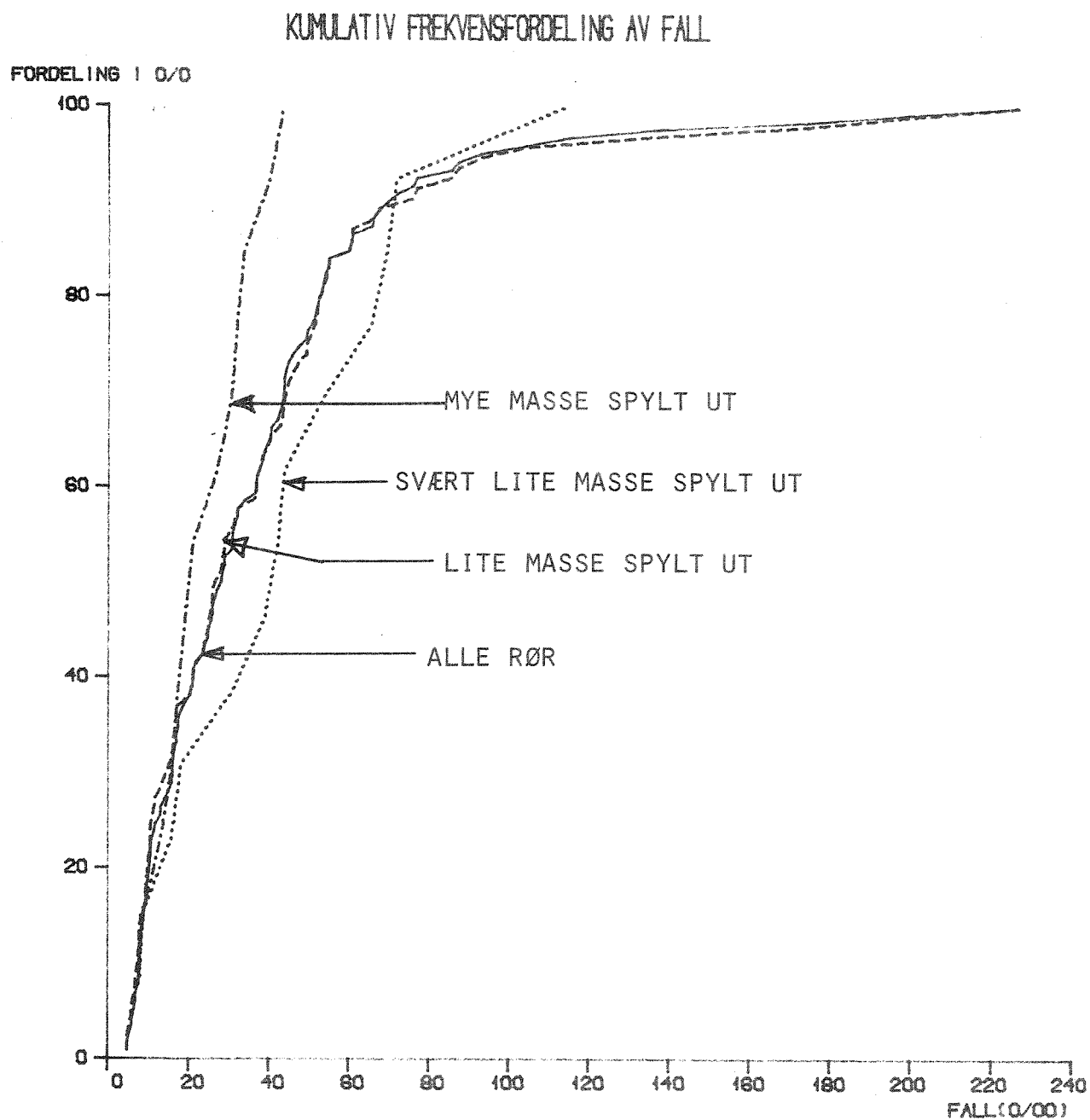
På basis av dataene i vedlegg B er kumulative frekvensfordelinger for ulike parametere vist i figurene 4, 5, 6, 7 og 8.

Fall på ledningene nedstrøms spylepunktet er behandlet i figur 4. Kurven lengst til venstre representerer alle spylepunktene som hadde mye masse spylt ut, mens kurven lengst til høyre representerer alle spylepunktene med svært lite masse spylt ut.

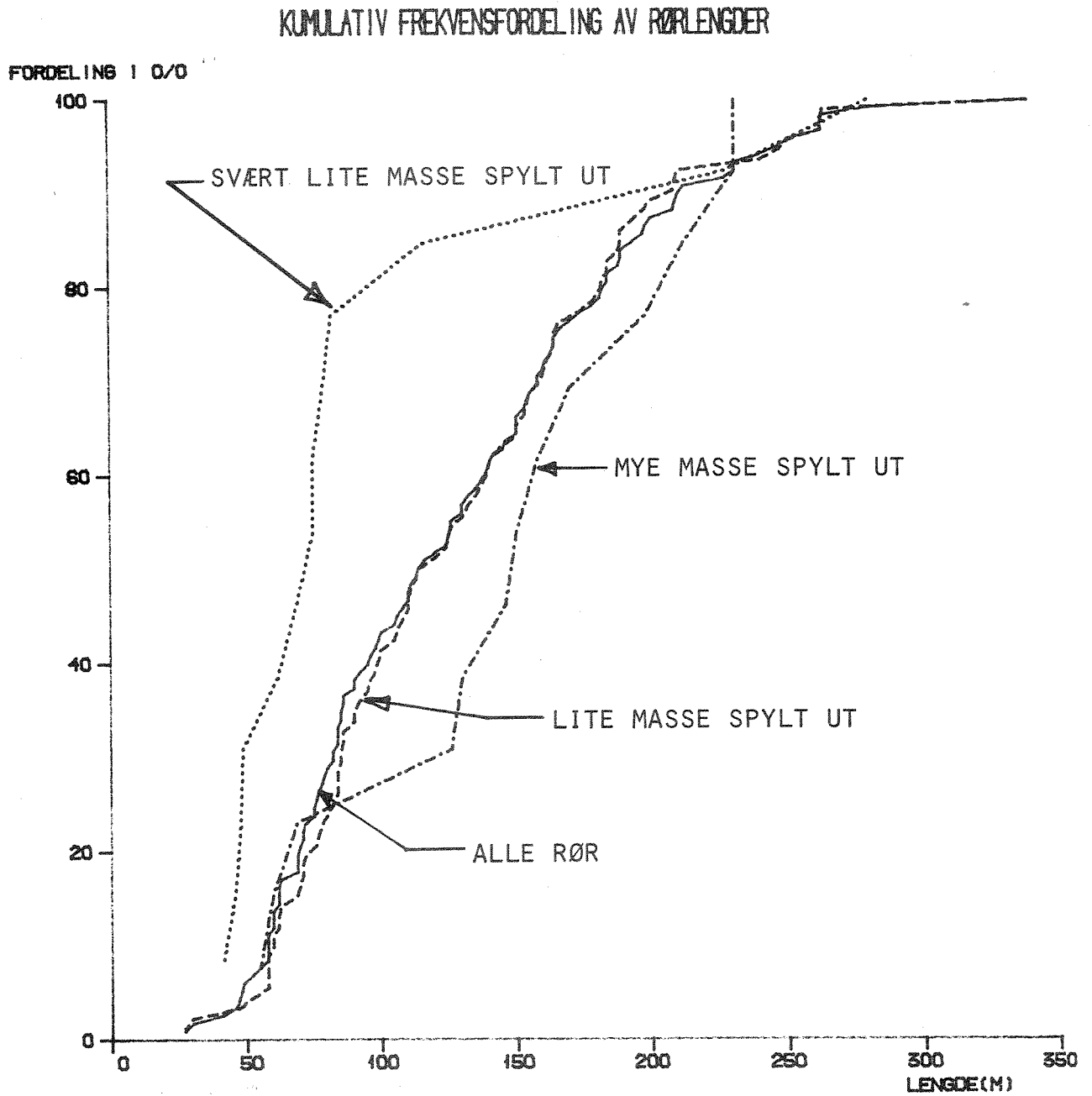
Av de to midterte kurvene, som for øvrig er nesten sammenfallende, representerer den ene spylepunktene med lite masse utspylt og den andre alle de 118 spylepunktene samlet.

Figur 4 viser at midlere fall (50 % frekvens) i gruppen med mye masse utspylt er ca. 20 ‰, mens midlere fall i gruppen med svært lite masse spylt ut er ca. 40 ‰. OV&Ks utspylingsprogram bekrefter således at rørets fall har en betydning for røravlagringsmengdene.

I figur 5 er kumulativ frekvensfordeling for rørlengder vist. Man ser at i gruppen ledninger med svært lite masse spylt ut er rørlengden i middel ca. 70 m, mens i gruppen med mye masse utspylt er rørlengden i middel (ved 50 % frekvens) ca. 150 m. Fortsatt faller gruppen med lite masse spylt ut og kurven for alle rørene nær sammen. Dette skyldes at hele 92 ledninger av de 118 ligger i gruppen med lite masse spylt ut. Denne gruppen må da nødvendigvis representere omtrent midlet for alle de 118 ledningene.



Figur 4. Kumulativ frekvensfordeling av fall knyttet til spylepunkter, for ulike mengde masse spylt ut.

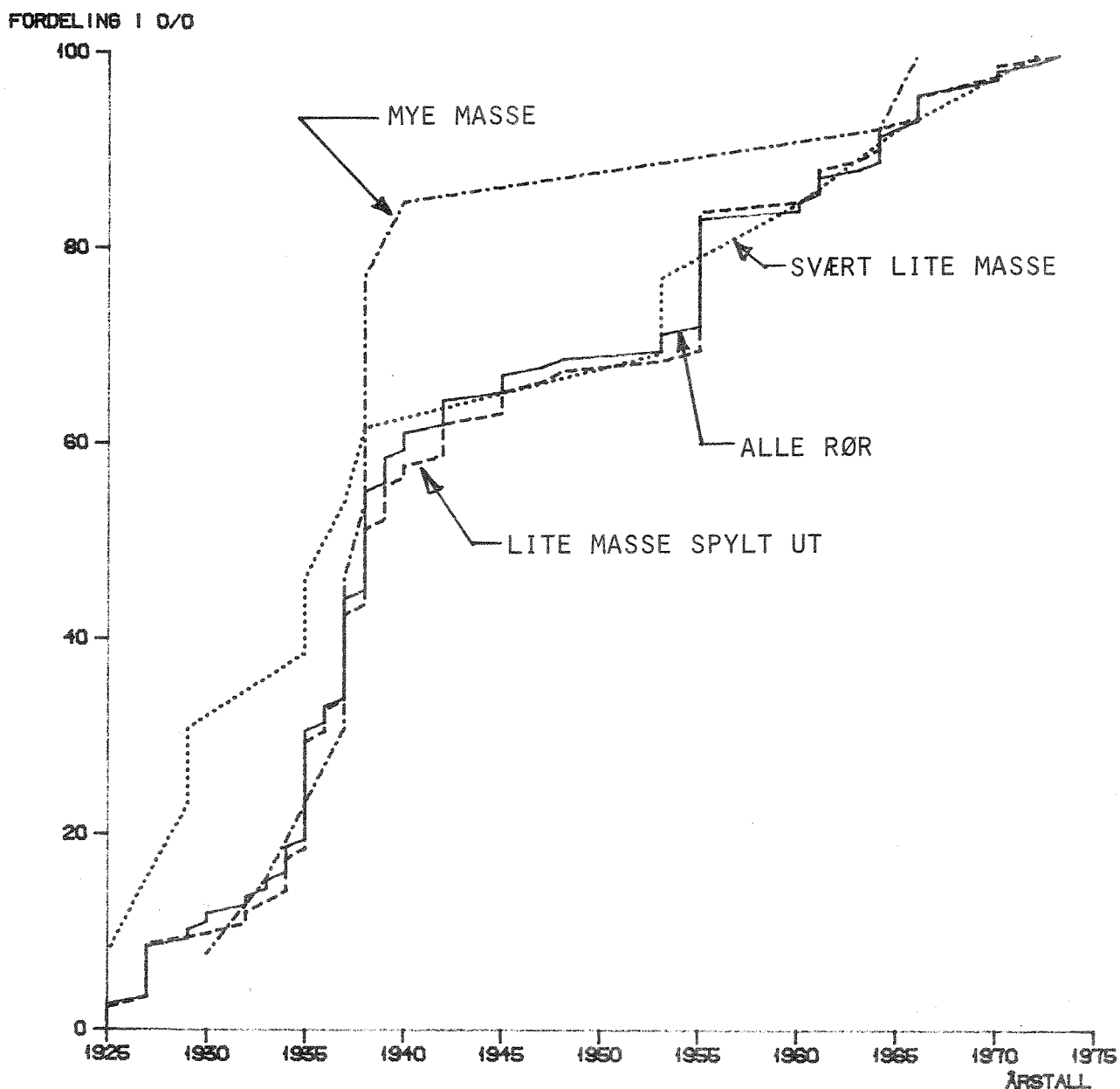


Figur 5. Kumulativ frekvensfordeling av rørlengder knyttet til spylepunkter, for ulike mengder masse spylt ut.

Grunnen til at de lengre rørene har mer masse spylt ut, kan dels være at disse rørene har flere personer tilknyttet, og dels at det oppstår gunstigere sedimenteringsforhold i lengre rør.

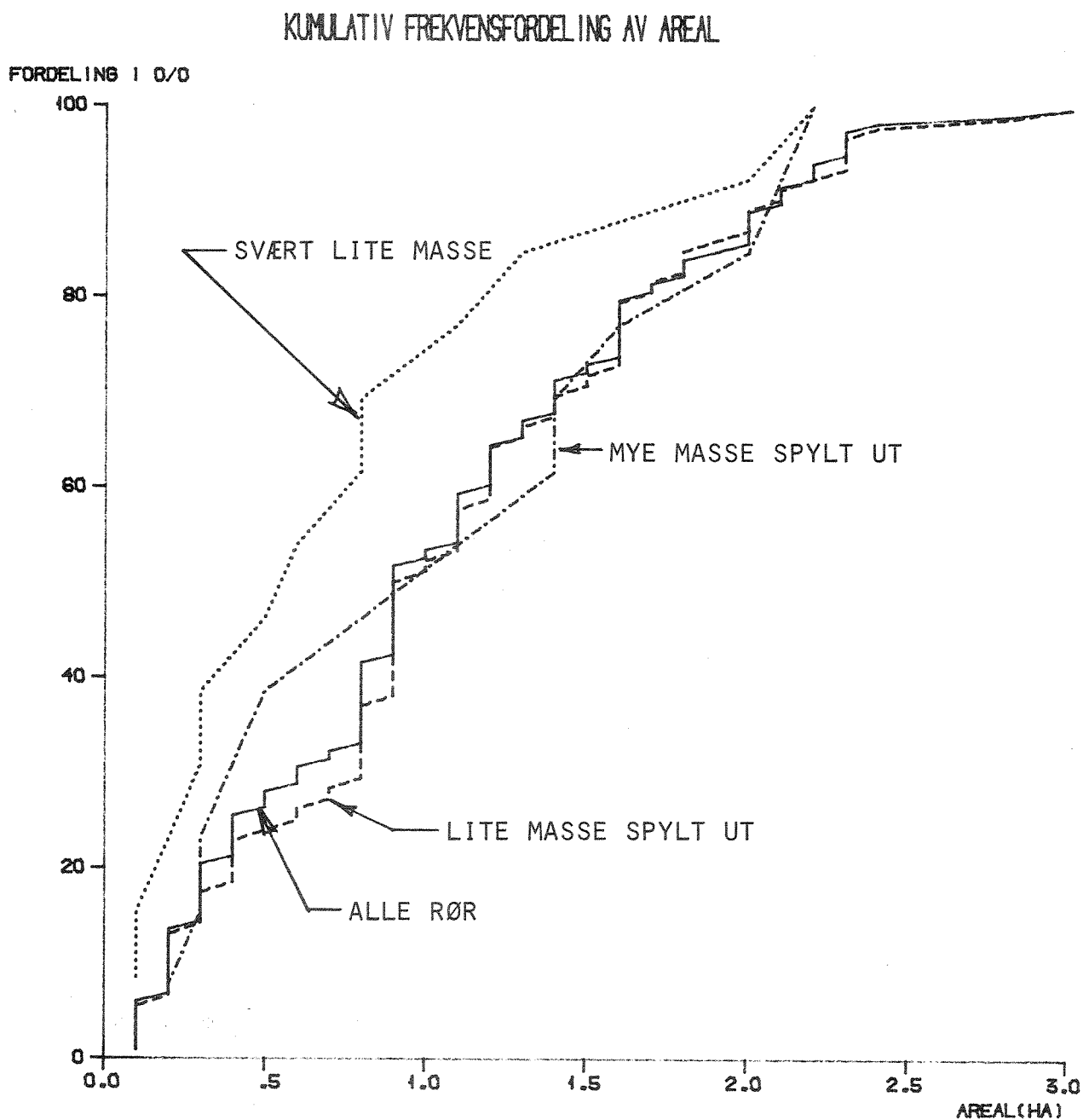
Figur 6 viser kumulativ frekvensfordeling for ledningenes alder. Bildet her er mindre entydig. Man ser at rør som ble anlagt opp til 1938 domineres av mindre avlagringsproblemer, mens rør som ble anlagt i perioden 1940 til 1965 har mer avlagringsproblemer.

KUMULATIV FREKVENSFORDELING AV ÅRSTALL



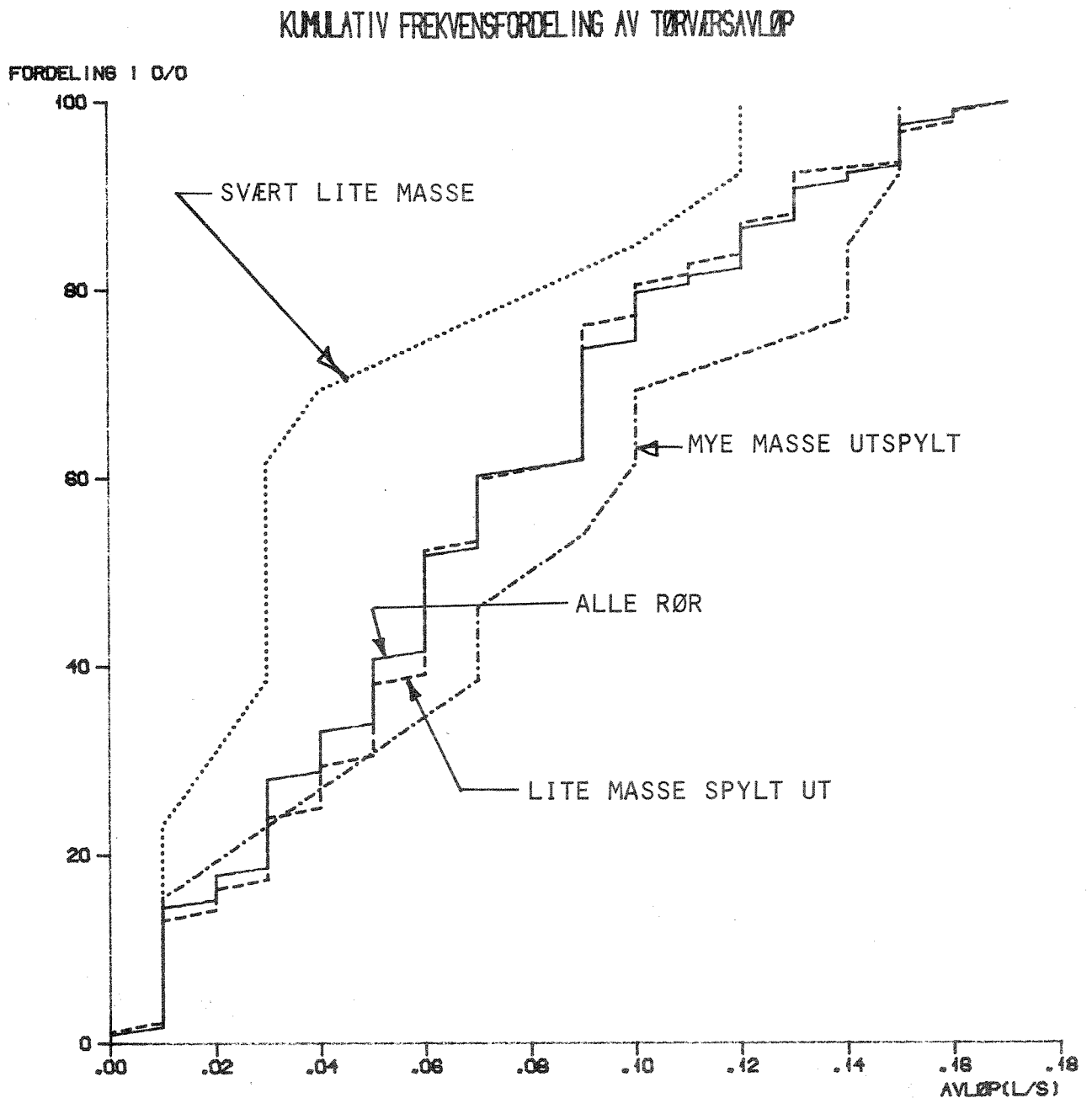
Figur 6. Kumulativ frekvensfordeling av årstall knyttet til spylepunkter, for ulike mengde masse spylt ut.

Figur 7 viser kumulativ frekvensfordeling for det arealet som dreneres av ledningen. Her er det en klar tendens til at større areal gir mer masse utspylt enn ledninger som klokkerer et mindre areal. Dette kan forklares med at et større k akkert areal gir en st orre mengde mennesker og dermed mere kloakkpartikler som kan avleires i ledningene.



Figur 7. Kumulativ frekvensfordeling av arealet knyttet til spylepunkter, for ulike mengde masse spylt ut.

Tørrvørsavløpets kumulative frekvensfordeling er vist i figur 8. Denne figuren gir et tilsynelatende ulogisk resultat. I følge denne, har gruppen med svært lite masse spylt ut et midlere tørrvørsavløp på ca. 0,03 l/s, mens gruppen med mye masse spylt ut har et midlere avløp på ca. 0,08 l/s.



Figur 8. Kumulativ frekvensfordeling av avløp knyttet til spylepunkter, for ulike mengde masse spylt ut.

Grunnen til denne tilsynelatende ulogiske fordeling kan være følgende:

- a) Ved større tørrvørsavløp er det en større mengde mennesker tilknyttet, hvilket gir en større mengde kloakkpartikler som kan avlagres.
- b) Skjærspenningen langs bunnen av røret er selv for 0,08 l/s i et rør med 230 mm i diameter, så liten at selvrensingen er for lav uansett om det blir en liten økning i tørrvørsavløpet.

Beregning av korrelasjonskoeffisienter (partiell korrelasjon)

De 118 spylepunktene forskjellige parametere er korrelert enkeltvis mot hverandre. Tabell 4 viser korrelasjonskoeffisientene. Av mest interesse er nederste linje som viser utspylt masse korrelert mot de forskjellige ledningsdataene. Symbolbruken er forklart i avsnitt 5.2.

Tabell 4. Korrelasjonskoeffisienter for alle spylepunktene data.

I	D	L	A	PE	AVR	AAR	MASSE	I
D!	1.0000							
L!	0.1032	1.0000						
A!	0.1136	0.7203	1.0000					
PE!	0.1286	0.6392	0.5471	1.0000				
AVR!	0.1282	0.6551	0.5663	0.9910	1.0000			
AAR!	0.0073	0.0606	0.0384	0.0076	0.0154	1.0000		
MASSE!	0.0929	0.1968	0.1046	0.1852	0.2026	-0.0387	1.0000	-0,1350

NUMBER OF OBSERVATIONS = 118

Korrelasjonskoeffisienten mellom to variable størrelser, sier noe om i hvilken grad disse varierer i takt. Dersom korrelasjonskoeffisienten er null er det ingen sammenheng. Dersom den er 1,0 er det en fullstendig avhengighet eller sammenheng mellom de to størrelsene.

Korrelasjonene mellom utspylt masse og enkeltparameterene er meget dårlige. F.eks. er korrelasjonskoeffisienten mellom utspylt masse og fall (I) lik -0,135. Dvs. økende fall gir noe minkende masse. Grunnene til at man tilsynelatende har galt fortegn på korrelasjonskoeffisienten mellom masse og tørrvørsavrenning (AVR) er forklart tidligere i avsnitt 5.2.

Det er også beregnet korrelasjonskoeffisienter for bare de spylepunkter som enten har svært lite eller mye masse spylt ut. Dvs. at 92 av spylepunktene med midlere masseforhold er holdt utenfor. Resultatene av denne korrelasjonsanalysen er vist i tabell 5.

Tabell 5. Korrelasjonskoeffisienter for 26 av spylepunktene. (Svært lite eller mye masse spylt ut).

	I	D	L	A	PE	AVR	AAR	MASSE	I
DI	1.0000								
LI	0.1724	1.0000							
AI	0.1051	0.8223	1.0000						
PEI	0.0750	0.7841	0.8061	1.0000					
AVRI	0.0700	0.7855	0.8135	0.9951	1.0000				
AARI	0.0810	0.1912	0.1227	0.1645	0.1348	1.0000			
MASSEI	0.2609	0.3777	0.2192	0.3599	0.3917	-0.0793	1.0000		-0,4250

NUMBER OF OBSERVATIONS = 26

Tabell 5 viser langt bedre korrelasjonskoeffisienter når bare ekstremverdiene for masseutspyling beholdes. For eksempel er korrelasjonskoeffisienten mellom masse og fall (I) steget til -0,425.

Multipl korrelasjonsanalyse

I steden for å korrelere bare én og én parameter, er det ofte bedre å gjøre korrelasjonsanalyse på alle parameterene samlet. Dette fordi alle eller de fleste er med å "forklare" noe av mengden masse som spyles ut.

Dersom alle 118 spylepunktene inkluderes i den multiple korrelasjonen blir korrelasjonskoeffisienten i kvadrat (R^2):

$$R^2 = 0,065 \quad \text{og dermed} \quad R = 0,25$$

Regresjonsligningen blir:

$$M = 0,87 + AVR \cdot 1,5307 - I \cdot 0,0014 + L \cdot 0,012 - A \cdot 0,0749$$

Diameteren er utelatt i regresjonsligningen da denne er 230 mm for omtrent alle ledningene.

Det er også foretatt multippel regresjonsanalyse og korrelasjonsanalyse med de spylepunktene som representerer ytterverdiene; svært lite og mye masse spylt ut.

Behandlingen av disse 26 punktene gir følgende multiple korrelasjonskoeffisient i kvadrat (R^2):

$$R^2 = 0,308 \quad \text{og dermed} \quad R = 0,55$$

Regresjonsligningen blir:

$$M=0,83+AVR \cdot 7,7747-I \cdot 0,0117+L \cdot 0,046-A \cdot 0,5322$$

Ved å sammenligne de partielle og de multiple korrelasjonskoeffisientene ser man at de multiple er vesentlige høyere. Dette kan tolkes som at betydningen av en parameter ikke kan sees på alene, men må sees i sammenheng med de andre relevante parameterene.

Betydningen av systemvalg er forsøkt demonstrert i tabell 6.

Tabell 6. Spylepunktene fordelt på ledningssystem.

	Antall spylepunkter totalt	Antall spylepunkter med svært lite masse spylt ut	Antall punkter med lite masse spylt ut	Antall punkter med mye masse spylt ut
Fellessystem	88	9	67	12
Separatsystem	30	4	25	1
Sum	118	13	92	13

Andelen spylepunkter i avløpsområdet som sogner til separatsystemet er ca. 25 %, mens andelen spylepunkter i separatsystem med mye masse spylt ut er bare ca. 8 %.

Det synes dermed som om fellessystemet er overrepresentert i forhold til separatsystemet, når det gjelder oppbygging av større mengder masse i rørene i tørrværsperioder.

5.3 Målinger under en rutinemessig spyling på to ledningsstrekninger

Av de 118 punktene som ble spylt av renselagene, var prosjektleder med på to punkter i Vestengveien/svingen i Oslo, 17. februar 1983. For begge punktenes vedkommende ble utspylt masse vurdert til "lite" av renselagsformannen. Det vil si samme bedømmelse som det alt overveiende av de andre 118 spylepunktene. I begge punktene ble spylingen utført ved å åpne en kran forbundet med rentvannsnett i øverste punkt på den strekning som skulle spyles. Spylevannsmengden ble på grunnlag av tidligere målinger vurdert til å være ca. 3 l/s. Spyletiden var ca. 15 minutter. Det utspylte materialet fra rørstrengen passerte på ca. 5. minutter. For å få et inntrykk av konsentrasjonsnivået av suspendert stoff (SS), organisk stoff (KOF) og fosfor (Tot-P) ble det tatt en stikkprøve av avløpsvannet idet materialutspylingen foregikk. For begge punktene vurderte man siste spyling til å være ca. ett år siden. Følgende vurderinger og beregninger er gjort for de to punktene.

a) Vestengveien

Fellessystem. Rørdiameter = 225 mm. Fall = 12 ‰. Antall personer oppstrøms målepunktet = 24. Rørlengde som ble spylt = 60 m. Tørrværsavrenning ca. 0,1 l/s. Totalvannføring under spyling = ca 3 l/s.

	<u>SS</u>	<u>Tot-P</u>	<u>KOF</u>
Konsentrasjon før spyling mg/l :	240	2,2	230
Konsentrasjon under spyling mg/l:	2 590	19,0	2 400

Beregnete størrelser:

Skjærspenning på bunn av rør under spyling:

$$T_{\max} = 3,7 \text{ N/m}^2.$$

Anbefalt minimum for fellessystem hvor det forutsettes transport av sandkorn med $d = 1 \text{ mm}$, er $3 - 4 \text{ N/m}^2$. (SFT's veiledning (13)). Vannhastighet under spyling var ca. $0,5 \text{ m/s}$. Beregningene viser dermed at selv en spylevannsmengde på 3 l/s gir en relativt god skjærspenning.

Stoffproduksjon og utspylt masse under spyling 17.02.83:

Utspylt SS: $(2590 - 240) \text{ mg/l} \cdot 3 \text{ l/s} \cdot 5 \cdot 60 \text{ s} = 2,1 \text{ kg SS}$
Årsproduksjon av SS = $75 \text{ g/p.d} \cdot 365 \text{ d} \cdot 24 \text{ p} = 657 \text{ kg SS/år}$.

Utspylt Tot-P: $(19 - 2,2) \text{ mg/l} \cdot 3 \text{ l/s} \cdot 5 \cdot 60 \text{ s} = 0,015 \text{ kg Tot-P}$.
Årsproduksjon av Tot-P = $2,5 \text{ g/p.d} \cdot 365 \text{ d} \cdot 24 \text{ p} = 21,9 \text{ kg Tot-P/år}$

Utspylt KOF: $(2400 - 230) \text{ mg/l} \cdot 3 \text{ l/s} \cdot 5 \cdot 60 \text{ s} = 1,95 \text{ kg KOF}$
Årsproduksjon av KOF = $150 \text{ g/p.d} \cdot 365 \text{ d} \cdot 24 \text{ p} = 1314 \text{ kg KOF/år}$

Beregningene viser at selv om konsentrasjonene 10-dobbles under spylingen, representerer de utspylte røravlagringene bare 3 ‰ , $1,5 \text{ ‰}$ og 1 ‰ for h.h.v. SS, KOF og Tot-P av årsproduksjonen i feltet.

b) Vestengsvingen

Separatsystem. Rørdiameter = 225 mm . Fall = 8 ‰ . Antall personer oppstrøms målepunktet = 60 . Rørlengde spylt = ca. 250 m . Tørrvæsavrenning ca. $0,3 \text{ l/s}$. Totalvannføring under spyling = ca. $3,3 \text{ l/s}$.

	SS	Tot-P	KOF
Konsentrasjon før spyling mg/l :	82	2,9	110
Konsentrasjon under spyling mg/l:	1 380	22.0	2 200

Beregningene viser at skjærspenningen i bunnen av røret under spyling med 3 l/s er $2,9 \text{ N/m}^2$. SFT's veiledning (13) for dimensjonering av avløpsrør angir at 2 N/m^2 er tilstrekkelig for å oppnå selvrensing i spillvannsledninger i separatsystemer.

Vannets hastighet under spyling blir 0,42 m/s.

Konsentrasjonsøkningene under spyling var 10 - 20 ganger det man hadde i normal tørrværsavrenning. De utspylte massene 17.09.83 var likevel bare 0,7 ‰, 0,6 ‰ og 0,3 ‰ for h.h.v. SS, KOF og Tot-P i forhold til totalproduksjonen i løpet av et år.

5.4 Vurdering av behovet for spyling av de undersøkte 118 spylepunktene i Oslo

På basis av de undersøkelser og analyser som er foretatt trekkes følgende konklusjoner:

- 1) Det er neppe behov for å spyle mer enn 13 av de 118 punktene oftere enn 1 gang pr. år. Dette var de punktene som ble bedømt til å ha mye masse.
- 2) Av de 118 punktene ble ca. 92 bedømt til å ha lite masse. Disse punktene behøves neppe å spyles oftere enn 1 gang pr. annet eller tredje år.
- 3) 13 spylepunkter ble bedømt til å ha svært lite masse. Forsøksvis foreslås det å utelate disse fra spyleprogrammet.
- 4) Unntak fra de tre første punktene kan klart forekomme dersom spesielle forhold gjør seg gjeldende.

Dersom ovenfornevnte forslag gjennomføres, er det viktig å føre systematiske registreringer på virkningene av dette.

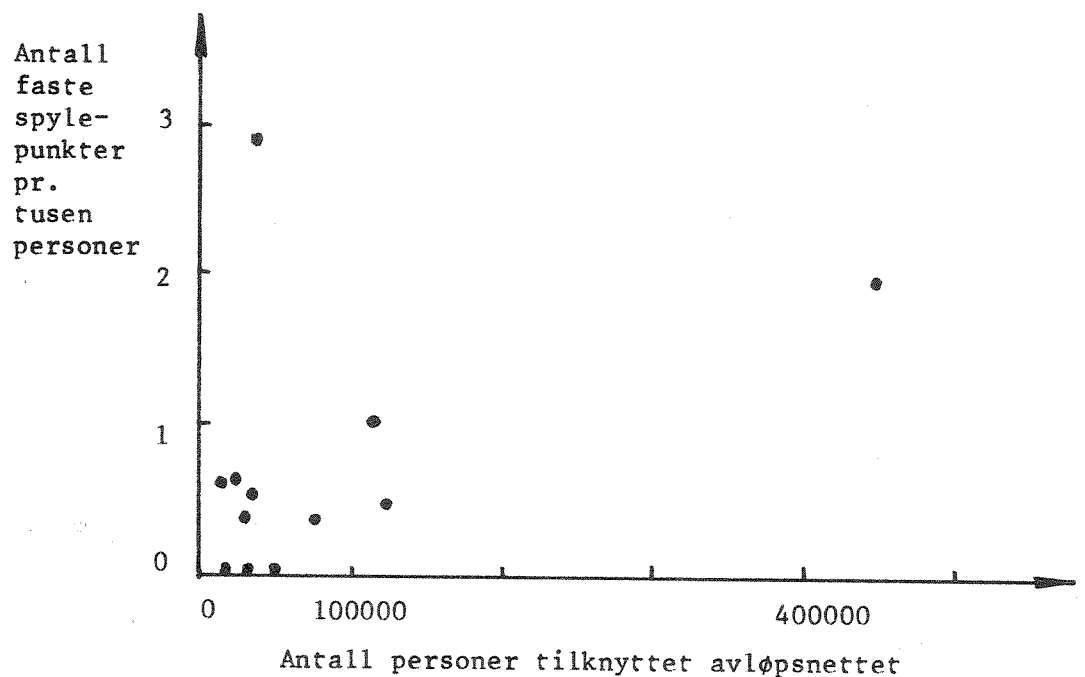
Fra korrelasjonsanalysene på de ekstreme spylepunktene (26 stk.) ser man at fallet på ledningen har størst betydning. Fra de kumulative frekvensfordelingene ser man videre at ledninger med fall over 20 ‰ begynner å komme over på den sikre siden.

6. KLOAKKSTOPP - PROBLEMETS OMFANG I 13 KOMMUNER

I fase I av prosjektet ble omfanget av avsetningsproblemer i ledningene og kloakkstopp undersøkt i Oslo kommune. Dette viste seg å innebære et betydelig problem i Oslo. For å få et sikrere inntrykk av selvrensningsproblemet i flere kommuner, er det foretatt en intervjuundersøkelse i 12 kommuner. Antallet tilknyttete personenheter til offentlig avløpsnett varierte i området 16 000 p.e. til 126 000 p.e. Kommunene er lokalisert i Østfold, Akershus, Buskerud, Vestfold, Vest Agder, Rogaland, Hedemark, Møre og Romsdal, Sør-Trøndelag, Nordland og Troms.

Undersøkelsen ble foretatt ved å sende ut et spørreskjema på forhånd til kommunene. Deretter ble kontaktpersonene oppringt og intervjuet pr. telefon. Det viktigste resultatet av undersøkelsen er vist i tabell 7.

Åpen rubrikk innebærer at spørsmålet ikke har blitt besvart på grunn av manglende data.



Figur 9. Faste spylepunkter pr. 1 000 personer.

Tabell 7. Intervju-undersøkelse om kloakkstopp i 12 kommuner.

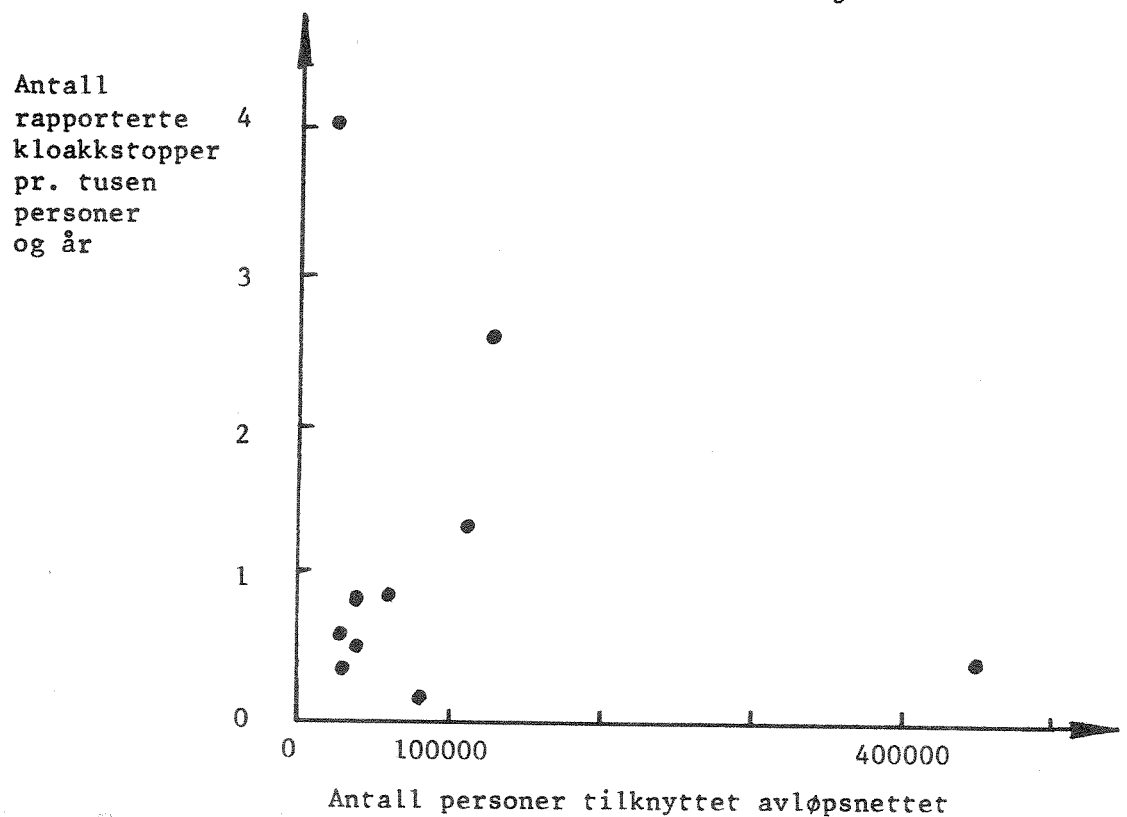
Spørsmål	Kommune nummer												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Oslo
Tusen pers. tilknyttet nettet	39	57	40	34	16	78	31	20	126	121	20	27	450
Km spillvannsledning	40	178	72	28	71	163	66	27	115	118	32	ca.30	500
Km fellessystemledning	160	123	150	214	23	245	97	60	358	272	117	ca.90	850
Antall faste spylepunkter	20	2	115	0	10	25	11	0	60	120	13	25km	880
Spylefrekvens/år (middel)	ca.1	52	18	-	52	ca.20	ca.10	-	1	52	2	1	3
Rapportert kloakkstopp pr år	20	50	32	20		15	13		330	160		110	187
Rapportert kloakkstopp pr år som forårsaket kjelleroversvømmelse	8		6					3	35	27	12	46	45
Utbetalte erstatninger pr år for kloakkstopp, mill. kr		for 2 stk	0,07					0,01	0,4	0,35		0,19	0,7
Innsats for å hindre kloakkstopp og vedr. selvrensing	1		3					0,3	6				28
Antall høytrykk spylebiler m personal.	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2	3

Oppgavene for lengde av avløpsnettene er dels fra NKSs hovedstatistikk og dels basert på opplysninger fra kommunene. Data om kloakkstopp og arbeidsinnsats er dels fra driftsåret 1981 og dels fra 1982.

Antall faste spylepunkter pr. 1 000 personer (knyttet til offentlig avløpsnett) er plottet mot antall personer knyttet til avløpsnett i figur 9.

Det virker som om antallet spylepunkter pr. person øker med økende befolkning. For kommuner under 100 000 personer synes middeltallet å ligge i området 0,5 spylepunkter pr. 1 000 personer.

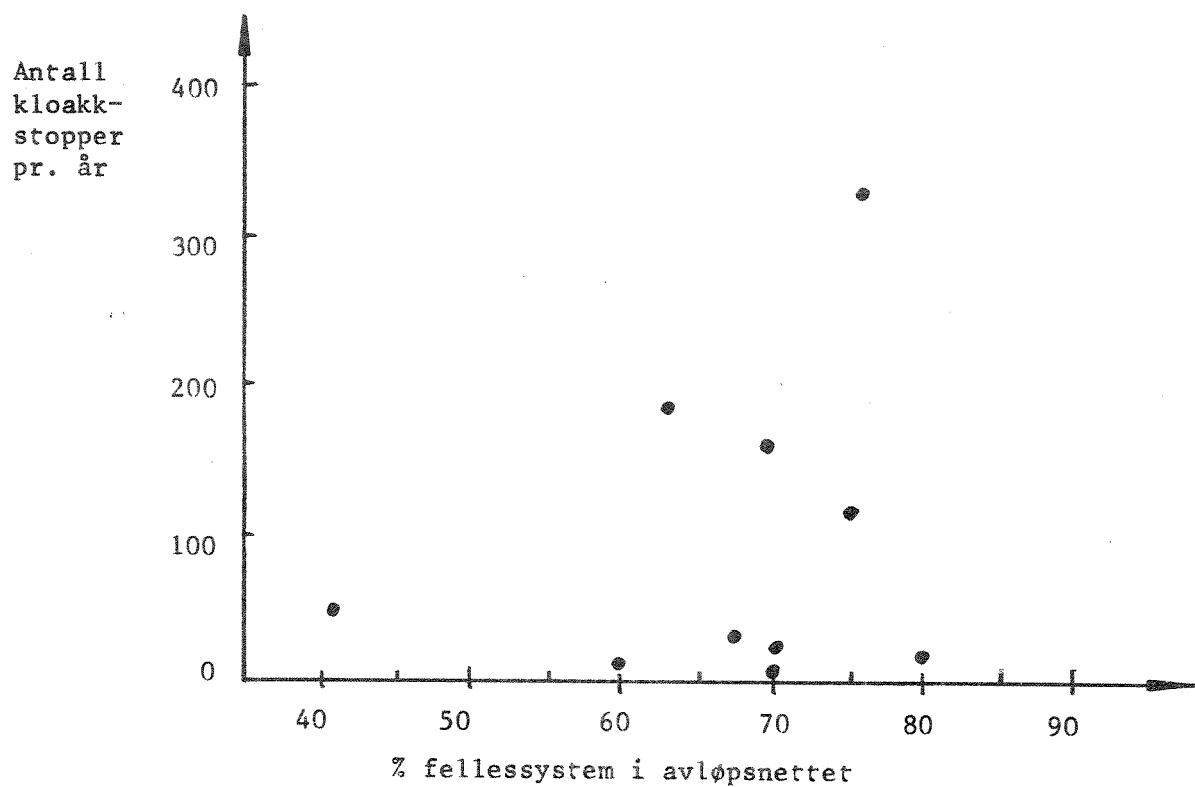
Antall rapporterte kloakkstopper pr. 1 000 personer knyttet til avløpsnett er plottet mot antall personer i avløpsnett i figur 10.



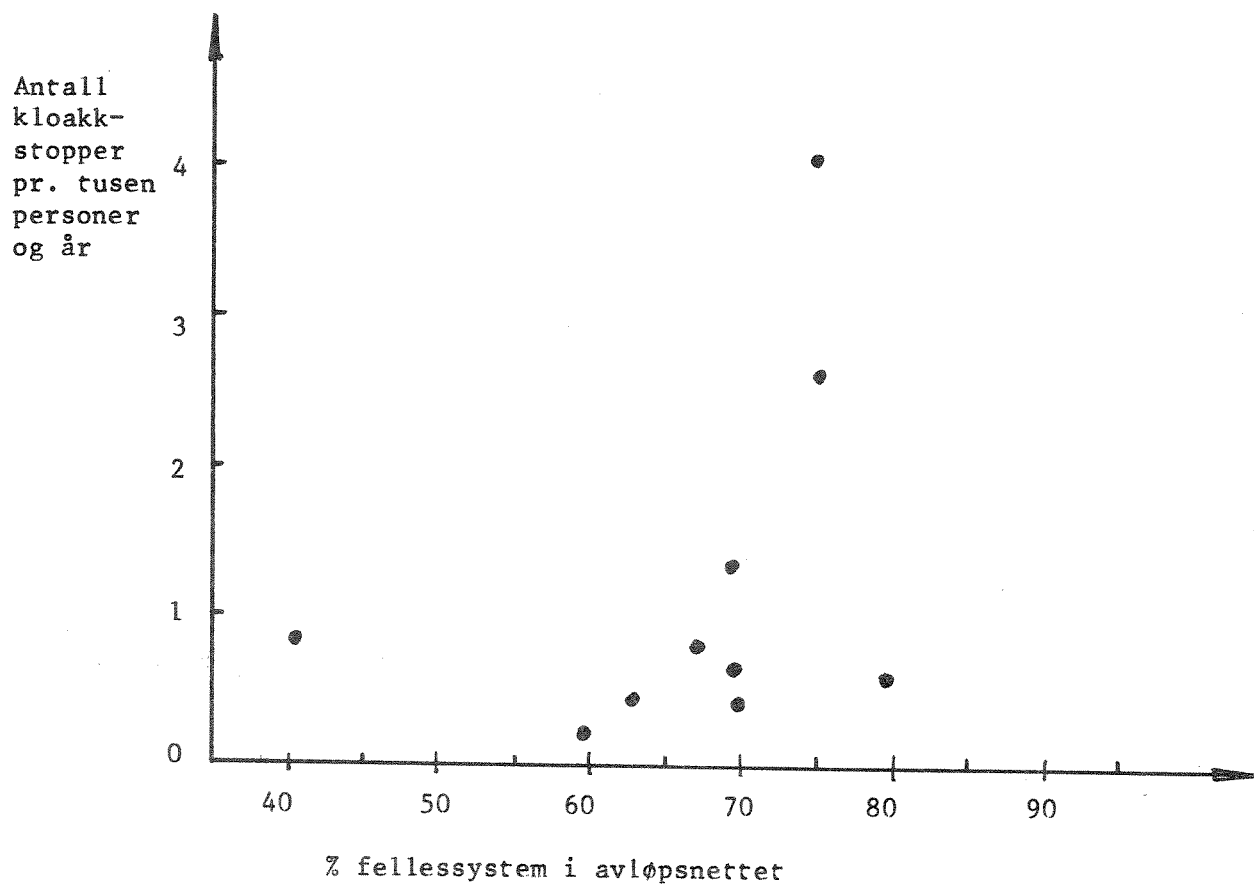
Figur 10. Rapporterte kloakkstopper pr. 1 000 personer og år.

Plottet gir et noe forvirrende inntrykk, men medianfrekvensen for kloakkstopp synes å ligge i området 0,8 pr. år og tusen personer.

Antall rapporterte kloakkstopp pr. år er plottet mot % fellessystem i tettstedene i figur 11.



Figur 11. Antall kloakkstopper kontra % fellessystem.

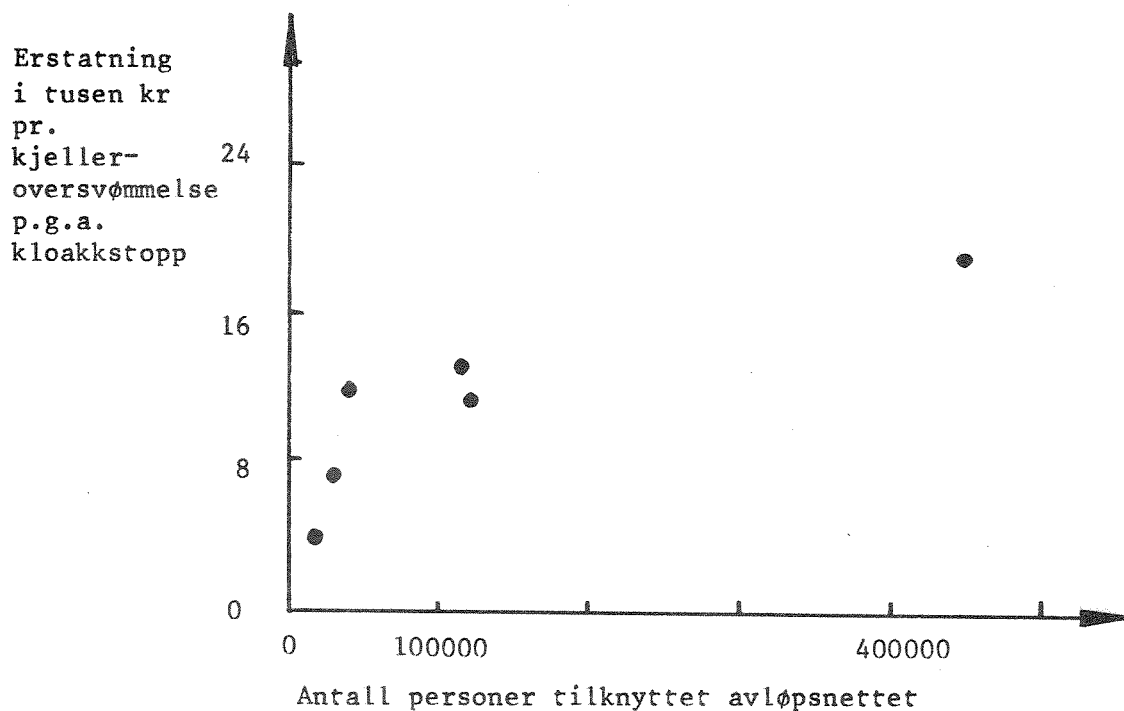


Figur 12. Antall kloakkstopp pr. 1 000 personer kontra % fellessystem.

Det kan virke som om antallet øker med økende prosentandel fellessystem. I figur 12 er antallet kloakkstopp pr. år og 1 000 personer tilknyttet nettet plottet mot kommunenes % av fellessystem.

Man får av figur 12 et forsterket inntrykk av at økende andel fellessystem fører til økende frekvens for kloakkstopp. Dette kan skyldes at mye av fellessystemet er eldre dårlige rør, at dette ligger nærmere bykjernen med flatere terreng og at selvrensingen er dårligere som følge av større rørdiameterer enn i tilsvarende separatsystem. Det statistiske grunnlaget er uansett såpass svakt at konklusjoner ikke kan trekkes med særlig god sikkerhet.

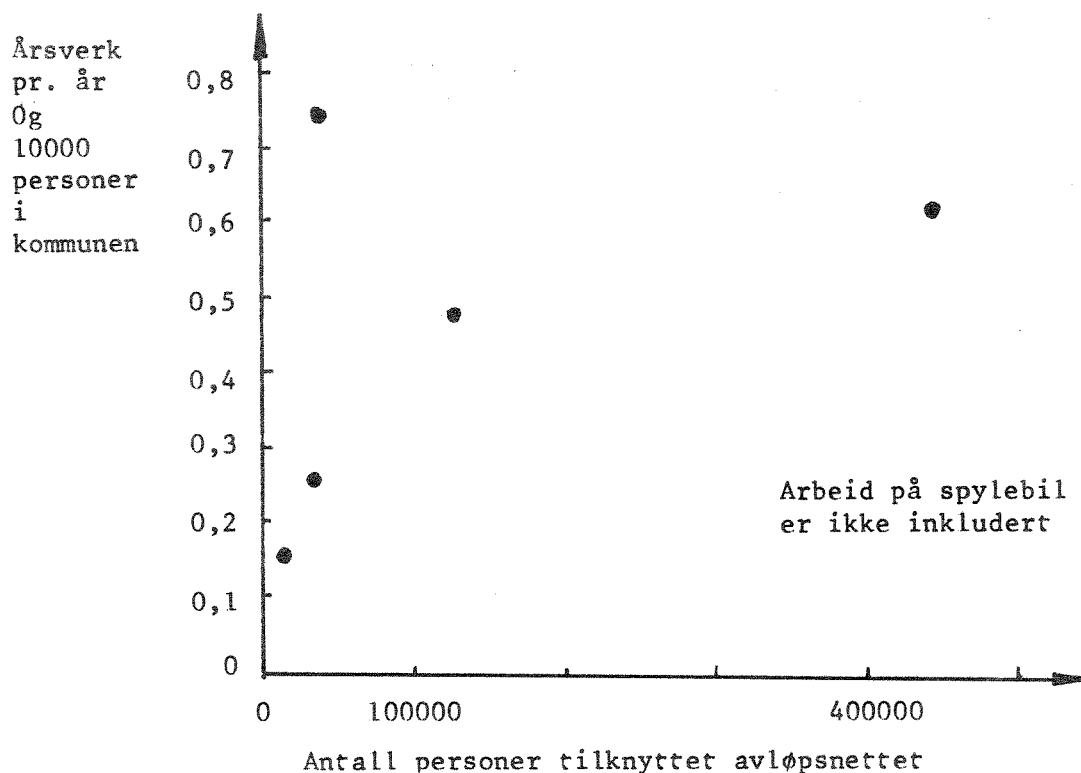
I figur 13 er erstatningen pr. kjelleroversvømmelse vist mot antallet personer knyttet til nettet.



Figur 13. Erstatning pr. kjelleroversvømmelse.

Det synes som om erstatningens størrelse pr. kjelleroversvømmelse øker med økende størrelse på kommunen. Dette kan ha sammenheng med at prisnivået på eiendommer øker med økende bystørrelse (pressområde).

I figur 14 er det vist antallet årsverk som benyttes til arbeid med kloakkstopp og dårlige selvrensing. Arbeidet med å bemanne spylebilene er ikke inkludert i denne figuren.



* Arbeid på spylebil ikke inkludert.

Figur 14. Årsverk benyttet til kloakkstopp og selvrensing.

Plottet for antall årsverk pr. 10 000 personer synes å vise en økning med økende størrelse på kommunen. Medianverdien ligger på ca. 0,5 årsverk pr. år og 10 000 personer.

Fra tabell 7 ser man dessuten at alle kommunene anser det som nødvendig å minst ha en høytrykks-spylebil. De større kommunene har 2 mens Oslo har 3 høytrykksspylere.

7. KOSTNADS-NYTTET BETRAKTNINGER PÅ SPYLING AV AVLØPSLEDNINGER

7.1 Eksempel fra Norge

For blant annet å vurdere kost/nytte-faktoren for spyling av avløpsledninger i forhold til andre tiltak for reduksjon av forurensnings-tilførsler til vannforekomster, er det gjennomført beregningseksempler for "Øya-feltet" i Trondheim, Lindholm (7). Materialstrømmen for feltet er vist i tabell 8.

For å redusere utslippet av fosfor og organisk stoff (KOF) til resipienten, er følgende tiltak analysert med hensyn til kostnader og nytte:

- Rehabilitering av avløpsnett.
- Utvidelse av renseanlegget fra primærfelling til etterfelling.
- Installering av et hvirveloverløp for rensing av overløpsvannet.
- Rutinemessig spyling av avløpsledninger med dårlig selvrensing i tørrværsperiodene.
- Rutinemessig feing av gater og fortauer for å minske forurensningspotensialet.
- Installering av fordrøyningsbasseng ved overløp.

Resultatene av kostnads- og nytte beregningene er blant annet vist i tabell 9 og figur 15 og 16. Kostnadene er regnet som anleggsutgifter og tillagt drifts- og vedlikeholdsutgifter over en 20 års periode. De årlige utgiftene er redusert til nåverdi med en rentefot på 7 prosent. Nytte er regnet som:

- a) Reduksjon av fosforutslipp til resipienten.
- b) Reduksjon av utslipp av organisk stoff til resipienten.

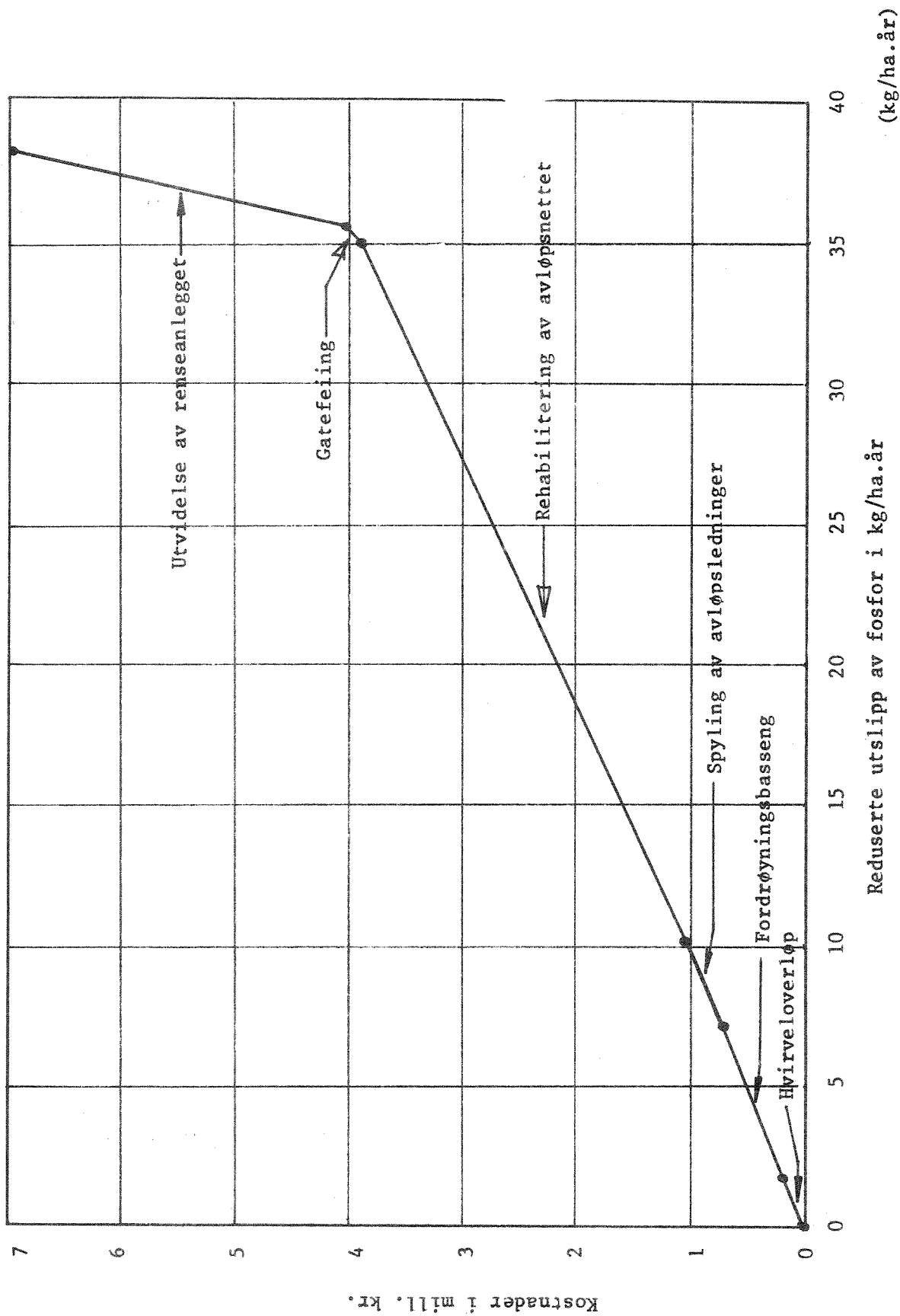
Som tabell 9 og figur 15 og 16 viser rangerer spyling av avløpsledninger som det tredje tiltak av seks m.h.t. kost/nytte. Dette gjelder både for fosfor og organisk stoff.

Tabell 8. Materialbalanse i feltet, Øya i 1974.

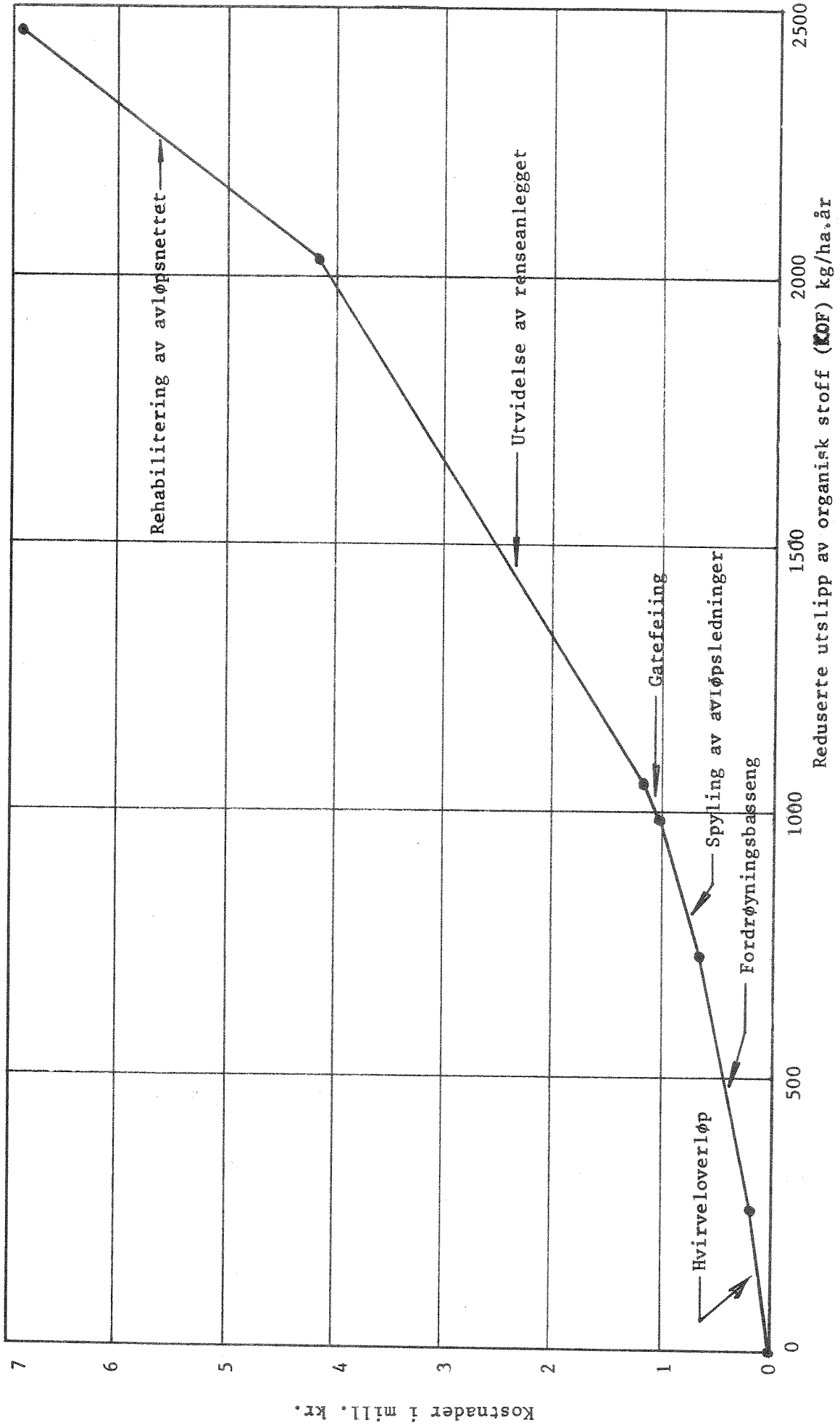
Materialstrøm	Tot.P		KOF	
	kg/ha x år	% av sp.v. årsprod.	kg/ha x år	% av sp.v. årsprod.
Arlig totalproduksjon i spillvann	84,8	100,0	5092	100,0
Overflateforurens.	1,5	1,8	250	4,9
Røravlagringer	8,8	10,4	960	18,8
Målt midlere tørrværs- avrenning (1974)	45,9	54,2	3465	68,0
Lekkasjer og mangl. tilknytn. til avløps- nettlet av spillvann	30,1	35,4	667	13,2
Røravlagringer i overløp (n = 4 x qs)	5,2	6,1	567	11,1
Overflateforurensn. i overløp (n = 4 x qs)	0,9	1,0	148	2,9
Spillvann i overløp (n = 4 x qs)	0,4	0,5	25	0,5
Total mengde i overløp (n = 4 x qs)	6,5	7,7	740	14,5
Arlig mengde til renseanlegg	49,7	58,6	3935	77,3
Arlig mengde fra renseanlegg (P-90% og KOF-70%)	5,0	5,9	1181	23,2

Tabell 9. Kostnader og nytte av de forskjellige tiltakene.

Tiltak	Minket utslipp			KOF		Nåverdi av Kostnader over en 20-års periode (7% rente) mill.kr	Kost/nytte mill.kr pr. tonn og år		Rangering av tiltak mot Tot.P	Rangering av tiltak mot KOF	
	Tot.P		kg/ha.år	kg/ha.år	% av årlig spillvannsproduksjon		% av årlig spillvannsproduksjon	Tot.P			KOF
	kg/ha.år	% av årlig spillvannsproduksjon									
Rehabilitering av ledn.nettet	24,4	28,7	420	8,2%		2,78	5,35	0,31	4	6	
Utvidelse fra primær- til sekundærfelling	2,5	3,0	984	19,3		2,98	56,3	0,14	6	5	
Fordrøyningsbasseng	5,3	6,3	466	9,2		0,52	4,7	0,053	2	2	
Hvirveloverløp	1,8	2,1	259	5,1		0,18	4,7	0,032	1	1	
Spyling av ledn.	3,5	4,1	257	5,0		0,35	4,7	0,064	3	3	
Gatefeieing	0,6	0,7	73	1,4		0,17	13,9	0,11	5	4	



Figur 15. Nytte kontra kostnad for tiltakene.



Figur 16. Nytte kontra kostnad for tiltakene.

Imidlertid er de totale minkede utslippsmengdene over året ganske moderate i størrelse. Av større positiv betydning er tiltaket fordi det reduserer sjokkbelastningene som overløpene forårsaker i nedbørperioden. Disse betraktningene gjelder forsåvidt også for tiltakene fordrøyningsbasseng og hvirveloverløp. Alle disse tre tiltakene stiller omtrent likt med hensyn til bidrag til årlige minkede utslipp, sterk reduksjon av sjokkbelastninger i nedbørperiodene og omtrent lik kost/nytte-faktor.

De beregningsforutsetninger som er benyttet for tiltaket spyling av avløpsledninger er:

Lengde spylt ledningsnett	=	2 172 m
Antall spylepunkter	=	11 stk.
Spylefrekvens (april - november)	=	16 pr. år.
Brutto spyletid pr. punkt pr. lag	=	$\frac{1}{2}$ time
Arlig arbeidstid	=	176 manntimer
Brutto utgift pr. manntime	=	200 kr/h (inkl. utstyr).

Fjernet mengde KOF og fosfor fra ledningsnett som følge av spyling antas henholdsvis 65 prosent og 75 prosent av de årlige røravlagringene.

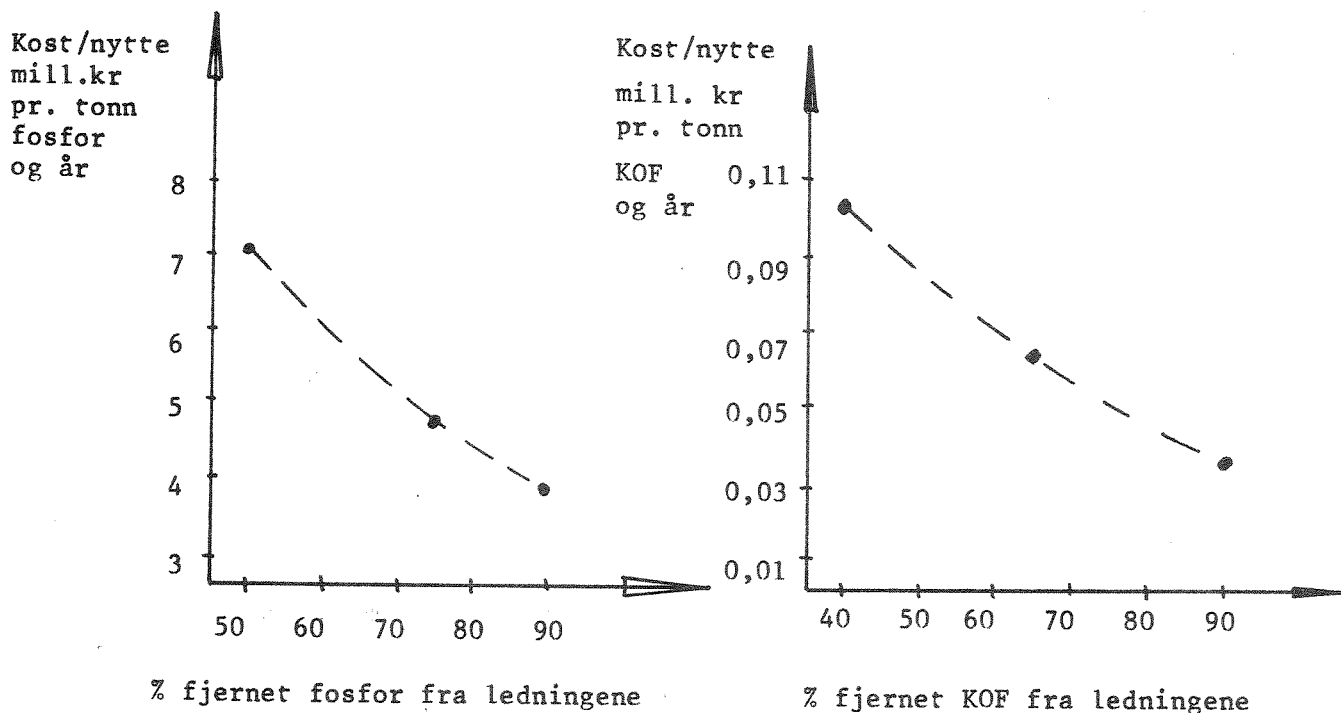
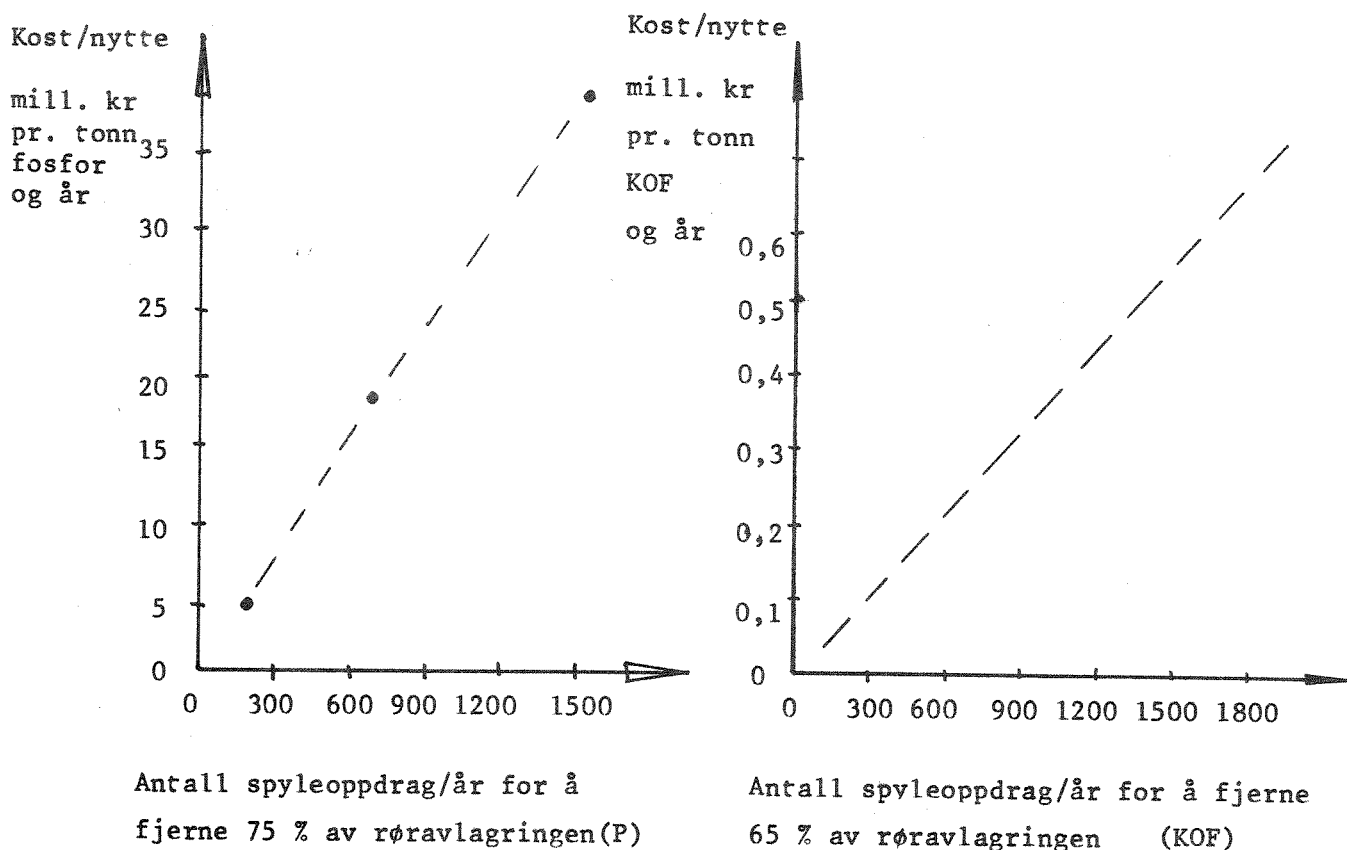
Disse anslagene er alle mer eller mindre usikre. Det er i (7) utført følsomhetsanalyser på utslag i kost/nytte-faktoren når disse usikkerhetene gjøres gjeldende.

For følsomhetsanalysen antas at følgende utslag kan være mulig:

Avstand mellom spylepunkter	:	50 - 300 m
Spylefrekvens pr. punkt	:	40 - 10 ganger pr. år
Fjerning av Tot-P	:	50 - 90 prosent
Fjerning av KOF	:	40 - 90 prosent.

Antall spyleoppdrag pr. år vil da variere som vist i tabell 10.

Kost/nytte beregningene er vist i figur 17.



Figur 17. Følsomhetsanalyser for kost/nytte for spyling av avløpsledninger.

Tabell 10. Antall spyleoppdrag pr. år på Øya.

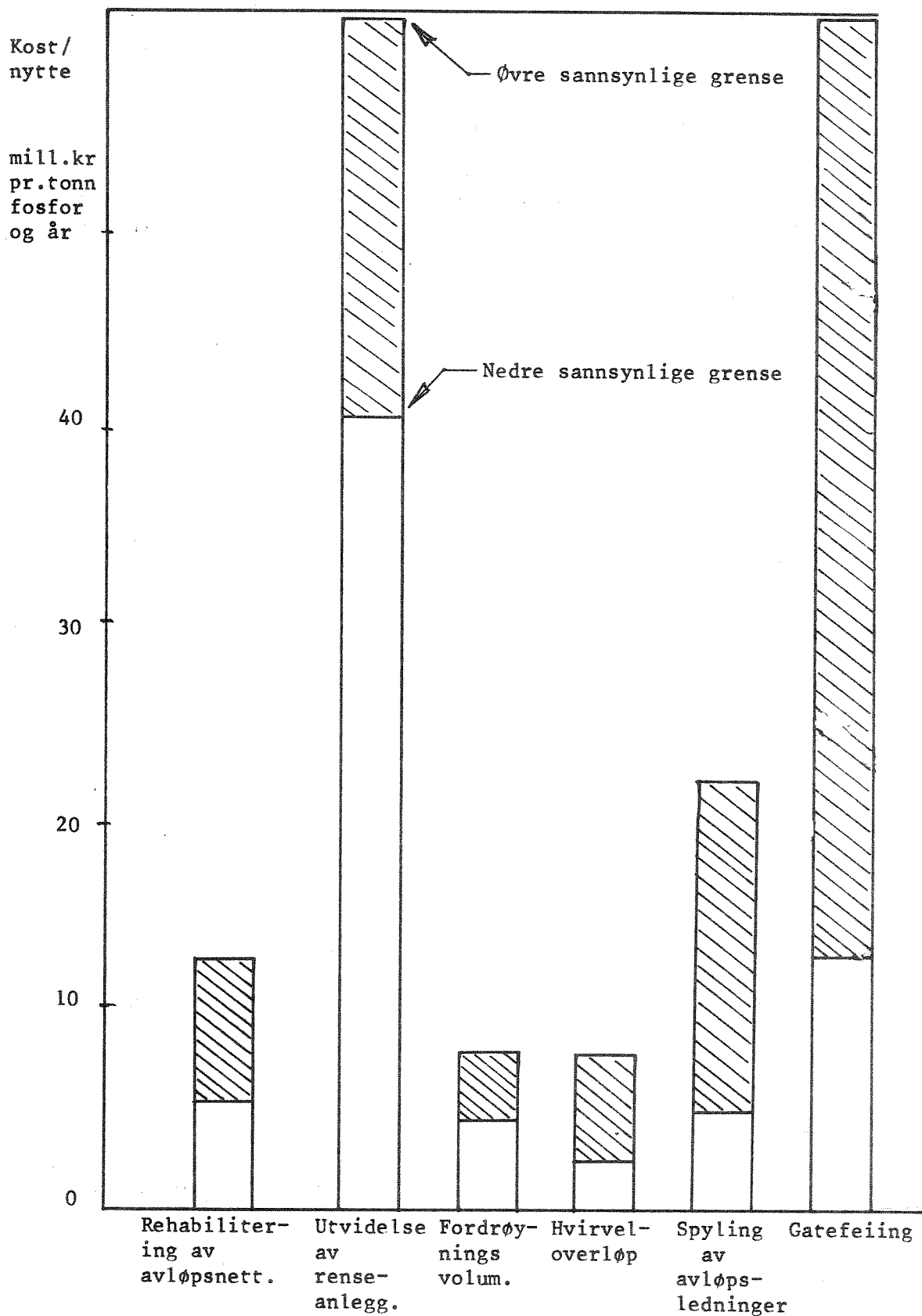
Avstand pr./år	50 m	200 m	300 m
	10 g	430	110
16 g	688	176	112
40 g	1 720	440	280

I beregningsgrunnlaget for å komme frem til de viste kost/nytte-faktorene, ligger det som man ser av figur 17 betydelige usikkerheter.

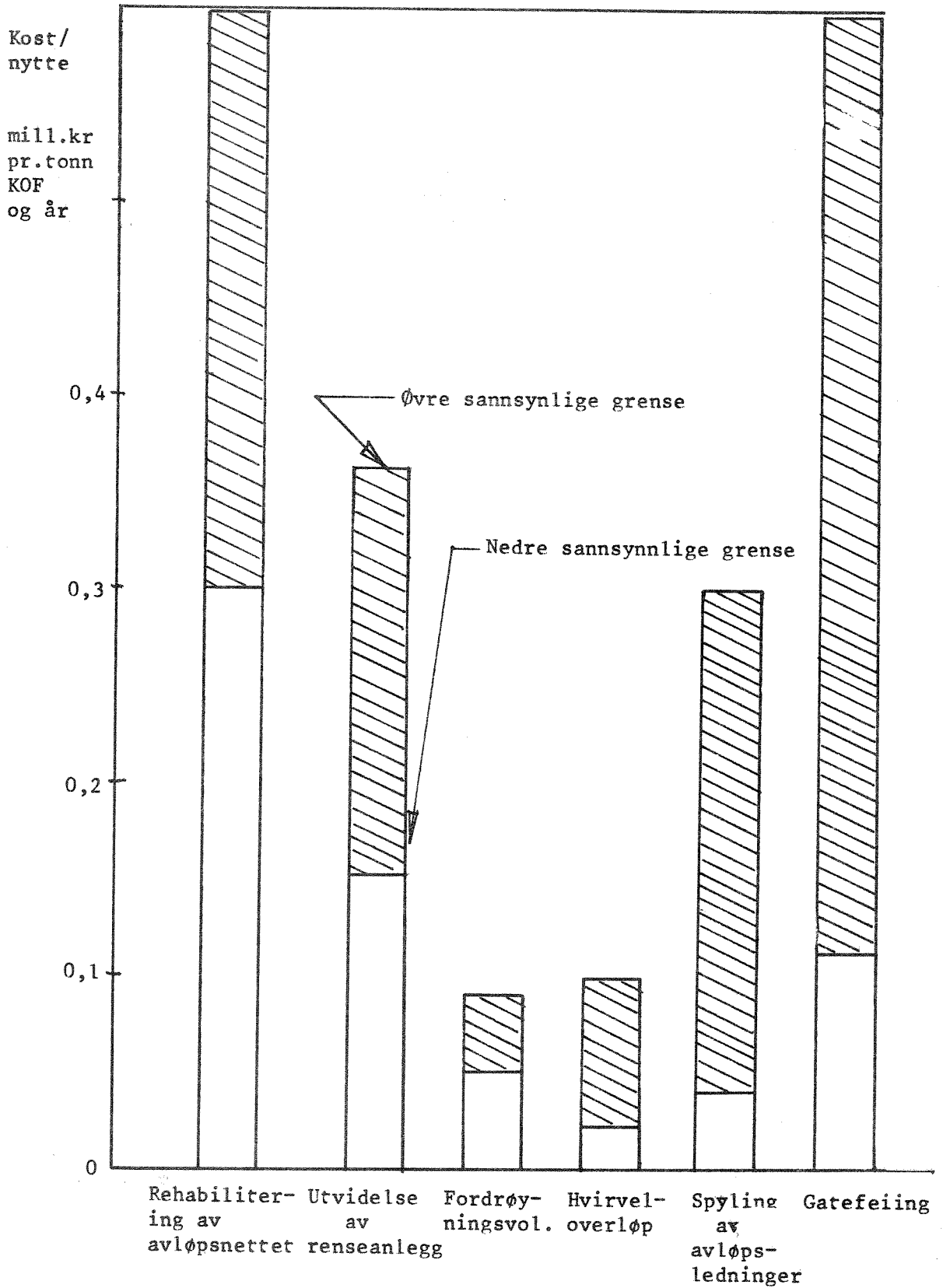
Disse usikkerhetene kan være feil bedømt renseeffekter, røravlagringsmengder, fjerningsgrad ved spyling av avløpsledningene, spesifikke tall for forurensningsproduksjon, effekt av økning i antall spylepunkter og spylefrekvens etc. Figur 18 og 19 illustrerer hvilke usikkerhetsområder som kost/nytte-faktorene blir liggende i ved de ulike antagelsene i beregningsgrunnlaget. Alle antagelsene er ved dagens kunnskapsnivå omtrent like sannsynlige. Illustrasjonene viser at den relative usikkerheten i kost/nytte-beregningene for spyling av avløpsledninger er større enn for de andre tiltakene. Dette innebærer at beslutningsgrunnlaget for bedømmelse av spyletiltakets aktualitet i det enkelte tilfellet er relativt dårlig. Dette gjelder både for fosfor og organisk stoff.

7.2 Eksempel fra en avløpsplan i Boston, USA

I en avløpsplan for Boston, med 900 000 innbyggere, ble forurensninger fra overløp i fellessystemer identifisert som en av hovedkildene til forurensningsproblemene (4). I et alternativ kalt "EMMA" ble det foreslått å lede overløpsvann til 13 behandlingsstasjoner. Totale kostnader for å bekjempe overløpsforurensningene ble beregnet til ca. 2 000 millioner kr (279 millioner \$) med årlige driftsutgifter på 28 mill. kr (3,9 mill \$). For å redusere de store kostnadene til "EMMA"s pumpestasjoner, avskjærende ledninger og behandlingsstasjoner, ble det besluttet å studere mer ukonvensjonelle metoder. Resultatet av disse studiene er rapportert av Kaufman og Fu-hsiung Lai (4) for US Environmental Protection Agency (EPA). Rapportens tittel er "Review of alter-



Figur. 18. Usikkerhet i kost/nytte beregningene (skravert felt) Tot-P.



Figur 19. Usikkerhet i kost/nytte beregningene - KOF (skravert felt).

natives for evaluation of sewer flushing". Forfatterne har studert kost/nytte ved å trekke inn rutinemessige spyling av avløpsledninger i et handlingsprogram for å redusere utslipp av forurensninger (organisk stoff, suspendert stoff) i Boston, USA.

Alternativene inkluderer spyling av avløpsledninger, fordrøyningsvolumer, fordrøyning i ledningsnett, behandling av overløpsvannet og kombinasjoner av disse elementene.

For å bestemme hensiktsmessigheten av spyling av avløpsledninger er STORM-modellen benyttet til simulering av 16 års kontinuerlige time-situasjoner. STORM-modellen ble modifisert til å ta hensyn til sedimentoppbygging og spyling av avløpsledninger.

Konklusjoner fra arbeidet i Boston er blant annet følgende:

- Den opprinnelige EMMA-planen fører til at det kan fjernes omtrent 50 prosent av organisk stoff (BOF) og suspendert stoff (SS) fra overløpsutslippene i fellessystemene.
- Spyling av avløpsledninger kan ikke alene konkurrere med EMMA-planen med hensyn til fjerne forurensningsutslipp fra overløp.
- Hvis spyling av avløpsledninger kombineres med tiltak for å fordrøye overløpsutslippene, vil man oppnå samme forurensningseffekt som i EMMA-planen, men til sterkt redusert pris.
- Dersom spyling av avløpsledninger kombineres med fordrøyning av regnflommer i avløpsnettets interne volum, oppnås en ytterligere dramatisk reduksjon av kostnadene.

Nåverdikostnadene for dette alternativet blir 7 prosent av kostnadene for EMMA, dersom målet for reduksjon av BOF opprettholdes. Tilsvarende kostnad for å nå målet for reduksjon av SS er ca. 30 prosent.

- Spyling av avløpsledninger er ikke en erstatning for konvensjonelle avløpsanlegg, men et kost-effektivt supplement som øker nytten av de eksisterende og eventuelt nye avløpsanlegg.
- Prototypdemonstrasjoner for spyling av avløpsledninger bør iverksettes. Dette gjelder særlig for større dimensjoner i fellessystemet.
- Oppstuvning og etterfølgende påslipp av oppstuvet spillvann bør bli anerkjent som en praktisk spylemetode.

8. OM GATESANDFANG OG BETYDNING FOR RØRAVSETNINGER OG FORURENSNINGSSITUASJONEN. UTDRAK FRA EPA-RAPPORT

8.1 Erfaringer fra USA

Begrunnelsen for at gatesandfang har blitt installert, er at dette kan bidra til å hindre gjentetting av avløpsrørene og å fungere som vannlås for å hindre luktulempere fra felles-systemrør. Det er fremdeles vanlig å installere gatesandfang i Norge uten at særskilte behovsvurderinger gjøres på stedet.

Det er ikke utført undersøkelser over gatesandfangs funksjon i Norge så vidt forfatteren vet. Imidlertid finnes det i USA en undersøkelse av Lager et al. (5) over gatesandfang. Amerikanske gatesandfang varierer mye i størrelse fra by til by. Fra Lager (5) finner man følgende statistikk fra USA. Statistikken er fra 1928, men Lager sier at en undersøkelse fra 1973 viser at praksis har endret seg lite i dette tidsrommet.

Tabell 11. Data for gatesandfang i USA.

Størrelse	Midde1	Område
Diameter	115 cm	40 - 160 cm
Dybde	183 cm ₃	91 - 304 cm
Lagerkapasitet	1,11 m ³	0,21 - 3,8 m ³
Utløpets plassering over bunnen	99 cm	46 - 213 cm

Norske gatesandfang er omtrent av samme størrelse som middelsandfang i USA. Fra Statens Vegvesens vegnormaler "Vegbygging - Håndbok 018" ser man følgende anbefaling for gatesandfang:

"Sandfanget er en kum som er forsenket 0,75 - 1,0 m i forhold til utløpet". (USA-middel 0,99 m). "Sandfangets diameter bør ikke være under 1,0 m". (USA-middel 1,15 m). Lager (5) noterer at europeiske sandfang vanligvis er mindre enn de amerikanske. Han mener dette skyldes at de amerikanske sandfangene drenerer et større areal enn de europeiske, og således utsettes for en større tilren-

ning. Siden forskjellen mellom amerikanske og norske sandfang ikke er avskrekkende stor, vil resultatene av Lagers undersøkelser over sandfangenes funksjon være av interesse å referere i denne rapporten.

Tømmefrekvens

For 299 amerikanske byer var tømmefrekvensen for gatesandfang i 1956 ca. 2 ganger pr. år (som medianverdi). Medianverdien var i 1973 sunket til 1 gang pr. år.

Innhold av ulike forurensningsparametre i fast materiale fra gater og fortau

Lager (5) presenterer i en tabell følgende data over sammensetningen i partikkelmassen fra gater og fortauer.

Tabell 12. Sammensetning i masse fra gater.

Målt parameter	MiddeI for alle prøver kg/km
Fast materiale totalt	395
BOF ⁵	3,8
KOF ⁵	27
Fosfater	0,3
Nitrater	0,026
Kjeldahl nitrogen	0,62
Bly	0,16
Kvikksølv	0,02

Fordelingen av forurensningsparametrene på ulike fraksjoner er vist i tabell 13.

Tabell 13. Fraksjon av ulike parametre fordelt på partikkelstørrelser, prosent av fast materiale fra gater og fortauer.

Parameter	Partikkelstørrelse i mm				
	> 2 mm	0,84-2 mm	0,25-0,84 mm	0,1-0,25 mm	< 0,1 mm
Totalt fast materiale	24	8	25	28	15
BOF ₅	7	20	16	15	42
KOF ⁵	2	5	13	12	68
Fosfater	0	1	7	6	86
Nitrater	1	6	8	17	68
Kjeldahl nitrogen	10	12	20	20	38
Tungmetaller	16	17	15	23	29

Tabellen viser at mesteparten av de forurensende stoffene er knyttet til de små partiklene. Mengdene i massene med partikler mindre enn 0,25 mm er 43 % av total masse, 80 % av KOF, 92 % av fosfatene og 85 % av nitratene. Dette indikerer at renseeffekten i gatesandfang må bli ganske begrenset.

Forurensningsmengde i gatesandfangs vannfase

Midlere vannmengde i gatesandfangene som ble undersøkt, var 545 l. Midlere innhold av en del parametre i vannfasen var:

Tot-P:	0,2 mg P/l x 545 l = 0,1 g P	= 0,04 p.e./d
Tot-N:	8 mg N/l x 545 l = 4,4 g N	= 0,37 "
KOF :	6400 mg KOF/l x 545 l = 3488 g KOF	= 23 "
BOF ₅ :	110 mg BOF/l x 545 l = 60 g BOF ₅	= 1 "

Det var svært lite fosfor i gatesandfangenes vannfase, mens mengden organisk stoff målt som biologisk oksygenforbruk tilsvarte ca. det en person produserer pr. dag.

Dreneringsareal til gatesandfanget

For områder i USA hvor man har mye snøfall om vinteren, var dreneringsarealet pr. gatesandfang mellom 0,6 og 1,3 ha. For alle regioner

i USA var middelarealet i området 0,83 til 2,05 ha. Dersom et gatesandfang drenerer 1 ha med avrenningskoeffisient 0,5, vil selv et så lite regn som 0,5 mm gi en tilrenning på 2 500 l til gatesandfanget.

Anbefalt utforming av gatesanfang

Basert på en rekke hydrauliske tester, inkludert renseeffekt for ulike fraksjoner av sand, ble følgende utforming funnet optimal:

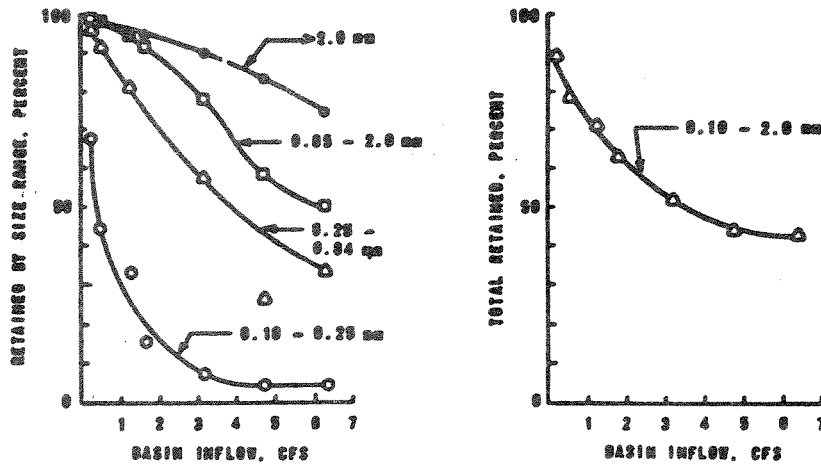
Høyde av hele sandfanget:	5,5 x D
Høyde over utløpsrøret :	1,5 x D
Dybde under utløpsrøret :	4 x D
Diameter på sandfanget :	4 x D
Utløpsrøret :	D.

Lager (5) mener 4 fot kan være passende diameter i sandfanget, dvs. $D = 120$ cm. For denne anbefalte utformingen ble det produsert en prototyp som er brukt i bestemmelsen av renseeffekten til et slikt gatesandfang.

Renseeffekt i gatesandfang

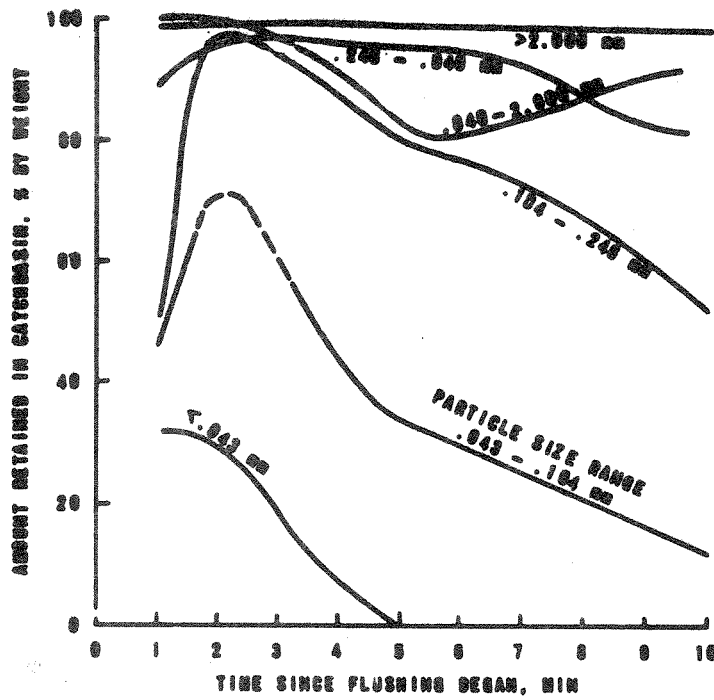
Dybden i gatesandfanget er den primære faktor for renseeffekten. Størrelsen på de partiklene som skal fjernes, er også av meget stor betydning. For den anbefalte utforming på gatesandfang ble renseeffektene vist i figur 20 funnet. Figuren viser en god renseeffekt for partikler større enn 2 mm, og relativt bra for 0,85 - 2 mm og 0,25 - 0,84 mm. Imidlertid er partikler i størrelseområdet 0,1 til 0,25 mm følsomme for økende vannføring. Det er dessuten til denne fraksjonen at forurensnings-parametrene som PAH, organisk stoff, tungmetaller og næringsalter særlig er bundet.

For prototyp-utformingen ble det kjørt forsøk med en belastning på 7,9 l/s (0,28 CFS) for å undersøke hvor mye partikler som holdes tilbake som funksjon av tiden belastningen på gatesandfanget varer. Resultatet av disse målingene er vist i figur 21.



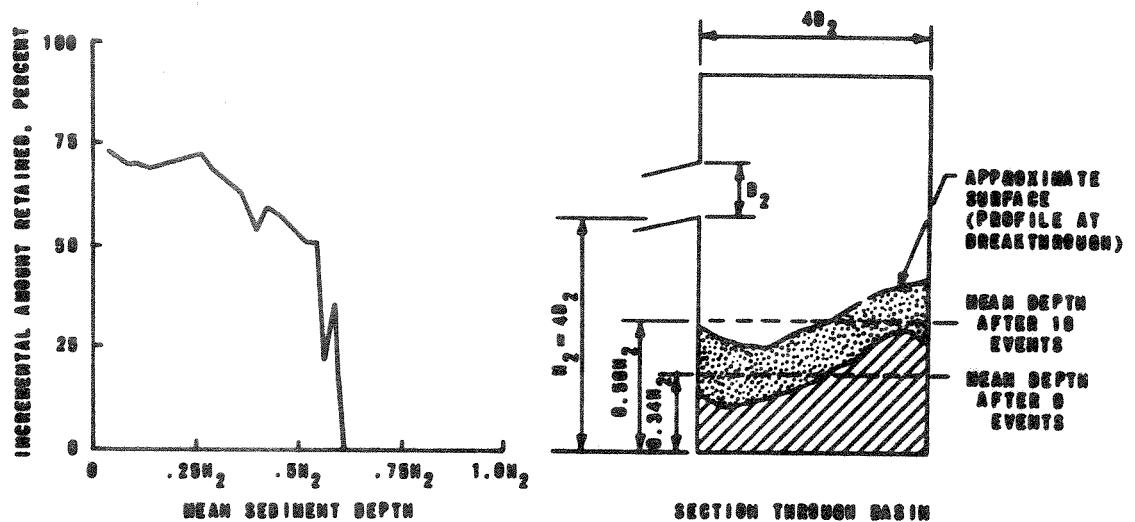
1 CFS = 28,3 l/s

Figur 20. Renseeffekt i sandfang.



Figur 21. Prototyp-gatesandfangets renseeffekt av partikler som funksjon av belastningstiden.

Man ser at partikler mindre enn 0,184 mm vaskes helt ut av gatesandfanget etter 10 - 15 minutter. Figur 22 viser at renseeffekten holder seg ganske konstant til sand-dybden fyller 0,5 ganger dybden under utløpsrøret. Stiger sand-dybden over dette, faller tilbakeholdelsen av materiale til null allerede ved 0,6 ganger sandlomme-dybden.



Figur 22. Renseeffekt som funksjon av sand-dybde i sandfanget.

Kostnader

I Lagers rapport fra 1977 er kostnadene for sandfang og vanlige overvannsinnslipp med sluk anslått til henholdsvis \$ 800 og \$ 600. Hvis tilsvarende gjaldt for Norge, ville dette bety en kostnadsdifferanse i 1983-kr på ca. 2 500 kr mellom gatesandfang og vanlig overvannsinnsløp.

I USA har Lager dessuten funnet at middelkostnadene for å tømme et sandfang med sugebil var ca. \$ 8 i 1977. I Norge med prisstigning på 10 prosent pr. år og dollarkurs på 7 kr/\$, ville dette bli ca. kr 100 pr. sandfangtømming.

Konklusjoner og anbefalinger fra EPA-rapport (6)

- Den amerikanske praksis med å installere gatesandfang i stedet for direkte innløp er fremdeles dominerende (4:1) i USA. Imidlertid er det en økende trend mot å sløyfe gatesandfanget.

- Forurensningsmessig sett er virkningen av gatesandfang dels gunstig og dels ugunstig, avhengig av blant annet tømmefrekvensen. De kan være relativt effektive for tilbakeholdelse av partikler, forutsatt at de tømmes før gatesandfangets sandfangvolum er halvfullt. Imidlertid kan de også bidra til å forsterke sjokkbelastningene under sterke regnskyll ved at innholdet spyles ut i løpet av få minutter av regnets startfase. Hyppig tømming f.eks. 2 - 3 ganger pr. år, vil motvirke "first-flush" problemene.
- Ekstrakostnaden for installering av gatesandfang kan ikke forsvares ut fra forurensningsmessige grunner. Dersom de først er installert og tømmes regelmessig, vil de imidlertid gi et positivt bidrag.
- Dersom gatesandfangene ikke tømmes når sandfangvolumet er halvt fylt, har de ikke lenger særlig virkning med hensyn til å holde sand og partikler tilbake.
- Sandfang bør bare brukes hvor det er problemer med selvrensingen i nedstrøms avløpsrør eller på spesielle steder hvor man har mye overflatepartikler.
- Fordelen ved å omgjøre eksisterende gatesandfang til vanlige innløp der sandtransporten ikke er et problem, er:
 - * Reduksjon i "første-utspylingsforurensningene".
 - * Redusert mengde vedlikeholdsarbeid.
- En FoU-innsats bør settes i gang for å kunne gi råd om når gatesandfang bør sløyfes, og når det er fordelaktig å ha dem.

Sammendrag fra EPA-rapporten "Evaluation of Catchbasin Performance for Urban Stormwater Pollution Control" (1)

I perioden november 1979 til januar 1980 ble det utført målinger i tre avløpsfelt i Boston, USA. Det ble målt på tilsammen 21 regnhendelser, hvorav alle hadde relativt lav intensitet i forhold til de større sommerregnene. Følgende "renseeffekter" i gatesandfangene ble registrert:

Totalt suspendert stoff	=	60 - 97 %
Flyktig suspendert stoff	=	48 - 97 %
Organisk stoff (KOF)	=	10 - 56 %
Organisk stoff (BOF)	=	54 - 88 %

Næringssalter fjernes det svært lite av i sandfangene.

Hovedkonklusjonen i rapporten er:

"Hvis sandfangene tømmes regelmessig er de et effektivt middel for å redusere forurensningsutslipp, og bør fortsatt brukes".

8.2 Erfaringer fra Göteborg, Sverige

Det er utført studier om gatesandfang i Göteborg av Johnson (3) i forbindelse med et eksamensarbeide på Chalmers Tekniska Högskola. Følgende er et utdrag fra dette arbeidet.

I Göteborg er det 45 000 gatesandfang. Det finnes to standardiserte gatesandfang:

- a) Lavt sandfang med vannlås.
- b) Dypere sandfang uten vannlås.

Diameteren på sandfanget varierer mellom 400 og 500 mm. Se figur 23.

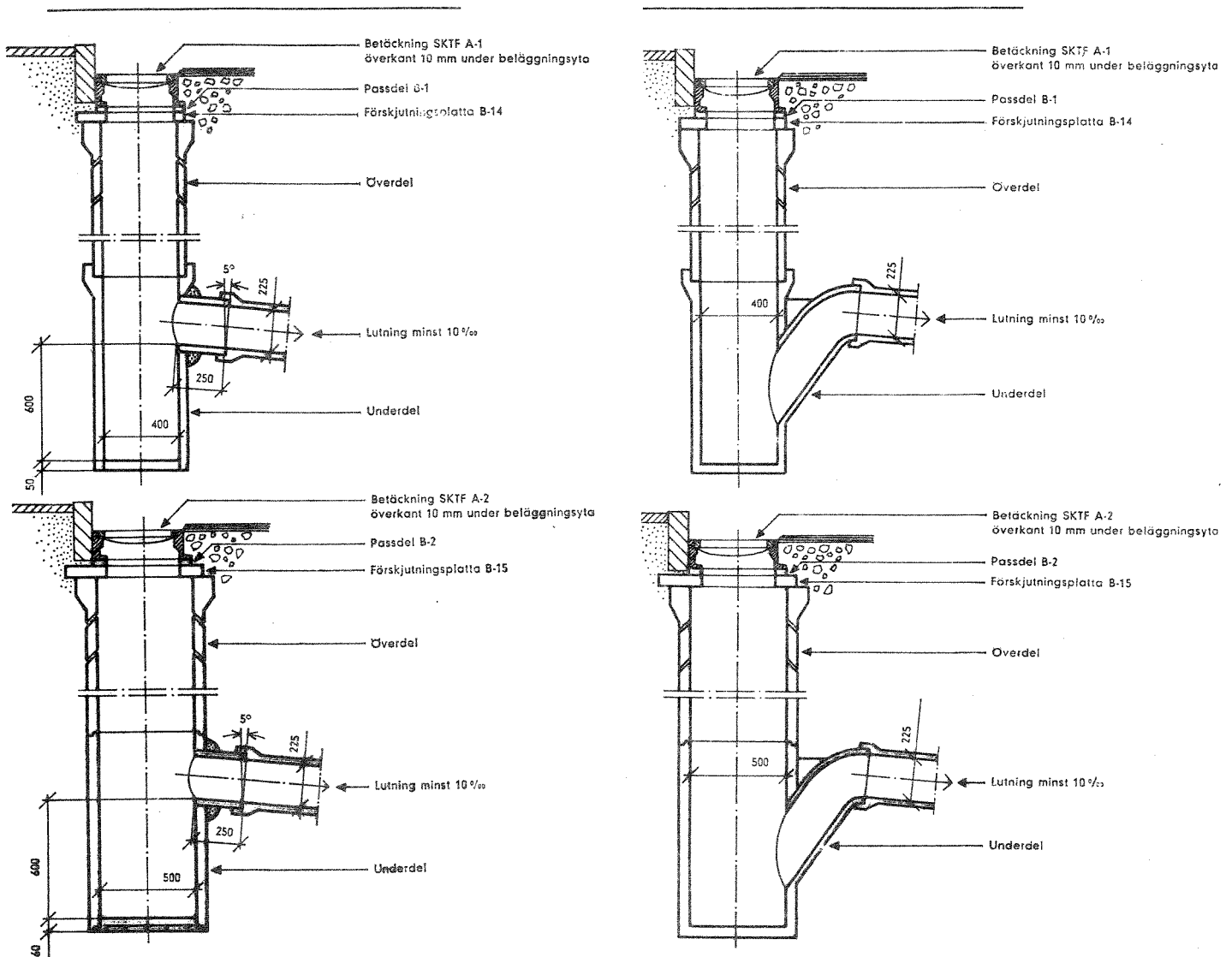
Tømmingen av sandfangene skjer i den delen av året hvor middeltemperaturen ligger over 0 °C. Man har 1 slamsugingsbil og 1 bil for håndrensing til disposisjon, og tømmearbeidet skjer på to skift.

Dette er ikke tilstrekkelig til å tømme alle gatesandfang hvert år.

Stoffmengdene i gatesandfangene i to områder i Göteborg er undersøkt.

DAGVATTENBRUNN UTAN VATTENLÄS

DAGVATTENBRUNN MED VATTENLÄS



Figur 23. Utforming av svenske gatesandfang.

Område 1

Område består hovedsakelig av 3-etasjers boligbebyggelse. Trafikkbelastningen i området er meget lav. Prøvetakingen ble utført straks etter snøsmeltingen og det første vårregnet. Ni gatesandfang ble tømt. Totalt dreneringsareal er 2 800 m².

Område 2

Området består hovedsakelig av 6-etasjers boligbebyggelse fra 1970-tallet. Gaten hvor prøvene ble tatt fra har primært lokal trafikk, men noe gjennomgangstrafikk kan også forekomme.

Prøvene ble tatt på forsommeren etter vårregnet fra 17 gatesandfang. Totalt dreneringsareal er 3 800 m².

Prøvene ble analysert på dels den faste fasen og dels på vannfasen.

Resultatene av analysene er vist i tabell 14.

Tabell 14. Forurensningskonsentrasjoner i stoff fra gatesandfang.

Fast fase

Sted	Cu µg/g	Zn µg/g	Pb µg/g	Cd µg/g	Kjeldahl N,mg/g	Olje mg/g	TS %	Gløde- rest %
Område 1	46	385	204	*	21,6	9	66	96
Område 2	93	329	269	*	0,1	24	66	95

Vannfase

Sted	Cu mg/l	Zn mg/l	Pb mg/l	Cd	Olje mg/l	TS g/l	Gløde- rest g/l	PO ₄ -P mg/l	COD gO ₂ /l	SS mg/l
Område 1	2	7,7	9,8	*	7,3	7,3	5,4	4,8	4	5
Område 2						8,0	5,3			

* Under deteksjonsgrensen.

Konsentrasjonen av nitrogen var 166 ganger større i område 1 enn i område 2. Dette kan skyldes at område 1 hadde større vegetasjon. I område 2 var oljemengdene størst. Dette kan skyldes at trafikken der var mer intens.

Ved hjelp av kornfordelingskurver har man kommet til at 70 % av stoffmengden i overvannet sedimenterer i gatesandfangene ved høy overvannstilrenning.

Rapporten konkluderer med at gatesandfangene har meget stor betydning for konsentrasjonen av forurensninger i det overvannet som når frem til avløpsledningene. Dette er basert på en forutsetning at sandfangene tømmes minst 1 gang pr år og etterfølgende beregning. Beregningen er basert på de før viste konsentrasjonsmålingene.

Tabell 15. Stoffmengder pr m² gateareal.

	Sink mg/m ² ·år	Bly mg/m ² ·år	Kobber mg/m ² ·år
Stoffmengde tatt ut fra gatesandfang	289	184	73
Stoffmengde i overvann etter passering av gatesandfang	202	83	172

Tallene representerer et middel for begge områdene i Gøteborg.

8.3 Erfaringer fra Danmark

Miljøstyrelsen i Danmark gjennomførte en større undersøkelse omkring forurensninger knyttet til overvann på slutten av 1970-tallet (9). I denne forbindelsen ble også sandfangenes betydning undersøkt. Disse undersøkelsene er basert på målinger i Albertslund kommune.

Gatesandfangene tømmes ca. 1 gang pr år. Størrelsen på de danske sandfangene er ukjent. Det har vist seg umulig å få opplyst dette selv etter gjentatte forespørsler til kommunen og Miljøstyrelsen.

Tabell 16 viser stoffkonsentrasjoner i sandfangsedimentene.

Tabell 16. Konsentrasjoner av ulike stoffer i sanfangsedimenter.

Sandfang	TS mg/g	Gløderest mg/g TS	mg/kg TS			
			Pb	Cd	Zn	Cr
Boligområde	463	72	275	2,38	398	20,1
Industriområde	409	146	533	21,0	1238	44,5
Blandet oppland	458	76	148	1,51	338	24,7
Valgt gns.kons. for hele området	460	80	250	2,5	400	25

Tabell 17 viser den mengde av ulike stoffer som fjernes fra gatesandfangene årlig.

Tabell 17. Årlig mengde stoff fra sandfang.

	Slam- volum m ³ /år	Tørrst. vekt t/år	Pb kg/år	Cd kg/år	Zn kg/år	Cr kg/år
Albertslund kommune	220	135	33	0,33	53	3,3

Totalarealet i Albertslund kommune er 873 ha, hvorav 143 ha er grønne områder, 224 ha er industri- og senterområder, mens resten er bolig- og offentlig bebyggelse.

På basis av undersøkelsene har man anbefalt bruk av følgende belastninger fra urban avrenning.

Tabell 18 viser årlige stoffavstrømninger pr redusert hektar (avrenningskoeffisient x areal) totalt, etter at noe stoff er fjernet ved gatefeing, etter gatefeing og uttak fra gatesandfang og endelig etter gatefeing, gatesandfang og etter rensing i sedimenteringsbassenger. Tallene er basert på en årsnedbør på 540 mm pr år.

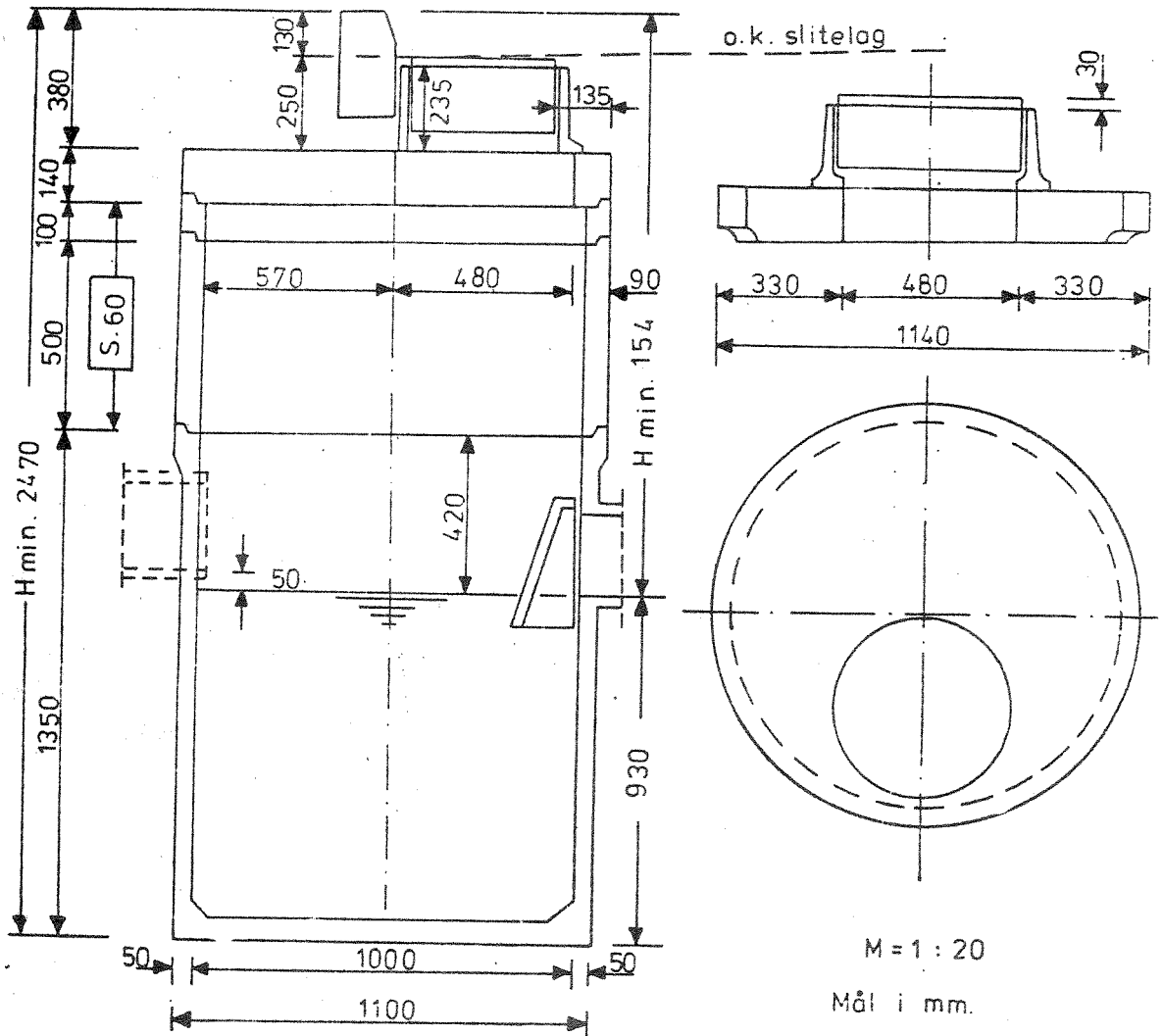
Tabell 18. Forslag til arealbelastninger av forurensninger fra urbaniserte områder.

	Tørrstoff kg/red.ha·år	g/red. ha·år		
		Pb	Cd	Zn
Samlet belastning	2830	3000	16,9	2230
Samlet belastning etter gatefeing	1360	700	9,3	1655
Samlet belastning etter sandfang	1010	610	8,4	1520
Belastning etter oppnåelig sedimentering i bassenger	53	43	0,97	360

Man ser at gatesandfang antas å fjerne ca. 12 % av tørrstoffet i den samlede belastningen fra urbane overflater, videre ca. 3 % av blyet, ca. 5 % av kadmiumet og ca. 6 % av sinken.

8.4 Gatesandfang i Oslo kommune

De gatesandfang som brukes i Oslo kommune, er vist i figur 24.



Figur 24. Gatesandfang i Oslo kommune.

Figuren er fra Oslo veivesen norm nr. 8, aug. 1976. Diameter og dybde er ikke særlig forskjellig fra det som er vanlig i USA. Antall gatesandfang i Oslo var i 1978 ifølge Saltveit (11) ca. 19 000.

Antall km felles-systemledninger og overvannsledninger var i 1978 ca. 1330 km. Dersom sandfangene er jevnt fordelt, blir dette 70 m ledning på hvert gatesandfang. Dersom man antar at en vanlig bredde av gate med fortau er ca. 10 - 15 m, blir nedslagsarealet til hvert sandfang ca. 0,07 - 0,1 ha. Dette er bare ca. 10 prosent av det et gjennomsnittlig gatesandfang i USAs regioner med mye snøfall om vinteren må drenere (Lager (6)). Oslo veivesens antall tømminger lå i 1975 på ca. 14 000 pr år. Dette blir i gjennomsnitt ca. 1,4 år mellom hver tømming, eller tømming 0,74 ganger pr år.

Kostnadene pr tømming ble i 1975 beregnet til ca. 75 kr. Med en prisstigning på 10 prosent pr år skulle kostnadene pr tømming i 1983 være ca. 150 kr. På basis av Saltveits (11) notat foregikk det en diskusjon om gatesandfang internt i OV&K. En del argumenter som kom fram i denne forbindelse var:

Argumenter fra prosjekteringsavdelingen:

- En del sandfang med tilknytning til fellessystemet blir i dag tømt til liten nytte. Dette gjelder hvor avløpsnettets har normale fallforhold, og hvor man ikke har overløp nedstrøms sandfanget.
- Tømming av eksisterende sandfang i separatsystemer har en nytte ut fra forurensningsmessige forhold. Denne nytten er imidlertid svært usikker, sett i forhold til alternative tiltak.
- Kan være gunstig å ta ut sand i renseanlegget i stedet for i gatesandfanget.

Argumenter fra driftsavdelingen:

- Ut fra faren for kloakkstopp må man beholde sandfangene.
- Det er billigere å fjerne sand fra gatesandfang enn å spyle sanden ut fra avløpsledningene.
- Det er veivesenets oppgave i dag å tømme sandfangene. Dette arbeidet går derfor ikke på bekostning av OV&Ks ressurser.

8.5 Kost/nytte beregninger for effekten av gatesandfang med hensyn til fosforutslipp

For å kunne sammenlikne med beregninger fra (8) regner man nåverdi for kostnadene i 20 år og med 7 prosent rente. Det antas videre at et gatesandfang i Norge blir 5 000 kr dyrere enn et enkelt sluk med innløpsrør. Det forutsettes tømning 2 ganger pr. år. I vannfasen antar man etter Lager (6) at vannets innhold av fosfor tilsvarer 0,05 personekvivalent. Fra vannfasen fjerner man dermed ca. 0,3 g fosfor pr år. Dette er et tall som passer relativt bra med diagrammer fra Lager et al.s (5) "Urban Stormwater Mangement and Technology". Fra tabell 12 ser man at ca. 0,8 ‰ av total vekt er fosfor. Det vil si 0,8 kg fosfor pr år pr sandfang. Etter figur 20 og figur 21 er det nærliggende å anta at følgende prosent-andeler av fraksjonene vaskes ut av sandfanget før tømning skjer:

> 2 mm	0 prosent
0,84 - 2 mm	10 "
0,25 - 0,84 mm	30 "
0,1 - 0,25 mm	80 "
< 0,1 mm	100 "

Fosformengden som skulle bli tilgjengelig for tømning, blir da ifølge tabell 13:

$$0 + 9,6 + 39,2 + 7,2 + 0 = 56 \text{ g fosfor.}$$

Totalt pr år fjernes dermed 56,3 g fosfor pr sandfang når disse tømmes 2 ganger pr år.

Kostnader dersom sandfanget allerede er installert, antas til ca 150 kr pr gang, eller 300 kr pr år. Nåverdien beregnet for 20 år med 7 prosent rente blir ca. 3 000 kr.

Nåverdien for et tilfelle hvor gatesandfang installeres, må tillegges 5 000 kr.

Kost/nytte hvor gatesandfang er installert:

$$K/N = \frac{3000 \cdot 10^{-6} \text{ mill. kr}}{56,3 \cdot 10^{-6} \text{ tonn P/år}} = \underline{53 \text{ mill. kr/tonn} \cdot P \cdot \text{år}}$$

Kost/nytte hvor gatesandfang ikke er bygget ennå:

$$K/N = \frac{8000 \cdot 10^{-6} \text{ mill. kr}}{56,3 \cdot 10^{-6} \text{ tonn P/år}} = \underline{142 \text{ mill. kr/tonn} \cdot P \cdot \text{år}}$$

Disse beregningene gjelder ikke hvor gatesandfanget er koblet til fellessystemledningene. Kost/nytte faktorene blir i så fall betydelig mer ugunstige enn for de viste beregningene hvor det er forutsatt tilknytning til overvannsledninger. Det må imidlertid understrekes at fjerning av fosfor bare er en liten del av de virkninger man oppnår med å ha gatesandfang i drift. Skal hensikten med gatesandfang vurderes, må derfor en rekke aspekter vurderes i tillegg til fosforfjerning. Vurdert isolert ut fra fosforfjerning kan man imidlertid si at gatesandfang ikke kan forsvares i forhold til tiltak som er mer direkte rettet mot å begrense forurensningsutslipp. Dette bekreftes for eksempel av en rapport om "Samlet optimalisering av renseanlegg og ledningsnett", Lindholm (8).

9. LITTERATURHENVISNINGER

1. Aronson, G.L., Watson, D.S. og Pisano, W.C.: "Evaluation of catchbasin Performance for Urban Stormwater Pollution Control. EPA-report 600/S2-83-043, Ohio Aug. 1983..
2. Berg, A.: "Spyling av avløpsleidingar med sjølvreinsingsproblem" NHL-rapport 2 83027, marsk 1983, Trondheim.
3. Johnson, B.: "Rännstensbrunnars betydelse för dagvattnets föroreningsbelastning", Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg, desember 1982.
4. Kaufman, H.L. og Lai, F.: "Review of alternatives for evaluation of sewer flushing". EPA-report 600/2-80-118, August 1980, Ohio, USA.
5. Lager, J.A. et al.: "Urban Stormwater Management and Technology". EPA-report no. 600/8-77-014. Ohio, USA. 1977.
6. Lager, J.A., Smith, W.G. og Tchobanoglous, G.: "Catchbasin technology. Overview and assessment". US.EPA Report no. EPA-600/2-77-051, Ohio USA, 1977.
7. Lindholm, O.: "Tørrvørsavsetninger i fellessystemrør". VA-rapport 10/82 NIVA og VANN nr. 4, 1982.
8. Lindholm, O.: "Samlet optimalisering av avløpsrenseanlegg og avløpsledningsnett". VA-rapport NIVA, Oslo 1. februar 1983.
9. Miljøstyrelsen: "Regnvandsundersøgelser. Vallensbæk Søerne, 1979-1980. Sluttrapport". Mai 1981, København.
10. Pisano, W.C., Aronson, G.L., Queiroz, C.S.: "Dry Weather Deposition and Flushing for Combined Sewer Overflow Pollution Control". EPA-600/2-79-133, Ohio USA, august 1979.
11. Saltveit, N.: "Notat om sandfang", Internt OV&K-notat 27. januar 1978, Oslo.
12. Statens Forurensningstilsyn (SFT): "Veiledning ved dimensjonering av avløpsledninger". TA-550. Oslo juni 1979.
13. Wardle, T.: "Sewage treatment and disposal". John Heywood forlag, London, 1893.

V E D L E G G A

Ledningsnettdata fra feltet i Maridalsveien

AVLØPSSONE FEV6-N.Ø. (MARIDALSVEIEN)
 DIMENSJONERENDE 30-MIN. REGN
 UTEN OVERLØP

AVLØP S N E T T E T S I N N G A N G S D A T A

RØR NR.	NR. NED.	NIVA NEDRE	NR. ØVRE	NIVA ØVRE	NIVA MARK	LENDE I M	TOTAL AREAL	TETT-AREAL	RED. FAKTOR	DIAM MM/ BREDE I CM	HØYDE I CM	VELN. VINK.	T.S. RØR KODE	FRIK. EKV.	PERS. TILR. TID	T. PST. ANL. F. FJELL AR	
2	1	44.40	2	49.00	.00	110.00	.530	.000	.500	530.0	0	0	0	100.0	81.1	10	0
3	2	51.00	3	53.50	.00	115.00	1.240	.000	.000	230.0	0	0	0	100.0	84.3	6	0
4	2	51.50	4	61.50	.00	315.00	1.390	.000	.050	280.0	0	0	0	100.0	119.5	10	0
5	2	52.50	5	64.00	.00	245.00	1.290	.000	.000	230.0	0	0	0	100.0	225.7	6	0
6	2	50.00	6	55.50	.00	535.00	.140	.000	.000	670.0	0	0	0	100.0	136.6	6	0
7	6	59.01	7	60.08	.00	49.00	.130	.000	.050	530.0	0	0	0	100.0	.0	10	0
8	7	60.08	8	64.50	.00	37.00	.170	.000	.300	805.0	0	0	0	100.0	.0	10	0
9	8	64.50	9	69.50	.00	250.00	1.150	.000	.300	300.0	0	0	0	100.0	554.3	15	0
10	8	65.50	10	71.00	.00	220.00	.780	.000	.500	285.0	0	0	0	100.0	432.1	15	0
11	8	64.50	11	68.00	.00	115.00	.700	.000	.300	600.0	0	0	0	100.0	86.8	15	0
12	11	68.00	12	71.00	.00	145.00	.960	.000	.500	230.0	0	0	0	100.0	467.5	15	0
13	11	70.50	13	77.50	.00	185.00	1.390	.000	.300	230.0	0	0	0	100.0	337.8	15	0
14	11	68.00	14	72.50	.00	165.00	1.000	.000	.500	600.0	0	0	0	100.0	313.0	15	0
15	14	72.50	15	73.00	.00	170.00	.790	.000	.300	300.0	0	0	0	100.0	118.5	15	0
16	14	72.50	16	84.50	.00	245.00	1.040	.000	.300	300.0	0	0	0	100.0	133.1	10	0
17	14	72.50	17	73.00	.00	50.00	.110	.000	.500	600.0	0	0	0	100.0	19.0	10	0
18	17	73.00	18	80.82	.00	180.00	.640	.000	.500	300.0	0	0	0	100.0	481.3	10	0
19	18	80.86	19	89.50	.00	360.00	3.620	.000	.250	230.0	0	0	0	100.0	962.9	20	0
20	17	73.00	20	82.00	.00	160.00	1.450	.000	.500	450.0	0	0	0	100.0	284.2	15	0
21	20	82.00	21	84.50	.00	115.00	.930	.000	.400	230.0	0	0	0	100.0	117.2	15	0
22	20	84.44	22	86.50	.00	180.00	1.340	.000	.400	300.0	0	0	0	100.0	542.7	15	0
23	20	82.00	23	86.50	.00	150.00	1.590	.000	.400	450.0	0	0	0	100.0	430.9	15	0
24	23	86.50	24	87.00	.00	180.00	.820	.000	.400	300.0	0	0	0	100.0	.0	15	0
25	23	86.50	25	88.50	.00	150.00	1.250	.000	.200	380.0	0	0	0	100.0	860.0	20	0
26	25	88.50	26	93.50	.00	425.00	2.050	.000	.150	230.0	0	0	0	100.0	190.6	20	0
27	26	93.50	27	102.00	.00	330.00	.910	.000	.150	270.0	0	0	0	100.0	53.7	20	0
28	27	102.00	28	117.00	.00	295.00	1.030	.000	.100	300.0	0	0	0	100.0	73.1	20	0
29	28	117.00	29	127.50	.00	335.00	2.780	.000	.050	230.0	0	0	0	100.0	89.0	20	0
30	25	88.50	30	90.50	.00	110.00	.660	.000	.200	300.0	0	0	0	100.0	104.9	15	0
31	30	90.50	31	102.50	.00	445.00	1.700	.000	.200	230.0	0	0	0	100.0	144.5	15	0
32	31	102.50	32	108.53	.00	205.00	1.930	.000	.150	230.0	0	0	0	100.0	56.0	30	0
33	31	102.50	33	109.00	.00	180.00	.620	.000	.150	230.0	0	0	0	100.0	31.6	15	0
34	33	109.00	34	117.00	.00	125.00	1.040	.000	.250	230.0	0	0	0	100.0	95.7	30	0
35	33	109.00	35	112.50	.00	255.00	1.540	.000	.150	300.0	0	0	0	100.0	63.1	20	0
36	6	58.61	36	61.35	.00	210.00	.000	.000	.000	430.0	0	0	0	100.0	.0	6	0
37	36	62.86	37	62.96	.00	3.00	.000	.000	.000	300.0	0	0	0	100.0	.0	6	0
38	37	63.04	38	71.00	.00	130.00	.920	.000	.300	240.0	0	0	0	100.0	240.1	15	0
39	36	61.35	39	73.00	.00	155.00	.270	.000	.000	230.0	0	0	0	100.0	571.0	6	0
40	39	73.00	40	75.00	.00	80.00	1.410	.000	.000	230.0	0	0	0	100.0	91.3	6	0
41	39	73.00	41	83.34	.00	170.00	.560	.000	.000	230.0	0	0	0	100.0	.0	6	0
42	36	61.35	42	64.71	.00	320.00	.000	.000	.000	380.0	0	0	0	100.0	.0	6	0
43	42	64.71	43	66.00	.00	115.00	.000	.000	.000	380.0	0	0	0	100.0	.0	6	0
44	43	80.52	44	83.34	.00	145.00	1.010	.000	.250	230.0	0	0	0	100.0	50.5	20	0
45	44	83.34	45	84.50	.00	105.00	1.390	.000	.250	230.0	0	0	0	100.0	714.5	20	0
46	43	79.05	46	80.47	.00	260.00	1.220	.000	.000	400.0	0	0	0	100.0	81.7	6	0
47	46	81.20	47	81.50	.00	18.00	.040	.000	.000	230.0	0	0	0	100.0	.0	6	0
48	47	81.50	48	87.50	.00	130.00	1.050	.000	.250	265.0	0	0	0	100.0	431.5	20	0

H

AVLØPSSONE FEY6-N.Ø. (MARIDALSVEIEN)
 DIMENSJONERENDE 30-MIN. REGN
 UTEN OVERLØP

AVLØPSNETTETS INNGANGSDATA

RØR NR.	NIVA NEDRE	NIVA ØVRE	NR. ØVRE	NIVA ØVRE	NIVA MARK	LENGDE I M	TOTAL AREAL	TETT-AREAL	RED. FAKTOR	DIAM MM/ BREDEDE I CM	HØYDE I CM	HELN. VINK.	T.S. KODE	RØR FRIK.	PERS. EKV.	TILR. TID	PST. FJELL	ANL. AR
49	80.47	81.60	49	81.60	.00	260.00	2.570	.000	.050	350.0	0	0	0	100.0	652.8	30	0	0
50	81.75	85.00	50	85.00	.00	180.00	2.400	.000	.250	300.0	0	0	0	100.0	1384.8	20	0	0
51	82.58	85.50	51	85.50	.00	170.00	1.460	.000	.050	230.0	0	0	0	100.0	59.9	20	0	0
52	82.01	83.80	52	83.80	100.00	285.00	1.290	.000	.050	300.0	0	0	0	100.0	2.6	20	0	0
53	83.94	85.50	53	85.50	.00	120.00	1.070	.000	.000	240.0	0	0	0	100.0	8.6	6	0	0
54	85.50	93.50	54	93.50	.00	155.00	.430	.000	.000	300.0	0	0	0	100.0	49.0	6	0	0
55	85.50	98.50	55	98.50	.00	145.00	1.830	.000	.150	230.0	0	0	0	100.0	38.4	30	0	0

11

AVLØPSSONE FEV6-N.Ø. (MARIDALSVEIEN)
DIMFNSJONERENDE 30-MIN. REGN
UTEN OVERLØP

B E R E G N E D E R Ø R D A T A

RØR IDENT	PROMILLE STIGN. RØR	DIAM MM/ BREDE I CM	HØYDE I CM	HELN. VINK.	RØRKAP- ASITET (L/S)	MAKS. VANNFØR- ING (L/S)	SPILL- VANN (L/S)	QMAX OFULL	MAKS. FYLL- GRAD	MAKS. HAST- IGHET (M/S)	MIN. HAST- IGHET (M/S)	MENGD REGNVANN PASSERT (M3)
2	41.8	530 *	* GITT		943.	1311.	27.9	1.39	1.00	5.94	1.93	2013.
3	21.7	230 *			74.	0.	.2	.00	.04	.37	.37	0.
4	31.7	280 *			152.	11.	.3	.07	.17	1.59	.47	12.
5	46.9	230 *			112.	1.	.5	.00	.05	.68	.68	0.
6	10.3	670 *			1282.	1282.	26.8	1.57	1.00	3.64	1.09	1955.
7	21.8	530 *			664.	1124.	16.3	1.69	1.00	5.10	1.27	1566.
8	119.5	805 *			4990.	1123.	16.3	.23	.31	8.45	2.18	1566.
9	20.0	300 *			142.	47.	1.3	.33	.38	1.89	.61	59.
10	25.0	285 *			140.	53.	1.0	.38	.41	2.13	.62	67.
11	30.4	600 *			1101.	1019.	14.0	.93	.80	4.20	1.35	1430.
12	20.7	230 *			72.	72.	1.1	.91	.77	1.89	.63	83.
13	37.8	230 *			99.	57.	.8	.57	.53	2.51	.70	72.
14	27.3	600 *			1037.	872.	12.0	.84	.71	4.08	1.22	1240.
15	2.9	390 *			100.	31.	.3	.31	.37	.78	.18	41.
16	49.0	300 *			230.	50.	.3	.22	.30	2.79	.50	54.
17	10.0	600 *			603.	733.	10.6	1.21	1.00	2.59	.81	1059.
18	43.4	300 *			215.	153.	3.3	.71	.62	3.32	1.11	211.
19	24.0	230 *			78.	105.	2.2	1.35	1.00	2.53	.83	156.
20	56.2	450 *			720.	586.	7.3	.81	.69	5.02	1.44	839.
21	21.7	230 *			74.	50.	.3	.68	.60	1.92	.41	64.
22	11.4	300 *			105.	73.	1.3	.69	.61	1.61	.50	92.
23	30.0	450 *			513.	373.	5.1	.73	.63	3.52	1.02	557.
24	2.8	300 *			49.	42.	.0	.86	.73	.77	.00	56.
25	13.3	380 *			212.	250.	4.1	1.18	1.00	2.20	.73	392.
26	11.6	230 *			53.	76.	.9	1.43	1.00	1.83	.48	118.
27	25.8	270 *			123.	44.	.5	.36	.40	2.06	.52	65.
28	50.8	300 *			235.	28.	.4	.12	.22	2.45	.61	42.
29	31.3	230 *			90.	16.	.2	.18	.27	1.77	.43	24.
30	16.2	300 *			135.	145.	1.1	1.08	1.00	2.05	.57	231.
31	27.0	230 *			83.	128.	.9	1.54	1.00	3.07	.65	208.
32	33.5	230 *			93.	28.	.1	.30	.36	2.05	.50	50.
33	31.7	230 *			90.	62.	.4	.69	.61	2.36	.56	100.
34	64.0	230 *			132.	25.	.2	.19	.28	2.63	.59	45.
35	13.7	300 *			116.	27.	.1	.23	.31	1.42	.24	40.
36	13.0	430 *			290.	229.	10.1	.79	.67	2.21	.66	391.
37	33.3	300 *			187.	38.	.6	.20	.29	2.22	.57	48.
38	61.2	240 *			144.	38.	.6	.26	.33	2.83	.75	48.
39	75.2	230 *			144.	2.	1.5	.01	.07	1.12	1.12	0.
40	25.0	230 *			79.	1.	1.3	.02	.09	.71	.71	0.
41	60.8	230 *			128.	0.	.2	.00	.03	.57	.57	0.
42	10.5	380 *			186.	201.	8.0	1.08	1.00	1.77	.67	344.
43	11.2	380 *			193.	212.	8.0	1.10	1.00	1.87	.88	344.
44	19.4	230 *			69.	71.	1.8	1.03	1.00	1.72	.71	104.
45	11.0	230 *			51.	42.	1.7	.83	.70	1.37	.57	60.

AVLØPSSONE FEV6-N.Ø. (MARIDALSVEIEN)
 DIMENSJONERENDE 30-MIN. REGN
 UTEN OVERLØP

B E R E G N E D E R Ø R D A T A

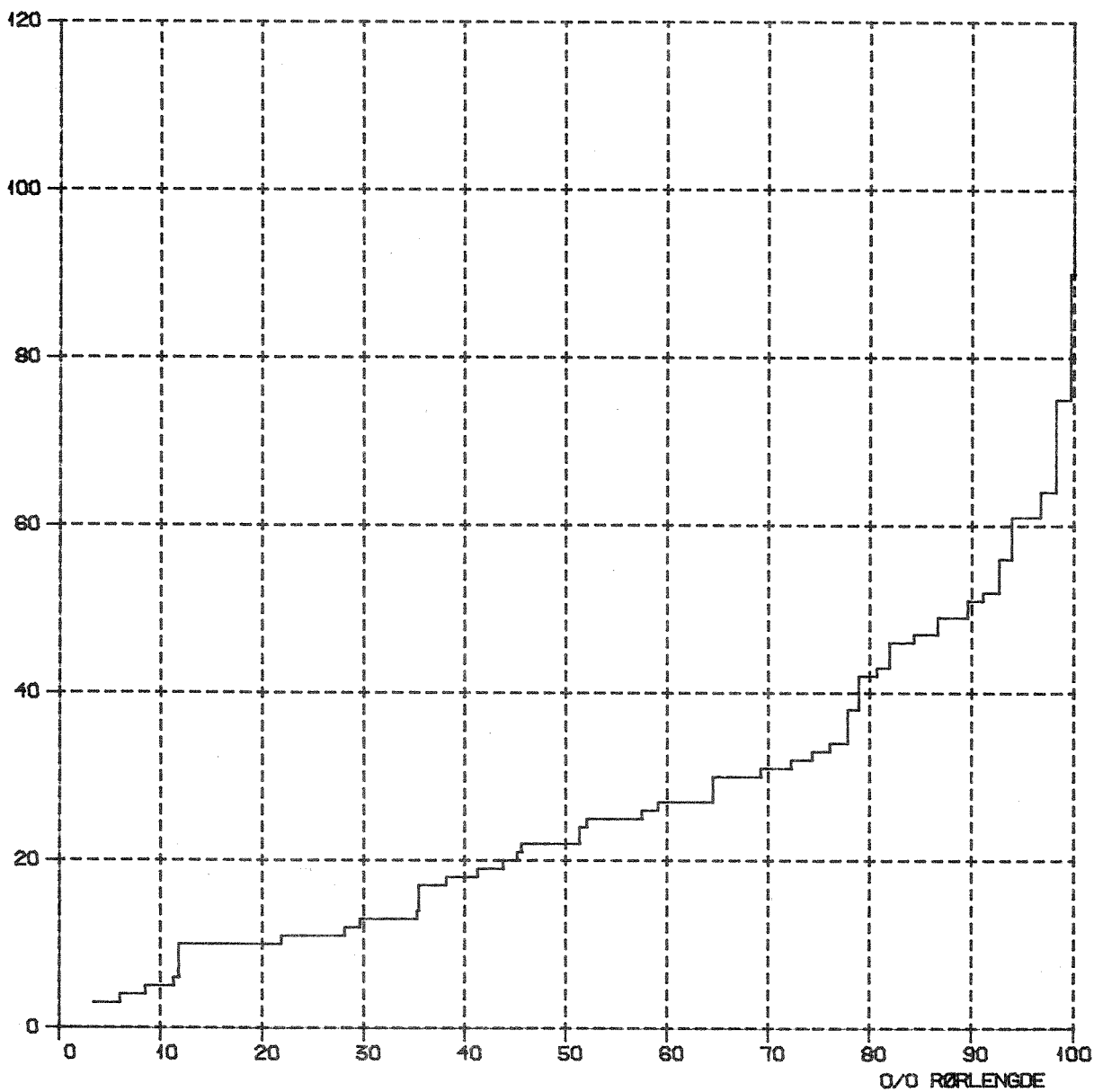
RØR IDENT	PROMILLE STIGN. RØR	DIAM MM/ BREDE I CM	HØYDE I CM	HELN. VINK.	RØRKAP. ASITET (L/S)	MAKS. VANNFØRING (L/S)	SPILLVANN (L/S)	QMAX OFULL	MAKS. FYLL. GRAD	MAKS. HASTIGHET (M/S)	MIN. HASTIGHET (M/S)	MENGE REGNVANN PASSERT (M3)
46	5.5	400 *	* GITT		150.	142.	6.3	.95	.86	1.23	.62	241.
47	16.7	230 *			64.	32.	1.0	.50	.49	1.57	.56	45.
48	46.2	265 *			161.	32.	1.0	.20	.29	2.43	.80	45.
49	4.3	350 *			93.	120.	5.1	1.29	1.00	1.25	.57	196.
50	18.1	300 *			134.	73.	3.2	.55	.52	1.98	.79	104.
51	17.2	230 *			65.	9.	.1	.13	.23	1.18	.31	13.
52	6.3	300 *			76.	32.	.2	.42	.44	1.07	.23	58.
53	13.0	240 *			62.	26.	.2	.42	.44	1.37	.32	47.
54	51.6	300 *			237.	0.	.1	.00	.01	.18	.18	0.
55	89.7	230 *			158.	26.	.1	.17	.26	3.05	.25	47.

171

✓

MARIDALSVEIEN

FALL I 0/00



KUMULATIV FORDELING AV FALLENE MHT TOTAL RØRLENGDE
TOTAL RØRLENGDE : 10287 METER

V E D L E G G B

Fysiske data fra ledningsnettene rundt spylepunktene

Forklaring til tabell:

L = Lengde i m. for rør nedstrøms spylepunktet (som ansees å være årsak til at det spyles).

D = Diameter i mm på røret nedstrøms spylepunktet.

I = Gjennomsnittlig fall på røret i ⁰/100.

A = Areal av nedslagsfelt til røret.

PE = Antall personekvivalenter som sogner til røret.

AVR = Midlere tørrværsvannføring i røret, l/s.

AR = Leggeår for røret.

SYSTEM = Kombinert (K) eller separatsystem (S).

SPYLT MASSE = Svært lite : 0
 Lite : 1
 Mye : 2

CASE	PKT.	L	D	I	A	RE	AVR	AAR	SYSTEM	MASSE
1-	1	130	230	60.1	1.1	46	0.10	1964	S	1
2-	2	85	230	10.5	0.6	20	0.04	1939	K	1
3-	3	160	230	9.5	1.2	64	0.15	1939	K	1
4-	4	163	230	11.3	0.8	38	0.09	1939	K	1
5-	5	135	230	16.1	1.8	56	0.12	1938	K	1
6-	6	178	230	51.0	2.1	40	0.09	1955	S	1
7-	7	85	230	76.0	1.1	38	0.06	1964	S	1
8-	8	155	230	25.5	3.0	16	0.03	1947	K	1
9-	9	263	230	7.0	1.6	58	0.13	1966	S	1
10-	10	75	230	65.7	0.5	16	0.03	1938	K	0
11-	11	184	230	20.4	1.7	40	0.09	1937	K	1
12-	12	173	230	31.5	2.8	44	0.10	1937	K	1
13-	13	70	230	135.8	1.2	28	0.06	1948	K	1
14-	14	90	230	6.0	0.8	28	0.06	1945	K	1
15-	15	111	230	15.0	0.8	26	0.06	1945	K	1
16-	16	170	230	32.1	2.2	36	0.09	1938	K	2
17-	17	55	230	27.1	0.3	8	0.01	1938	K	2
18-	18	92	300	6.1	0.3	10	0.01	1938	K	1
19-	19	90	230	8.6	1.6	58	0.13	1961	S	1
20-	20	69	230	28.9	0.2	8	0.01	1955	S	1
21-	21	154	230	32.4	0.9	34	0.09	1955	S	1
22-	22	208	230	44.4	2.1	66	0.15	1955	S	1
23-	23	140	230	36.9	1.2	56	0.13	1955	S	1
24-	24	82	230	10.4	1.0	26	0.06	1955	K	1
25-	25	184	230	10.5	1.6	10	0.01	1961	S	1
26-	26	124	230	16.4	1.3	64	0.15	1961	S	1
27-	27	182	230	6.5	1.4	44	0.10	1955	S	1
28-	28	60	150	52.5	0.1	8	0.01	1955	S	1
29-	29	77	230	24.9	0.1	24	0.05	1955	S	1
30-	30	114	230	49.6	0.3	20	0.04	1935	K	1
31-	31	161	230	5.3	2.2	26	0.06	1935	K	1
32-	32	84	230	5.0	1.1	16	0.03	1935	K	1
33-	33	150	230	49.7	0.4	16	0.03	1955	S	1
34-	34	113	230	13.0	0.9	8	0.01	1955	S	1
35-	35	99	230	61.0	1.1	6	0.01	1955	S	1
36-	36	80	230	55.1	0.8	22	0.05	1955	S	1
37-	37	126	230	16.0	0.9	16	0.03	1955	S	1
38-	38	63	230	17.3	0.9	6	0.01	1953	S	1
39-	39	100	230	17.0	0.9	32	0.07	1935	K	1
40-	40	58	230	43.0	0.4	32	0.07	1935	K	1
41-	41	126	230	7.7	0.8	44	0.10	1937	K	2
42-	42	139	230	5.0	1.2	28	0.06	1937	K	1
43-	43	106	230	10.0	0.9	24	0.05	1937	K	1
44-	44	76	300	8.2	0.8	20	0.04	1942	K	1
45-	45	84	150	225.7	0.7	12	0.02	1930	K	1
46-	46	98	230	104.2	1.2	32	0.07	1942	K	1
47-	47	58	230	7.6	0.9	24	0.05	1942	K	1
48-	48	79	150	42.4	0.8	32	0.07	1925	K	0
49-	49	95	230	67.6	1.6	20	0.04	1973	K	1
50-	50	110	230	25.9	0.8	16	0.05	1960	S	1
51-	51	158	230	9.0	1.4	44	0.10	1938	K	2
52-	52	141	230	87.3	1.0	36	0.09	1938	K	1
53-	53	150	230	40.5	2.0	68	0.15	1938	K	2
54-	54	41	230	39.0	0.1	20	0.04	1960	K	0
55-	55	46	230	18.2	0.6	18	0.03	1935	K	0
56-	56	212	230	17.3	1.4	60	0.14	1935	K	2
57-	57	153	230	7.7	1.5	42	0.09	1936	K	1
58-	58	164	230	45.9	1.6	36	0.09	1936	K	1

CASE	PKT	L	D	I	A	PE	AVR	AAR	SYSTEM	MASSE
59-	59	49	230	8.9	0.2	18	0.03	1935	K	0
60-	60	251	230	54.1	2.3	64	0.15	1935	K	1
61-	61	86	230	17.0	0.4	0	0.00	1942	K	1
62-	62	262	230	36.8	2.3	20	0.04	1940	K	1
63-	63	69	200	114.6	0.3	8	0.01	1972	S	0
64-	64	71	230	7.0	0.3	24	0.05	1940	K	1
65-	65	130	230	43.9	0.4	32	0.07	1930	K	2
66-	66	146	230	19.1	0.5	18	0.03	1933	K	2
67-	67	27	230	21.1	0.1	6	0.01	1939	K	1
68-	68	75	230	31.0	0.3	14	0.03	1927	K	0
69-	69	62	230	93.2	0.2	32	0.07	1935	K	1
70-	70	69	230	21.2	0.3	24	0.05	1937	K	2
71-	71	210	230	52.2	0.9	36	0.09	1937	K	1
72-	72	231	230	34.0	1.1	30	0.07	1937	K	2
73-	73	48	230	15.8	0.1	8	0.01	1937	K	0
74-	74	58	150	77.0	0.2	24	0.03	1935	K	1
75-	75	193	230	28.2	0.9	56	0.12	1932	K	1
76-	76	71	230	23.5	0.2	30	0.07	1932	K	1
77-	77	125	150	198.3	0.9	24	0.05	1933	K	1
78-	78	86	230	40.7	0.4	56	0.12	1938	K	1
79-	79	158	230	37.1	0.4	34	0.09	1963	K	1
80-	80	84	230	85.5	0.2	16	0.03	1935	K	1
81-	81	231	230	13.1	2.1	66	0.15	1940	K	2
82-	82	337	230	25.9	2.3	72	0.16	1936	K	1
83-	83	247	230	26.6	1.8	48	0.11	1935	K	1
84-	84	78	230	43.8	0.1	8	0.01	1964	S	1
85-	85	150	230	9.6	0.5	56	0.12	1937	K	1
86-	86	164	230	54.9	0.9	44	0.10	1938	K	1
87-	87	209	230	24.7	1.4	26	0.06	1938	K	1
88-	88	60	230	16.0	0.2	8	0.01	1966	K	2
89-	89	47	230	43.6	0.1	8	0.01	1966	K	1
90-	90	108	230	30.9	0.8	26	0.06	1966	S	1
91-	91	52	230	9.6	0.2	12	0.02	1937	K	1
92-	92	137	230	66.1	1.4	28	0.06	1968	S	1
93-	93	120	230	51.8	0.8	32	0.08	1934	K	1
94-	94	96	230	14.0	0.7	28	0.06	1934	K	1
95-	95	58	150	173.6	0.3	26	0.06	1937	K	1
96-	96	197	230	53.4	1.9	34	0.09	1945	K	1
97-	97	262	230	38.0	1.8	58	0.13	1937	K	1
98-	98	240	230	21.0	2.0	74	0.17	1970	K	1
99-	99	189	200	8.0	2.0	58	0.13	1970	S	1
100-	100	105	300	45.0	1.1	78	0.16	1925	K	1
101-	101	189	230	29.0	1.3	16	0.03	1927	K	1
102-	102	30	230	21.7	0.2	12	0.02	1927	K	1
103-	103	110	230	24.0	2.0	36	0.09	1927	K	1
104-	104	181	230	60.7	0.9	52	0.11	1927	K	1
105-	105	166	230	7.9	1.2	42	0.09	1925	K	1
106-	106	72	230	10.8	1.6	32	0.07	1927	K	1
107-	107	60	230	10.1	1.5	32	0.07	1927	K	1
108-	108	62	230	38.5	0.6	8	0.01	1938	K	1
109-	109	188	230	47.3	2.3	36	0.09	1938	K	1
110-	110	62	230	53.7	0.8	8	0.01	1929	K	0
111-	111	82	230	71.9	1.1	12	0.02	1929	K	0
112-	112	132	230	39.8	1.7	28	0.06	1934	K	1
113-	113	200	230	28.3	2.4	38	0.09	1934	K	1
114-	114	198	230	30.8	1.6	62	0.14	1964	S	2
115-	115	145	230	11.8	1.6	24	0.05	1935	K	1
116-	116	227	230	44.0	2.2	44	0.10	1953	S	0

IX

IDAP FILE NAME: MITAPL

1983/07/14 15:10:00

PAGE 3

CASE	PKT	L	D	I	A	PE	AVR	AAR	SYSTEM	MASSE
117-	117	116	230	69.6	1.3	54	0.12	1953	S	0
118-	118	280	230	7.9	2.0	60	0.12	1965	S	0