

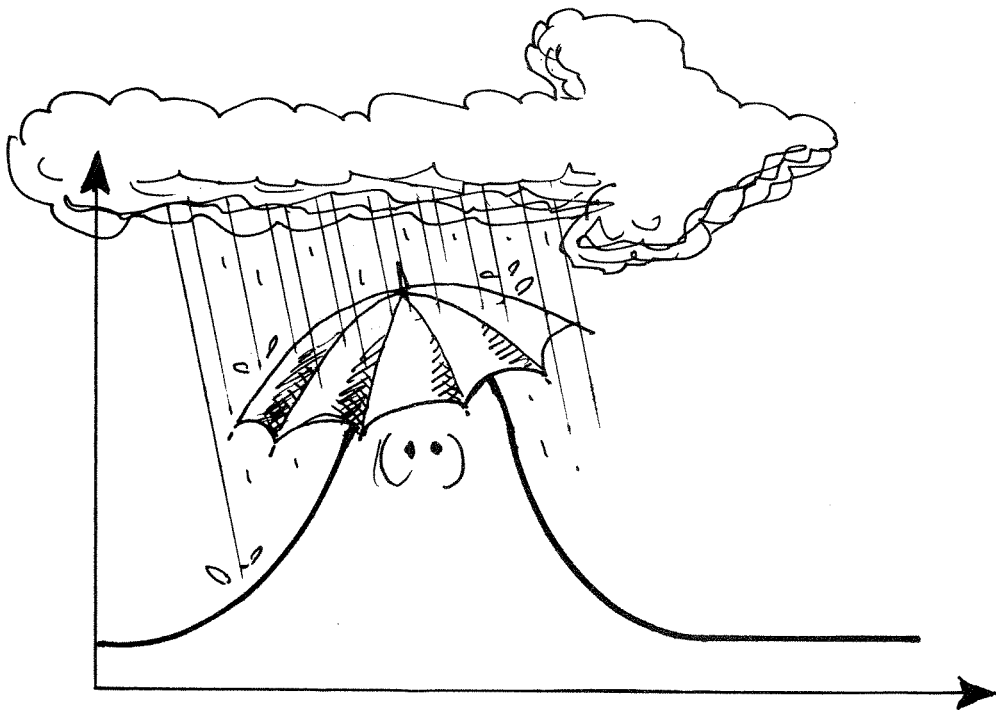
1875



# RAPPORT 8|86

0-86037

## Virkning av dynamisk regn på hydrogram



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

## Hovedkontor

Postboks 333  
0314 Oslo 3  
Telefon (02) 23 52 80

## Sørlandsavdelingen

Grooseveien 36  
4890 Grimstad  
Telefon (041) 43 033

## Østlandsavdelingen

Rute 866  
2312 Ottestad  
Telefon (065) 76 752

## Vestlandsavdelingen

Breiviken 2  
5035 Bergen - Sandviken  
Telefon (05) 25 97 00

Prosjektnr.:

0-86037

Undernummer:

Løpenummer:

1875

Begrenset distribusjon:

<b>Rapportens tittel:</b> VIRKNING AV DYNAMISK REGN PÅ HYDROGRAM	<b>Dato:</b> Juni 1986
	<b>Prosjektnummer:</b> 0-86037
<b>Forfatter (e):</b> Oddvar G. Lindholm	<b>Faggruppe:</b> VA-teknikk
	<b>Geografisk område:</b> Oslo
	<b>Antall sider (inkl. bilag):</b> 31

<b>Oppdragsgiver:</b> Norsk Hydrologisk Komité og NIVA	<b>Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):</b> Einar Berntsen
---	---

**Ekstrakt:**

Virkningen av regn som beveger seg med en gitt hastighet og retning er analysert m.h.t. utslag i hydrogram i to avløpsnett. Avløpsnettene er eksisterende fellessystem i Oslo med h.h.v. 2,3 km og 4,2 km utstrekning i Nord-Syd retningen. Tilsvarende virkning er også beregnet for en enkelt lang ledning på 5,5 km.

<b>4 emneord, norske:</b>
1. Regn
2. Dynamisk
3. Hydrogram
4. Overvannsavrenning

<b>4 emneord, engelske:</b>
1. Rainstorm
2. Dynamic
3. Hydrographs
4. Storm runoff

Prosjektleder:

*Oddvar Lindholm*

Oddvar Lindholm

For administrasjonen:

*Dick Wright*

Dick Wright

*Lasse Vråle*

Lasse Vråle

ISBN 82-577-1088-1

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING  
OSLO

O-86037

VIRKNING AV DYNAMISK REGN

PÅ HYDROGRAM

Oslo, juni 1986

Oddvar Lindholm

F O R O R D

*Prosjektet "Virkning av dynamisk regn på hydrogrammer" er en fortsettelse av det tidligere prosjektet "Arealfordeling av korttidsnedbør". Arealfordelingsprosjektet har vært utført innen rammen av Norsk Hydrologisk Komité (NHK) urbanhydrologiske forskningsprogram og er gjort i et samarbeid mellom NIVA og Det norske meteorologiske institutt.*

*Foreliggende prosjekt er dels finansiert av NHK og dels ved en egeninnsats fra NIVAs side.*

*Oslo vann og avløpsverk (OVA) har ydet verdifull bistand i prosjektet ved velvillighet og innsats fra sivilingeniørene Nils Saltveit og Tallak Moland.*

*OVA har stilt til rådighet både kartmateriale, ferdig innsamlede data og datakraft.*

*Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen har også ydet verdifull bistand i prosjektet.*

*Alle beregninger er foretatt med avløpsnettprogrammet "NIVANETT". Rapporten er maskinskrevet av Marianne Vrangum.*

Oslo, juni 1986



Oddvar Lindholm

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

	Side:
1. FORORD	2
2. SAMMENDRAG	4
3. INNLEDNING	6
4. BESKRIVELSE AV AVLØPSFELTENE OG ANDRE FORUTSETNINGER	8
5. RESULTATER	17
5.1 Beregninger fra avløpsfeltet Søren Jaabæks gate	17
5.2 Beregninger fra avløpsfeltet Lilleaker	24
5.3 Beregninger fra hypotetisk felt	26
6. DISKUSJON AV RESULTATENE	28
7. LITTERATUR	31

## 2. SAMMENDRAG

Virkingen på hydrogram av et regn som beveger seg med en gitt retning og hastighet, er beregnet for to avløpsfelt i Oslo og for en tenkt ledningstrekning på 5 520 m.

De regnbyger som er benyttet er dels et symmetrisk regnhyetogram konstruert ut fra 2-års frekvenskurven for Blindern i Oslo, og dels såkalte kasseregn tatt fra 2-års og ½-års frekvenskurven for Blindern. Alle beregningene er utført med avløpsnettprogrammet NIVANETT.

Beregningsresultatene viser at en regnbyge som beveger seg mot avløpsvannets strømretning gir mindre maksimale avløp ( $Q_{maks}$ ) enn tilsvarende for et stasjonært regn.

Når hastigheten nærmer seg null går også  $Q_{maks}$  drastisk ned. Dette skyldes at regnbygen da trenger svært lang tid for å transportere sitt regn inn over feltet, og hele avløpet trekkes dermed mye ut i tid.

I de tilfeller hvor regnbygen beveger seg med avløpsvannets strømretning vil man få en større  $Q_{maks}$  enn tilsvarende for et stasjonært regn (et "dynamisk" tillegg) dersom regnets hastighet er større enn ca. ½-delen av avløpsvannets hastighet (m.a.o. større enn 1 - 1,5 m/s).

Bliir hastigheten til regnet mindre enn dette vil den lange "påførings-tiden" for regnet medføre mindre  $Q_{maks}$  enn tilsvarende for et stasjonært regn.

Konklusjoner fra foreliggende prosjekter er blant annet:

- Størst dynamisk tillegg kan ventes når regnets hastighet og retning omtrent tilsvarer avløpsvannets hastighet og retning.
- Størst dynamisk tillegg kan ventes når regnets varighet ligger i området 1/3 - 1/5 av konsentrasjonstiden for avløpsfeltet. (Når man velger "kasseregn" fra intensitets-varighets-frekvens kurven).

- Lengre avløpsfelt gir større dynamiske tillegg enn korte avløpsfelt.
- De dynamiske tilleggene for ekstremt langstrakte avløpsfelt med rask tilrenning og svært korte regn, kan nå opp i over 100 % av  $Q_{maks}$  for stasjonære regn.
- De dynamiske tilleggene for "virkelige" kommunale avløpsnett vil sjelden bli høyere enn 25 % for korte regnbyger, mens de mer dimensjonsgivende regnskyll gir helt ubetydelige dynamiske tillegg sett i forhold til usikkerheten i inputdataene forøvrig.
- Virkningen av at et regn beveger seg med en viss hastighet og retning vil særlig være vesentlig å ta hensyn til i de tilfeller der man kalibrerer en avløpsmodells inngangsparametere. Dette skjer ved å sammenligne målt avløp fra det aktuelle feltet med beregningsresultater fra avløpsmodellen. Det er da en stor fordel å kjenne dynamikken til det regnet som forårsaket avløpet og som dermed inngår som inputdata i avløpsmodellen.

### 3. INNLEDNING

I prosjektet "Arealfordeling av korttidsnedbør" (2), så man blant annet på større regnbygers hastighet og retning i Oslo. Det viste seg at et overveiende antall av de største regnene over Oslo i 1983 beveget seg i retningen nord - nord-vest eller syd - syd-øst. Sannsynligheten for at et større regnskyll har en gitt fremherskende retning viste seg dermed å være svært stor.

Prosjektet viste også at median-hastigheten for regnbygene lå i samme område som den hastigheten avløpsvannet normalt har i avløpsledningsnettene.

Disse kjensgjerningene tilsa at mulighetene for å forutsi og beregne betydningsfulle påvirkninger på avrenningsflommene er tilstede.

Forbedringer i avløpsnettprogrammet "NIVANETT", (3) har dessuten nå gjort det mulig å analysere flomavløpet i et avløpsnett som følge av et regn som beveger seg med en gitt hastighet.

Det er mulig å skaffe seg informasjon om regns fremherskende retning og hastighet ved å kontakte det norske meteorologiske institutt (DNMI) eller nærmeste flyplass.

Niemczynowicz (4) har vist at vindens hastighet og retning på 700 mb stemmer godt overens med regnbygenes hastighet og retning. Fordi flyplasser og meteorologer måler vindens retning og hastighet nettopp på 700 mb burde det finnes godt om data.

En regnbyge som beveger seg motstrøms eller medstrøms langs et avløpsnett forårsaker forandringer i hydrogrammene og maksimalavløpene på følgende måte:

- a) Regnbygen beveger medstrøms nedover langs et avløpsnett:

Regnet følger da flomtoppen nedover i ledningsnettet. Delfeltene gir bidragene sine nettopp når flomtoppen kommer.



Man kan også si det slik at flomavløpet i et gitt punkt konsentreres i tid og maksimalavløpet blir større.

- b) Regnbygen beveger seg oppover langs et avløpsnett, motstrøms vannets strømretning:

Flomavløpet begynner da straks i det regnet starter sin ferd i nederste punktet, og avløpet fortsetter helt til regnets siste dråpe er falt i øverste punkt i nettet samt har strømmet hele veien tilbake til de nederste punktet i nettet.

Den samme regnmengden som falt i pkt. a bruker derfor betydelig lengre tid på sin avrenning i dette tilfellet. Maksimalavrenningsintensiteten blir dermed også mindre.

Niemczynowicz (4) har vist at den maksimale mulige feilen i maksimalavrenningen, som følge av et dynamisk regn, kan bli flere hundre prosent i forhold til maksimalavrenningen fra et stasjonært regn. Dette var resultater fra et teoretisk nett som besto av et eneste flere km langt avløpsrør. Det vil si en svært ugunstig teoretisk situasjon som aldri oppstår i praksis.

Niemczynowicz beregnet også maksimal mulig feil ved dynamisk regn over Lunds avløpsnett i Sverige. Det maksimale avviket mellom ugunstigste regnbygeretning og gunstigste regnbygeretning ble dramatisk mye mindre enn for det teoretiske ledningsnettet. For hele Lund lå dette avviket i området 15 %, mens man for mindre deler av avløpsnettet nådde opp i ca. 90 %.

Man mente det var behov for analyser i typiske norske avløpsnett for å få egne erfaringer med betydningen av dynamisk regn. Dette skyldes primært:

- At Lunds avløpsnett har ganske lite fall i forhold til norske avløpsnett,
- at Lunds avløpsnett er ganske "rundt" i forhold til mange norske avløpsnett som gjerne er betydelig mer avlangt.

#### 4. BESKRIVELSE AV AVLØPSFELTENE OG ANDRE FORUTSETNINGER

Virkningen av dynamisk regn er beregnet for tre avløpsfelter.

##### Søren Jaabæks gate

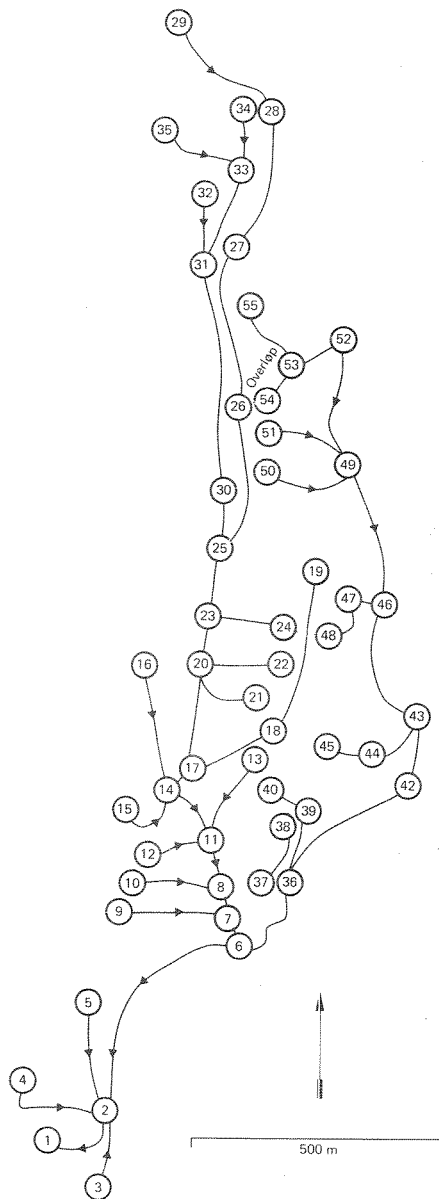
Det første feltet benevnes "Søren Jaabæks gate", idet utløpet for avløpsfeltet ligger i Søren Jaabæks gate i Oslo. Oslo vann- og avløpsverk har registrert feltet som VToM-4. Brutto tilløpsareal til avløpsnettets er 57,6 ha, antall personekvivalenter er 12 068 og midlere tørrværsvannføring over året er ca. 28 l/s. Avløpsnettets er et fellessystem med en lengdemessig utstrekning i luftlinje på ca. 2,3 km i nord-syd retningen.

Data for avløpsfeltet er vist i tabell 4.1, mens figur 4.1 viser utformingen av avløpsnettets. Som man ser av tabell 4.1 ligger midlere fall på rørene i området omkring 30 ‰, mens vannets hastighet under regnflommer ligger i området 2 - 3 m/s i hovedstammen i avløpsnettets. Kolonnen for min. hastighet viser vannets hastighet for spillvannet alene. Kolonnen for  $Q_{maks}/Q_{full}$  representerer resultater fra et ½-års regn på 115 l/s ha i 5 minutter.

Alle overløp i avløpsfeltet er forutsatt stengt i beregningen. For 2-års regnene resulterte dette i moderate oppstuvninger for 3 - 4 av rørstrekningene i Søren Jaabæks gate.

Tabell 4.1. Data for avløpsnett i Søren Jaabæks gate.

RØR IDENT	PROMILLE STIGN. RØR	DIAM MM		RØRKAP- KASITET (L/S)	SPILL- VANN (L/S)	QMAX ----- QFULL	LENGDE I M	MAKS. HAST- IGHET (M/S)	MIN. HAST- IGHET (M/S)
		* GITT							
2	41.8	530	*	943.	27.9	.39	110.00	4.18	1.93
3	21.7	230	*	74.	.2	.00	115.00	.37	.37
4	31.7	280	*	152.	.3	.03	315.00	1.05	.47
5	46.9	230	*	112.	.5	.00	245.00	.68	.68
6	10.3	670	*	819.	26.8	.45	535.00	2.34	1.09
7	21.8	530	*	664.	16.3	.50	49.00	3.08	1.27
8	119.5	805	*	4990.	16.3	.07	37.00	6.18	2.18
9	20.0	300	*	142.	1.3	.11	250.00	1.44	.61
10	25.0	285	*	140.	1.0	.12	220.00	1.61	.62
11	30.4	600	*	1101.	14.0	.27	115.00	3.49	1.35
12	20.7	230	*	72.	1.1	.27	145.00	1.55	.63
13	37.8	230	*	99.	.8	.17	185.00	1.93	.70
14	27.3	600	*	1037.	12.0	.24	165.00	3.22	1.22
15	2.9	390	*	100.	.3	.09	170.00	.58	.18
16	49.0	300	*	230.	.3	.08	245.00	2.17	.50
17	10.0	600	*	603.	10.6	.35	50.00	2.03	.81
18	43.4	300	*	215.	3.3	.22	180.00	2.62	1.11
19	24.0	230	*	78.	2.2	.38	360.00	1.82	.83
20	56.3	450	*	720.	7.3	.24	160.00	3.94	1.44
21	21.7	230	*	74.	.3	.20	115.00	1.49	.41
22	11.4	300	*	105.	1.3	.21	180.00	1.27	.50
23	30.0	450	*	513.	5.1	.21	150.00	2.72	1.02
24	2.8	300	*	49.	.0	.25	180.00	.61	.00
25	13.3	380	*	212.	4.1	.32	150.00	1.74	.73
26	11.8	230	*	53.	.9	.40	425.00	1.25	.48
27	25.8	270	*	123.	.5	.10	330.00	1.53	.52
28	50.8	300	*	235.	.4	.03	295.00	1.57	.61
29	31.3	230	*	90.	.2	.05	335.00	1.22	.43
30	18.2	300	*	135.	1.1	.30	110.00	1.74	.57
31	27.0	230	*	83.	.9	.42	445.00	1.98	.65
32	33.5	230	*	93.	.1	.06	180.00	1.39	.36
33	31.7	230	*	90.	.4	.18	205.00	1.77	.56
34	64.0	230	*	132.	.2	.04	125.00	1.62	.59
35	13.7	300	*	116.	.1	.06	255.00	1.02	.24
36	13.0	430	*	290.	10.1	.22	210.00	1.72	.96
37	33.3	300	*	187.	.6	.06	3.00	1.63	.57
38	61.2	240	*	144.	.6	.08	130.00	2.10	.75
39	75.2	230	*	144.	1.5	.01	155.00	1.12	1.12
40	25.0	230	*	79.	1.3	.02	80.00	.71	.71
41	60.8	230	*	128.	.2	.00	170.00	.57	.57
42	10.5	380	*	186.	8.0	.33	320.00	1.54	.87
43	11.2	380	*	193.	8.0	.32	115.00	1.58	.88
44	19.4	230	*	69.	1.8	.28	145.00	1.51	.71
45	11.0	230	*	51.	1.7	.23	105.00	1.06	.57
46	5.5	400	*	150.	6.3	.28	260.00	1.08	.62
47	16.7	230	*	64.	1.0	.13	18.00	1.17	.56
48	46.2	265	*	161.	1.0	.05	130.00	1.71	.80
49	4.3	350	*	93.	5.1	.37	260.00	.93	.57
50	18.1	300	*	134.	3.2	.15	180.00	1.49	.79
51	17.2	230	*	65.	.1	.04	170.00	.77	.31
52	6.3	300	*	76.	.2	.10	285.00	.76	.23
53	13.0	240	*	62.	.2	.09	120.00	.95	.32
54	51.6	300	*	237.	.1	.00	155.00	.18	.18
55	89.7	230	*	158.	.1	.03	145.00	1.82	.25



Figur 4.1. Avløpsnettet i Søren Jaabæks gate.

### Lilleaker-feltet

Figur 4.2 viser utformingen av avløpsnettets i avløpsfeltet Lilleaker i Oslo. Oslo Vann og Avløpsverk betegner feltet som V-Mol-1.

Tabell 4.2 viser noen data fra rørrnettets. Brutto tilløpsareal er 241,7 ha, antall personekvivalenter er 10 045 og midlere tørrværsvannføring er ca. 31 l/s.

Midlere fall for rørene ligger svært spredt i området 8 til 70 ‰, mens vannets hastighet i de mest betydningsfulle rørene i hovedstammen til Lilleaker-feltet ligger i området 2 - 3 m/s.

Feltets utstrekning i luftlinje er ca. 4,5 km i nord-syd retningen, og det er kloakkert etter fellessystemet.

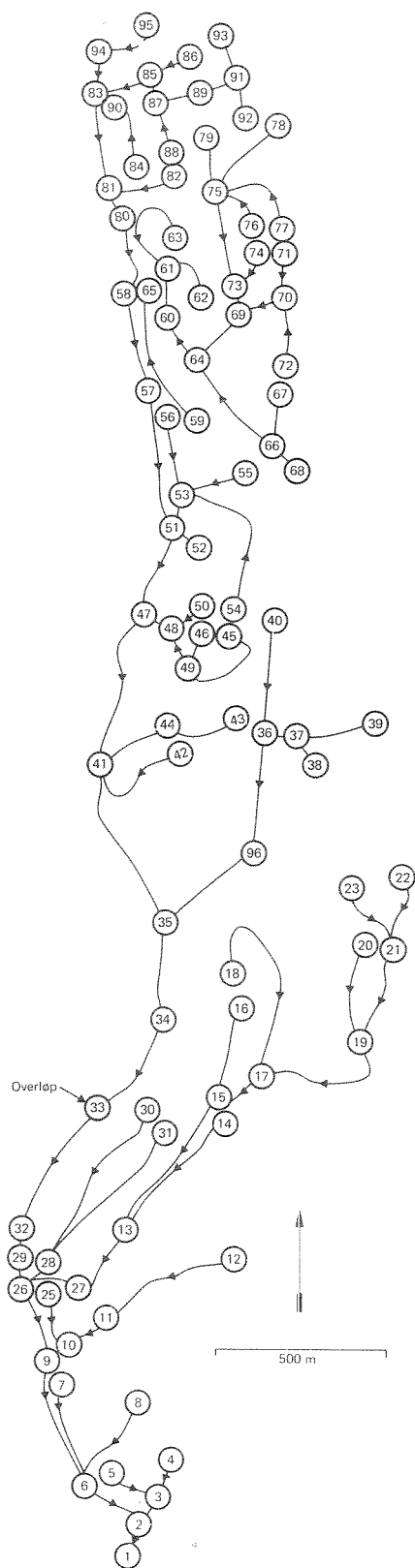
Alle overløp i avløpsfeltet er forutsatt stengt under beregningene.

Tabell 4.2. Data for avløpsfeltet Lilleaker.

RØR IDENT	PROFILLE STIGN. RØR	DIA (MM)  * GITT	RØRKAP- KASITET (L/S)	SPILL- VANN (L/S)	MAKS. HAST- IGHET (M/S)	MIN. HAST- IGHET (M/S)	LENDE I M
2	4.4	600 *	387.	31.4	2.71	.91	50.00
3	63.4	230 *	131.	1.0	2.56	.97	145.00
4	36.8	264 *	141.	.5	1.68	.58	275.00
5	48.5	300 *	229.	.5	1.67	.65	150.00
6	31.9	600 *	1129.	30.4	4.30	1.74	220.00
7	40.3	230 *	103.	.5	1.99	.63	330.00
8	64.3	290 *	244.	.3	2.33	.47	290.00
9	28.0	637 *	1232.	29.5	4.06	1.62	360.00
10	91.7	230 *	160.	.4	3.37	.76	65.00
11	61.9	600 *	1615.	.4	2.27	.14	155.00
12	28.7	230 *	86.	.2	1.85	.44	470.00
13	13.2	535 *	519.	2.1	2.26	.56	200.00
14	48.7	300 *	229.	.3	2.15	.53	515.00
15	56.4	340 *	345.	1.7	3.00	.99	445.00
16	36.0	367 *	331.	.2	1.65	.26	340.00
17	55.5	230 *	122.	1.1	3.18	.90	250.00
18	44.5	230 *	109.	.2	2.15	.50	330.00
19	89.7	230 *	159.	.8	4.04	1.00	440.00
20	70.2	230 *	139.	.2	2.83	.59	300.00
21	68.0	230 *	137.	.3	3.06	.67	300.00
22	75.4	287 *	258.	.0	2.02	.90	160.00
23	50.0	287 *	207.	.1	1.71	.11	245.00
24	91.3	380 *	599.	.1	2.86	.99	620.00
25	25.9	519 *	689.	.0	1.01	.90	310.00
26	69.9	664 *	2251.	28.9	5.95	2.26	200.00
27	60.8	230 *	128.	2.1	5.09	1.15	150.00
28	97.6	300 *	334.	1.6	3.68	1.21	50.00
29	5.7	600 *	445.	25.1	1.58	.95	100.00
30	41.5	300 *	210.	1.2	2.23	.80	740.00
31	35.6	258 *	130.	.4	2.02	.53	740.00
32	5.7	600 *	444.	25.1	1.59	.95	60.00
33	8.2	600 *	542.	25.1	2.13	1.05	420.00
34	1.7	600 *	232.	25.1	1.59	.59	335.00
35	82.8	490 *	1109.	25.0	5.73	2.42	290.00
36	42.0	410 *	481.	1.2	2.60	.74	350.00
37	89.8	230 *	159.	.7	2.80	.92	80.00
38	61.3	230 *	129.	.1	1.80	.35	170.00
39	63.7	230 *	132.	.5	2.11	.76	250.00
40	46.2	307 *	237.	.4	2.23	.60	350.00
41	16.5	530 *	572.	12.9	2.78	1.06	550.00
42	48.4	230 *	114.	.2	1.80	.48	390.00
43	77.8	230 *	147.	.3	2.27	.66	240.00
44	76.2	230 *	145.	.6	3.04	.85	230.00
45	57.1	230 *	124.	.2	2.21	.56	315.00
46	52.6	230 *	119.	.1	1.61	.33	190.00
47	8.3	530 *	395.	12.0	1.99	.81	480.00
48	172.2	300 *	453.	1.1	4.58	1.31	90.00
49	79.4	230 *	148.	.5	2.88	.83	170.00
50	47.8	230 *	113.	.6	2.23	.71	460.00
51	20.4	530 *	639.	10.9	2.92	1.09	270.00
52	108.9	230 *	176.	.1	2.29	.19	190.00
53	157.1	300 *	431.	.8	4.32	1.16	100.00
54	50.1	262 *	163.	.4	2.26	.60	515.00
55	40.0	230 *	103.	.3	1.93	.50	300.00

Tabell 4.2. forts. Data for Lilleaker feltet.

RØR IDENT	PROMILLE STIGN. RØR	DIAM. (M) * GITT	RØRKAP- KASITET (L/S)	SPILL- VANN (L/S)	MAKS. HAST- IGHET (M/S)	MIN. HAST- IGHET (M/S)	LENGDE I M
56	51.5	230 *	90.	.2	1.39	.41	260.00
57	34.5	530 *	847.	10.0	3.66	1.29	405.00
58	3.4	530 *	244.	10.0	1.14	.57	290.00
59	54.2	230 *	94.	.3	1.84	.48	420.00
60	16.1	450 *	366.	4.6	2.26	.79	125.00
61	69.7	230 *	138.	.7	2.75	.87	140.00
62	46.8	230 *	112.	.2	1.74	.43	250.00
63	28.1	230 *	85.	.5	1.60	.55	320.00
64	43.9	450 *	629.	3.8	3.26	1.07	150.00
65	23.3	230 *	77.	4.9	3.91	1.15	15.00
66	37.8	540 *	938.	.8	1.82	.40	340.00
67	39.7	230 *	102.	.2	1.50	.46	200.00
68	7.1	450 *	235.	.1	.55	.09	100.00
69	10.0	805 *	1307.	3.0	1.62	.51	190.00
70	80.6	230 *	150.	.5	2.78	.82	140.00
71	23.5	230 *	77.	.1	1.23	.34	150.00
72	42.3	230 *	106.	.2	1.80	.50	180.00
73	20.2	615 *	941.	1.7	1.93	.60	60.00
74	32.9	259 *	126.	.1	1.37	.32	215.00
75	11.1	571 *	615.	1.5	1.66	.46	300.00
76	17.0	380 *	242.	.2	.95	.16	220.00
77	42.9	344 *	307.	.3	1.86	.35	250.00
78	41.9	323 *	257.	.3	1.53	.47	285.00
79	24.2	380 *	293.	.4	1.04	.38	150.00
80	21.2	380 *	272.	5.1	2.24	.93	260.00
81	28.6	380 *	320.	5.1	2.52	1.06	90.00
82	56.5	230 *	123.	.1	2.00	.30	275.00
83	17.8	380 *	248.	5.0	2.01	.87	250.00
84	14.6	230 *	59.	.4	1.16	.39	270.00
85	15.2	230 *	61.	1.1	1.61	.56	190.00
86	53.7	252 *	119.	.0	1.51	.11	190.00
87	21.5	300 *	147.	1.0	1.89	.59	80.00
88	36.1	230 *	97.	.2	1.62	.44	180.00
89	10.6	300 *	101.	.8	1.29	.42	120.00
90	39.0	230 *	101.	.4	1.23	.52	30.00
91	43.1	230 *	107.	.6	2.24	.68	120.00
92	18.2	230 *	67.	.2	1.06	.36	140.00
93	26.5	230 *	82.	.2	1.40	.39	130.00
94	29.4	300 *	174.	2.8	1.17	.91	140.00
95	8.0	300 *	86.	2.3	.57	.52	300.00
96	100.0	300 *	338.	6.5	3.81	1.82	330.00



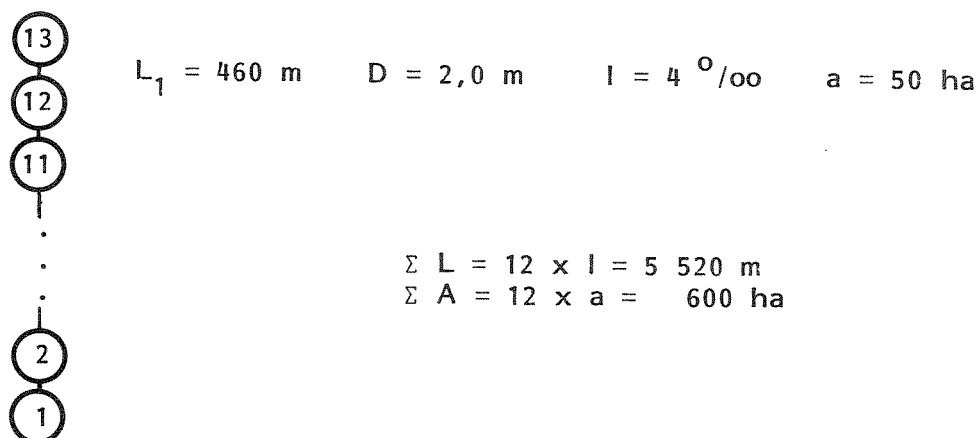
Figur 4.2. Avløpsnett i Lilleaker feltet.



### Hypotetisk felt

Figur 4.3 viser utformingen av det hypotetiske avløpsfeltet.

Dette feltet er lik det feltet Niemczynowicz (4) valgte i sitt dr.grads arbeid.



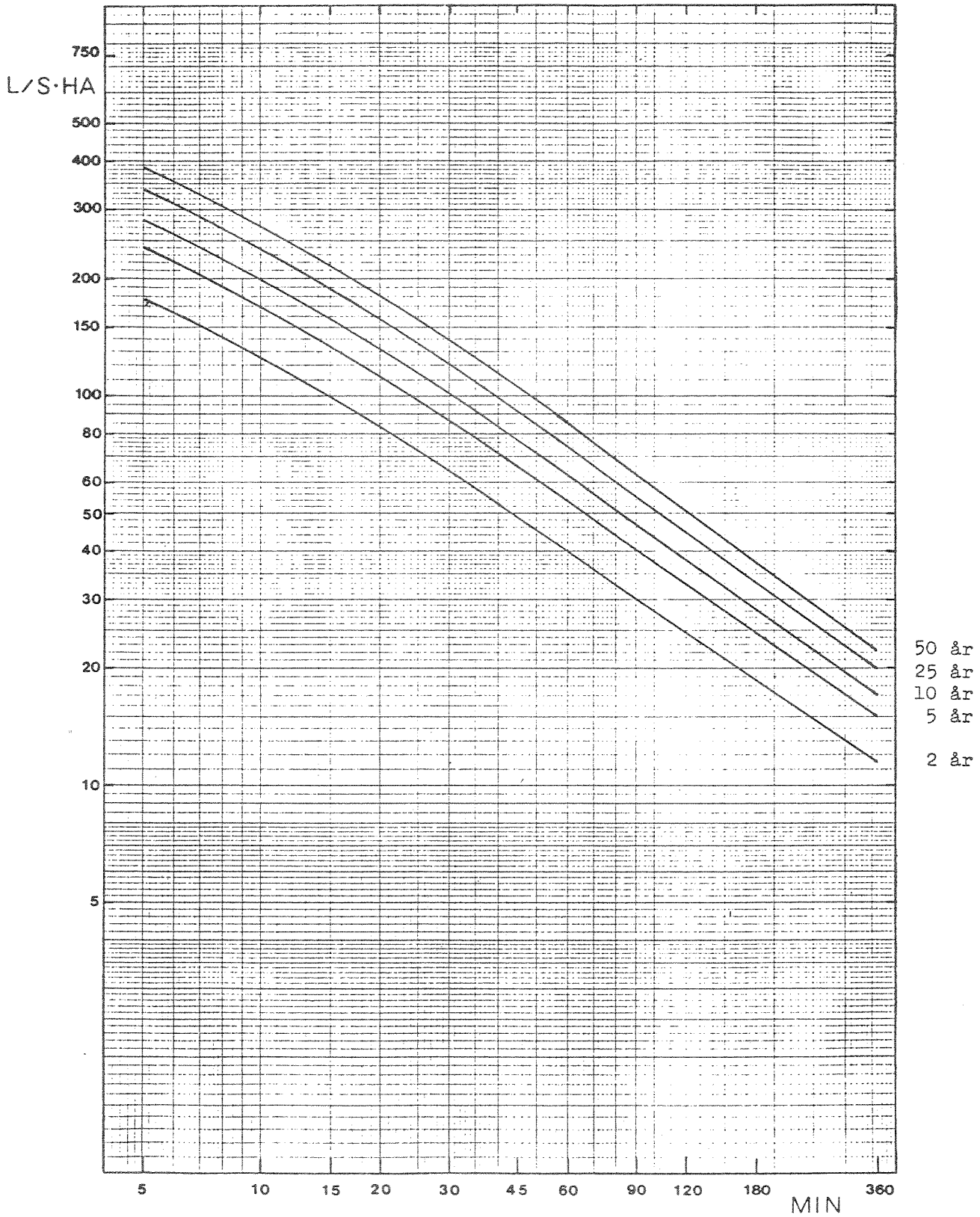
Figur 4.3. Hypotetisk avløpsfelt.

Ledningsnettets er kun en lang ledning bestående av 12 delstrekninger. Hvert av de 12 rørene tilføres avrenningsvann fra et delfelt på 50 ha med en avrenningskoeffisient på 0,3. Det er brukt en tilrenningstid på 10 minutter for hvert delfelt.

Resultatene fra Niemczynowicz (4) og denne rapportens resultater kan ikke sammenlignes direkte da Niemczynowicz har beregnet sitt avløpsfelt med SWMM-modellens hydrologiske overflatedel, mens denne rapporten har resultater beregnet med NIVANETT's tid-areal metode.

Ved beregninger av virkningen av et bevegelig regn benyttes NIVANETT's datarutine "DYNR". Inngangdataene her er tidsforsinkelsen for start av regnet i hele minutter for hvert knutepunkt. Fordi man må gi tidsforsinkelsen i hele minutter, oppstår det en viss unøyaktighet i forbindelse med avrundingen.

Intensitets-Varighet-Frekvenskurven (I-V-F) for Blindern er vist i figur 4.4.



Nedbærintensitet - varighet - frekvenskurver basert på årene 1941 - 1983.  
Intensity - duration - frequency curves based on the years 1941 - 1983.

Figur 4.4 I-V-F kurve for Blindern i Oslo.

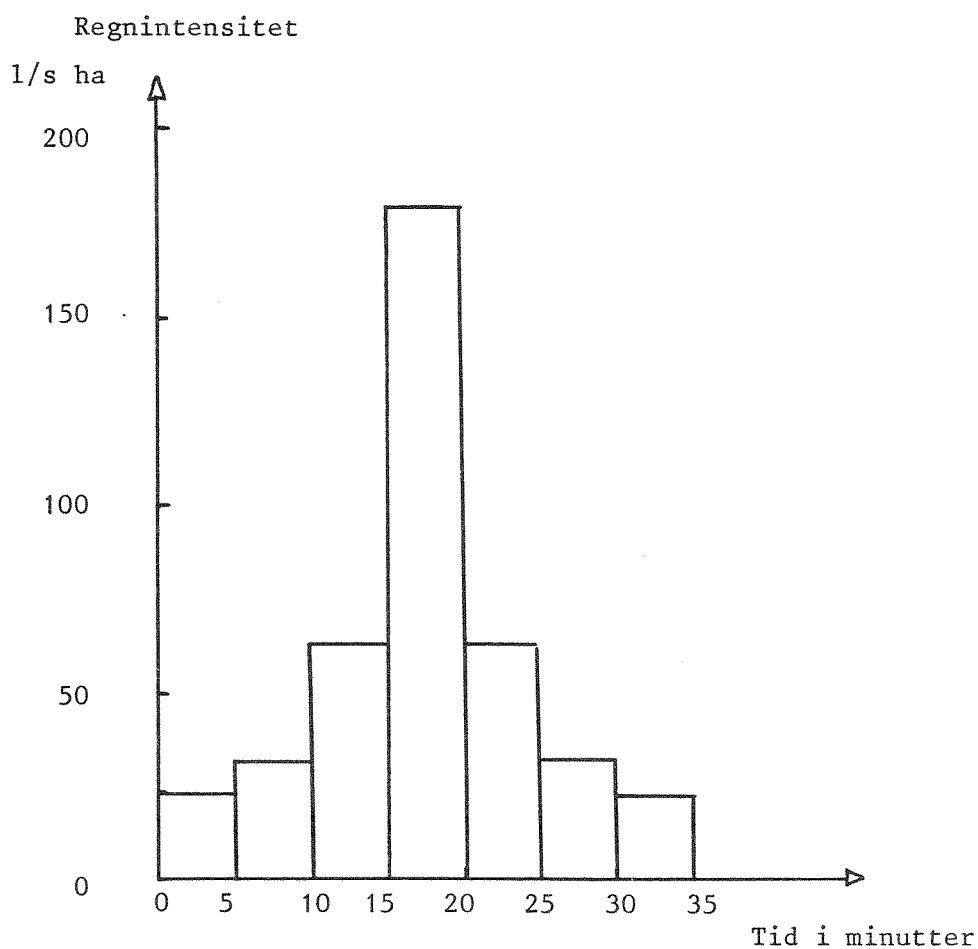
## 5. RESULTATER

I det følgende presenteres resultatene av beregningene med NIVANETT fra de to avløpsfeltene i Oslo, samt fra det hypotetiske avløpsfeltet.

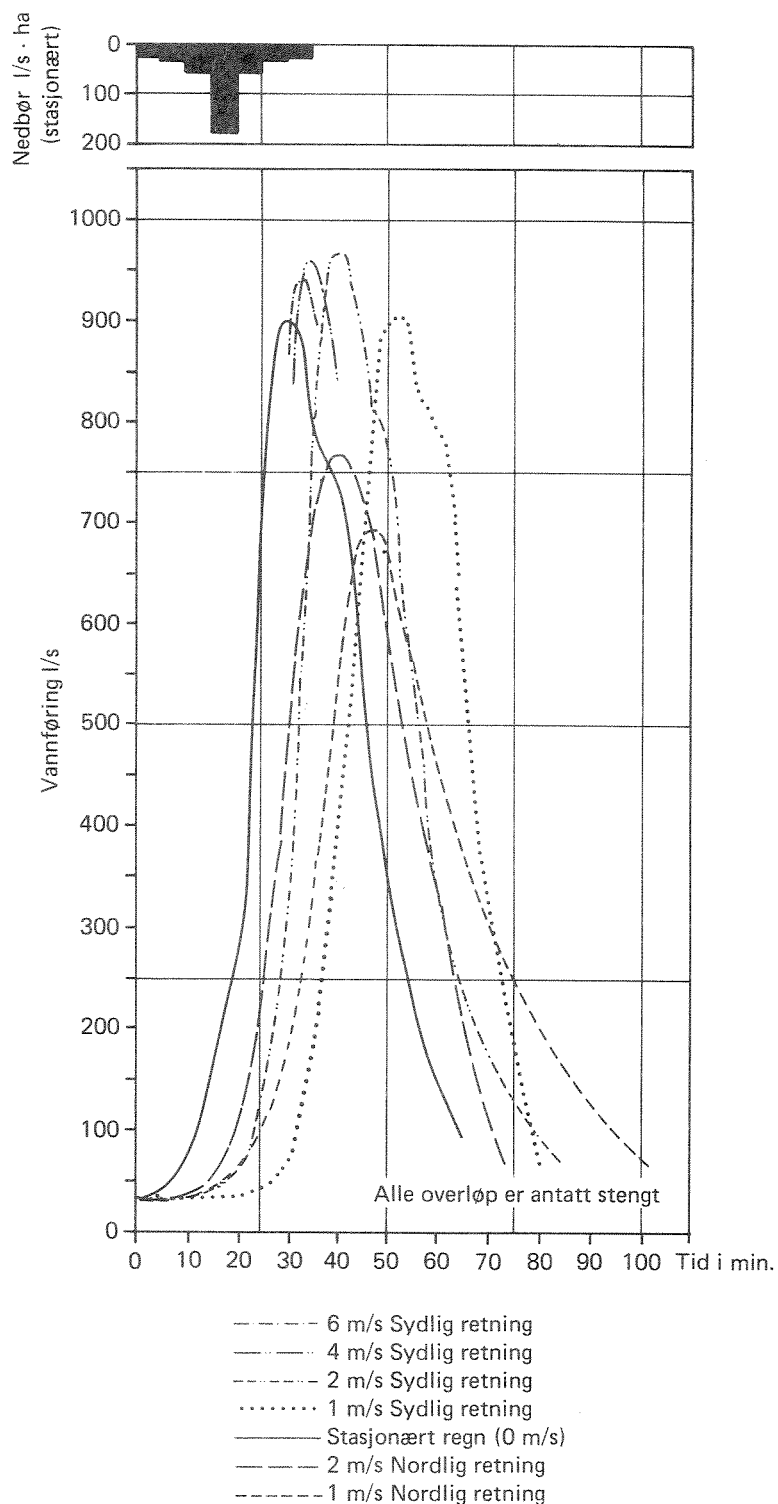
### 5.1 Beregninger fra avløpsfeltet Søren Jaabæks gate

Figur 5.2 viser beregnede hydrogram i utløpet av avløpsnett i feltet Søren Jaabæks gate.

Regnbygen som er benyttet er et hyetogram tilsvarende 2-års regnet, og er beregnet etter intensitets-varighet-frekvens (I-V-F) kurven for Blindern i Oslo. Se figur 5.1.



Figur 5.1. Regnhyetogram for 2-års regnet (Blindern).



Figur 5.2. Utløpshydrogram fra Oslo-feltet Søren Jaabæk (VToM-4) ved varierende regnhastigheter for 2-års regnet.

Man ser av figur 5.2 at reduksjonen i maksimalavløpet ( $Q_{maks}$ ) for et regn med hastighet lik 1 m/s nordover er større enn økningen i  $Q_{maks}$  for et regn med hastighet 1 m/s sydover sett i forhold til  $Q_{maks}$  for et stasjonært regn.

Man merker seg også at tidspunktet for kulminasjonen av vannføringen endrer seg med hastigheten til regnbygen.

Beregningene viste også at 3 - 4 strekninger i en kort periode fikk vannføringer som overskred rørkapasiteten noe, men ikke mer enn at resultatene kan ansees realistiske.

For å kunne vurdere samspillet mellom reduksjoner/økninger i  $Q_{maks}$  og regnets hastighet er forholdet mellom den relative økningen i  $Q_{maks}$  og regnets hastighet fremstilt i diagram i figur 5.3.

Som for figur 5.2 er det benyttet et 2-års regn for Blindern omgjort til et regnhyetogram.

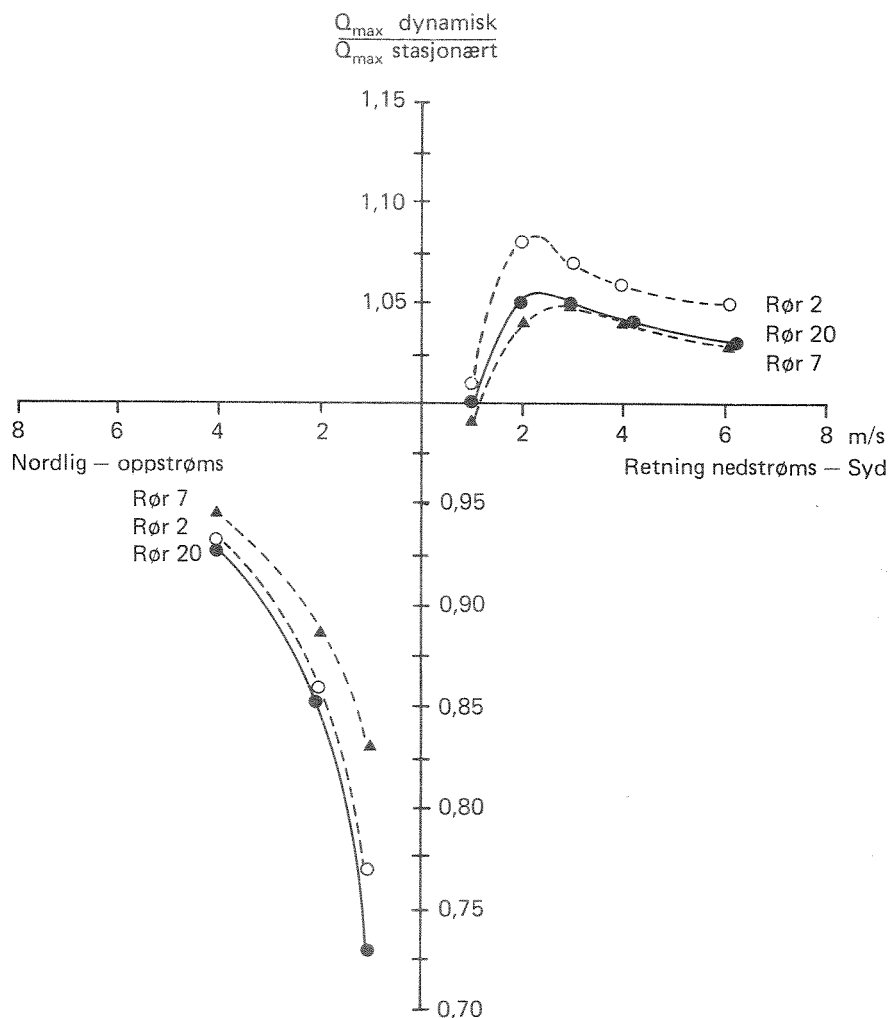
Man ser av figuren at faktoren langs vertikalaksen har benevnningen  $Q_{dyn.maks}/Q_{stasj.maks}$ . Dette betyr for eksempel at om et hydrogram for et dynamisk regn kulminerer på 110 l/s, mens hvis det samme regnet liggende stille over feltet gir en kulminasjon på 100 l/s, gir dette en faktor på 110/100 som er 1,1.

Med andre ord gir vertikalaksen den relative økningen i forhold til det et stasjonært regn gir.

I figuren er faktorene for 3 rør gitt. Rør 2 representerer utløpet fra feltet, mens rør 20 og rør 7 ligger et stykke oppe i feltet.

Det går frem av figur 5.3 at maksimal avrenning fra feltet fås ved en regnhastighet på ca. 2,5 m/s sydover, eller nedstrøms feltet. Dette er også omtrent den midlere hastigheten vannet har i rørene.

Faktoren  $Q_{dyn.maks}/Q_{stasj.maks}$  er da ca. 1,08. Det vil si at et dynamisk regn maksimalt kan gi 8 % større vannføring enn det et tilsvarende regn gir når dette ligger stille over feltet og gir sitt regn i alle punkter samtidig.



Figur 5.3. Relative økninger/reduksjoner i  $Q_{maks}$  som følge av dynamisk regn. Søren Jaabæks gate - 2-års regnhyetogram.

Rør 20 og rør 7 kan maksimalt få et 5 % tillegg dersom 2-års-regnet beveger seg med 2,5 m/s sydløst. Ved økende hastigheter nedstrøms nærmer faktoren seg til verdien 1,0. Dette er logisk fordi en svært rask forflytning over feltet jo nesten vil fortone seg som regnet ligger over alle punkter i feltet i samme tidspunkt. M.a.o. samme virkning som når regnet ligger stille over hele feltet allerede i det regnet starter. Man ser at faktoren synker raskt under 1,0 og mot 0 når regnets hastighet nedstrøms nærmer seg 0 m/s.

Dette er også logisk sett riktig da en svært liten forskyvningshastighet av regnfronten inn over feltet betyr at en gitt regnmengde fordeles over en svært lang tid. Dette må da gi en lav avrenningsintensitet. Noe av bakgrunnen for forståelsen av det fysiske i disse

fenomene er beskrevet i kapittel 6, hvor det blant annet presiseres at regnets virkelige varighet ikke er den samme regnvarighet som observeres i et punkt på bakkenivået.

Figur 5.3 viser at de samme konklusjonene som er nevnt ovenfor også gjelder for regnhastigheter nordover eller motstrøms:

- Ved store regnhastigheter nærmer faktoren,  $Q_{\text{dyn maks}}/Q_{\text{stasj.maks}}$  seg mot 1,0.
- Ved svært små regnhastigheter nærmer faktoren seg til 0.

Forklaringene på disse to konklusjonene er som beskrevet for regnhastigheter nedstrøms.

Forskjellen ligger imidlertid i at kulminasjonene i avrenningene alltid blir mindre enn for et stasjonært regn, og at man ikke har et maksimum på kurven som man har det for regn med hastighet nedstrøms.

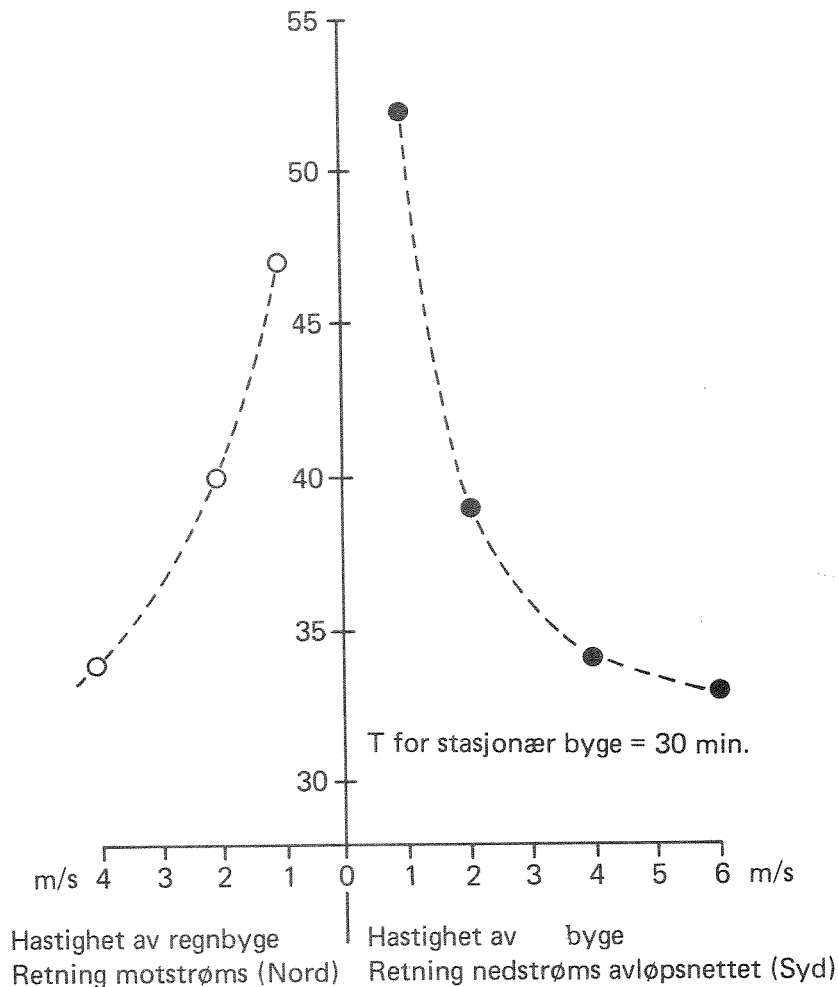
Figur 5.4 viser sammenhengen mellom kulminasjonens tidspunkt i avrenningshydrogrammet, plottet mot regnbygens hastighet.

Hydrogrammet for en stasjonær regnbyge (2-års regnhyetogram) har en kulminasjon eller maksimal avrenning,  $Q_{\text{maks}}$ , etter 30 minutter fra regnets start.

Både for regnhastigheter nedstrøms og oppstrøms øker tiden for å nå  $Q_{\text{maks}}$  i hydrogrammet når regnbygens hastighet nærmer seg null.

Dette forklares ved at lave regnhastigheter medfører lengre tider for tilføring av regnvannet over feltet, enn når regnet ligger klart allerede over feltet i alle punkter samtidig. Ved økende regnhastigheter nærmer tiden for kulminasjonen seg til det den stasjonære regnbygen har; nemlig 30 minutter.

Tid for maksimalavrenning ( $Q_{max}$ )  
i minutter etter regnets start



Figur 5.4. Tidspunkt for maksimalavrenning ( $Q_{maks}$ ) fra Søren Jaabæks gate ved varierende hastighet for regnbyge. Regnskyll er to-års regnet fra Blindern som hyetogram.

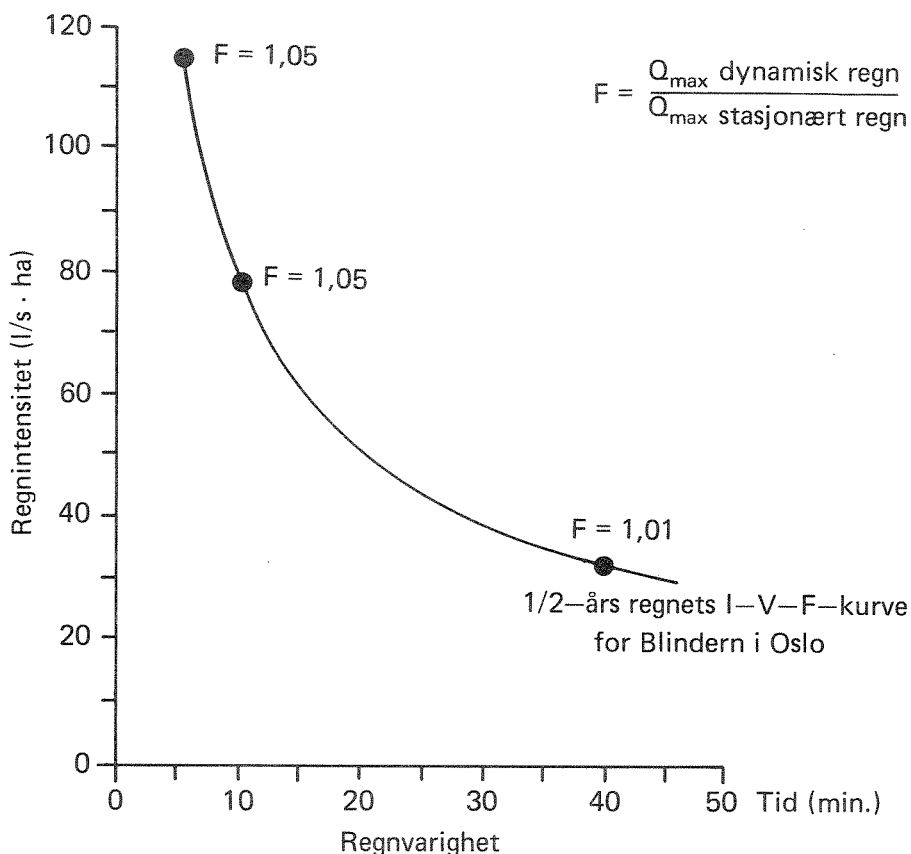
Figur 5.5 viser faktoren  $Q_{dyn maks} / Q_{stasj. maks}$  når man bruker kasseregnet fra I-V-F kurven.

Kurven som er vist er intensitet-regnvarighetfrekvenskurven for 2-års regnet på Blindern. Sirklene med kryss i viser med hvilke kasseregnet man har beregnet virkningen av et dynamisk regn for avløpsfeltet Søren Jaabæks gate.

Man ser av figuren at regn med kort regnvarighet gir høyest økning i  $Q_{max}$ . For 5 minutters og 10 minutters regnet på I-V-F kurven ser vi at det "dynamiske" tillegget er 5 % for et regn med 6 m/s sydoover, i forhold til et stasjonært regns  $Q_{maks}$ .



For regn med en lengde som nærmer seg eller overstiger konsentrasjonstiden for feltet, blir den dynamiske økningen svært liten.



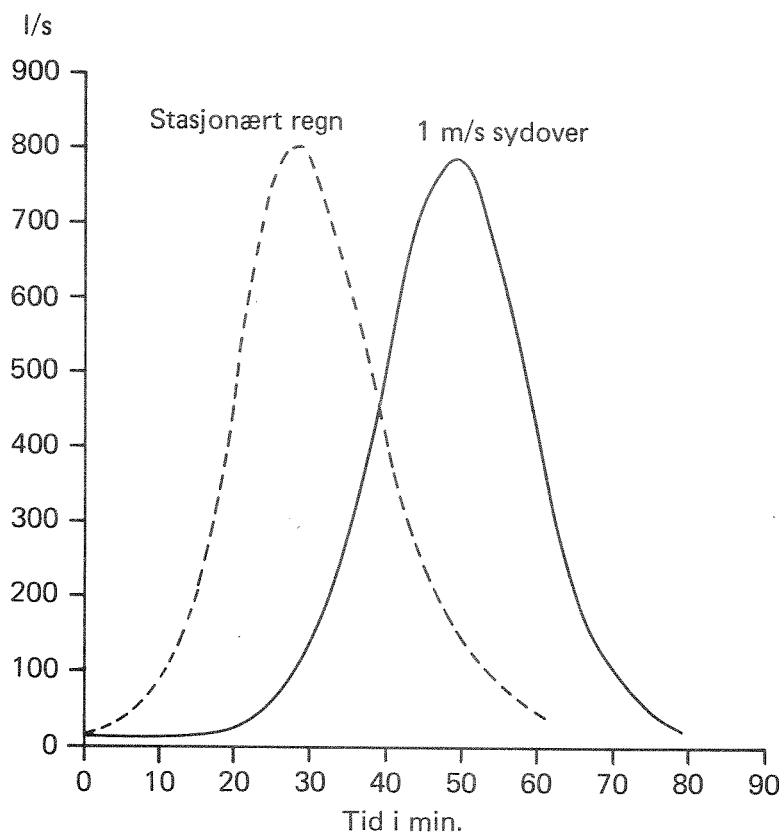
Figur 5.5. Utslag i maksimalvannføringen som følge av ulike kasse-regn med følgende forutsetninger:

Avløpsfelt: Søren Jaabæks gate

Hastighet for dynamisk regn: 6 m/s syddover.

Figur 5.6 viser hydrogrammene for rør nr. 7 i Søren Jaabæks gatefeltet for henholdsvis et stasjonært 2-års regn og for et tilsvarende regn med hastighet 1 m/s nedstrøms.

Man ser at tidspunktet for kulminasjonen forskyver seg fra det 28. minutt til det 49. minutt etter regnets start. Dessuten er  $Q_{\max}$  for det dynamiske regnet noe mindre enn  $Q_{\max}$  for det stasjonære regnet. Dette skyldes at vannets hastighet i rørene i gjennomsnitt er betydelig større enn den hastigheten regnet kommer inn over feltet med. Regnet "påfører" da feltet regnvannet så sent at fordrøynings-effekten av den lange tiden overlager betydningen av at regnet følger med vannets strømretning.

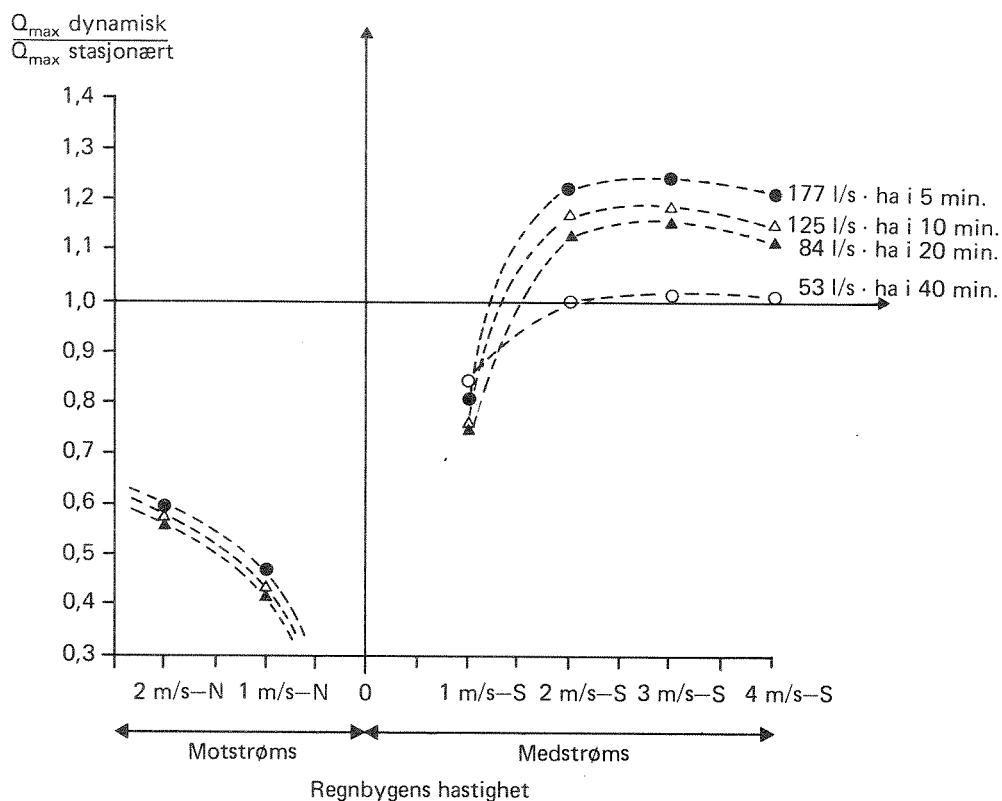


Figur 5.6. Hydrogram for rør 7 i Søren Jaabæks gata (VTOM-4) for 2-års regn-Hyetogram.

## 5.2 Beregninger fra avløpsfeltet Lilleaker

Diagrammet i figur 5.7 viser forholdet mellom maksimal avrenning for et dynamisk regn i forhold til tilsvarende for et stasjonært regn, plottet mot regnbygens hastighet.

Regnene er "kasseregn" fra I-V-F kurven tilsvarende 2-års regnet på Blindern i Oslo.



Figur 5.7. Virkning av dynamisk regn for Lilleaker avløpsfelt. 2-års regnet ved Blindern (I-V-F kurven).

Man merker seg at de maksimale faktorer kommer for en regnhastighet på ca. 3 m/s nedstrøms, og at disse faktorene er en del større enn tilsvarende for avløpsfeltet Søren Jaabæks gate.

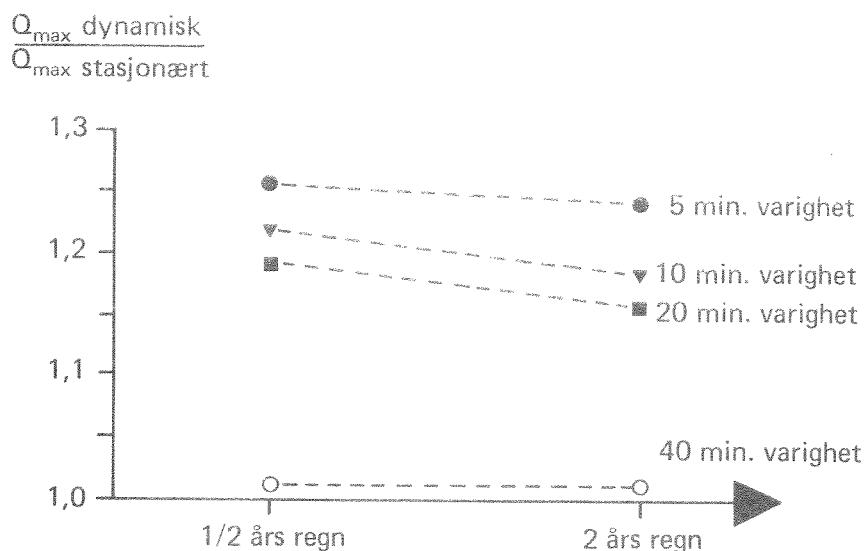
At faktorene er større for Lilleaker skyldes at dette feltet er lengre i utstrekning og relativt smalt.

Forøvrig ser man som tidligere at korte regn i området 5 - 20 minutter har faktorer i området 20 % økning mens regnet på 40 minutter har betydelig mindre faktorer.

Regn med en varighet i området tilsvarende konsentrasjonstiden for feltet gir små "dynamiske" tillegg.

Forøvrig gjelder de samme betraktningene som er nevnt under avsnitt 5.1.

Figur 5.8 viser forholdet mellom faktorene for det dynamiske tillegget og gjentaksintervallet for regnbygen. Økning i gjentaksintervallet, dvs. økende regnintensitet, gir noe synkende faktorer. Forutsetninger for beregningene vist i figur 5.8 er kasseregn tatt fra I-V-F kurvene på Blindern og regnbygehastighet på 3 m/s nedstrøms.



Figur 5.8. Virkning av dynamisk regn for Lilleaker avløpsfelt. Regnbygens hastighet er 3 m/s nedstrøms feltet.

### 5.3 Beregninger fra hypotetisk felt

Figur 5.9 viser beregninger fra det hypotetiske feltet som består av en lang ledning på  $12 \times 460 \text{ m} = 5\,520 \text{ m}$ . Se figur 4.3.

Tilrenningstiden for tilførsene i de 12 punktene er variert mellom 1 minutt og 25 minutter.

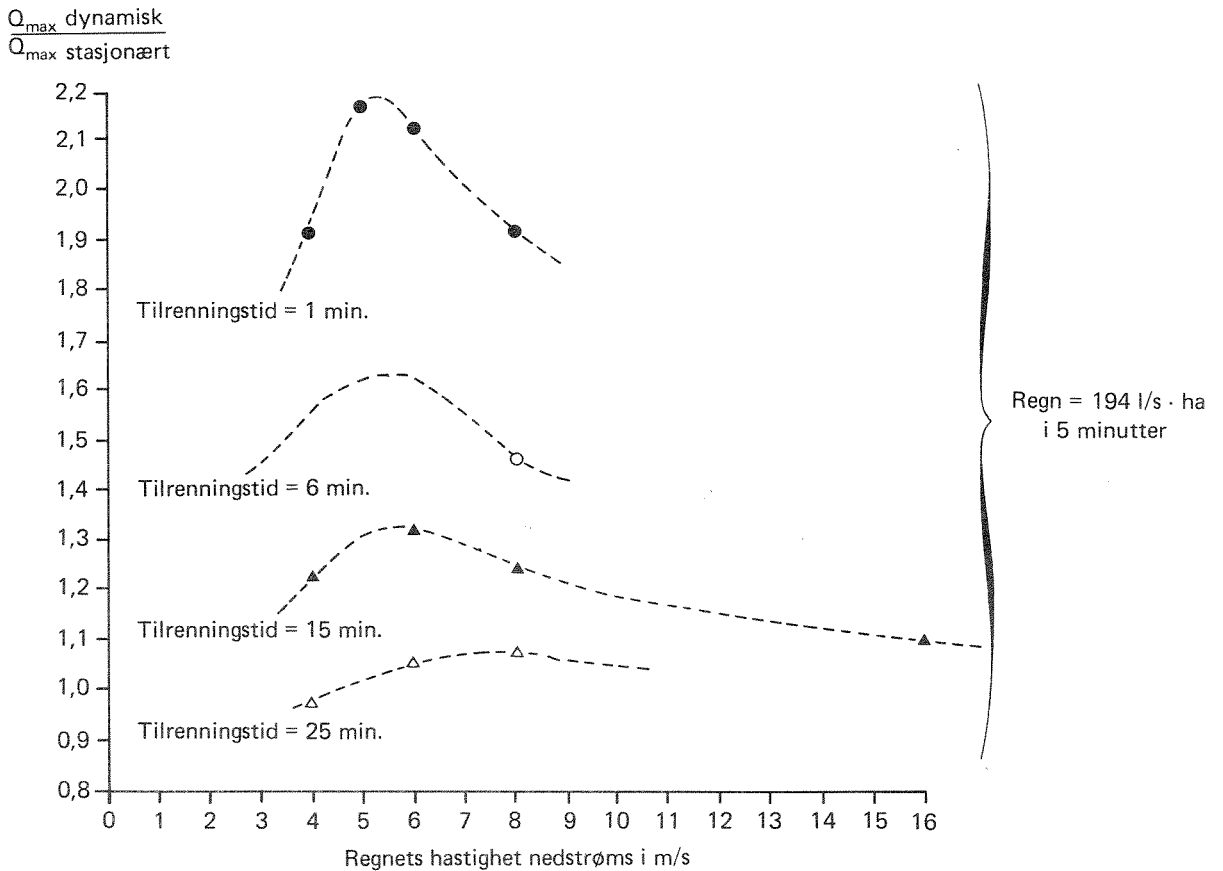
Regnet har en intensitet på 194 l/s ha og varighet 5 minutter.

Man ser at ved lang fordrøyning av regnvannstilførslene ( $t_t = 25 \text{ min.}$ ) blir de dynamiske faktorene små.

Ved rask tilførsel av regnvannet etter det treffer bakken ( $t_t = 1 - 6 \text{ min.}$ ) kan faktorene bli svært store.

For en tilrenningstid på 1 minutt blir det dynamiske tillegget 120 % ved en regnhastighet på ca. 5 m/s nedstrøms ledningsnett.

Situasjonen med en eneste lang ledning og så rask tilrenningstid er imidlertid uaktuell i kommunalteknikken.

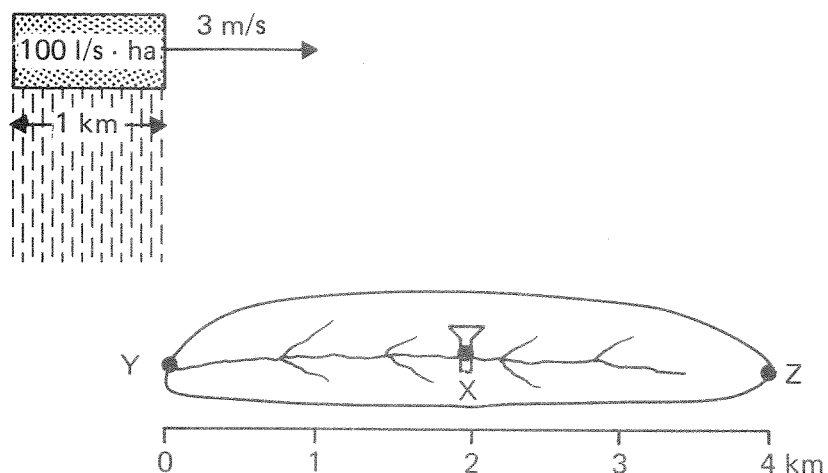


Figur 5.9. Dynamiske faktorer for hypotetisk felt.

## 6. DISKUSJON AV RESULTATENE

Ved en vurdering av hydrogramberegningene med et dynamisk regn i forhold til tilsvarende fra et stillestående regn som gir nedbør til alle punkter samtidig, er det nyttig å være seg bevisst at en vandrende regnbyges virkelige regnvarighet er forskjellig fra regnvarigheten som observeres i et punkt på bakken.

Figur 6.1 illustrerer en situasjon hvor en regnbyge kommer inn over et avløpsfelt med en utstrekning på 4 km.



Figur 6.1. Illustrasjon av begrepet regnvarighet.

Regnbygen har en hastighet på 3 m/s og en utstrekning på 1 km.

Tidsforsinkelsen for regnstart for pkt. Z er da 22,2 minutter i forhold til regnstart i pkt. Y.

I punktet X observeres bare en regnvarighet på 5,6 minutter på tross av at regnets virkelige varighet må være 27,8 minutter for at alle punktene i avløpsfeltet skal få samme nedbør som det måleren i pkt. X måler (5,6 min.).

På intensitets-varighets-frekvens kurvene blir et slikt regn registrert som et regn med varighet ca. 6 minutter.

Dersom regnet hadde bygget seg opp over feltet og avgitt samme regnmengde og regnintensitet som i eksempelet, ville varigheten ha vært 27,8 minutter, men bare for en del av feltet.

Beregningsresultatene fra kapittel 5 viser at regn med en retningskomponent mot strømretningen i avløpsnett gir mindre maksimale avløpsintensiteter enn for tilsvarende stasjonære regn. For alle normale dimensjoneringskriterier er dette da en gunstigere situasjon enn ved bruk av stasjonære regn. Det som gjenstår som interessant er dermed regn med en retningskomponent med strømretningen i avløpsnett.

Maksimale teoretiske dynamiske tillegg på noe over 100 %, i forhold til  $Q_{maks}$  for stasjonært regn, er oppnådd i det hypotetiske feltet for svært korte tilrenningstider og med svært korte regnskyll.

For feltet Søren Jaabæks gate er de dynamiske tilleggene på maksimalt 8 % for et 2-års regnhyetogram.

For Lilleaker-feltet er tilsvarende tillegg på maksimalt 25 % for et 5-minutters regn og 16 % for et 20-minutters regn.

Utformingen av Søren Jaabæks gates avløpsnett er mer representativ enn utformingen av nettet i Lilleaker-feltet. Det siste er relativt langt i utstrekning.

Foreliggende prosjekt har kommet til mange av de samme konklusjonene som Niemczynowicz (4):

- Størst dynamisk tillegg kan ventes når regnets hastighet og retning følger avløpsvannets hastighet og retning i avløpsnett.
- Størst dynamisk tillegg fås når regnets varighet ligger i området  $1/3 - 1/5$  av konsentrasjonstiden for avløpsfeltet. (Når man følger I-V-F kurven).
- Felt med stor lengdeutstrekning gir større dynamiske tillegg enn korte feltutstrekninger.

De dynamiske tilleggene for "virkelige" avløpsnett er overraskende små i forhold til hva man kan oppnå i hypotetiske lange ledningsstrekninger.

Grunnen til denne overraskende lille faktor er at mange av rørene ikke følger retningen til regnskylllet, men går noe på "kryss og tvers" av dets retning.

Vannets hastighet i rørene varierer også fra rør til rør og regnets hastighet kan dermed ikke "optimaliseres" til å gi et så stort utslag som i et endimensjonalt ledningsnett.

For normalt forekommende dimensjonerings situasjoner i norske avløpsnett ligger de dynamiske tilleggene under de usikkerhetsnivåene man har i inputdatene. Det anbefales derfor at man ser bort fra virkningen av bevegelige regn i slike tilfeller. (Arealreduksjonsfaktorer for I-V-F kurvene er imidlertid en annen sak av større betydning i mange reelle situasjoner, se Lindholm (2)).

Dersom man skal kalibrere en avløpsmodell utfra nedbør - avløpsmålinger, bør det imidlertid tas hensyn til virkningen av dynamisk regn.



## 7. LITTERATUR

- (1) Jensen, M.: "Runoff Pattern and Peak Flows from Moving Block Rains Based on a Linear Time-Area Curve". *Nordic Hydrology*, 15, 1984, 155-168.
- (2) Lindholm, O.: "Arealfordeling av korttidsnedbør. Fase II". Rapport 2/84. Program: Urbanhydrologisk FoU i Norge. Norsk Hydrologisk Komité aug. 1984, Oslo.
- (3) Lindholm, O.: "NIVANETT på mikrodatamaskin". VA-rapport 1/86. NIVA januar 1986.
- (4) Niemczynawicz, J.: "An investigation of the areal and dynamic properties of rainfall and its influence on runoff generating processes". Report no. 1005. Lunds Institute of technology, 1984, Lund.

# WA rapporter utgitt av NIVA

- 1/78 Tiltak i eksisterende avløpssystem. Delrapport 1.  
C2-31 Kjell Øren. November 1978
- 1/79 Kjemisk felling med kalk og sjøvann. Del 2  
C2-34 O-40/71 A Lasse Vråle. Juli 1979
- 2/79 Driftsresultater fra norske simultanfellingsanlegg.  
C2-28 Lasse Vråle, Eilen A. Vik. Juli 1979
- 3/79 Slamavvanning med filterpresser. Del 1  
O-78102 Bjørn-Erik Haugan. November 1979
- 4/79 Slamavvanning med filterpresser. Del 2  
O-78102 Bjørn-Erik Haugan. September 1979
- 5/79 Sigevann fra søppelfyllplass.  
C2-26 Torbjørn Damhaug, Arild Eikum,  
Ole Jakob Johansen. August 1979
- 6/79 Vannforurensning fra veg.  
O-79024 Eivind Lygren, Egil Gjessing,  
John Ferguson. Desember 1979
- 9/79 Primærfelling med ulike fellingskjemikalier  
ved Sandvika renseanlegg.  
O-79001 Lasse Vråle. Desember 1979
- 1/80 Bakteriologiske forhold i norske og utenlandske  
råvannskilder  
O-78029 Jens J. Nygård. Februar 1981
- 2/80 Treatment of Septic Tank Sludge  
Research Proposal  
F-80413 Arild Eikum. Januar 1980
- 3/80 Industrifyllplass i Arendal-Grimstadregionen  
Vurdering av vannforurensning og rensetekniske  
tiltak for alternativene Gloseheia og Lundeheia  
O-80016 Torbjørn Damhaug, Hans Holtan. Mars 1980
- 4/80 Utprøving av analysemetoder for PAH og kartlegging  
av PAH-tilførsler til norske vannforekomster  
A3-25 Lasse Berglund. Mars 1980
- 5/80 Mobil avvanning av septikslam  
Utprøving av septikbil »HAMSTERN»  
O-80019 Bjørn-Erik Haugan. November 1980
- 6/80 Tilføringsgrad  
Kontroll og kalibrering av vannmålestasjon  
ved Monserud kloakkrenseanlegg. Del 1  
O-78107 Lasse Vråle. Oktober 1980
- 7/80 Tilføringsgrad  
Forurensningstilførsler og beregning av  
tilføringsgrad for Monserud renseanlegg i 1979. Del 2  
O-78107 Lasse Vråle. Oktober 1980
- 8/80 Overløp i avløpsnett  
Tilstand i dag og mulige tiltak  
C2-32 Eivind Lygren. September 1980
- 9/80 Sikring av vannforsyning i Oslo mot  
forurensninger ved uhell eller sabotasje  
Vurdering av faremomenter. (Sperret)  
O-79084 Egil Gjessing, Jens J. Nygård. September 1980
- 10/80 Important aspects of water treatment in USA  
XT-25 Eilen Arctander Vik. Juli 1980
- 11/80 Myrgrøtting, effekt på vannkvalitet  
Noen observasjoner fra grøftet myrområde  
i Røyken 1971-79  
XK-05 Egil Gjessing. September 1980
- 12/80 Driftsundersøkelse av vannbehandlingsanlegg  
F-80417 Torbjørn Damhaug. November 1980
- 13/80 Hvirveloverløp  
Avskilling av sedimenterbart materiale og  
flytestoffer i overløpsvann  
O-79090 Eivind Lygren. Desember 1980
- 14/80 Use of UV and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in water and  
wastewater treatment  
Research Proposal  
F-80415 Arild Schanke Eikum. Desember 1980
- 1/81 Treatment of potable water containing humus by  
electrolytic addition of aluminium followed by  
direct filtration  
Research Proposal  
F-80415 Eilen Arctander Vik. Januar 1981
- 2/81 Water research in developing countries  
A desk survey about planning and ongoing  
research projects  
O-80028 Svein Stene Johansen. Januar 1981
- 3/81 VA-teknisk forsøkshall Sentralrenseanlegg Vest SRV  
Notat  
Arild Schanke Eikum, Arne Lundar. Februar 1981
- 4/81 Alkalization/hardening of drinking water  
Research proposal  
G-314 Egil Gjessing. Februar 1981
- 5/81 Tiltak mot forurensning fra fiskeoppdrett  
Behandling av vann i resirkuleringsanlegg for fiskeoppdrett  
Forskningsprogram 1981-1984  
FP-80802 Arild Schanke Eikum, Eivind Lygren. Mai 1981
- 6/81 Tiltak i eksisterende avløpssystem. Delrapport 2  
O-80018 Svein Stene Johansen. Mai 1981
- 7/81 Kalking av tilløp til lille Asketjern for fjerning av humus  
Innledende forsøk. O-81065 Eilen Arctander Vik. August 1981
- 8/81 Tilføringsgrad for oppsamlingsnett  
Status for eksisterende målinger  
O-80055 Lasse Vråle. August 1981
- 9/81 A Water Pricing Study for Western Province,  
Zambia. Draft !  
O-81022 Svein Stene Johansen. September 1981
- 10/81 Fjerning av humus ved H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> tilsetning  
og UV - bestråling  
F-80415 Lasse Berglund. Oktober 1981
- 11/81 Treatment of Septic Sludge  
European practice  
O-80040 Arild Schanke Eikum. November 1981

- 12/81 **Silgrainsyre som fellingsmiddel for avløpsvann**  
Buhrestua renseanlegg. Nesodden  
O-80093 Lasse Vråle. Desember 1981
- 13/81 **Analyse av vannbehov i husholdninger, næringsvirksomhet institusjoner og til kommunaltekniske formål**  
O-78028-01 Svein Stene Johansen, Kim Wedum. Desember 1981
- 1/82 **Fjerning av nitrogen fra kommunalt avløpsvann ved ammoniakkavdriving**  
F-81427 Torbjørn Damhaug. Mars 1982
- 2/82 **Rensing av sigevann fra søppelfyllplasser**  
OF-80606 Torbjørn Damhaug. Juni 1982
- 3/82 **Hvirvelkammer og hvirveloverløp**  
Regulering av vannføring og rensing av overløpsvann  
O-79090 Eivind Lygren, Kim Wedum. Mai 1982
- 4/82 **Avvanning av septikslam i container**  
O-81104 Bjarne Paulsrud. August 1982
- 5/82 **Kalibrering og justering av vannføringsmålere**  
O-82011 Kim Wedum. Mai 1982
- 6/82 **Vurdering av driftsinstruks og driftsforhold ved renseanlegg rundt Indre Oslofjord**  
O-82004 Arne Lundar, Bjarne Paulsrud. August 1982
- 7/82 **Styring av kjemikaliedosering ved kjemiske renseanlegg**  
Erfaringer med bruk av ledningsevne som styringsparameter  
O-82025 Torbjørn Damhaug, Bjarne Paulsrud. August 1982
- 8/82 **Strålingskjemisk oksydasjon av organisk stoff i vann**  
Programforslag. (Spærret)  
F-80415 Kim Wedum. September 1982
- 9/82 **Slamstabilisering under høy temperatur ved bruk av rent oksygen**  
F-81430 Bjørn-Erik Haugan. Oktober 1982
- 10/82 **Tørrværsavsetninger i fellessystemrør**  
O-82022 Oddvar Lindholm. November 1982
- 11/82 **Treatment of septage**  
European practice  
O-80040 Arild Schanke Eikum. Februar 1983
- 1/83 **Alkalisering av drikkevann**  
Delrapport 1 NIVA/SIFF  
F-82441 Eilen A. Vik. Mars 1983
- 2/83 **Industriavløp på kommunale renseanlegg**  
Forbehandling av meieriavløp i luftede utjevningsbasseng  
Delrapport 1  
O-82017 Torbjørn Damhaug. Februar 1983
- 3/83 **Samlet optimalisering av avløpsrenseanlegg og avløpsledningsnett**  
O-82124 Oddvar Lindholm. Februar 1983
- 4/83 **Driftskontrollprogram for galvanoidindustriens renseanlegg**  
O-79049 Eigil Iversen. Mars 1983
- 6/83 **Optimalisering av galvanotekniske industrirenseanlegg**  
O-82119 Eigil Iversen. Mai 1983
- 7/83 **Utslipp av syre, løst organisk materiale og suspendert stoff fra Hunsfos Fabrikker og Norsk Wallboard juli-oktober 1982**  
O-82067 Øivind Tryland. Mars 1983
- 8/83 **Analyseresultater for avløpsvann fra Mosjøen Aluminiumverk april-oktober 1982**  
O-82027 Øivind Tryland. Mars 1983
- 9/83 **Vannforurensning ved bruk av kalksalpeter som støvdempingsmiddel på grusveger**  
O-81050 Eivind Lygren, Reidun Schei. Juni 1983 (Spærret)
- 10/83 **Funksjonsprøving nr 2 av membran kammerfilterpresser VEAS Mars 1983**  
O-82130 Lasse Vråle. Mars 1983
- 11/83 **Spillvannstap fra oppsamlingsnett**  
Delrapport 1  
Forurensningsproduksjon fra boligfelt med tett oppsamlingsnett i Sydsbogen, Røyken kommune  
O-81041 Lasse Vråle. April 1983
- 12/83 **Spillvannstap fra oppsamlingsnett**  
Delrapport 2  
Automatisk overvåking av vannforbruk og lekkasje som alternativ metode for beregning av tilføringsgrad.  
Resultater fra undersøkelsene ved Sydsbogen, Buhrestua og Siggerud.  
O-81041 Lasse Vråle. Desember 1984
- 13/83 **Spillvannstap fra oppsamlingsnett**  
Delrapport 3  
Spillvannstapets resipient påvirkning i Siggerudgryta, Ski kommune  
O-81041 Lasse Vråle. August 1983
- 14/83 **Spillvannstap fra oppsamlingsnett**  
Delrapport 4  
Spillvannstapets innvirkning på grunnvannskvalitet.  
Buhrestua rensedistrikt, Nesodden kommune.  
O-81041 Lasse Vråle. Oktober 1984
- 15/83 **A feasibility study of fishfarming in Jordan**  
O-83026 Eivind Lygren, Torbjørn Damhaug. Juni 1983 (Spærret)
- 16/83 **Driftsanalyse av Bekkelaget renseanlegg**  
O-82005 Bjarne Paulsrud, Kim Wedum. Juni 1983 (Spærret)
- 17/83 **Water Research in Zambia**  
A review of the need for water research  
O-83014 Svein Stene Johansen. September 1983
- 18/83 **Water Research in Kenya**  
A review of the need for water research  
O-83014 Svein Stene Johansen. September 1983
- 19/83 **Water research in Tanzania**  
A review of the need for water research  
O-83014 Svein Stene Johansen, Torbjørn Damhaug. May 1984
- 20/83 **Mikrobiologisk angrep på gummipakninger til vann- og avløpsrør**  
Programforslag  
O-83033 Kim Wedum. Juni 1983 (Spærret)

- 21/83 **Slamdeponering ved norske mangansmelteverk**  
Fysisk-kjemisk karakterisering av drenevann og virkninger av drenevann på biologiske forhold i resipienten  
O-80058 Øivind Tryland, Harry Efraimsen. April 1983
- 22/83 **Sandstangen vannverk**  
O-83079 Eilen A. Vik. Juni 1983 (Sperrert)
- 23/83 **Erfaringer med mottak av septikslam på kommunale renseanlegg**  
O-82037 Bjarne Paulsrud. Juli 1983
- 24/83 **Miljøgifter i overvann**  
O-83063 Oddvar Lindholm. August 1983
- 25/83 **Arealfordeling av korttidsnedbør**  
O-83005, F-83450 Oddvar Lindholm. Oktober 1983
- 26/83 **Urbanhydrologi i Sverige**  
En litteraturstudie  
O-83092 Oddvar Lindholm. November 1983
- 27/83 **Tørrværsavsetninger i fellessystemrør**  
Fase II  
O-82111 Oddvar Lindholm, November 1983
- 28/83 **Bruk av rent oksygen for luktreduksjon ved renseanlegg R-2, Lillehammer**  
O-82083 Bjarne Paulsrud, Bjørn-Erik Haugan. November 1983
- 29/83 **Avsluttende funksjonsprøve for membran-filterpresser ved VEAS, oktober-november 1983**  
O-83098 Lasse Vråle, Bjarne Paulsrud. November 1983 (Sperrert)
- 30/83 **Emerging European Wastewater Treatment Technology Preliminary Description**  
O-83150 Arild Schanke Eikum. Desember 1983 (Sperrert)
- 31/83 **Treforedlingsindustriens avløpsvann**  
Mikrobiell nedbrytning av klorert organisk materiale i blekeriavløpsvann  
F-81434 Øivind Tryland, Harry Efraimsen. Desember 1983
- 32/83 **Suspensjoners synkehastighet**  
Metode for analyse av finfordelte partiklers synkehastighet i vann  
F-81434 Øivind Tryland. Desember 1983
- 33/83 **Silgrainsyre som fellingsmiddel ved SRV, VEAS Slemmestad**  
O-82102 Lasse Vråle, P. Sagberg. Desember 1983. (Sperrert)
- 1/84 **Industriavløp på kommunale renseanlegg**  
O-82017 Torbjørn Damhaug. Januar 1984
- 2/84 **Luftet lagune for rensing av sigevann**  
Delrapport 1. Driftserfaringer  
O-83027 Ragnar Storhaug. Februar 1984
- 3/84 **Highway pollution in a Nordic Climate**  
O-79024 Eivind Lygren. Mars 1984
- 4/84 **An evaluation of large-scale algal cultivation systems for fish feed production**  
O-84002 Torbjørn Damhaug et al. Februar 1984 (Sperrert)
- 5/84 **Matematisk modell av avløpsrenseanlegg**  
O-82124/F-83448 Oddvar Lindholm. Februar 1984
- 6/84 **Adsorption in Water Treatment**  
Fluoride Removal  
FP-83828 Eilen A. Vik. Februar 1984
- 7/84 **Analyse av vannføringsdata**  
O-81113 Kim Wedum. Januar 1984
- 8/84 **Renseeffekt i Heistad renseanlegg med og uten tilkopling av industrielt avløpsvann**  
O-83093 Øivind Tryland. April 1984
- 9/84 **Hygienisering av slam ved bruk av rent oksygen**  
F-81430 Bjarne Paulsrud, Bjørn-Erik Haugan, Gunnar Langeland. Juli 1984
- 10/84 **Slamavvanning med filterpresser ved SRV**  
Økonomisk sammenligning av Lasta membran-filterpresser og Rittershaus & Blecher kammerfilterpresser  
O-83098 Lasse Vråle, Bjarne Paulsrud. Mai 1984 (Sperrert)
- 11/84 **Separat behandling av slamvann fra avvanning av septikslam**  
Biologisk rensing ved bruk av aktivslam  
O-83021 Ragnar Storhaug. Juni 1984
- 12/84 **Industriutslipp til vassdrag**  
Avveininger for å beskytte resipienten, eksempel fra en tekstilbedrift  
OF-81618 Bjørn-Erik Haugan, Kim Wedum. April 1984 (Sperrert)
- 13/84 **Treforedlingsindustriens avløpsvann**  
Virkning av peroksyd og UV-bestråling på klororganisk materiale og farge i celluloseblekeriers avløpsvann  
F-81434 Øivind Tryland. Mai 1984
- 14/84 **Driftsassistanse**  
Vannrenseanlegg, ÅSV A/S Fundo Aluminium  
O-83141 Egil Iversen, Torbjørn Damhaug. Juni 1984
- 15/84 **Ammonium som forureningsparameter**  
O-83035 Kim Wedum. August 1984
- 16/84 **Driftsoppfølging av Biovac renseanlegg for helårsbolig**  
O-82101 Bjarne Paulsrud. September 1984
- 17/84 **Kalkfelling på små renseanlegg**  
O-83067 Ragnar Storhaug. Oktober 1984
- 18/84 **Hygienisering av slam ved lufttilførsel (Janca-prosessen)**  
O-84050 Bjarne Paulsrud, Gunnar Langeland. September 1984
- 19/84 **Utvikling av lukket mærkonstruksjon.**  
Prosessløsning og optimalisering  
O-84091 Kjell Maroni, Eivind Lygren, Bjørn Braaten. Oktober 1984. (Sperrert)
- 20/84 **Forureningsproduksjon fra husholdning**  
Halvårlig sommerundersøkelse fra Sydslogen i 1983, Røyken kommune.  
F-83451 Lasse Vråle. Oktober 1984
- 21/84 **Lufted lagune for rensing av sigevann**  
O-83027 Ragnar Storhaug. April 1985
- 22/84 **Avløpsvannmengder tilført påslippene ved SRV i 1983 og 1984**  
O-83090 Lasse Vråle. April 1985

# VA-rapporter utgitt av NIVA

- 1/85 **Spesifikk forurensningsproduksjon fra husholdning**  
Enkel litteraturstudie  
O-84131-01 Lasse Vråle. Mars 1985
- 2/85 **Kritisk analyse av spesifikke forurensningsmålinger**  
O-84131-02 Lasse Vråle. Mars 1985
- 3/85 **Treatment of leachate in aerated lagoons**  
Lab-scale study  
O-84022 Ragnar Storhaug. Juli 1985
- 4/85 **Fiskeoppdrett på Granerudstøa, Nesodden**  
O-85233 Bjørn Braaten, Torbjørn Damhaug. Juni 1985
- 5/85 **Oppdrett av ferskvannskreps ved Mesna Bruk A/S**  
Forprosjekt  
O-85126 Sigurd Rognerud, Stellan Karlson  
Torbjørn Damhaug, Gösta Kjellberg. August 1985
- 6/85 **Driftsassistanse - Vannrenseanlegg ved Steens Fornikling A/S**  
O-84157 Øivind Tryland. August 1985
- 7/85 **Spillvarmebasert akvakulturanlegg i Tyssedal**  
Forprosjekt  
O-85226 Kjell Maroni, Erlend Waatevik. September 1985 (Sperrert)
- 8/85 **Driftsassistanse - Avløpsledning**  
**Høvik Lys A/S**  
O-85221 Øivind Tryland, Eigil Iversen,  
Åse K. Rogne. August 1985
- 9/85 **Teknologi og miljø i oppdrettsnæring**  
O-84159/O-84160 Kjell Maroni. Januar 1985
- 10/85 **Rensing av blyholdig avløpsvann.**  
**Undersøkelser ved Sønnak Batterier A/S**  
O-85222 Eigil Iversen, Øivind Tryland. September 1985
- 11/85 **Spillvarmebasert oppdrettsanlegg i tilknytning**  
**til Sauda Smelteverk A/S**  
O-84167 Kjell Maroni. April 1985 (Sperrert)
- 12/85 **Overføring av avløpsvann fra Bekkelaget rensedistrikt**  
**til Sentralrenseanlegg Vest, SRV.**  
Noen vurderinger av VA-tekniske konsekvenser  
O-85147 Lasse Vråle. Oktober 1985
- 14/85 **Vann- og avløpstekniske løsninger for Helleberg hytteområde**  
Nordstul, Store-Ble, Notodden kommune  
O-85292 Lasse Vråle. Oktober 1985
- 15/85 **Fremdriftsrapport for Frogn Vannverk**  
Perioden juni-oktober 1985  
O-85211 Lasse Vråle. Oktober 1985
- 17/85 **Landbasert fiskeoppdrettsanlegg i Grimstad**  
O-85262/Kristoffer Næs, Eivind Lygren, Torbjørn Damhaug,  
Kjell Maroni, Bjørn Braaten. November 1985 (Sperrert)
- 1/86 **NIVANETT på mikrodatamaskin**  
O-85207 Oddvar Lindholm. Januar 1986
- 2/86 **Utvikling av resirkuleringsanlegg for fiskeoppdrettsanlegg**  
O-81068 Eivind Lygren, Kjell Maroni. April 1986
- 3/86 **Avfall fra skip på norske strender**  
O-85174 Tor Moxnes. Mars 1986
- 4/86 **Driftsundersøkelse av sølvvarefabrikkers renseanlegg**  
O-82108 Eigil Iversen, Februar 1986
- 5/86 **Utvikling av intensive oppdrettsanlegg**  
O-83089 Eivind Lygren. April 1986
- 6/86 **Minivannverk - forsøk i full skala med prototyp**  
O-84114 Tor Moxnes. Mai 1986
- 7/86 **Sanitærbidrag fra Ringbygget**  
O-85255 Lasse Vråle. Mai 1986
- 8/86 **Virkning av dynamisk regn på hydrogram**  
O-86037 Oddvar Lindholm. Juni 1986
- 9/86 **Driftserfaringer fra kalkdoseringsanlegg i vannverk**  
O-86092 Jens Arne Ohren. Juni 1986