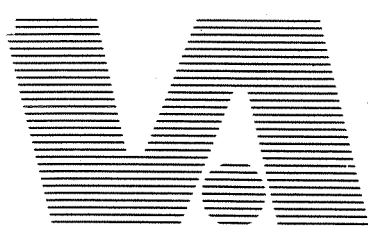


0.2011

NIVA's
siste exemplar
UTLÅN



RAPPORT 12/87

0-86240

Kartlegging av forurensningsveier til avisingsvæske brukt på fly



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 03 3

Østlandsavdelingen
Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (065) 76 75 2

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

| |
|---|
| Prosjektnr.: 0-86240 |
| Undernummer: |
| Løpenummer: 2011 |
| Begrenset distribusjon: Sperrert frem til 1992. |

| | |
|--|-----------------------------------|
| Rapportens tittel: Kartlegging av forurensningsveier til avisingsvæske brukt på fly. | Dato: 16.7.87 |
| Forfatter (e): Tor Moxnes Svein Stene-Johansen | Prosjektnummer: 0-86240 |
| | Faggruppe: VA-teknikk |
| | Geografisk område: Akershus |
| | Antall sider (inkl. bilag): 70 |

| | |
|---------------------------------------|--|
| Oppdragsgiver: Luftfartsverket | Oppdragsg. ref. (evt. NTFN-nr.): O. J. Munkeby O. Svevad |
|---------------------------------------|--|

| |
|--|
| <p>Ekstrakt:</p> <p>Forurensningsstrømmene av propylenglykol benyttet som anti- og avisingsvæske på fly ved Oslo Lufthavn Gardermoen ble kartlagt i perioden 17.12.86-19.5.87.</p> <p>For å kartlegge forurensningsstrømmene ble en målestasjon opprettet ved utsløpet av flyplassens overvannsledning. Det ble tatt snøprøver fra snødeponeringsplassene og forsøk med snø tilsatt avisingsvæske ble gjennomført for å studere avrenningsforløp og sublimering.</p> <p>Avising i snøvær medførte at størstedelen av avisingsvæsken (60%) transporteres med snøen og lagres i snødeponiene. Fra snødeponiene sublimerer 5-10% av avisingsvæsken etter 2-4 mnd. lagring. Et godt overvannssystem vil under forhold med akkumulering i snø, kunne samle opp 65% av forbrukt avisingsvæske. Ved direkte avrenning vil 75% kunne samles opp. Mengden som forsvinner med flyene utgjør 25% av forbruket.</p> <p>Dagens situasjon medfører at 65% av forbrukt avisingsvæske tilføres det lokale miljø. Virkningene av utslippet er følgende: Grunnen lokalt på Oslo Lufthavn Fornebu og Gardermoen er gjort anaerob med dannelse av giftig hydrogensulfid og illeluktende stoffer. Normalt liv i ravinebekk ved Oslo Lufthavn Gardermoen er ødelagt. Store deler av Koksabukten, Hundundet og bukten ved sjøflyhavna - Fornebu er gjort anaerobe med dannelse av hydrogensulfid og illeluktende stoffer.</p> <p>Mulige tekniske løsninger for å begrense utslippet er følgende: Eget gjenvinningsanlegg, overføring til avlopsrensingsanlegg eller eget lokalt renseanlegg. Alle alternativer krever at avisning gjennomføres på spesielle områder med effektive dreneringssystemer.</p> |
|--|

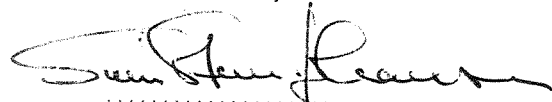
4 emneord, norske:

1. Fly
2. Avisingsvæske
3. Transportveier
4. Forurensning

4 emneord, engelske:

1. Aircraft
2. Deicer
3. Transport path
4. Pollution

Prosjektleder:


Svein Stene-Johansen

For administrasjonen:


Oddvar Lindholm

ISBN 82-577-1261-2

KARTLEGGING AV FORURENSNINGSVEIER TIL AVISINGSVÆSKE
BRUKT PÅ FLY, 0-86240.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING - 1987.

Tor Moxnes
Svein Stene-Johansen

INNHOLDSFORTEGNELSE

| | |
|---|-----------|
| FORORD | 4 |
| SAMMENDRAG | 5 |
| 1. INNLEDNING | 9 |
| 1.1 AVISINGSPROBLEMATIKKEN OG MILJØPÅVIRKNING | 9 |
| 1.2 UNDERSØKELSEN | 10 |
| 1.2.1 Målsetting for undersøkelsen | 10 |
| 1.2.2 Beskrivelse av undersøkelsen | 10 |
| 2. RESULTATER OG KONKLUSJONER FRA UNDERSØKELSEN | 11 |
| 2.1 MATERIALBALANSE OG TRANSPORTVEIER | 11 |
| 2.1.1 Resultat | 11 |
| 2.1.2 Konklusjon | 13 |
| 2.2 UTSLIPP OG MILJØKONSEKVENSER | 14 |
| 2.2.1 Oslo Lufthavn Gardermoen | 14 |
| 2.2.2 Oslo Lufthavn Fornebu | 14 |
| 2.3 TEKNISKE TILTAK | 16 |
| 2.3.1 Generelt | 16 |
| 2.3.2 Gjenvinningsanlegg | 16 |
| 2.3.3 Behandling av propylenglykol i avløpsrenseanlegg | 17 |
| 2.3.4 Eget renseanlegg for anti- og avisingsvæske | 17 |
| 2.3.5 Tekniske tiltak Gardermoen/Fornebu | 18 |
| 3. DE ENKELTE UNDERSØKELSER | 19 |
| 3.1 MÅLESTASJON I RAVINE | 19 |
| 3.1.1 Metoder og oppbygging | 19 |
| 3.1.2 Analyser | 21 |
| 3.1.3 Resultater | 21 |
| 3.2 SNØDEPONERING - INNHOLD AV AVISINGSVÆSKE | 28 |
| 3.2.1 Metoder | 28 |
| 3.2.2 Resultat | 29 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 3.3 | SUBLIMERING FRA SNØ | 30 |
| 3.3.1 | Metoder | 30 |
| 3.3.2 | Resultat | 30 |
| 3.4 | AVRENNING FRA SNØ | 33 |
| 3.4.1 | Metoder | 33 |
| 3.4.2 | Resultat | 33 |
| 3.5 | TRANSPORT MED FLY | 35 |
| 3.5.1 | Litteratur-Informasjon fra andre kilder | 35 |
| 3.6 | AVISINGSVÆSKE - VIRKNING PÅ MILJØ | 36 |
| 3.6.1 | Miljøegenskaper | 36 |
| 3.6.2 | Virkning og resepienter | 39 |
| 3.7 | FORBRUK AV AVISINGSVÆSKE - KLIMA | 42 |
| 3.7.1 | Type avisingsvæske og avisingsprosedyrer | 42 |
| 3.7.2 | Forbruk av avisingsvæske | 42 |
| 3.7.3 | Værdata | 45 |
| 4. | OSLO LUFTHAVN | 48 |
| 4.1 | OSLO LUFTHAVN GARDERMOEN - BESKRIVELSE | 48 |
| 4.1.1 | Generelle lufthavndata | 48 |
| 4.1.2 | Avisingsområder og dreneringssystemer | 48 |
| 4.1.3 | Eksisterende avløpsrenseanlegg | 49 |
| 4.1.4 | Grunnvannsforhold | 50 |
| 6. | LITTERATUR | 51 |
| 7. | BILAG | 52 |
| BILAG 1. | PRØVER FRA SNØDEPONI | 52 |
| BILAG 2. | MÅLERESULTATER FRA SUBLIMERINGSFORSØK | 54 |
| BILAG 3. | MÅLERESULTATER FRA AVRENNINGSFORSØK | 55 |
| BILAG 4. | DATABASER | 56 |
| BILAG 5. | KALIBRERINGSDATA V-OVERLØP | 58 |
| BILAG 6. | BEREGNEDE DATA FRA DATABASEN AVISING FRA MÅLESTASJON I RAVINE | 60 |
| BILAG 7. | KART | 70 |

FORORD

Norsk institutt for vannforskning har hatt i oppdrag av Luftfartsverket å kartlegge forurensningstransporten av avisningsvæske ved Gardermoen sivile lufthavn. Kartleggingsprogrammet startet i desember 1986 og skal etter planen rapporteres innen 30.06.87.

Kontaktpersonene i Luftfartsverket har vært Olav Munkeby, Ole Svevad og Erik Gill. Vi vil med dette takke for imøtekommenhet og hjelp ved gjennomføringen av prosjektet. Vi vil likeledes takke for godt samarbeid med konsulentfirma Taugbøl og Øverland samt flyselskapene som har gitt oss data over forbrukt avisningsvæske.

Vi mener denne rapporten gir et realistisk bilde av forurensningen av propylenglykol fra avisningsvæsken og at de anbefalinger som er gitt av NIVA vil bidra til å redusere forurensningsproblemene i forbindelse med avisning av fly.

Svein Stene-Johansen

Tor Moxnes

SAMMENDRAG

Hensikten med undersøkelsen har vært å kartlegge forurensningsstrømmene av propylenglykol benyttet som anti- og avisningsvæske ved Oslo Lufthavn Gardermoen. Under bruk blandes avisningsvæsken med vann og sprøytes på flyene med en temperatur på ca. 90 °C. Antiisningsvæsken sprøytes på flyene for å hindre ising. Væskenes sammensetning og egenskaper er beskrevet i kap. 3.7.1 og 3.6.1.

Avising er mer vanlig og skjer umiddelbart før start. Avisningsvæsken fjerner rim, is og snø. Mengde væske som benyttes pr. fly avhenger av flyenes størrelse og de klimatiske forhold. For sesongen 1986/87 ble gjennomsnittlig 650 liter ferdig blandet avisningsvæske bruk pr. aviset fly.

Forbruket av avisningsvæske for vinterhalvåret 1986/87 på Oslo Lufthavn Gardermoen utgjorde 170 000 liter Kilfrost D.F (type 1). Forbruket på Oslo Lufthavn Fornebu av Kilfrost D.F. og av Kilfrost ABC (type 2) for flere sesonger er vist i tabell S1.

Tabell S1. Forbruk av ublannede avisningsvæsker på Oslo Lufthavn Fornebu.

| Sesong | Kilfrost D.F. (liter) | Kilfrost ABC (liter) |
|--------|-----------------------|----------------------|
| 84/85 | 315000 | 78500 |
| 85/86 | 236000 | 70550 |
| 86/87 | 515000 | 57900 |

For å kartlegge forurensningsstrømmen av avisningsvæske opprettet NIVA en måle- og prøvetakingsstasjon ved utløpet av overvannsledningen fra flyplassområdet i en ravine 300 m vest for terminalbygget. Målestasjonen har vært i drift siden 17.12.86. Vannføringen ble registrert kontinuerlig og vannprøver som senere er analysert ved NIVA ble tatt proporsjonalt til vannføringen.

I tillegg er det tatt serier med snøprøver fra snødeponeringsplassene samt gjennomført forsøk med snø tilsatt avisningsvæske for å studere avrenningsforløp og sublimering.

På bakgrunn av undersøkelsen har vi kommet frem til følgende massebalanse gjengitt i tabell S2.

Tabell S2. Materialbalanse for avisingsvæske ved forskjellige tidspunkter i måleperioden 17.12.86-19.5.87.

| Dato | Forbruk ren avisingsvæske (liter type 1) | Avrent (%) | Til snø (%) | Med fly (%) | Til luft (%) | Til grunnen (%) |
|--------|--|------------|-------------|-------------|--------------|-----------------|
| 5.2.87 | 64200 | 5 | 45 | 25 | 3 | 22 |
| 3.3.87 | 100100 | 6 | 50 | 25 | 5 | 14 |
| 3.5.87 | 160500 | 26 | 0 | 25 | 10 | 39 |

Materialbalanse beregnet i begynnelsen av februar, mars og mai viser:

Avising utført i snøværsperioder medfører at størstedelen av avisingsvæsken (60%) transporteres med snøen og lagres i snødeponiene.

En liten del av avisingsvæsken akkumulert i snøen vil sublimerer fra snødeponiet. 5-10% sublimerer etter 2-4 mnd. lagring.

Under forhold som fører til akkumulering i snø vil et godt overvannssystem samle opp 65% av totalforbruket av avisingsvæske. Ved direkte avrenning uten akkumulering i snø vil 75% kunne samles opp.

Mengden som forsvinner med flyene utgjør i gjennomsnitt 25% av forbruket.

Dagens situasjon på Oslo Lufthavn Fornebu og Gardermoen medfører at 65% av forbrukt avisingsvæske tilføres det lokale miljø. Virkningene av dette utslippet er vurdert til følgende:

Grunnen lokalt på Oslo Lufthavn Gardermoen og Fornebu er gjort anaerob med det resultat at giftig hydrogensulfid og illeluktende stoffer dannes.

Normalt liv i ravinebekk på Oslo lufthavn Gardermoen er ødelagt.

Store deler av Koksabukten, Hundundet og bukten ved sjøflyhavna - Fornebu er gjort anaerobe med dannelse av hydrogensulfid og illeluktende stoffer.

Basert på miljømessige vurderinger er det rimelig å anta at forureningsmyndighetene vil forlange at forurenningene forårsaket av avisingsvæske må opphøre eller begrenses til et minimum. Nedenfor er det i tilknytning til dette kort beskrevet mulige tekniske løsninger:

Gjenvinningsanlegg etter destillasjonsprinsippet med gjenvinning av opptil 80%.

Overføring av forbrukt avisingsvæske til avløpsrenseanlegg.

Overføring av forbrukt avisingsvæske til eget renseanlegg.

Samtlige alternativer er avhengig av effektive dreneringssystemer fra spesielle området hvor påsprøyting skal foregå og at unødig overvann fra andre områder (regn/snøsmelting) hindres i å komme i kontakt med forbrukt avisningsvæske.

Vi tilrår derfor at avisningen skal foregå på spesialkonstruerte avisningsplasser hvor avisningsvæsken kan samles opp. Under snøvær bør plassene holdes mest mulig fri for snø, mens snø forurenset med avisingsvæske må tines eller skrapes/feies til spesielle deponeringsområder og at smeltevannet herfra tilføres et oppsamlingssystem som fører til behandlingsanlegg.

Av de behandlingsalternativer som er nevnt bør Luftfartsverket under enhver omstendighet utrede nærmere alternativ 1. Ved et gjenvinningsanlegg ved Luleå i Sverige har man etter det NIVA har bragt i erfaring oppnådd en gjenvinning på ca. 80% til en kostnad på bare Skr. 0,25 pr. liter. NIVA har ikke hatt muligheter til å studere anlegget i Luleå nærmere, dette ligger heller ikke innenfor rammen for kartleggingsundersøkelsen. Vi er imidlertid kjent med at det hersker en viss skepsis til gjenvinningsalternativet og at det fra enkelte hold blir hevdet at økonomien i et slikt anlegg vil være avhengig av de klimatiske forhold. En midlertidig løsning for Gardermoen bør være et slikt forsøksanlegg.

En overføring til biologisk avløpsrenseanlegg er også tilrådelig, forutsatt at man på forhånd utreder hvilke rensetekniske problemer man vil forvente skal oppstå. Det kan bli nødvendig med bl.a. forbehandlingsanlegg som kan reguleres trinnvis avhengig av hvilke mengder avisingsvæske som tilføres. Luftet utjevningssystem kan også bli aktuelt for å jevne ut tilføringen til renseanlegget til tider med

høyt forbruk. Dette gjelder for samtlige alternativer.

Valg av løsninger for avisningsproblematikken på Gardermoen og Fornebu vil til en viss grad være avhengig av valget av hovedflyplass og avviklingen av trafikken på den/de øvrige. Blir Gardermoen valgt til hovedflyplass må en hensiktsmessig løsning på avisningsproblematikken gis høy prioritet og en utbygging må sees i sammenheng med dette. Blir Hurum valgt vil det være behov for midlertidig løsninger for Gardermoen slik som beskrevet ovenfor. En forprosjektering vil da kunne bestemme hvilken løsning som blir mest hensiktsmessig. For Fornebu bør all avisningsvæske som er mulig å samle opp overføres til VEAS eller gjenvinnes. Valg av system baseres på økonomiske vurderinger.

Målestasjonen har i vinterhalvåret vært besøkt 2-3 ganger pr. uke. En har gjentatte ganger observert betydelige mengder olje og fett i drenevannet. Vi har imidlertid ingen data for denne type forurensning da bare propylenglykol fra avisningsvæske var inkludert i vårt program. En registrering av f.eks. olje og parafin ville heller ikke hatt noen hensikt da overvannssystemet i lengre perioder var blokkert av is og snø.

NIVA vil imidlertid tilrå Luftfartsverket å forlenge måleprogrammet noe utover sommeren, dels for å registrere propylenglykolrest i grunnvannet dels for samtidig å registrere f.eks. nitrogen og at ekstrakt av prøvene kjøres på gasskromatograf for bestemmelse av olje og parafin. Resultatene vil ha verdi for senere miljøvurderinger.

1. INNLEDNING

1.1 AVISINGSPROBLEMATIKKEN - MILJØPÅVIRKNING

For å hindre eller fjerne isdannelse på fly i vinterhalvåret blir flyene sprøytet med anti- og avisningsvæske som hovedsakelig består av vann og propylenglykol. For spesifisering se kap. 3.7.1.

For å hindre isdannelse blir antiisningsvæske benyttet. Den er viskøs og kleber seg til flykroppen, men skiller seg ikke vesentlig fra avisningsvæsken. Den sprøytes på før fly forlater hangar eller om flyene klargjøres i god tid før start.

Avisning foregår umiddelbart før flyavgang etter at passasjerene har inntatt sine plasser og alle åpninger er lukket. Mengde avisningsvæske varierer med de klimatiske forhold og flyenes størrelse. Mengde avisningsvæske som benyttes pr. fly kan variere fra 50 l til 6000 l pr. gang. For Gardermoen har forbruket i vintersesongen 86/87 vært ca. 650 l i gjennomsnitt pr. fly. Det kan være snakk om minutter fra flyene er sprøytet til de skal ta av. Blir flyene forsinket etter avisning kan det bli behov for ny avisning.

Væske som ikke hefter seg til flykroppen havner på oppstillingsplassen. Dersom asfalten er fri for snø og is renner noe av til dreneringssystemet mens vesentlige mengder ligger igjen i små pytter hvorfra det enten fordamper, trenger ned i grunnen eller feies bort. Store mengder avisningsvæske blir benyttet under snøfall og blander seg med snø til slaps. Dette slapset blir skrapet bort og deponert sammen med den øvrige snø som må fjernes.

Når snøsmeltingen setter inn vil det meste av avisningsvæsken renne bort med den første halvdelen av smeltevannet. Dersom deponeringsplassen ikke har et meget godt dreneringssystem, vil mye av smeltevannet trenge ned i grunnen.

2. UNDERSØKELSEN

1.2.1 Målsetting for undersøkelsen

Målsettingen med undersøkelsen har vært å belyse hvilke oppsamlings- og behandlingsprinsipper som kan være aktuelle for avisningsvæske og hvor stor del av forurensningen fra spilt avisningsvæske det er praktisk mulig å ta hånd om.

For å belyse dette skulle forbruket av avisningsvæske kartlegges, likeledes hvilke mengder og veier avisningsvæsken transporteres etter at den er påsprøytet flyene.

1.2.2 Beskrivelse av undersøkelsen

Kartleggingsundersøkelsen består av en rekke delundersøkelser som er utførelig behandlet i kap. 3. De er som følger:

Automatisk måle- og prøvetakerstasjon på Gardermoen ved overvannsledningenes utløp i ravinen. All avrenning til overvannssystemet inkludert grunnvannsinnelekking er registret med hensyn til vannføring og innhold av avisningsvæske. Man vet til enhver tid hvilke mengder avisningsvæske som har passert stasjonen.

Undersøkelse av innholdet av avisningsvæske i snødeponier. Det har i 2 perioder vært tatt snøprofiler i deponeringshauene for å bestemme innhold av avisningsvæske.

Undersøkelser av sublimering fra snø tilsatt avisningsvæske har vært utført i et forsøksfelt. Sublimeringsforholdene var tilnærmet de samme som på Gardermoen.

For å karakterisere avrenningen under snøsmeltingen, ble det i klimarom ved NIVA foretatt snøsmeltingsforsøk ved + 3⁰ C. Snø med avisningsvæske ble satt til tining.

2. RESULTATER OG KONKLUSJONER FRA UNDERSØKELSEN

2.1 MATERIALBALANSE OG TRANSPORTVEIER

2.1.1 Resultat

Etter at avisingsvæsken er sprøytet på flyet kan den transporteres flere ulike veier til miljøet omkring. Disse ulike veiene er som følger:

- Til luften (sublimering, fordamping).
- Med flyene.
- Avrenning gjennom overvannssystem.
- Akkumulering i snø.
- Til grunnen.

I perioden 17.12.86-19.5.87 har Norsk institutt for vannforskning (NIVA) gjennomført flere undersøkelser på Oslo Lufthavn Gardermoen for å bestemme hvilke mengder som transporteres de ulike veiene. Det er målt hva som går til luften, hva som renner av og hva som akkumuleres i snødeponier. Opplysninger i litteraturen om tilsvarende undersøkelser danner grunnlaget for hva som forsvinner med flyene. Resultatet fra disse undersøkelsene, som er vist i kap. 3, relateres til forbruket av avisingsvæske.

På grunnlag av resultatene fra de enkelte undersøkelser, kan en total materialbalanse settes opp for tidspunktene 5.2.87, 3.3.87 og 3.5.87. Dette er vist i tabell 2.1.1.1.

Tabell 2.1.1.1. Materialbalanse for avisingsvæske ved forskjellige tidspunkter i måleperioden 17.12.86-19.5.87.

| Dato | Førbruk ren avisingsvæske (liter type 1) | Avrent (%) | Til snø (%) | Med fly (%) | Til luft (%) | Til grunnen (%) |
|--------|--|------------|-------------|-------------|--------------|-----------------|
| 5.2.87 | 64200 | 5 | 45 | 25 | 3 | 22 |
| 3.3.87 | 100100 | 6 | 50 | 25 | 5 | 14 |
| 3.5.87 | 160500 | 26 | 0 | 25 | 10 | 39 |

I perioden før snøsmeltingen (17.12.86-15.3.87) viser materialbalansen at en stor del av avisingsvæsken transporteres med snøen og akkumuleres i denne. Relateres forbruket i tidsrommet 5.2.87-3.3.87 til mengden som akkumuleres i snøen, utgjør mengden akkumulert 60% av forbruket. I denne perioden falt all nedbør som snø. Det betyr at avising gjennomført i perioder med snøvær resulterer i at en dominerende del av avisingsvæsken fraktes med snøen og akkumuleres i snødeponiene.

Det er meget lite avisingsvæske som renner av gjennom overvannssystemet i perioden før snøsmeltingen. En årsak til dette er at overvannssystemet er tett med snø og is og at hovedmengden med avisingsvæske transporteres med snøen. Etter snøsmeltingen øker mengden som renner av betraktelig, men i hele måleperioden er mengden som tilføres grunnen betydelig større enn avrent mengde. En annen årsak til at store mengder tilføres grunnen er at avrenningsforholdene på oppstillingsplassen for flyene og plassen for snødeponiene er dårlig utformet, og at avrenningsflatene og overvannssystemet ikke er tette nok. Det betyr at konstruksjonen på avisingsplasser, plasser for snødeponi og overvannssystemet ikke er god nok for denne type avrenning. Karakteristisk for avrenningen er at vannføringen er lav og konsentrasjonen av avisingsvæske er høy.

Hvis overvannssystemet på Oslo Lufthavn Gardermoen hadde vært tilfredsstillende, ville det vært mulig å samle opp 65% av forbruket. En undersøkelse i Canada (4) viste at 74% av forbruket rant av gjennom overvannssystemet. I denne undersøkelsen akkumulerte ingenting av forbruket i snøen. Undersøkelsen på Gardermoen viser at 10% forsvinner til luften som et resultat av sublimering fra snødeponiene. Hvis avisingsvæsken ikke hadde akkumulert i snøen ville det vært mulig å samle opp 75% av forbruket gjennom et godt dreneringsanlegg.

Mengden avisingsvæske som forsvinner med flyene utgjør 25% av forbruket gjennom hele sesongen. Mengden som sprøytes på flyet har innvirkning på denne andelen. I de undersøkelser som er lagt til grunn for dette tallet, var gjennomsnittsmengden som ble sprøytet på flyene 400-500 liter avisingsvæske (kap. 3.5). Beregninger viser at for hele måleperioden på Oslo Lufthavn Gardermoen var gjennomsnittsforbruket av ferdig blandet avisingsvæske 650 liter pr. fly som ble aviset. Dette er omtrent samme mengde som i undersøkelsene i litteraturen. Det er derfor grunn til å tro at 25% av forbrukt avisingsvæske vil i gjennomsnitt forsvinne med flyene.

Ca. 10% av avisingsvæsken forsvinner til luften forårsaket av

sublimering fra snødeponiet ved lang tids lagring. Dette resultatet er helt i samsvar med de fysikalsk-kjemiske egenskapene til propylenglykolen i avisingsvæsken (kap. 3.6). Det er derfor grunn til å tro at under forhold som fører til akkumulering av avisingsvæske i snø, vil 5-10% sublimeres etter lagring i 2-4 måneder.

Avisingsvæske som har trengt ned i grunnen utgjør 39% av totalforbruket gjennom sesongen. Fra 3.5.87 til 19.5.87 øker akkumulert avrent mengde fra 26% til 27% (Bilag 6). Det betyr at svært lite av avisingsvæsken som har trengt ned i grunnen tappes ut ved at grunnvannet lekker inn i overvannssystemet. Avisingsvæsken i grunnen vil sannsynligvis omsettes av bakterier. Det som ikke omsettes, fraktes vekk med grunnvannsstrømmen.

2.1.2 Konklusjon

Avising utført i snøværsperioder medfører at størstedelen av avisingsvæsken (60%) transporteres med snøen og lagres i snødeponiene.

En liten del av avisingsvæsken akkumulert i snøen vil sublimeres fra snødeponiet. 5-10% sublimeres etter 2-4 mnd. lagring.

Under forhold som fører til akkumulering i snø vil et godt overvannssystem samle opp 65% av totalforbruket av avisingsvæske. Uten forhold med akkumulering i snø vil 75% kunne samles opp ved direkte avrenning.

Mengden som forsvinner med flyene utgjør i gjennomsnitt 25% av forbruket.

2.2 UTSLIPP OG MILJØKONSEKVENSER

2.2.1 Oslo Lufthavn Gardermoen

Undersøkelsen viser at 39% av forbrukt avisingsvæske tilføres grunnen. For hele sesongen 86/87 er forbruket av ublandet avisingsvæske på 170 000 liter (Kap. 3.7). Det betyr at 66 000 liter er tilført grunnen.

Den type resipient som grunnen representerer tåler svært lite tilførsel av avisingsvæske før forholdene blir anaerobe på grunn av bakteriologisk omsetning av avisingsvæsken (kap.3.6). De mengder som er tilført grunnen er så betydelige at grunnen lokalt på flyplassen og delvis i omkringliggende områder må forventes å være gjort anaerobe. Omsetningen skjer også anaerobt, og da blant annet av sulfatreduserendes bakterier. Dannelse av giftig hydrogensulfid skjer som et resultat av denne omsetningen. Hydrogensulfiden kan reagere med andre omsetningsprodukter og danne illeluktende stoffer.

I alt 26% av avisingsvæsken har rent av gjennom overvannssystemet. For hele sesongen utgjør dette 44 000 liter ublandet avisingsvæske. overvannssystemet har sitt utløp i ravinen vest for flyplassen. I ravinen er det en bekk som munner ut i elven Sogna. I begynnelsen av snøsmeltingsperioden var konsentrasjonen av avisingsvæske i avrenningen meget høy. Dette viser analysene av blandprøvene (kap 3.1). Det betyr at i andre sesonger med meget høyt forbruk av avisingsvæske, kan det oppstå situasjoner hvor konsentrasjonen av avisingsvæske i bekken er så høy at den er giftig. Den bakteriologiske omsetningen i bekken medfører at oksygenivået sansynligvis er så lavt at eventuell fisk ikke kan leve der.

Hvilke konsekvenser utslippet får for elven Sogna er ikke vurdert. Utslippet representerer imidlertid en betydelig organisk belastning.

2.2.2 Oslo Lufthavn Fornebu

Gjennomsnittsforkbruket av avisingsvæsker for de tre siste sesongene er 350 000 liter type 1 og 69 000 liter type 2 (Kap.3.7). Omregnet på basis av innhold av propylenglykol gir dette gjennomsnittlig 390 000 liter av type 1. Forholdene på Fornebu er så like forholdene på Gardermoen at andelen av totalforbruket som går til grunnen og drenerer ut gjennom overvannssystemene sette til 65%. I alt utgjør denne mengden i gjennomsnitt over tre sesonger 254 000 liter avisingsvæske type 1. Tas utgangspunkt i siste sesongforbruk blir

mengden 358 000 liter type 1.

Utslipet vil forårsake de samme virkninger som de beskrevet for Oslo Lufthavn Gardermoen. Da utslippet er betydelig større må det forventes at virkningene har et større omfang. Det betyr at store deler av grunnen innenfor og utenfor flyplassområdet er anaerob, med det resultat at hydrogensulfid og illeluktende svovelforbindelser dannes. Utslippene fra overvannssystemene (Bilag 7) gjøres i Koksabukten, Hundsundet og bukten ved sjøflyhavna. Forholdene i store deler av disse reseipientene forventes også å være anaerobe.

2.3 TEKNISKE TILTAK

2.3.1 Generelt

Tatt i betraktning de miljømessige konsekvenser propylenglykolforurensningen fra avisingsvæske har, anbefales det at bruk av avisingsvæske foregår på dertil egnede områder som er begrenset i flate og som har gode overvannssystemer slik at mesteparten av forbrukt avisingsvæske blir samlet opp for videre behandling.

Uansett hvilke behandlingstiltak man bestemmer seg for må det stilles store krav til overvanns- og oppsamlingssystemer. Områdene må holdes mest mulig fritt for snø slik at brukt avisingsvæske ikke blir fortynnet unødig.

Behandlingen av avisingsvæske kan enten være en gjenvinningsprosess eller en biologisk nedbryting i luftede biologiske renseanlegg.

2.3.2 Gjenvinningsanlegg

Gjenvinningsanlegg med destillasjon stiller store krav til oppsamlingsområdet hvor avisning foregår. Dreneringssystemet må være effektivt og området bør holdes mest mulig fritt for snø slik at brukt avisingsvæske ikke blir for mye fortynnet, noe som vil fordyre destillasjonsprosessen.

I forbindelse med destillasjon av avisingsvæske fra lufthavnen i Luleå i Nord-Sverige er gjenvinningskostnadene anslått til kr. 0,25 pr. liter. Vi har ikke vært i stand til å fremskaffe detaljerte omkostninger fra prosessen, men vi vil anta at de kostnadene som er oppgitt tilsvarer energikostnadene ved destillasjonsprosessen og at destillatet ikke avkjøles nevneverdig før det benyttes som avisingsvæske.

Fra anlegget i Luleå blir det hevdet at 80% av oppsamlet væske destilleres. Det hevdes videre at kun ubetydelige mengder avisingsvæske lagres i snø da området holdes fritt for snø ved at det stadig skrapes og børstes. Effekten av og økonomien i et gjenvinningsanlegg vil avhenge av en rekke faktorer som bl.a. bestemmes ut fra lokale forhold.

Vi anbefaler derfor Luftfartsverket å utrede gjenvinningsalternativet under ulike forutsetninger slik de varierer for aktuelle flyplasser i Norge. Med dagens priser på avisingsvæske kan dette bli lønnsomt. Det

kan også medføre at prisene på avisningsvæske reduseres eller at man finner frem til mer miljøvennlige avisningsvæsker.

2.3.3 Behandling av propylenglykol i avløpsrenseanlegg

Propylenglykol fra avisningsvæske er lett nedbrytbart og kan derfor i prinsippet behandles ved konvensjonelle luftede biologiske kloakkrenseanlegg. Ved større mengder propylenglykol i forhold til avløpsvann vil filamentære bakterier kunne oppstå (11) og dermed skape problemer for slambehandlingen og driften generelt.

Hvor forholdene ligger til rette for tilknytning til eksisterende avløpsrenseanlegg bør dette alternativet også vurderes. Det kan være hensiktsmessig å eksperimentere seg frem til en passende tilføringsgrad av propylenglykol for å unngå driftsproblemer.

Forbruket av avisningsvæske er sterkt varierende og mengde propylenglykol som skal tilføres et renseanlegg kan derfor utjevnes slik at overbelastning unngås. Et luftet fordrøyningsbasseng kan være en aktuell løsning.

2.3.4 Eget renseanlegg for anti- og avisningsvæske

I prinsippet kan luftede biologiske avløpsrenseanlegg benyttes, men vi har ingen kjennskap til slike løsninger for nedbryting av avisningsvæske alene. Ujevn belastning og store variasjoner kan gjøre anlegg og drift komplisert.

Et alternativ kan være luftede biologiske dammer. Disse har stor overflate og store variasjoner i tilstrøming vil jevne seg ut. Avløpsvannet resirkuleres deretter gjennom biofilter eller biorotor.

2.3.5 Tekniske tiltak Gardermoen/Fornebu

Valg av hovedflyplass er nært forestående og man bør derfor avvente situasjonen. Faller valget på Gardermoen trenger lufthavnen en ny løsning for behandling av forbrukt avisingsvæske. En løsning på avisningsproblematikken bør da gis høy prioritet og forseres. Faller valget derimot på Hurum må man finne midlertidig løsninger for Gardermoen.

Et alternativ for Gardermoen uansett valg av hovedflyplass vil være et gjenvinningsanlegg. Dette kan senere flyttes til en annen flyplass. Driften av et slikt anlegg vil gi et verdifullt erfaringsgrunnlag for senere anlegg. Andre alternativer vil være behandling i tilknytning til eksisterende avløpsrenseanlegg, eventuelt eget renseanlegg for avisningsvæske. Konsulenet for Gardermoen avløpsrenseanlegg, siviling. C.H. Knudsen foreslo i sitt forprosjekt å renovere de biologiske filterne ved anlegget og benytte disse for biologisk etterbehandling. Muligheten og eventuelle kostnader for å renovere filterne bør derfor vurderes mot bygging av nytt biologisk trinn i tilknytning til eksisterende anlegg. Avløpet fra avisningsområdet kan transporteres via eksisterende eller nytt avløpssystem etter at det har passert et luftet utjevningsbasseng hvor det nærmest blir en satsvis behandling. Alternativet med eget midlertidig renseanlegg for Gardermoen slik som antydnet i kap. 2.3.4 bør også vurderes.

For fornebu kan avisningsvæsken overføres til VEAS. Dette betinger imidlertid at avising og lagring av snø forurenset med avisingsvæske skjer på egnede områder med effektive drenerings- og oppsamlings-systemer. Alternativet med gjenvinningsanlegg kan også benyttes.

3. DE ENKELTE UNDERSØKELSER

3.1 MÅLESTASJON I RAVINE

3.1.1 Metoder og oppbygging

For å kunne måle mengden av avisingsvæske som dreneres via flyplassens overvannssystem ble en målestasjon innstalert ved overvannskulvertens utløp i ravinen vest for flyplassen.

Målingen av vannføringen fra utløpet ble gjort med 45 graders v-overløp. V-overløpet og utløpet av kulverten ble bygd inn i et lite isolert hus for å motvirke frostdannelse i overløpet. På toppen av dette huset ble et instrumenthus plassert med måleinstrumenter, prøvetaker og doseringspumpe for konserveringsmiddel.

Nivået på vannspeilet i v-overløpet ble målt med en Endres+Hauser DMU 2160. Den målte nivået etter ultralydprinsippet og målenøyaktigheten var 2 mm. Den beregnet vannføringen etter:

$$Q = C \cdot h^A$$

Q = vannføring i liter/sek.

h = høyde vannspeil i mm.

C og A er konstanter.

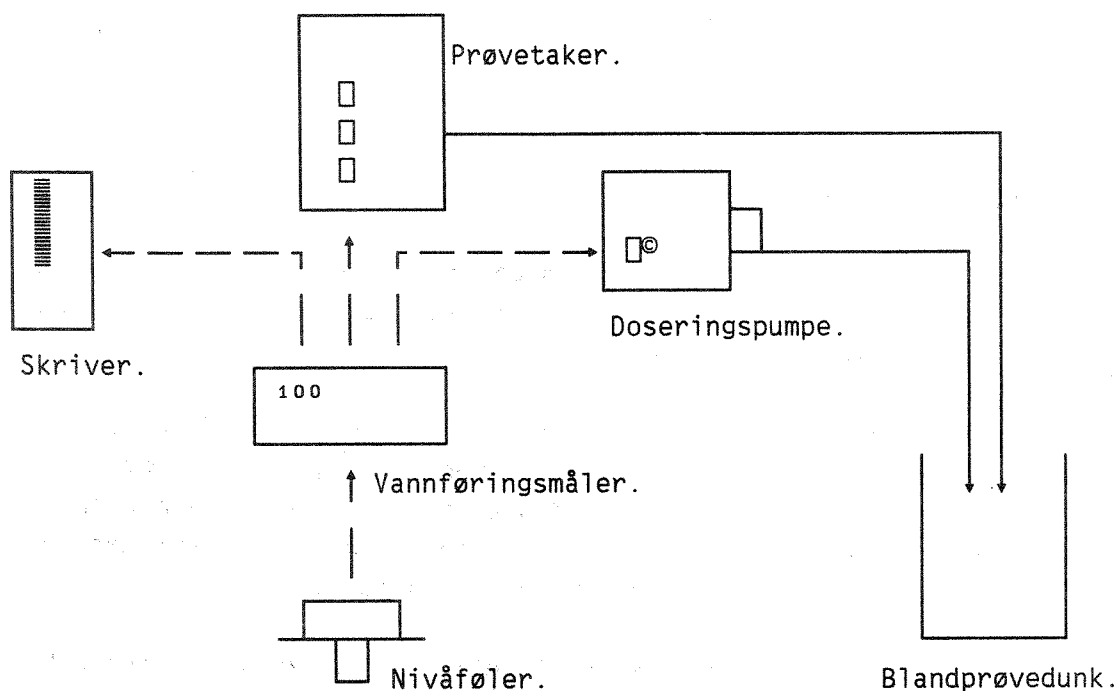
Etter en del kalibreringsmålinger ved forskjellig vannføring og regresjonsanalyse av logaritmeverdiene til disse, ble konstantene satt lik:

$$C = 1.45 \cdot 10^{-4}$$

$$A = 2.11$$

Disse konstantene gav en god beskrivelse av v-overløpets karakteristikk og nøyaktigheten i vannføringsmålingene ble innen 15%. Kalibreringsdataene og regresjonsanalysen er vist i bilag 5.

Vannmengden gjennom v-overløpet ble beregnet ved kontinuerlig integrering, og vannmengden mellom hver prøvetaking kunne velges. Når den valgte vannmengde hadde passert gjennom v-overløpet, ga vannføringsmåleren et signal til prøvetakeren, en doseringspumpe og en skriver (se figur 3.1.1.1.).



Figur 3.1.1.1. Prinsippskisse for målestasjonens instrumentering.

Skriveren som ble benyttet, var en Endress+Hauser - Wetzter Messtechnik VP 9550. Ved hver prøvetaking ble øyeblikksverdien for vannføringen, vannmengden siden forrige prøve, dato og tid skrevet ut. Ved midnatt ble automatisk vannmengden som hadde passert siste døgn og gjennomsnittsvannføringen for døgnet skrevet ut.

Prøvene fra utløpet ble tatt proporsjonalt til vannmengden. I løpet av måleperioden ble det tatt prøver hver 0.5 m^3 , 1 m^3 og 5 m^3 . Prøvetaking for hver 5 m^3 ble brukt under snøsmeltingen. En blandprøvetaker type Ulma Elektro UFA 120 ble brukt til dette. En 16 mm slange, isolert og oppvarmet med varmekabel, ble ført fra prøvetakeren og ned i v-overløpet.

Hver prøve som ble sugd opp hadde et volum på 118 ml. Prøvene ble tømt ned i en blandprøvedunk, som ble tømt ved besøk. Samtidig som den ble tømt ble en 100 ml glassflaske fylt opp med dunkens innhold. Denne prøven ble brukt til videre analyse.

For å unngå biologisk nedbrytning av propylenglykolen i blandprøvedunken ble konserveringsmiddel tilsatt. Dette ble gjort av en doseringspumpe som ved hver prøvetaking sprøyte 1.1 ml kvikksølvkloridløsning ($0.2 \text{ gram/liter HgCl}_2$) ned i blandprøvedunken.

For å motvirke frost i målestasjonen ble en 2000 W varmeovn montert i instrumenthuset og varmekabel lagt under blandprøvedunken.

3.1.2 Analyser

Blandprøvene ble analysert med hensyn på innhold av propylenglykol. Dette ble gjort ved bruk av gasskromatograf. Kolonnen som ble benyttet i gasskromatografen var en Porapack Q med lengde 152.4 cm og diameter 2 mm. Arbeidstemperaturen for kolonnen var 180-200 °C. Nitrogen ble brukt som bæregass i en mengde på 20 ml/min. Flammeionisasjonsdetektor ble brukt. Detektortemperaturen var 300 °C.

En mengde 5 µl av blandprøven ble sprøytet inn i gasskromatografen. Målenøyaktighet for analysen er 6%.

3.1.3 Resultater

Data brukt til fremstilling og beregning av resultater i dette avsnitt, er vist i bilag 6.

Vannføringen fra overvannsystemet (se kap.4.1) gjennom sesongen er vist i figur 3.1.3.1 Den akkumulerte vannmengden gjennom sesongen er vist i figur 3.1.3.2.

Vannføringskurven i uke 51 i begynnelsen av måleperioden er ca. 100 m³/døgn. Vannføringen avtar jevnt til og med uke 11 til 15-20 m³/døgn. Et unntak er uke 6 hvor det er en liten markant økning. Det skyldes snøsmelting på grunn av mildvær. I denne perioden er det ingen markant økning i den akkumulerte vannmengden. Døgnmiddeltemperaturen (kap.3.7) i hele perioden, unntatt i uke 6, har vært under 0 °C. Dette viser at all nedbør (kap.3.7) i denne perioden har falt som snø. Da overvannsystemet drenerer vann i denne perioden, må dette være drenert grunnvann. Snøen som har falt må være akkumulert i snødeponier.

I perioden uke 12 til uke 18 øker vannføringen fra 20 m³/døgn til ca. 400 m³/døgn. Vannføringen er her vesentlig mer ujevn, og sesongens største avrenning på over 1000 m³/døgn skjer i uke 13. Den akkumulerte vannmengden øker markant i denne perioden. Døgnmiddeltemperaturen for perioden er over 0 °C, og sesongens største døgnnedbør intreffer midt i uke 13. Vidre intreffer betydelige nedbørsepisoder i siste halvdel av uke 15 og slutten av uke 16. Økningen i vannføringen og den akkumulerte vannmengden viser at snøsmeltingen skjer i denne perioden. Overvannsystemet er ikke frosset igjen, og de store variasjonene i

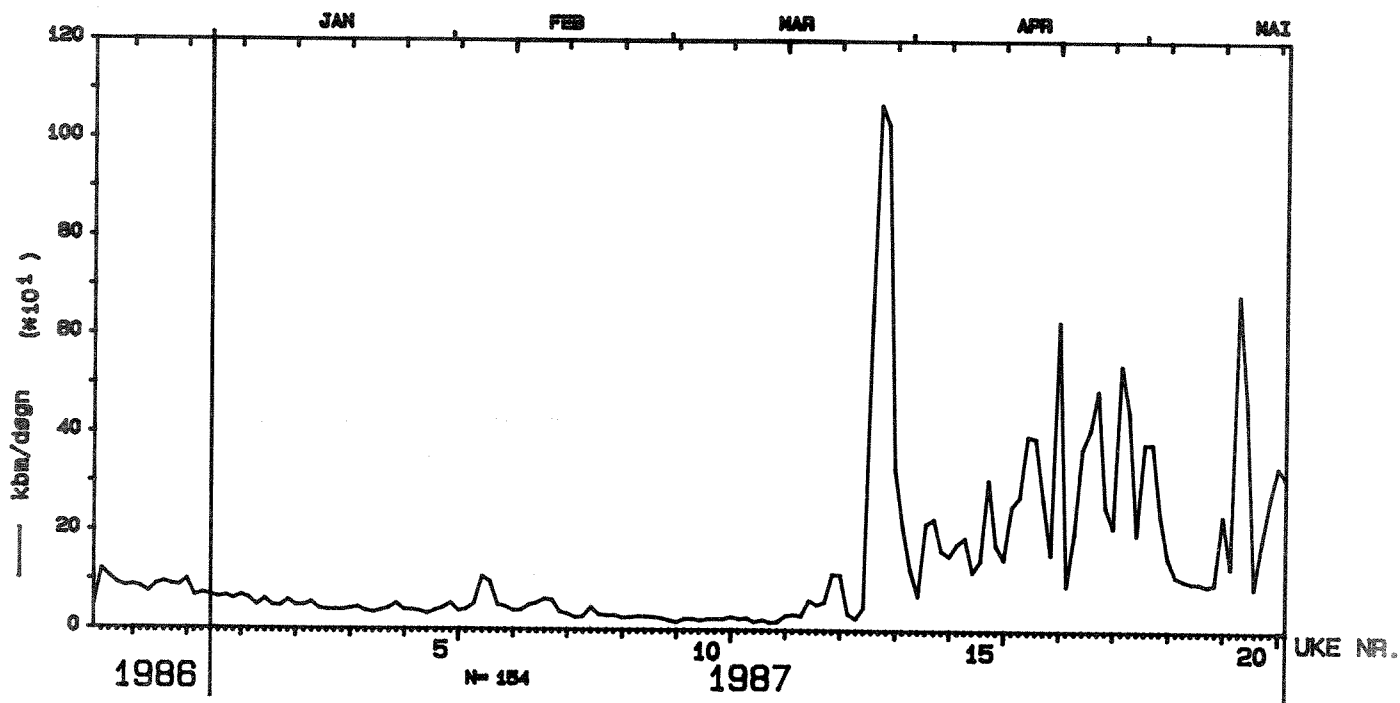
avrenningen skyldes dels nedbør og dels variasjon i snøsmelting.

For tidsrommet uke 19 - uke 21 varierer vannføringen sterkt. Laveste vannføring er $90 \text{ m}^3/\text{døgn}$ og høyeste er nesten $700 \text{ m}^3/\text{døgn}$. Etter hver episode med økning i vannføringen, avtar den raskt ned til ca. $100 \text{ m}^3/\text{døgn}$. Dette viser at avrenningen skyldes regnvær og at snøsmeltingen er slutt. Dreneringen fra grunnvannet har kommet opp på samme nivå som ved starten av måleperioden.

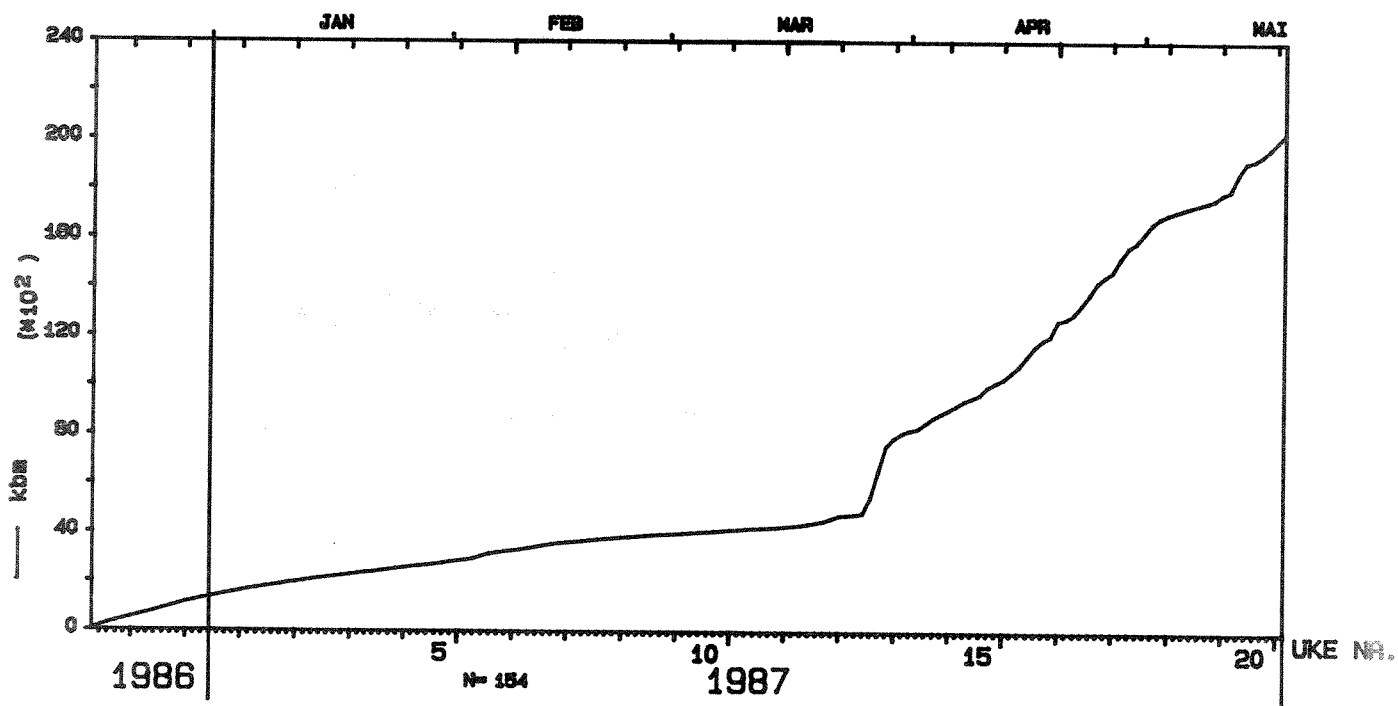
Betraktes døgnavrenningen av propylenglykol (fig. 3.1.3.4), er det lite propylenglykol som renner av i tidsrommet uke 51 til og med uke 11. Det som renner av kommer som små avrenningstopper i uke 51, 6 og 7. Den akkumulerte avrenningen (fig. 3.1.3.5) har en meget svak økning i hele denne perioden. Den prosentvise akkumulerte avrenningen av propylenglykol i forhold til det akkumulerte forbruket (fig. 3.1.3.6) viser en nedgang fra ca. 20% til en 5-6% i uke 51-52, for så å holde seg konstant på dette nivå til uke 11.

Dette resultat viser at overvannssystemet på flyplassen i uke 51 til uke 11 hovedsakelig er tett og drenerer lite av den forbrukte avisingsvæsken. Avrenningen i uke 51 skyldes at overvannssystemet ennå ikke er helt tett av snø og is. avrenningen i uke 6 og 7 skyldes at overvannssystemet har åpnet seg på grunn av en mildværsperiode.

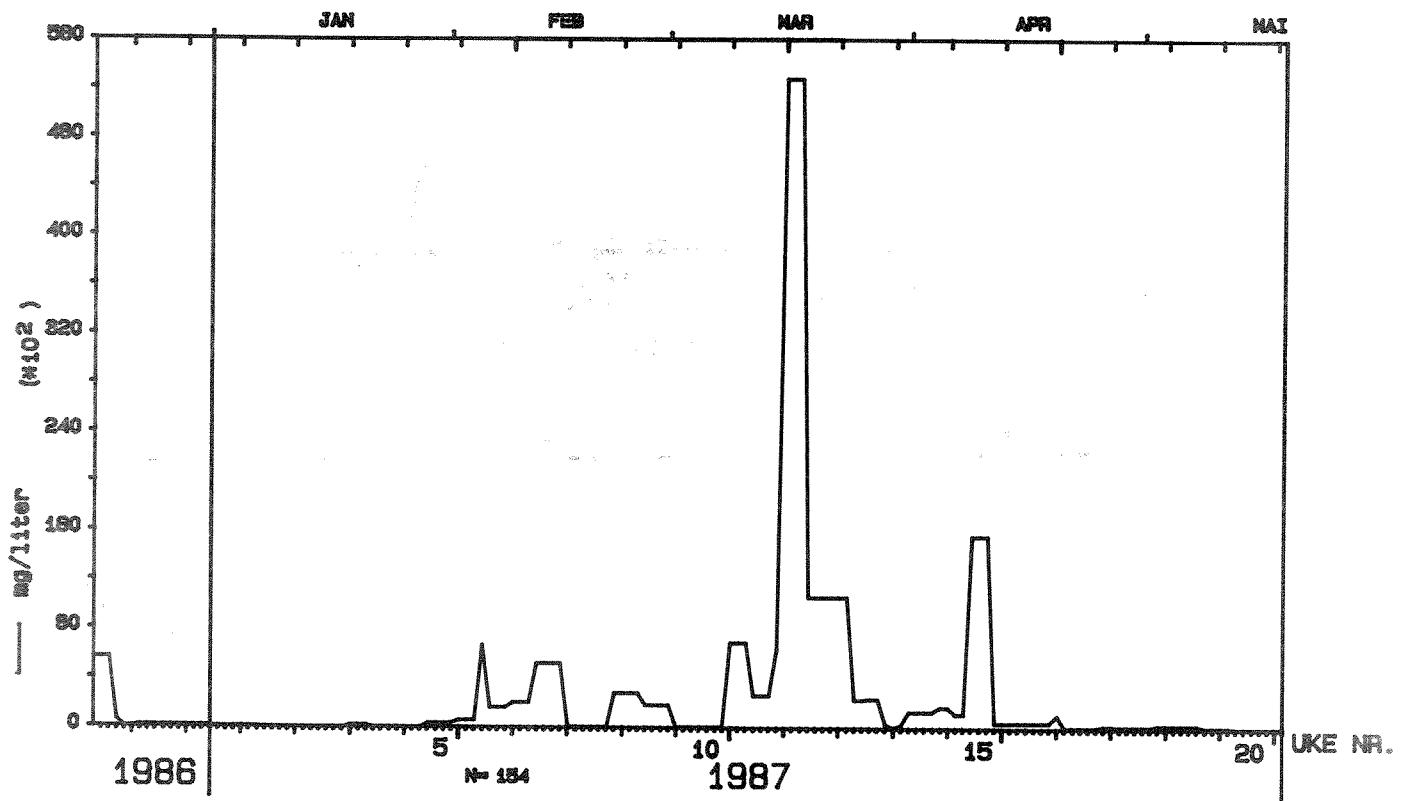
I uke 12 til og med uke 15 skjer en dramatisk økning i døgnavrenningen av propylenglykol. Den varierer også mye. Døgnavrenningen er flere dager vesentlig større enn døgnforbruket. I denne perioden øker den akkumulerte avrenningen av propylenglykol sterkt. I forhold til det akkumulerte forbruket øker den akkumulerte avrenningen (fig. 3.1.3.6) fra 6% til 25%. Konsentrasjonen av propylenglykol i avrenningen er spesielt høy tidlig i dette tidsrommet. Dette fremgår av konsentrasjonen på blandprøvene (fig. 3.1.3.3).



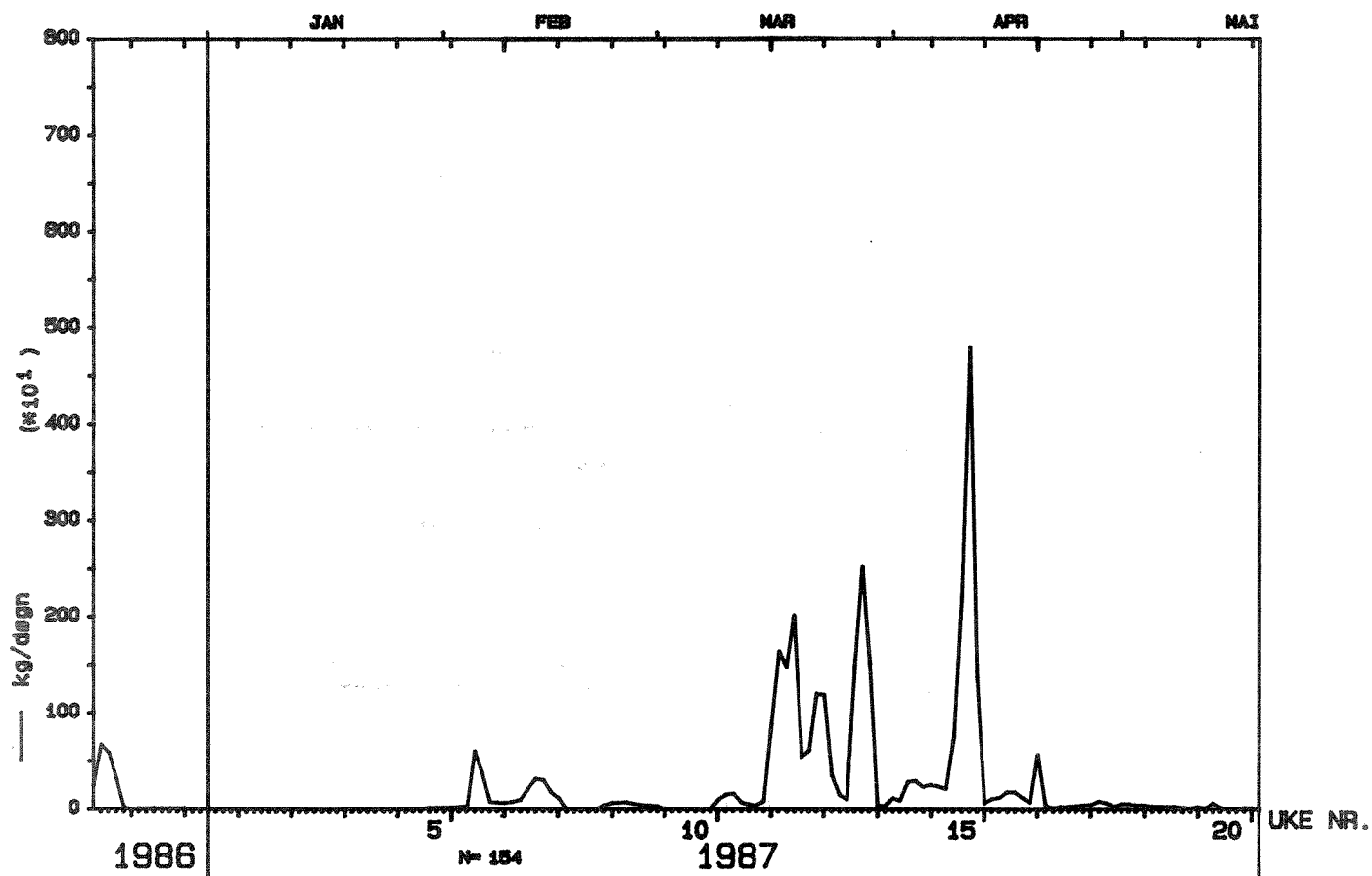
Figur 3.1.3.1. Vannføring fra overvannsystemet for perioden 17.12.86 til 19.5.87.



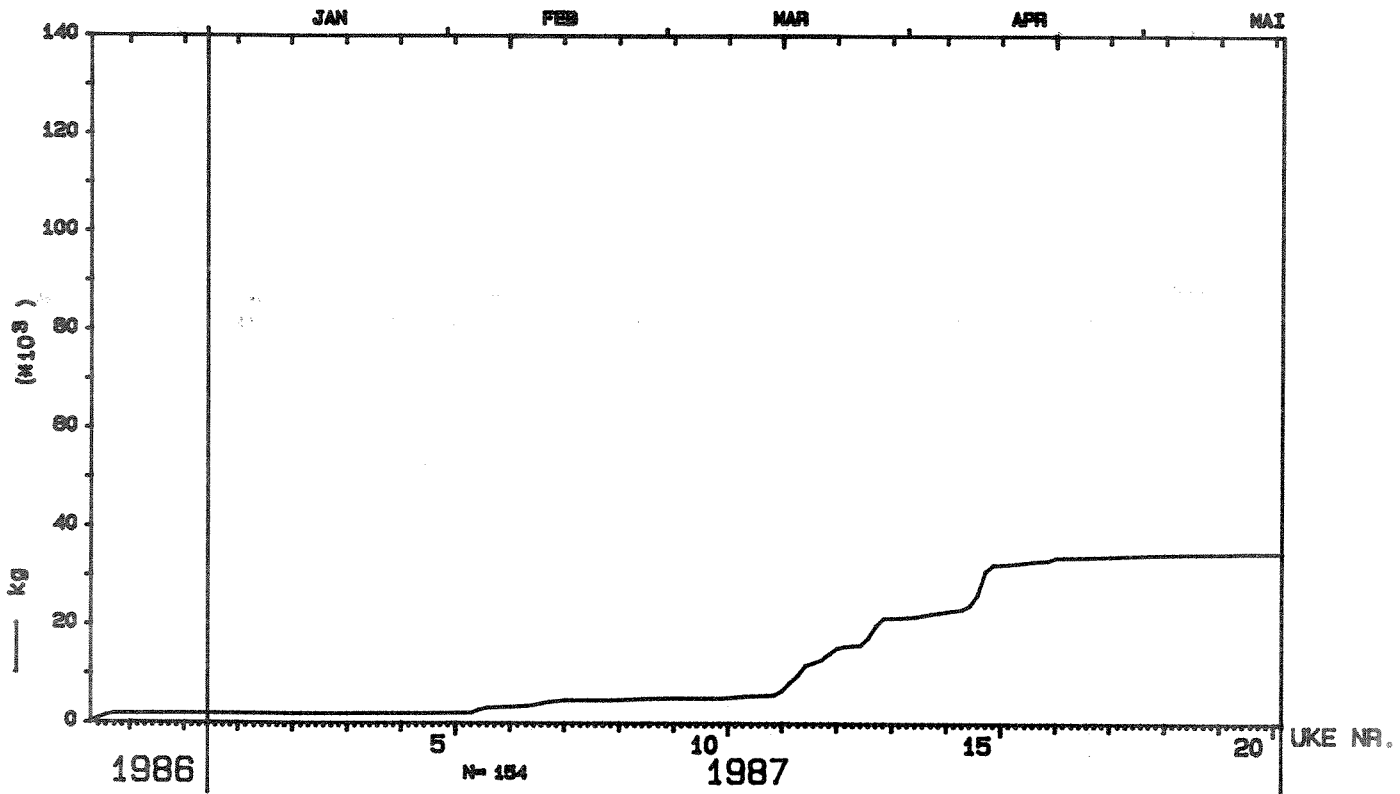
Figur 3.1.3.2. Akkumulert vannmengde fra overvannsystemet for perioden 17.12.86 til 19.5.87.



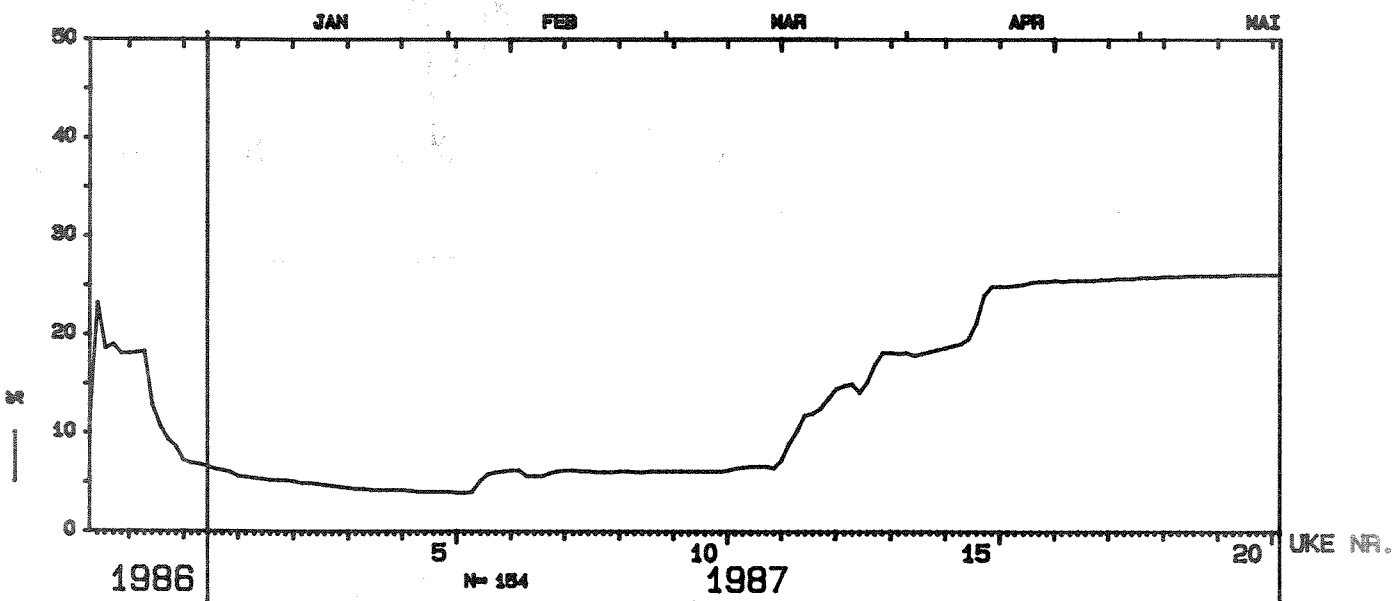
Figur 3.1.3.3. Konsentrasjon av propylenglykol i blandprøver fra målestasjon.



Figur 3.1.3.4. Døgnavrenning av propylenglykol fra overvannssystem.



Figur 3.1.3.5. Akkumulert avrenning av propylenglykol fra overvannssystem.



Figur 3.1.3.6. Prosent akkumulert avrenning av propylenglykol i forhold til akkumulert forbruk.

Snøsmeltingsperioden er fra vannføringsobservasjoner bestemt til tidsrommet uke 12 til 18. Den markante økningen i avrenningen av propylenglykol faller sammen med første halvdel av snøsmeltingsperioden. Det betyr at en god del av den brukte avisingsvæsken, som består hovedsakelig av propylenglykol, følger med snøen og renner av under snøsmeltingen. Konsentrasjonen av propylenglykol (fig. 3.1.3.3) i avrenningen samholdt med observasjonen av at hovedmengden av propylenglykolen renner av under første halvdel av snøsmeltingen, er i samsvar med resultatet fra avrenningsforsøket utført i laboratoriet (kap.3.4). Dette betyr at i begynnelsen av snøsmeltingen skjer det en oppkonsentrering av avisingsvæsken i smeltevannet, slik at mesteparten renner av under første halvdel av denne.

I tidsrommet uke 16 til uke 21 er det liten avrenning av propylenglykol fra overvannsystemet. Bortsett fra tidlig i uke 17 er det ikke noe forbruk av avisingsvæske i denne perioden. Da overvannsystemet drenerer grunnvann må de små mengdene som kommer, komme med grunnvannet.

3.2 SNØDEPONERING - INNHOLD AV AVISINGSVÆSKE

3.2.1 Metoder

For å bestemme den mengden avisingsvæske som ble brøytet vekk med snøen fra oppstillingsplassen for fly, ble det tatt snøprøver fra snødeponiet.

Bilag 7 viser skisse av oppstillingsplassen for fly med omliggende områder. Hovedsnødeponiets plassering var på rabatten mellom oppstillingsplassen og rullebanen. Snøprøvene ble tatt fra dette snødeponiet rett ut for avgangshallen.

De første prøvene ble tatt den 5 februar 1987. Da ble det tatt 16 snøprøver, hvor 12 ble tatt inne på deponiet og 4 fra sørpesnøen i kanten på deponiet. Prøvene ble tatt i 4 rader med 4 prøver i hver rad. Avstanden mellom radene langs deponiet var 25 m. Avstanden mellom prøvene i hver rad innover deponiet var 5 m, og bestemt ut fra hvor langt snøfreserne hadde kastet snøen inn på deponiet.

Den andre prøveserien ble tatt den 3 mars 1987 på samme sted som de forrige prøvene. Denne gangen ble det tatt 9 prøver fordelt på 3 rader. Avstanden mellom midterste rad og de to andre var 22 m og 35 m. Alle prøvene ble tatt i deponiet med 5 m avstand mellom prøvene i radene.

Prøvetakingen ble utført ved at et hull ble gravd ned til bakken. Sylinderprøver med snø ble tatt langs en rettskåret kant helt ned til bakken. Et pleksiglassrør med indre diameter 80 mm og lengde 60 cm ble brukt til dette. Dybden på hullet ble målt der hvor sylinderprøven ble tatt.

Ved ankomst NIVA ble prøvene satt til tining i 11 liters plastbøtter, som ble dekket til. Konserveringsmiddel ble tilsatt før tining. Etter tining i ett døgn ble volumet på smeltevannet målt og propylenglykol-konsentrasjonen bestemt etter metoden beskrevet i kapittel 3.1.2.

3.2.2 Resultat

Tabell 3.2.2.1 Resultat fra snøprøver tatt fra snødeponiet.

| Måling/Analyse | Dato | Gjennomsnitt | Standaravvik |
|--|--------|--------------|--------------|
| Dybde (cm) | 5.2.87 | 169 | 13 |
| | 3.3.87 | 219 | 16 |
| Snøtetthet (kg/m ³) | 5.2.87 | 360 | 20 |
| | 3.3.87 | 410 | 16 |
| Konsentrasjon propylenglykol (kg/m ³ vann) | 5.2.87 | 2.50 | 0.72 |
| | 3.3.87 | 2.92 | 0.63 |

Da de første snøprøvene ble tatt, ble det målt at snøfreserne under brøyting kastet snøen 30 m inn på deponiet. Snø med innhold av propylenglykol antas derfor å finnes i bredde på 30 m langs hele deponiet. Lengden på deponiet er fra kartmålinger bestemt til 530 m. Resultatet i tabell 3.2.2.1 (Bilag 1) sammen med opplysningene om lengde og bredde på snødeponiet, er brukt til å beregne mengden av propylenglykol i snødeponiet. Resultatet fra beregningene er vist i tabell 3.2.2.2.

Tabell 3.2.2.2. Mengde propylenglykol i snødeponi.

| Dato | Mengde propylenglykol (kg) |
|--------|----------------------------|
| 5.2.87 | 24000 |
| 3.3.87 | 41000 |

Standaravvikene i tabell 3.2.2.1 viser at beregnet mengde propylenglykol i snøen kan variere en god del. Beregningene må derfor betraktes som grove. Resultatet viser imidlertid at det finnes store mengder propylenglykol i snømassene. Den 5.2.87 ble det også tatt prøver av sørpesnøen som lå ved kanten av snødeponiet. Dette var snø som ganske nylig var brøytet vekk fra oppstillingsplassen for flyene. Smeltevannet fra sørpesnøen inneholdt gjennomsnittlig ca. 9 kg propylenglykol pr. m³. Det er ca. 3 ganger høyere en gjennomsnittet i deponiet. Dette viser at store mengder avisingsvæske fraktes med snøen som brøytes vekk fra oppstillingsplassen til snødeponiene.

3.3 SUBLIMERING FRA SNØ

3.3.1 Metoder.

Siden en god del av avisingsvæsken transporteres med snøen og lagres i denne, var det av interesse å finne ut om sublimering fra snødeponiene fant sted.

Dette ble undersøkt ved at snø tilsatt avisingsvæske ble lagret i plastsekker av gjennomsiktig plast. Gjennomsiktige plastsekker ble valgt for mest mulig å unngå veggeffekter. Forsøket ble startet den 25.2.87.

I alt 8 plastsekker på 100 liter ble fylt med ca. 55 liter snø. 100.0 ml avisingsvæske som inneholdt 593.68 g propylenglykol pr. liter ble tilsatt hver sekk. Avisingsvæsken ble tilsatt lagvis i sekken ved hjelp av en liten dusjflaske. Dusjflasken ble tilslutt skylt 3 ganger med vann for å overføre avisingsvæsken kvantitativt. Sekkene ble plassert nede i snøen, slik at overflaten på snøen i sekken var jevnt med overflaten på omkringliggende snø. Sekkene ble tatt inn to og to ved forskjellig lagringstid. Snøen ble smeltet i kar. Volumet på smeltevannet ble målt, og mengden propylenglykol i smeltevannet målt etter metoden beskrevet i kap. 3.1.2.

3.3.2 Resultat

Tabell 3.3.2.1. Mengde propylenglykol i snø lagret i sekker.

| Sekk nr. | Propylenglykol (gram) | Lagringsdøgn |
|----------|-----------------------|--------------|
| 3 | 58.50 | 9 |
| 5 | 59.93 | 9 |
| 6 | 53.42 | 55 |
| 7 | 66.45 | 55 |
| 2 | 52.71 | 40 |
| 1 | 54.92 | 40 |
| 4 | 56.17 | 57 |
| 8 | 56.07 | 57 |

Mengden propylenglykol etter lagring i sekkene, er vist i tabell 3.3.2.1 (Bilag 2). Alle sekkene ble tilsatt 59.368 gram propylenglykol. Det som har forsvunnet av propylenglykol fra sekkene er forsvunnet ved sublimering. Mengden sublimerert som funksjon av lagringstiden kan bestemmes fra resultatene i tabell 3.3.2.1, ved bruk av regresjonsanalyse. Resultatet fra sekk 7 brukes ikke i regresjonsanalysen fordi det er sterkt avvikende. Mengden som ble tilsatt sekkene (0 lagringsdøgn) tas med.

Regresjonsanalysen gir som resultat (Bilag 2):

$$W = 59.31 - 0.0876 \cdot d$$

W = Mengde propylenglykol i sekk etter lagring (gram).
d = antall lagringsdøgn.

Ved omforming av ligningen over finnes et uttrykk for mengden som sublimerer:

$$PS = 0.148 \cdot d$$

PS = Prosent sublimerert propylenglykol.

Denne ligningen gir uttrykk for det som forsvinner fra et snødeponi tilsatt en bestemt mengde avisingsvæske ved et gitt tidspunkt. I virkeligheten får snødeponiet tilført snø med avisingsvæske gjennom hele lagringsperioden. Det betyr at den første snøen som ble tilført deponiet ikke har samme lagringstid som den siste. Med utgangspunkt i forbruket av avisingsvæske, er det grunn til å tro at tilførselen skjer jevnt gjennom hele lagringsperioden. Det betyr at den gjennomsnittlige lagringstiden for den tilførte snøen er halvparten av tiden til den første tilførte snøen. Mengden avisingsvæske som finnes pr. volumenhet snø kan også variere og påvirke sublimeringsmengden. De målinger som er foretatt tyder på at variasjonene ikke er så store at de får særlig innvirkning. Utrykket for den sublimering som skjer fra et deponi som jevnt får tilført snø med avisingsvæske blir da:

$$PS = 0.074 \cdot D$$

D = Antall døgn siden første akkumulering startet.

Forsøkene ble gjennomført med en avisingsvæskemengde i snøen, som var lik den i snødeponiet. Den siste ligningen indikerer derfor hvor mye

avisingsvæske som sublimerer fra snødeponiet på Oslo Lufthavn Gardermoen. En beregning med starttidspunkt 25.12.86 er vist i tabell 3.3.2.2.

Tabell 3.3.2.2. Sublimering av avisingsvæske fra snødeponi på Oslo Lufthavn Gardermoen.

| Dato | Mengde sublimeret (%) |
|--------|-----------------------|
| 5.2.87 | 3 |
| 3.3.87 | 5 |
| 3.5.87 | 10 |

Resultatet viser at det er lite propylenglykol og dermed avisingsvæske som forsvinner ved sublimering. Damptrykket av ren propylenglykol ved 45.5 °C er 0.0013 atmosfærer (1 mm Hg)(5). Ved lavere temperatur er damptrykket lavere. Det lave damptrykket til propylenglykol indikerer at små mengder fordamper ved temperaturer omkring 0 °C. Dette samsvarer med undersøkelsens resultat.

3.4 AVRENNING FRA SNØ

3.4.1 Metoder

Siden mye avisingsvæske lagres i snøen og avrenningens karakter kan få betydning for de tekniske tiltak som må gjøres, ble det gjennomført et laboratorieforsøk for å belyse avrenningsforholdene.

Forsøket ble gjennomført ved å smelte snø tilsatt avisingsvæske i klimarom. En mengde på 11 liter snø med tetthet 256 kg/m^3 ble fylt på en plastbeholder med åpning i bunnen. Snøen ble tilsatt 15.00 ml avisingsvæske som inneholdt 593.68 gram propylenglykol pr. liter. Avisingsvæsken ble tilsatt lagvis med en dusjflaske. Plastbeholderen med snø ble plassert i et klimarom med konstant temperatur på $3.0 \text{ }^\circ\text{C}$.

Smeltevannet fra plastbeholderen ble fra åpningen i bunnen ledet gjennom en slange til en fraksjonssamler. Fraksjoner på 26 ml ble samlet. Fraksjonene fra fraksjonssamleren ble slått sammen i større fraksjoner. Volumet på disse fraksjonene ble målt, og 6 stykker av de sammenslåtte fraksjonene ble analysert for å bestemme innholdet av propylenglykol. Det ble bestemt etter metoden i kap. 3.1.2.

3.4.2 Resultat

Totalt ble det samlet 2212 ml smeltevann. Forventet mengde var 2820 ml. På grunn av at noen få fraksjonsbeholdere i fraksjonssamleren ble overfylt, ble samlet mengde smeltevann mindre enn forventet. De fraksjoner som ble valgt ut til bestemmelse av innhold av propylenglykol, var fraksjoner som ikke var overfylt. Mengden propylenglykol i disse er vist i tabell 3.4.2.1 (Bilag 3).

De sammenslåtte fraksjonene utgjorde i alt 19 stykker. Gjennomsnittskonsentrasjonen av propylenglykol beregnet ut fra forventet smeltevannmengde er 3.151 g/liter . Omtrent første halvparten av smeltevannet kom ut med fraksjon 1-11. Konsentrasjonen av propylenglykol i dette smeltevannet er 1.2-1.7 ganger høyere enn gjennomsnittskonsentrasjonen. For siste halvdel av smeltevannet er konsentrasjonen 0.1-1.2 ganger gjennomsnittskonsentrasjonen. Dette betyr at mesteparten av avisingsvæsken renner av med første halvdel av smeltevannet.

Tabell 3.4.2.1 Mengde propylenglykol i fraksjonert smeltevann.

| Fraksjon nr. | Konsentrasjon av propylenglykol(g/liter) |
|--------------|--|
| 1 | 5.365 |
| 3 | 4.864 |
| 7 | 4.828 |
| 11 | 3.791 |
| 15 | 2.947 |
| 17 | 2.031 |
| 19 | 0.315 |

Forskning på sur nedbør forurensninger i smeltevann fra snø (2,3), viser at 80 % av forurensningene kommer ut med den første tredjedelen av smeltevannet. Dette støtter observasjonene fra denne undersøkelsen.

3.5 TRANSPORT MED FLY

3.5.1 Litteratur-Informasjon fra andre kilder

En undersøkelse utført ved Montreal International Airport i 1972 viste at 74 % av totalt forbrukt avisingsvæske rant av gjennom avløpssystemet fra flyplassen (4). I måleperioden ble det forbrukt ca. 1.26 millioner liter avisingsvæske, med et totalt biokjemisk oksygenforbruk på 379 000 kg. Den samme undersøkelsen refererer også til undersøkelser om tap av avisingsvæske under avisingsoperasjonen. Undersøkelsen av tapet viser at av 374 liter avisingsvæske som sprøytes på flyet forsvinner 91 liter med flyet.

Opplysninger fra selskapet Deicing System i Luleå viser at ca. 22 % av den avisingsvæske som sprøytes på flyet forsvinner med flyet og fordamper under avisingsoperasjonen. Tallene baserer seg på driften av et kombinert avisings og gjenvinningsanlegg ved flyplassen i Luleå. Av 500 liter avisingsvæske som sprøytes på flyet forsvinner ca. 100 liter med flyet. I tillegg forsvinner et par prosent under avisingsoperasjonen.

På grunnlag av de opplysningene som er gitt over er det grunn til å tro at gjennomsnittlig 25 % av den avisingsvæske som sprøytes på et fly forsvinner under avisingsoperasjonen og med flyet. Da andelen som hefter seg til flyet avhenger av mengden som sprøytes på, gjelder dette tallet når gjennomsnittlig påsprøytet mengde er ca. 500 liter.

3.6 AVISINGSVÆSKE - VIRKNING PÅ MILJØ.

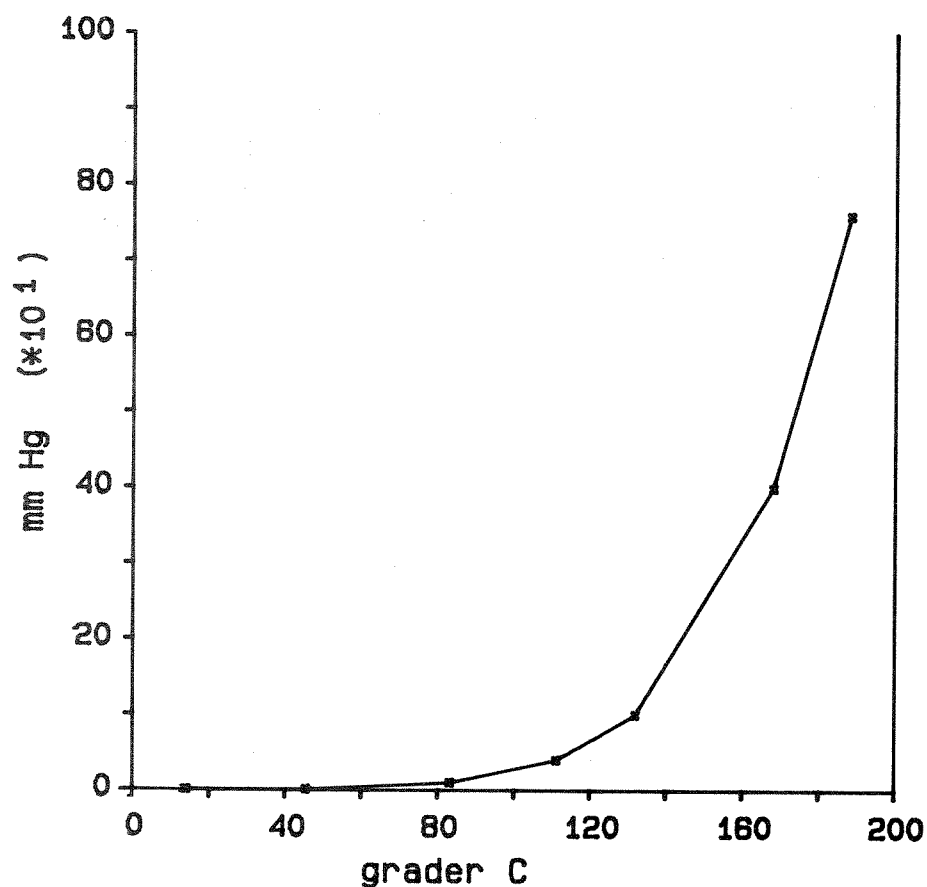
3.6.1 Miljøegenskaper.

Hvilke konsekvenser en miljøgift forårsaker i en resepiert, bestemmes av dens fysikalsk-kjemiske egenskaper, vannforurensnings faktorer og biologiske effekter. Siden avisingsvæsken hovedsaklig består av propylenglykol vurderes egenskapene til dette stoffet. Disse er vist under. En bemerkning til dette er at avisingsvæsken også inneholder mindre mengder med korrosjons-inhibitorer og fuktemidler. Dette kan være stoffer som selv i små mengder kan ha alvorlige miljøkonsekvenser. Det har ikke vært mulig å fremskaffe opplysninger om hvilke stoffer dette er, og de har derfor ikke blitt vurdert.

Fysikalsk-kjemiske egenskaper til propylenglykol (1.2 propandiol)(5):

Vannløslighet: Ingen begrensning.

Tetthet 20 °C: 1.036 g/cm³.



Figur 3.6.1.1. Damptrykk til propylenglykol som funksjon av temperaturen.

Tabell 3.6.1.1. Tetthet på blanding av vann og propylenglykol.

| % Propylenglykol | Tetthet (g/cm ³) |
|------------------|------------------------------|
| 0.5 | 0.9985 |
| 2.0 | 0.9994 |
| 4.0 | 1.0008 |
| 6.0 | 1.0022 |
| 8.0 | 1.0037 |
| 10.0 | 1.0054 |
| 14.0 | 1.0088 |
| 18.0 | 1.0124 |
| 24.0 | 1.0178 |

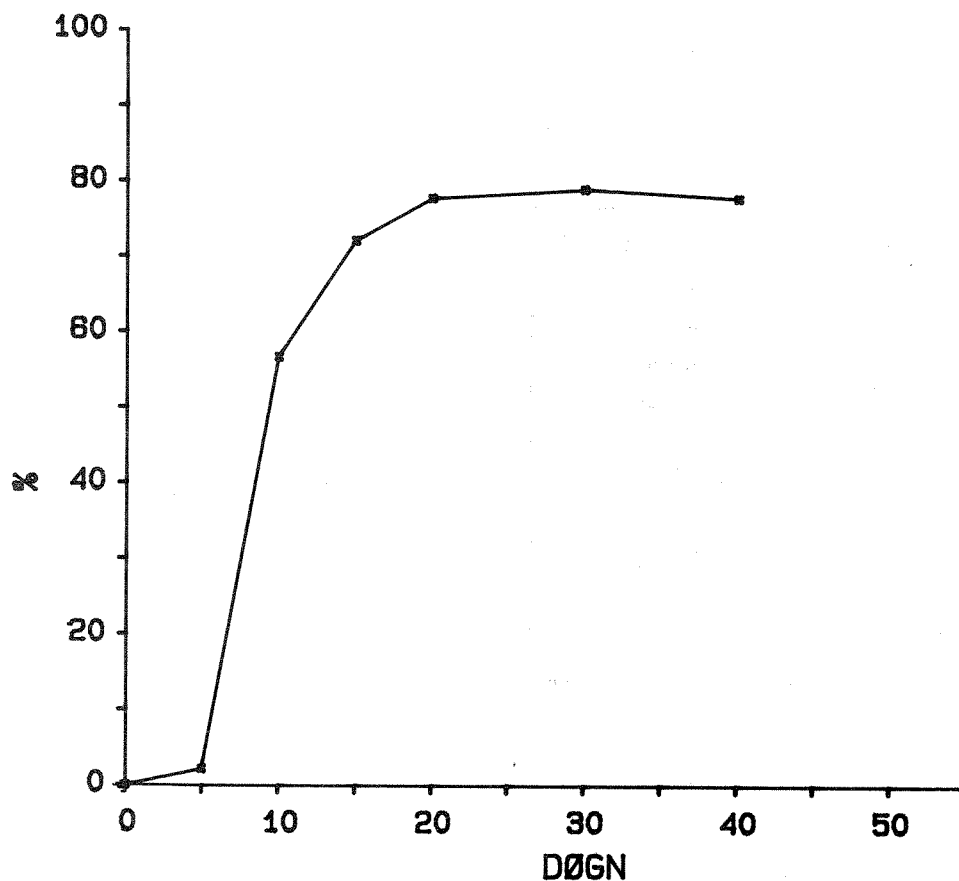
Vannforurensningsfaktorer (6):

BOF₅: 0.995 gram O/gram.

BOF₂₀: 1.225 gram O/gram.

KOF(KMnO₄): 0.727 gram O/gram.

TOF (teoretisk oksygenforbruk): 1.685 gram O/gram.



Figur 3.6.1.2. Biologisk oksygenforbruk i forhold til teoretisk oksygenforbruk ved nedbrytning i oksygenrik reseipient. Temperatur 20 °C.

Biologiske effekter (6):

Alger (Chlorella pyrenoidosa)-giftig: 92 gram/liter.

Oralt inntak LD₅₀: Rotter: 32.5 ml/kg
 Kanin: 18.5 ml/kg
 Hund: 9.6 ml/kg

Damptryksskurven over viser at lite av avisingsvæsken vil fordampe. Den er meget vannløselig. Av disse to grunner vil den hovedsaklig foreligge i vannfasen. Tettheten er noe større enn vann. Det gjelder også for vannløsninger med større konsentrasjon en 4 %. Det betyr at den kan danne sjiktninger i bunnen av sjøer.

Avisingsvæsken vil omsettes biologisk med et høyt oksygenforbruk. Reseipienter kan derfor bli anaerobe ved tilførsel av avisingsvæsken.

Alger tåler høye konsentrasjoner før en giftvirkning av avisingsvæsken oppstår. (Bemerkning: Tilsetningsstoffene kan ha langt større giftvirkning).

3.6.2 Virkning og resepienter

Avisingsvæsken omsettes biologisk med et høyt oksygenforbruk. Tilføres en resepiert tilstrekkelige mengder avisingsvæske vil resepierten bli anaerob. Under anaerobe forhold vil nedbrytningen av avisingsvæsken fortsette, men på en annen måte og med andre mikroorganismer. I to undersøkelser utført av Sentrainsituttet for industriell forskning på Oslo Lufthavn Fornebu ble det påvist omsetningsprodukter som indikerer anaerob omsetning av avisingsvæsken (7,12). Propanol, isopropanol, oksydasjonsprodukter av propanol og isopropanol og hydrogensulfid var blandt de stoffene som ble påvist. Flere sulfatreduserendes bakterier kan omsette propanol anaerobt (8). Propanol er nær beslektet med propylenglykol. Da hydrogensulfid ble påvist på Fornebu, er det sansynlig at avisingsvæsken omsettes anaerobt av blant annet sulfatreduserendes bakterier under dannelse av hydrogensulfid - H_2S . De sulfatreduserendes bakteriene vil omsette avisingsvæsken til karbondioksyd (CO_2) og vann (8). De oksydasjonsprodukter som ble påvist i undersøkelsen på Fornebu, indikerer at de er et resultat av en fermenteringsprosess. Dette viser at andre mikroorganismer omsetter avisingsvæsken til de nevnte stoffene gjennom en fermenteringsprosess.

Bakteriell anaerob omsetning av avisingsvæske kan ikke forklare dannelsen av stoffer med løklignende lukt, som er observert på steder med utslipp av avisingsvæske. I undersøkelsen på Fornebu (12) ble følgende svovelforbindelser påvist:

Dimetylsulfid

Dimetuldisulfid

Dimetyltrisulfid

Dimetytetrasulfid

Merkaptanforbindelser av typen: $-C=CH-C=O$



Stoffer som har løklignende lukt er som følger(9,10):

| | |
|------------------|----------------------|
| C_2H_5SCN | Etylthiocyanat. |
| $C_3H_5SSC_3H_5$ | Diallyldisulfid. |
| $C_3H_5SSC_3H_7$ | Allylpropyldisulfid. |
| C_3H_5SH | Allylmerkaptan. |
| $C_2H_5SC_2H_5$ | Etylsulfid. |

De påviste merkaptanforbindelsene har store likhetstrekk med allylmerkaptan, slik at disse forventes å være årsaken til den løklignende lukten. Med utgangspunkt i stoffene propanol, propylenglykol, isopropanol og deres oksydasjonsprodukter, kan det forventes at disse stoffene sammen med hydrogensulfid og andre svovelforbindelser reagerer kjemisk og danner stoffer med løklignende lukt.

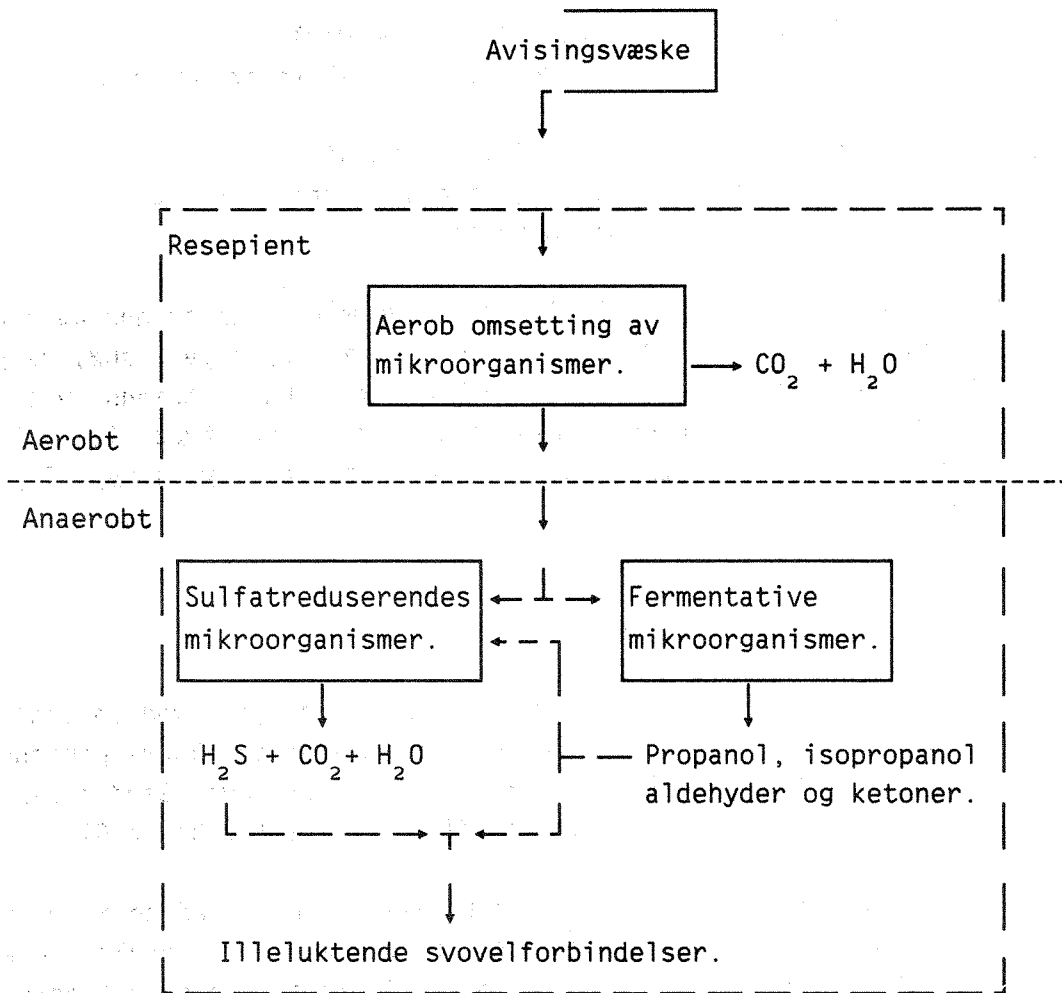
Hendelses forløpet i en resepiet som får tilført avisingsvæske basert på opplysningene ovenfor er vist skjematisk i fig. 3.6.2.1.

Hvor mye avisingsvæske som kan slippes ut i en resepiet før den blir anaerob avhenger av forhold som temperatur, oksygentilførsel, andre forurensninger og spesielle forhold knyttet til resepieten. En forenklet synsmåte, er å betrakte isolert 1 m^3 vann og det oksygen som finnes der. Ved 10°C inneholder 1 m^3 vann mettet med oksygen 6.4 gram O_2 . Ved aerobe forhold omsettes 80% av propylenglykolen. Skal alt oksygenet brukes opp må da 10 gram propylenglykol eller 13 gram ublandet avisingsvæske tilsettes. Det viser at det er en liten mengde som tolereres tilsatt.

Stille sjøer og grunnvann kan antas å ha forhold som tillater betraktningmåten over. Det betyr at meget lite avisingsvæske kan ved utslipp i slike resepieter forårsake anaerobe forhold.

I resepieter som elver og bekker med lufting av vannmassene er situasjonen annerledes. Da avisingsvæsken foreligger i vannfasen, kan den ved gode strømningsforhold fraktes langt vekk fra utslippsstedet og gjøre skade der. Er mengdene store nok kan hele elven/bekken gjøres anaerob nedenfor utslippsstedet. Ved mindre mengder kan avisingsvæsken omsettes aerobt. Aerob omsetning kan også føre til miljøskader, ved at oksygenivået blir så lavt at fisk dør. Videre foreligger det forhold avisingsvæsken kan danne bunnsjikt med innhold av avisingsvæske der hvor strømningsforholdene er rolige. Således kan flere steder langs transportveien få tilført nok avisingsvæske til at anaerobe forhold eller forhold med lavt oksygenivå oppstår.

Selve avisingsvæsken synes å være lite giftig. Tas utgangspunkt i tallene for propylenglykol kan 1 m³ vann tilsettes 115 kg ublandet avisingsvæske før den er giftig for alger. En forutsetning for dette er at avisingsvæskens andre tilsetningsstoffer ikke er giftige. Hovedproblemet med avisingsvæske blir da at den lett gjør en reseipient anaerob med dannelse av forhold som er giftige og miljøskadelige.



Figur 3.6.2.1 Sansynlig hendelsesforløp for nedbrytning av avisingsvæske i en reseipient.

3.7 FORBRUK AV AVISINGSVÆSKE - KLIMA

3.7.1 Type avisingsvæske og avisingprosedyrer

Det brukes i dag hovedsakelig to typer væsker til avising. Den ene væsken, som utblandet i vann brukes til avising av nedisede fly, kalles Kilfrost D.F eller Type 1. Den andre, som brukes ublandet for å motvirke nedising av fly, kalles Kilfrost ABC eller Type 2. De to avisingsvæskene har følgende sammensetning:

Kilfrost D.F.: 80 % Propylenglykol (1.2 Propandiol)
20 % Fuktemidler, korrosjonsinhibitorer og vann.

Kilfrost ABC: 50 % Propylenglykol (1.2 Propandiol)
50 % Vann, fortykningsmiddel, fuktemidler og korrosjonsinhibitorer.

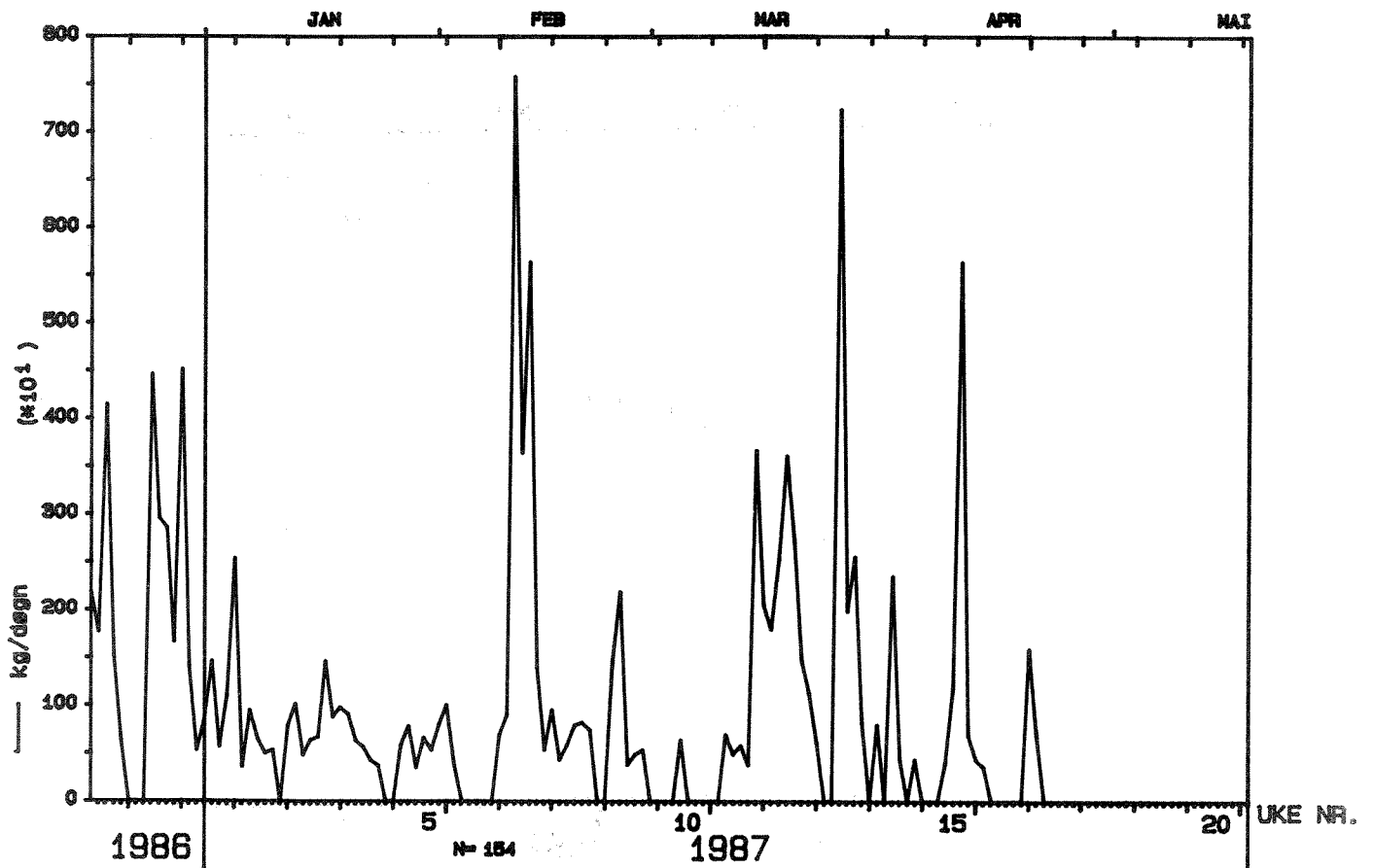
Avisingen av fly utføres på to forskjellige måter. En trinns avising gjennomføres ved at en oppvarmet blanding av vann og type 1 spøytes på flyet. Blandingen inneholder 50 % propylenglykol. En to trinns avising gjennomføres ved at en oppvarmet blanding av vann og type 1, eller bare vann, sprøytes på flyet. Når isen er fjernet spøytes type 2 på. En trinns avising benyttes mest.

3.7.2 Forbruk av avisingsvæske

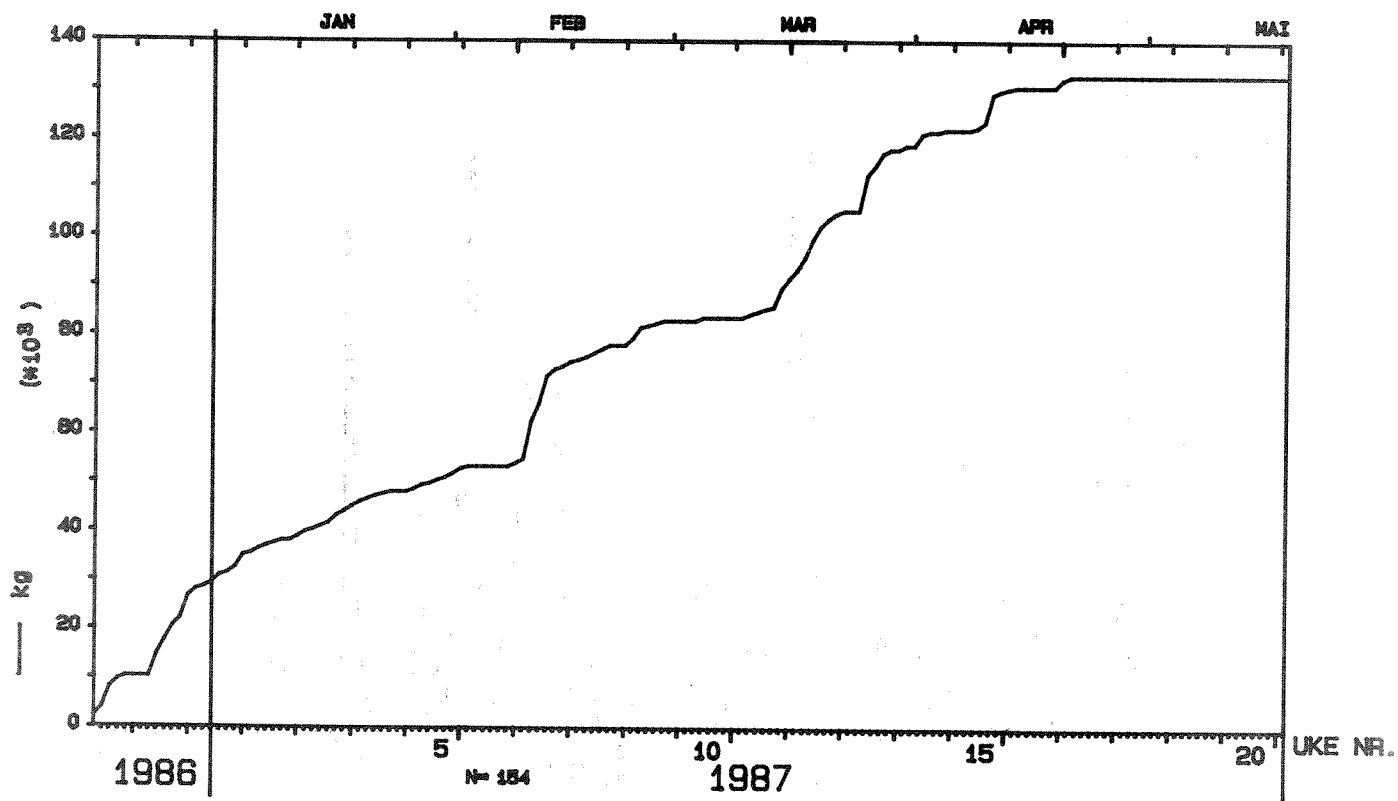
Innhenting av data om forbruk av avisingsvæsker er gjort ved personlig fremmøte hos flyselskapene, gjennom telefonsamtaler og korrespondanse pr. brev. Forbruket av avisingsvæsker på Oslo Lufthavn- Gardermoen i måleperioden er vist i fig. 3.7.2.1 og fig. 3.7.2.2 (se bilag 6).

Antall fly som er blitt aviset for flyselskapene SAS og Sterling airways i måleperioden er 351 fly. Disse selskapene har brukt total 228 075 liter ferdig blandet avisingsvæske på disse flyene. Det betyr at hvert fly i gjennomsnitt har blitt påsprøytet 650 liter ferdig blandet avisingsvæske.

Det totale forbruk av ferdig blandet avisingsvæske for hele vinteren 86/87 på Oslo Lufthavn Gardermoen er 280 000 liter. Det utgjør ca. 170 000 liter ublandet avisingsvæske type 1.



Figur 3.7.2.1. Døgnforbruk av avisingvæske på Oslo Lufthavn-Gardermoen i perioden 17.12.86 - 19.5.87 vist som forbruk av ren propylenglykol.



Figur 3.7.2.2 Akkumulert forbruk av avisingsvæske på Oslo Lufthavn Gardermoen i perioden 17.12.86-19.5.87 vist som forbruk av ren propylenglykol.

Det totale forbruk for flere sesonger av ublandet avisingsvæske type 1 og 2 på Oslo Lufthavn Fornebu er vist i tabell 3.7.2.1.

Tabell 3.7.2.1 Forbruk av ublannede avisingsvæsker på Oslo Lufthavn Fornebu.

| Sesong | Kilfrost D.F. (liter) | Kilfrost ABC (liter) |
|--------|-----------------------|----------------------|
| 84/85 | 315000 | 78500 |
| 85/86 | 236000 | 70550 |
| 86/87 | 515000 | 57900 |

3.7.3 Værdato

Opplysninger om værforholdene på Oslo Lufthavn Gardermoen er innhentet fra Det Norske Meteorologiske Institutt. Værdato for måleperioden er vist i fig. 3.7.3.1, fig 3.7.3.2, tabell 3.7.3.1 og tabell 3.7.3.2.

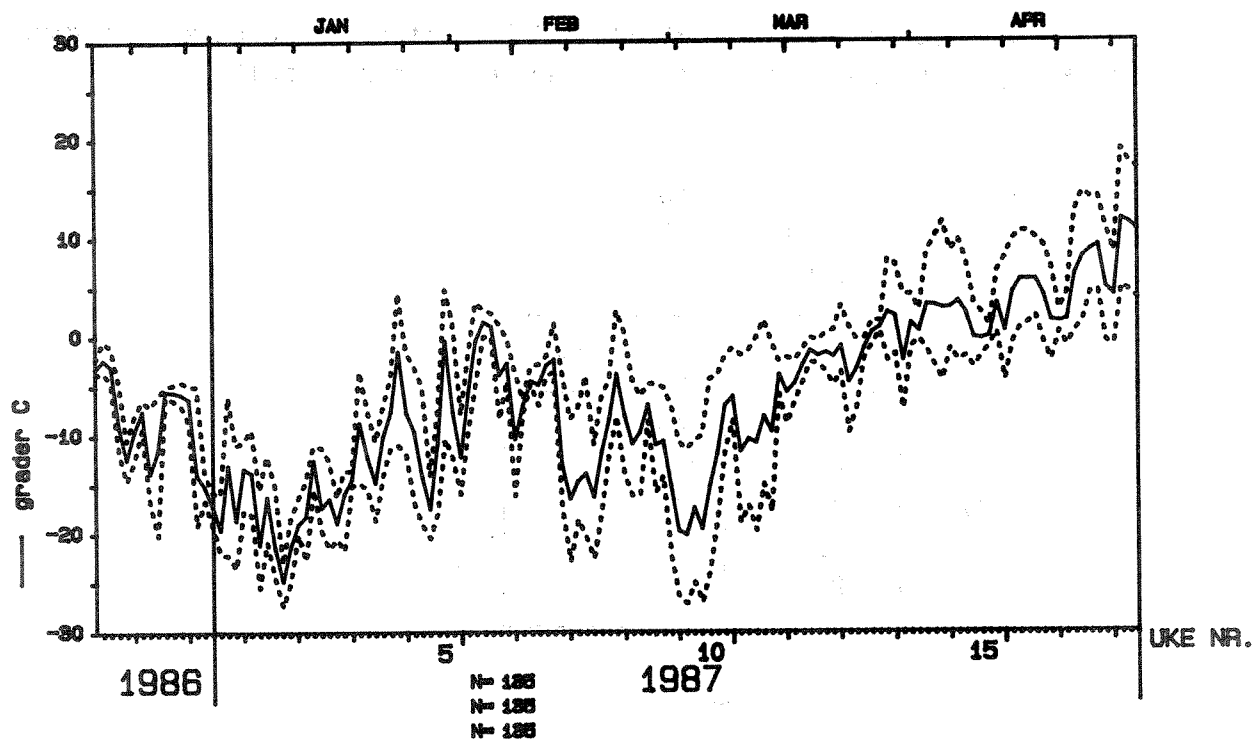
Værdatene viser at vinteren 86/87 på Oslo Lufthavn Gardermoen har vært noe kaldere enn normalt og med noe mer nedbør enn normalt.

Tabell 3.7.3.1 Månedsnedbør med avik fra normalen på Oslo Lufthavn Gardermoen.

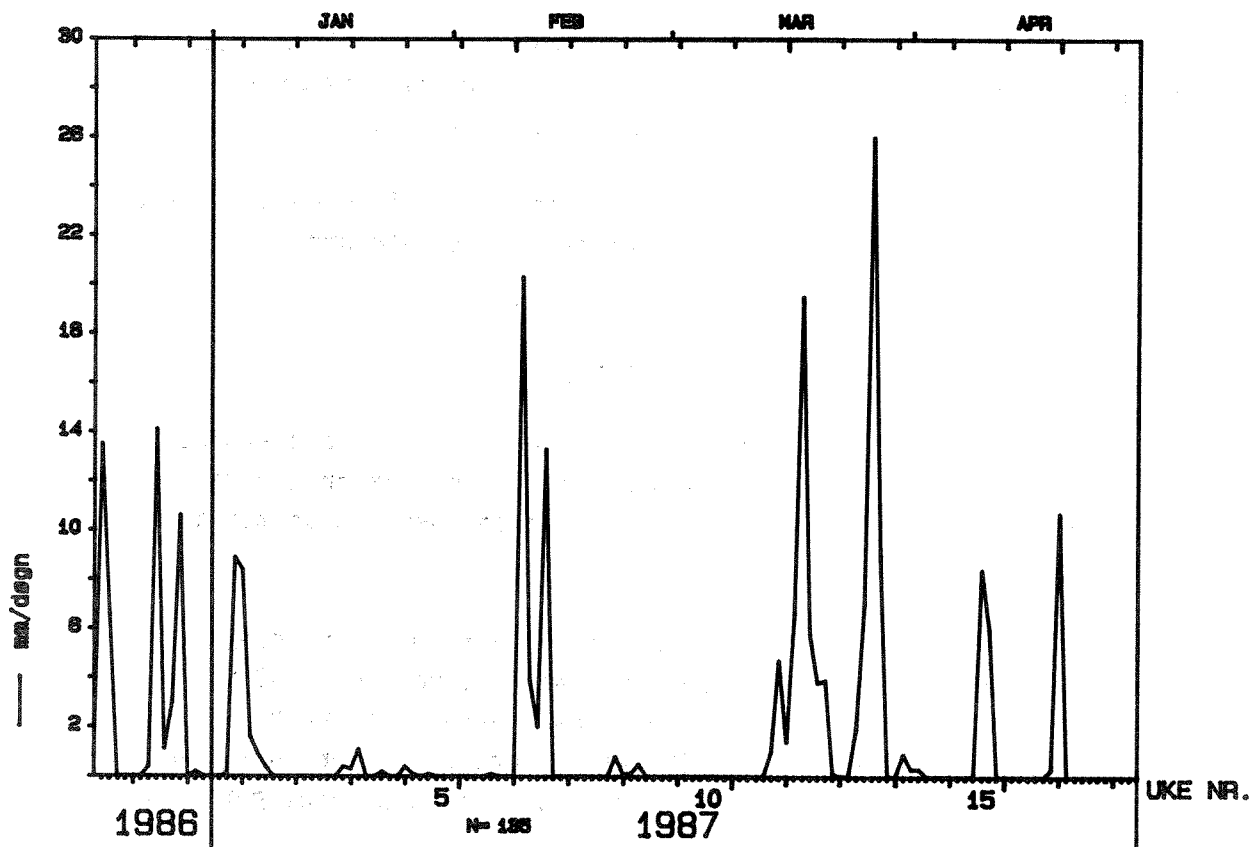
| MND | mm | % av normal |
|-------------|-------|-------------|
| Desember 86 | 109.4 | 149 |
| Januar 87 | 23.3 | 40 |
| Februar 87 | 41.1 | 100 |
| Mars 87 | 90.7 | 303 |
| April 87 | 26.9 | 54 |

Tabell 3.7.3.2 Månedsmiddeltemperatur med avik fra normalen på Oslo Lufthavn Gardermoen.

| MND | Tm (°C) | Tm-avik (°C) |
|-------------|---------|--------------|
| Desember 86 | -3.6 | 0.3 |
| Januar 87 | -14.2 | -7.3 |
| Februar 87 | -7.8 | -1.5 |
| Mars 87 | -6.6 | -4.3 |
| April 87 | 4.2 | 1.0 |



Figur 3.7.3.1. Døgnmaksimum, døgminimum og døgnmiddeltemperatur på Oslo Lufthavn Gardermoen i tiden 17.12.86-30.4.87.



Figur 3.7.3.2. Døgnedbør på Oslo Lufthavn Gardermoen i tiden 17.12.86-30.4.87.

4. OSLO LUFTHAVN

4.1 OSLO LUFTHAVN GARDERMOEN - BESKRIVELSE

4.1.1 Generelle lufthavndata

Gardermoen lufthavn består av en sivil lufthavn og en militær flyplass beliggende henholdsvis vest og øst for den N-S gående hovedrullebanen på 3050 m. Lufthavnen har også en V-Ø bane på 2000 m.

Den sivile lufthavn tar hånd om charter trafikk og interkontinentale ruter. Trafikken på Oslo Lufthavn Gardermoen i 1986 utgjorde 1 072 534 passasjerer.

4.1.2 Avisningsområder og dreneringssystemer

Av- og antiisningsvæske påsprøytes flyene der dette er hensiktsmessig ut fra operative hensyn. I de fleste tilfellene skjer dette fra spesialbiler mens flyene står på oppstillingsplassen foran terminalbygget.

Oppstillingsplassen (Bilag 7) er asfaltert og har to overvannssystemer som ligger parallelt med terminalbygget i en avstand på ca. 20 m og 60 m. For det nærmeste systemet dreneres overvannet vekk gjennom perforerte kumlukk som ligger ca. 50 m fra hverandre. For det andre dreneres vannet delvis gjennom rister og delvis gjennom perforerte kumlukk.

Asfaltbelegget er ujevnt og det danner seg lett pytter som ikke dreneres bort. Væsken må enten fordampe eller dreneres i grunnen. Asfaltbelegget har til dels store sprekken til tross for at det ble asfaltert sommeren 86. Sprekkene ble våren 87 forsøkt tettet med flytende asfalt.

Dreneringen fra oppstillingsplassen føres inn på en større drenasjekulvert som leder overvannet ut i en ravine ca. 300 m vest for terminalbygget.

Drenasjekulverten fører også overvann fra rabatten mellom oppstillingsplassen og rullebanen. Det er i dette området propylenglykolholdig snø deponeres sammen med annen snø som må fjernes fra oppstillingsplass og rullebane. Deponeringsplassen har ikke fast dekke,

men er belagt med sand. I smelteperioder samles mye av smeltevannet i store groper uten mulighet for overflateavrenning til drensledningen. Drenasjekulverten har også tilløp fra området rundt service-byggene sør for terminalbygget.

4.1.3 Eksisterende avløpsrensaneanlegg

Gardermoen kloakkrensaneanlegg er et sekundærfellingsanlegg og ligger like sør for rullebanen og tettbebyggelsen. Anlegget mottar avløpsvann fra de militære anlegg i området, fra tettbebyggelsen og fra den sivile lufthavnen.

Kloakkrensaneanlegget som eies av forsvaret er dimensjonert for 10 000 personekvivalenter, tilsvarende utslipningstillatelsen med utslippskrav satt til 1,3 mg P/l og 60 mg BOD₇/l.

Anlegget er bygget med to linjer og forholdene er lagt til rette for en tredje linje, dvs. en kapasitetsøkning på 50% fra $Q_{\text{maks.dim}} = 300 \text{ m}^3/\text{h}$ til $Q_{\text{maks.dim}} = 450 \text{ m}^3/\text{h}$. Fra rensaneanlegget føres utslippet til Sogna og videre til Leira.

I følge Asplan (1) vil man i 1990 ha full belastning. Man regner med at ca. 1.700 p.e kan oppfattes som tilgjengelig kapasitet på kloakkrensaneanlegget fra den sivile lufthavn. Dette tilsvarer et årlig passasjerantall på ca. 1,5 - 2,0 millioner.

Kloakkrensaneanlegget er bygget som et kjemisk fellingsanlegg med komponenter som rist, sandfang, forsedimentering, flokkulering, ettersedimentering og slamdel. Opprinnelig besto anlegget av 2 stk. rislefiltre, men disse er ikke lengre i bruk selv om konsulenten for anlegget, siv.ing. C.H. Knudsen foreslo disse renovert for biologisk etterbehandling av avløpsvann.

For en belastning på 10 000 p.e. skal utslippet av fosfor og organisk stoff ikke overstige henholdsvis 4,5 kg og 180 kg pr. døgn.

Avløpsvann fra flyplassen tilføres en pumpeledning som løper langs med flyplassen i N-S retning. Den samler opp avløpsvann fra bebyggelsen N-V og V av lufthavnen.

4.1.4 Grunnvannsforhold

Grunnvannsforekomstene ved Gardermoen og området Jessheim -Hurdalsjøen er godt kartlagt av Norges Geologiske Undersøkelser (NGU) både i forbindelse med gjennomføringen av den internasjonale hydrologiske dekade (1965-1974) og i forbindelse med interkommunale vannforsyningsutredninger.

Store grusavsetninger over fjell kjennetegner området som kan ha dyp på opptil 150 m til fjell. Dybden fra marknivå til grunnvannsnivå varierer. I Gardermoen området er dybden til grunnvanns speilet på 10 - 18 m, mens på Nordmoen utgjør dybden 1 - 2 m under overflaten.

Grunnvannet under lufthavnen har en strømningsretning som går syd og vestover mot Sogna.

En grunnvannsforurensning fra lufthavnen vil derfor påvirke grunnvannsområdet sør og vest for lufthavnen og de side - og hovedvassdrag som fanger opp grunnvannsstrømmene.

Grunnvannskille går like nord-øst for hovedrullebanen med deler av V-Ø banen i et grunnvannsområde som strømmer østover til Risa. Militæranlegg i området er delvis forsynt med grunnvann.

I følge NGU er det området N og Ø for lufthavnen som er best egnet for vannforsyningsformål og som vil gi de beste resultater.

6. LITTERATUR

1. ASPLAN-rapporter (1985), Oslo Lufthavn Gardermoen, Arbeidsrapport nr. 17 og nr. 18 .
2. Johannesen M, Henriksen A (1976), Smelting av snø i laboratorielysimetre og feltlysimetre. NAVF-NTNF rapport TN 26/76.
3. Johannesen M, Henriksen A (1976), Studier av snø og overvann i Fyresdal, Nissedal og Langtjern. NAVF-NTNF rapport TN 24/76.
4. Schulz M, Comeron L.J (1974), Effect of aircraft deicer on airport storm runoff. Journ. Water Poll. Control Fed., Vol. 46, No 1, s 173.
5. Weast R.C, Melvin J.A, CRC Handbook of Chemistry and Physics-60 edition. (1979) CRC Press Inc.
6. Verschueren K , Handbook Of Environmental Data On Organic Chemicals. (1977), Van Nostrand Reinhold Company.
7. Berg N (1982), Undresøkelse av mulige årsaker til luktproblemer i vann fra Koksatjern, Fornebu. Oppdrag nr. 421.1124, Sentralinstituttet for industriell forskning.
8. Krieg N.R, Holt J.G, Bergey's Manual of Systematic Bakteriology, Volume 1. (1984) Williams & Wilkins.
9. Summer W, Methods of air deodorization. (1963) Elsevier Publishing Company.
10. Fazzalari F.A, Compilation of odor and taste threshold values data. (1978) Philadelphia - ASTM DS 48A.
11. Jank B.E, Guo H.M (1973), Biological Treatment of Airport Wastewater containing aircraft Deicing Fluids. EPS 4-WP-73-5.
12. Berg N (1982), Luktproblemer i vann fra Koksatjern, Fornebu Lufthavn. Oppdrag nr. 421.1166 Sentralinstituttet for industriell forskning.

7. BILAG

BILAG 1. PRØVER FRA SNØDEPONI

Tabell B.1.1 Måleresultat fra snøprøver tatt fra deponi 5.2.87.

| Prøve | Dybde(cm) | Volum smeltevann(ml) | Propylenglykol(mg/liter) |
|-------|-----------|----------------------|--------------------------|
| A2 | 146 | 2610 | 1287 |
| A3 | 180 | 2850 | 1455 |
| A4 | 182 | 3200 | 2071 |
| B2 | 160 | 2940 | 1791 |
| B3 | 175 | 3260 | 2155 |
| B4 | 175 | 3270 | 3219 |
| C2 | 150 | 2800 | 2967 |
| C3 | 160 | 2880 | 3695 |
| C4 | 175 | 3450 | 3219 |
| D2 | 161 | 2950 | 2855 |
| D3 | 178 | 3370 | 2435 |
| D4 | 190 | 3200 | 2799 |

Tabell B.1.2 Måleresultat fra snøprøver tatt fra sørpesnø i kant på deponi 5.2.87.

| Prøve | Dybde(cm) | Volum smeltevann(ml) | Propylenglykol(mg/liter) |
|-------|-----------|----------------------|--------------------------|
| A1 | 50 | 1000 | 6382 |
| B1 | 50 | 1010 | 10412 |
| C1 | 30 | 960 | 11867 |
| D1 | 35 | 840 | 6913 |

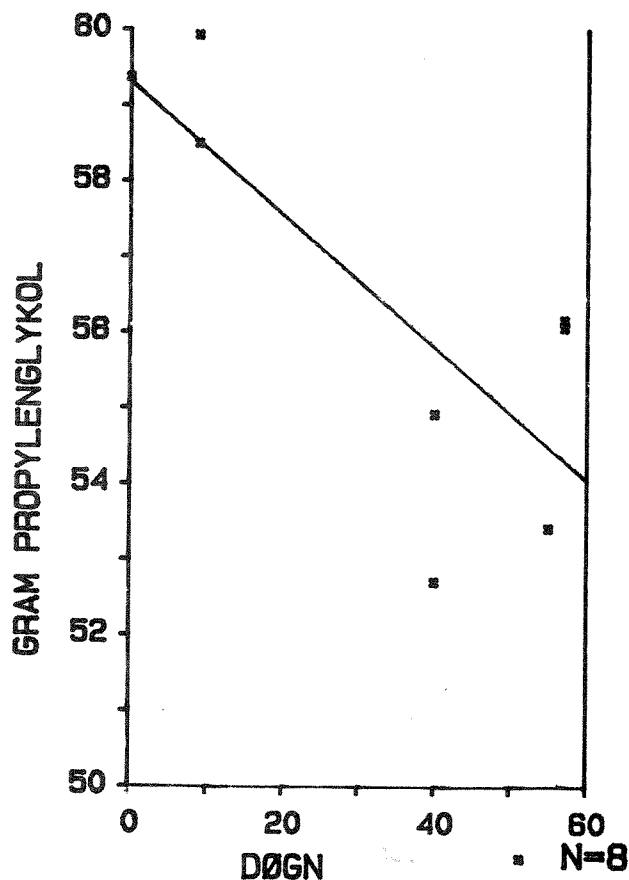
Tabell B.1.3 Måleresultat fra snøprøver tatt fra deponi 3.3.87.

| Prøve | Dybde(cm) | Volum smeltevann(ml) | Propylenglykol(mg/liter) |
|-------|-----------|----------------------|--------------------------|
| E1 | 200 | 3720 | 1854 |
| E2 | 254 | 5100 | 2137 |
| E3 | 230 | 4690 | 2575 |
| F1 | 220 | 4690 | 3283 |
| F2 | 225 | 4830 | 2800 |
| F3 | 211 | 4280 | 3444 |
| G1 | 202 | 4210 | 3187 |
| G2 | 210 | 4400 | 2961 |
| G3 | 215 | 4480 | 4023 |

BILAG 2. MÅLERESULTATER FRA SUBLIMERINGSFORSØK

Tabell B.2.1 Måleresultater fra lagring av snø og propylenglykol i plastsekker.

| Sekk nr. | Volum smeltevann (ml) | Propylenglykol(g/liter) | Lagringsdøgn |
|----------|-----------------------|-------------------------|--------------|
| 3 | 17780 | 3.290 | 9 |
| 5 | 15660 | 3.872 | 9 |
| 6 | 30700 | 1.740 | 55 |
| 7 | 34520 | 1.925 | 55 |
| 2 | 22525 | 2.340 | 40 |
| 1 | 25745 | 2.110 | 40 |
| 4 | 37700 | 1.490 | 57 |
| 8 | 26500 | 2.116 | 57 |



$$W = 59.31 - 0.0876 d$$

Standaravvik= 1.826

Korrelasjon = 60.4%

Figur B.2.1 Regresjonsanalyse for måleresultat i tabell 3.3.2.1.

BILAG 3. MÅLERESULTATER FRA AVRENNINGSFORSØK

Tabell B.3.1.Måleresultat fra de sammenslåtte fraksjoner.

| Frakssjon nr. | Volum (ml) | Propylenglykol (g/liter) |
|---------------|------------|--------------------------|
| 1 | 100 | 5.365 |
| 2 | 92 | |
| 3 | 74 | 4.864 |
| 4 | 70 | |
| 5 | 90 | |
| 6 | 90 | |
| 7 | 70 | 4.828 |
| 8 | 94 | |
| 9 | 102 | |
| 10 | 96 | |
| 11 | 97 | 3.791 |
| 12 | 91 | |
| 13 | 91 | |
| 14 | 95 | |
| 15 | 67 | 2.947 |
| 16 | 85 | |
| 17 | 355 | 2.031 |
| 18 | 295 | |
| 19 | 158 | 0.315 |

BILAG 4. DATASER

Bruksanvisning for FICS-basen : "AVISING"

1. Utskrift av rapporter

Det som er understreket skal skrives av bruker.

@fics-5

Trykk ↓ for å komme til riktig linje i menyen.

Trykk ←

Du får da spørsmål om :

Skjema navn :

Utskriftsfil :

SKJEMA-NAVN kan være : AVISING-KORREKTU:RAPP (korrektur-utskrift)

AVISING-BEREGN:RAPP (data til beregnings-
program)

UTSKRIFTSFIL kan være : ELPHO, PHILIPS, DIABLO, eller et FILNAVN

Bruk av beregningsprogrammet : avising-program:prog

Beregningsprogrammet spør etter INPUT-DATAFIL, og denne må være laget etter en bestemt oppskrift.

For å lage denne datafilen, må det taes en fics-rapport fra basen

med skjema-navn : AVISING-BEREGN:RAPP

Utskriftsfilen må gies et navn, f.eks. : AVISING-UTSKRIFT:DATA

Når rapportutskrift fra basen er avsluttet, er alt klart til å kjøre beregningsprogrammet.

Beregningsprogrammet startes ved å skrive : AVISING-PROGRAM

Programmet spør :

Input-fil : AVISING-UTSKRIFT:DATA

Output-fil: L-P, DIABLO, eller et filnavn

Output er tabell med beregninger.

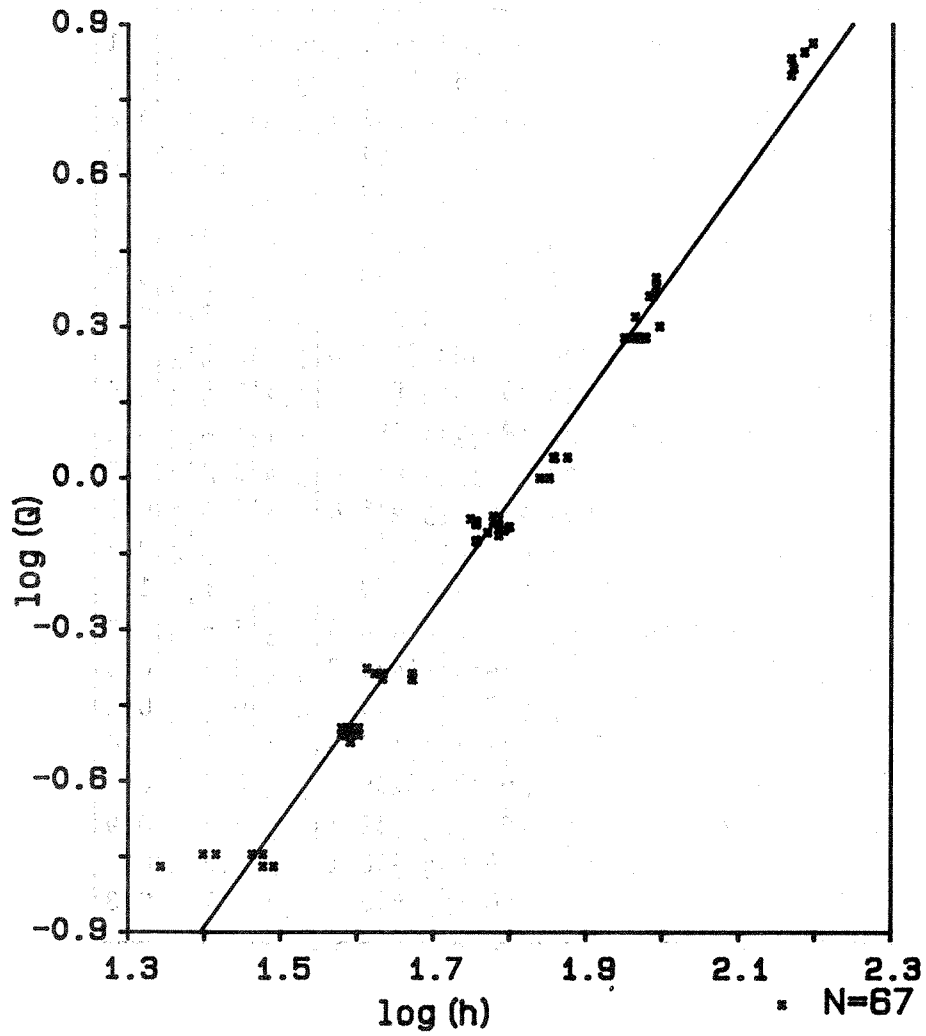
Rapporten til undersøkelsen er lagret på dokumentnavn:

AVIS-RAPPORT:TEXT

BILAG 5. KALIBRERINGSDATA FOR V-OVERLØP

Tabell B.5.1. Kalibreringsmålinger V-overløp.

| Nivå (mm) | Vannføring (liter/sek) | Nivå (mm) | Vannføring (liter/sek) |
|-----------|------------------------|-----------|------------------------|
| 47 | 0.41 | 38 | 0.31 |
| 47 | 0.40 | 39 | 0.31 |
| 47 | 0.40 | 39 | 0.31 |
| 47 | 0.40 | 39 | 0.32 |
| 93 | 1.90 | 39 | 0.31 |
| 93 | 1.90 | 39 | 0.31 |
| 91 | 1.90 | 39 | 0.30 |
| 61 | 0.83 | 31 | 0.17 |
| 60 | 0.82 | 30 | 0.17 |
| 60 | 0.84 | 29 | 0.18 |
| 56 | 0.83 | 30 | 0.18 |
| 57 | 0.81 | 75 | 1.10 |
| 57 | 0.81 | 72 | 1.10 |
| 57 | 0.82 | 72 | 1.10 |
| 57 | 0.75 | 69 | 1.00 |
| 57 | 0.75 | 72 | 1.10 |
| 57 | 0.75 | 71 | 1.00 |
| 42 | 0.41 | 26 | 0.18 |
| 43 | 0.40 | 25 | 0.18 |
| 43 | 0.41 | 22 | 0.17 |
| 41 | 0.42 | 92 | 1.90 |
| 98 | 2.50 | 95 | 1.90 |
| 98 | 2.40 | 94 | 1.90 |
| 97 | 2.30 | 99 | 2.00 |
| 96 | 2.30 | 147 | 6.30 |
| 38 | 0.32 | 148 | 6.50 |
| 40 | 0.32 | 147 | 6.80 |
| 40 | 0.31 | 153 | 7.00 |
| 39 | 0.30 | 157 | 7.30 |
| 38 | 0.31 | | |



$$\text{Log}(Q) = - 3.84 + 2.11 \log(h)$$

Standaravvik = 0.06120 Korrelasjon = 98.2%

Figur B.5.1. Regresjonsanalyse for kalibreringsmålinger v-overløp.

BILAG 6. BEREGNEDE DATA FRA DATABASEN AVISING FRA MÅLESTASJON I RAVINE

| Dato | Glykol (mg/l) | Forbr. a. væske (l/ døgn) | Bereg. vannf. (l/ sek) | Bereg. vannf. (kbn/ døgn) | Forbr. glykol (kg/ døgn) | Avr. glyk. (kg/ døgn) | Avr. gly. (%) |
|---------|------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------|
| 861217. | 5628.0 | 4221. | 1.00 | 43.3 | 2186.7 | 243.7 | 11.1 |
| 861218. | 5628.0 | 3418. | 1.38 | 119.6 | 1770.7 | 673.1 | 38.0 |
| 861219. | 5628.0 | 8008. | 1.21 | 104.7 | 4148.5 | 589.3 | 14.2 |
| 861220. | 577.0 | 2930. | 1.06 | 91.7 | 1517.9 | 321.6 | 21.2 |
| 861221. | 22.0 | 1226. | 0.99 | 85.2 | 635.1 | 25.8 | 4.1 |
| 861222. | 22.0 | 0. | 1.02 | 88.2 | 0.0 | 1.9 | 0.0 |
| 861223. | 124.0 | 0. | 0.97 | 84.0 | 0.0 | 8.8 | 0.0 |
| 861224. | 124.0 | 0. | 0.86 | 74.4 | 0.0 | 9.2 | 0.0 |
| 861225. | 124.0 | 8617. | 1.03 | 89.3 | 4464.0 | 11.1 | 0.2 |
| 861226. | 124.0 | 5721. | 1.09 | 94.5 | 2963.8 | 11.7 | 0.4 |
| 861227. | 124.0 | 5517. | 1.03 | 89.3 | 2858.1 | 11.1 | 0.4 |
| 861228. | 124.0 | 3217. | 1.01 | 87.5 | 1666.6 | 10.8 | 0.7 |
| 861229. | 124.0 | 8717. | 1.16 | 99.9 | 4515.8 | 12.4 | 0.3 |
| 861230. | 112.0 | 2717. | 0.78 | 67.0 | 1407.5 | 7.9 | 0.6 |
| 861231. | 112.0 | 1030. | 0.83 | 71.9 | 533.6 | 8.1 | 1.5 |
| 870101. | 112.0 | 1634. | 0.79 | 68.0 | 846.5 | 7.6 | 0.9 |
| 870102. | 9.0 | 2834. | 0.74 | 64.0 | 1468.2 | 4.8 | 0.3 |
| 870103. | 9.0 | 1099. | 0.78 | 67.0 | 569.3 | 0.6 | 0.1 |
| 870104. | 9.0 | 2134. | 0.71 | 61.1 | 1105.5 | 0.5 | 0.0 |
| 870105. | 53.0 | 4902. | 0.79 | 68.0 | 2539.5 | 2.2 | 0.1 |
| 870106. | 53.0 | 699. | 0.72 | 62.5 | 362.1 | 3.3 | 0.9 |
| 870107. | 53.0 | 1834. | 0.56 | 48.2 | 950.1 | 2.6 | 0.3 |
| 870108. | 1.0 | 1266. | 0.70 | 60.8 | 655.9 | 1.7 | 0.3 |

| Dato | Glykol (mg/l) | Forbr. a. væske (l/ døgn) | Bereg. vannf. (l/ sek) | Bereg. vannf. (kbn/ døgn) | Forbr. glykol (kg/ døgn) | Avr. glyk. (kg/ døgn) | Avr. gly. (%) |
|---------|------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------|
| 870109. | 1.0 | 966. | 0.55 | 47.3 | 500.4 | 0.0 | 0.0 |
| 870110. | 1.0 | 1034. | 0.54 | 46.4 | 535.7 | 0.0 | 0.0 |
| 870111. | 1.0 | 0. | 0.68 | 59.0 | 0.0 | 0.1 | 0.0 |
| 870112. | 1.0 | 1531. | 0.56 | 48.2 | 793.1 | 0.0 | 0.0 |
| 870113. | 1.0 | 1966. | 0.56 | 48.2 | 1018.5 | 0.0 | 0.0 |
| 870114. | 1.0 | 931. | 0.63 | 54.5 | 482.3 | 0.1 | 0.0 |
| 870115. | 4.0 | 1234. | 0.48 | 41.7 | 639.3 | 0.1 | 0.0 |
| 870116. | 5.0 | 1294. | 0.45 | 38.8 | 670.4 | 0.2 | 0.0 |
| 870117. | 5.0 | 2834. | 0.45 | 38.9 | 1468.2 | 0.2 | 0.0 |
| 870118. | 5.0 | 1702. | 0.45 | 38.9 | 881.7 | 0.2 | 0.0 |
| 870119. | 198.0 | 1902. | 0.48 | 41.8 | 985.3 | 3.5 | 0.4 |
| 870120. | 198.0 | 1766. | 0.52 | 44.5 | 914.9 | 8.8 | 1.0 |
| 870121. | 198.0 | 1234. | 0.43 | 37.0 | 639.3 | 7.3 | 1.1 |
| 870122. | 38.0 | 1102. | 0.39 | 34.0 | 570.9 | 3.9 | 0.7 |
| 870123. | 38.0 | 831. | 0.44 | 37.9 | 430.5 | 1.4 | 0.3 |
| 870124. | 38.0 | 731. | 0.49 | 42.7 | 378.7 | 1.6 | 0.4 |
| 870125. | 38.0 | 0. | 0.60 | 51.8 | 0.0 | 2.0 | 0.0 |
| 870126. | 5.0 | 0. | 0.45 | 38.8 | 0.0 | 1.0 | 0.0 |
| 870127. | 5.0 | 1131. | 0.45 | 38.9 | 585.9 | 0.2 | 0.0 |
| 870128. | 5.0 | 1516. | 0.42 | 36.0 | 785.4 | 0.2 | 0.0 |
| 870129. | 346.0 | 681. | 0.36 | 31.1 | 352.8 | 5.0 | 1.4 |
| 870130. | 346.0 | 1281. | 0.44 | 37.9 | 663.6 | 13.1 | 2.0 |
| 870131. | 346.0 | 1031. | 0.50 | 43.6 | 534.1 | 15.1 | 2.8 |
| 870201. | 346.0 | 1540. | 0.61 | 52.7 | 797.8 | 18.2 | 2.3 |
| 870202. | 574.0 | 1940. | 0.43 | 37.0 | 1005.0 | 16.7 | 1.7 |
| 870203. | 574.0 | 734. | 0.47 | 40.8 | 380.2 | 23.4 | 6.2 |
| 870204. | 574.0 | 0. | 0.60 | 51.8 | 0.0 | 29.7 | 0.0 |
| 870205. | 6661.0 | 0. | 1.23 | 106.6 | 0.0 | 604.8 | 0.0 |
| 870206. | 1604.0 | 0. | 1.11 | 96.2 | 0.0 | 374.8 | 0.0 |
| 870207. | 1604.0 | 0. | 0.57 | 49.1 | 0.0 | 78.8 | 0.0 |
| 870208. | 1604.0 | 0. | 0.53 | 45.5 | 0.0 | 73.0 | 0.0 |
| 870209. | 1998.0 | 1340. | 0.44 | 37.8 | 694.2 | 66.9 | 9.6 |

| Dato | Glykol (mg/l) | Forbr. a. væske (l/ døgn) | Bereg. vannf. (l/ sek) | Bereg. vannf. (kbn/ døgn) | Forbr. glykol (kg/ døgn) | Avr. glyk. (kg/ døgn) | Avr. gly. (%) |
|---------|------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------|
| 870210. | 1998.0 | 1734. | 0.45 | 38.9 | 898.3 | 77.7 | 8.7 |
| 870211. | 1998.0 | 14637. | 0.57 | 49.1 | 7582.7 | 98.1 | 1.3 |
| 870212. | 5182.0 | 7040. | 0.62 | 53.6 | 3647.1 | 213.1 | 5.8 |
| 870213. | 5182.0 | 10890. | 0.71 | 61.6 | 5641.6 | 319.2 | 5.7 |
| 870214. | 5182.0 | 2690. | 0.68 | 59.0 | 1393.6 | 305.7 | 21.9 |
| 870215. | 5182.0 | 1037. | 0.41 | 35.0 | 537.2 | 181.4 | 33.8 |
| 870216. | 44.0 | 1840. | 0.36 | 31.2 | 953.2 | 120.1 | 12.6 |
| 870217. | 44.0 | 837. | 0.28 | 24.1 | 433.6 | 1.1 | 0.2 |
| 870218. | 44.0 | 1137. | 0.30 | 26.2 | 589.0 | 1.2 | 0.2 |
| 870219. | 22.0 | 1531. | 0.52 | 44.8 | 793.1 | 1.3 | 0.2 |
| 870220. | 30.0 | 1584. | 0.35 | 30.0 | 820.6 | 0.8 | 0.1 |
| 870221. | 30.0 | 1440. | 0.32 | 28.0 | 746.0 | 0.8 | 0.1 |
| 870222. | 2800.0 | 0. | 0.34 | 29.0 | 0.0 | 42.4 | 0.0 |
| 870223. | 2800.0 | 0. | 0.28 | 24.0 | 0.0 | 67.2 | 0.0 |
| 870224. | 2800.0 | 2831. | 0.29 | 25.0 | 1466.6 | 70.0 | 4.8 |
| 870225. | 2800.0 | 4237. | 0.31 | 27.0 | 2195.0 | 75.6 | 3.4 |
| 870226. | 1828.0 | 731. | 0.30 | 26.0 | 378.7 | 59.2 | 15.6 |
| 870227. | 1828.0 | 940. | 0.29 | 25.0 | 487.0 | 45.7 | 9.4 |
| 870228. | 1828.0 | 1034. | 0.27 | 23.0 | 535.7 | 42.0 | 7.8 |
| 870301. | 1828.0 | 0. | 0.22 | 19.0 | 0.0 | 34.7 | 0.0 |
| 870302. | 42.0 | 0. | 0.17 | 15.0 | 0.0 | 6.0 | 0.0 |
| 870303. | 42.0 | 0. | 0.25 | 22.0 | 0.0 | 0.9 | 0.0 |
| 870304. | 42.0 | 0. | 0.25 | 22.0 | 0.0 | 0.9 | 0.0 |
| 870305. | 42.0 | 1231. | 0.22 | 19.0 | 637.7 | 0.8 | 0.1 |
| 870306. | 42.0 | 0. | 0.25 | 22.0 | 0.0 | 0.9 | 0.0 |
| 870307. | 42.0 | 0. | 0.25 | 22.0 | 0.0 | 0.9 | 0.0 |
| 870308. | 42.0 | 0. | 0.25 | 22.0 | 0.0 | 0.9 | 0.0 |
| 870309. | 6888.0 | 0. | 0.30 | 26.0 | 0.0 | 96.9 | 0.0 |
| 870310. | 6888.0 | 0. | 0.25 | 22.0 | 0.0 | 151.5 | 0.0 |
| 870311. | 6888.0 | 1345. | 0.28 | 24.0 | 696.8 | 165.3 | 23.7 |
| 870312. | 2601.0 | 945. | 0.19 | 16.0 | 489.6 | 75.9 | 15.5 |
| 870313. | 2601.0 | 1124. | 0.23 | 20.0 | 582.3 | 52.0 | 8.9 |
| 870314. | 2601.0 | 731. | 0.17 | 15.0 | 378.7 | 39.0 | 10.3 |

| Dato | Glykol (mg/l) | Forbr. a. væske (l/ døgn) | Bereg. vannf. (l/ sek) | Bereg. vannf. (kbn/ døgn) | Forbr. glykol (kg/ døgn) | Avr. glyk. (kg/ døgn) | Avr. gly. (%) |
|---------|------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------|
| 870315. | 6309.0 | 7088. | 0.19 | 16.0 | 3671.9 | 82.4 | 2.2 |
| 870316. | 52780.0 | 3960. | 0.34 | 29.0 | 2051.5 | 880.0 | 42.9 |
| 870317. | 52780.0 | 3474. | 0.36 | 31.0 | 1799.7 | 1636.2 | 90.9 |
| 870318. | 52780.0 | 4910. | 0.32 | 28.0 | 2543.6 | 1477.8 | 58.1 |
| 870319. | 10620.0 | 6974. | 0.69 | 60.0 | 3612.9 | 2013.8 | 55.7 |
| 870320. | 10620.0 | 5258. | 0.59 | 51.0 | 2723.9 | 541.6 | 19.9 |
| 870321. | 10620.0 | 2841. | 0.66 | 57.0 | 1471.8 | 605.3 | 41.1 |
| 870322. | 10620.0 | 2174. | 1.31 | 113.0 | 1126.2 | 1200.1 | 106.6 |
| 870323. | 10620.0 | 1174. | 1.30 | 112.0 | 608.2 | 1189.4 | 195.6 |
| 870324. | 10620.0 | 0. | 0.38 | 33.0 | 0.0 | 350.5 | 0.0 |
| 870325. | 2263.0 | 0. | 0.27 | 23.0 | 0.0 | 152.3 | 0.0 |
| 870326. | 2263.0 | 13974. | 0.53 | 46.0 | 7239.2 | 104.1 | 1.4 |
| 870327. | 2360.0 | 3844. | 7.30 | 631.0 | 1991.4 | 1487.6 | 74.7 |
| 870328. | 2360.0 | 4940. | 12.37 | 1069.0 | 2559.2 | 2522.8 | 98.6 |
| 870329. | 341.0 | 1574. | 11.91 | 1029.0 | 815.4 | 1517.9 | 186.1 |
| 870330. | 32.0 | 0. | 3.81 | 329.0 | 0.0 | 41.5 | 0.0 |
| 870331. | 210.0 | 1545. | 2.45 | 212.0 | 800.4 | 35.3 | 4.4 |
| 870401. | 1310.0 | 0. | 1.42 | 123.0 | 0.0 | 120.4 | 0.0 |
| 870402. | 1310.0 | 4546. | 0.81 | 70.0 | 2355.1 | 91.7 | 3.9 |
| 870403. | 1310.0 | 848. | 2.51 | 217.0 | 439.3 | 284.3 | 64.7 |
| 870404. | 1310.0 | 0. | 2.63 | 227.0 | 0.0 | 297.4 | 0.0 |
| 870405. | 1690.0 | 848. | 1.87 | 162.0 | 439.3 | 235.0 | 53.5 |
| 870406. | 1690.0 | 0. | 1.75 | 151.0 | 0.0 | 255.2 | 0.0 |
| 870407. | 1130.0 | 0. | 2.04 | 176.0 | 0.0 | 239.8 | 0.0 |
| 870408. | 1130.0 | 0. | 2.19 | 189.0 | 0.0 | 213.6 | 0.0 |
| 870409. | 15630.0 | 776. | 1.38 | 119.0 | 402.0 | 743.5 | 184.9 |
| 870410. | 15630.0 | 2293. | 1.64 | 142.0 | 1187.9 | 2219.5 | 186.8 |
| 870411. | 15630.0 | 10891. | 3.55 | 307.0 | 5642.1 | 4798.4 | 85.0 |
| 870412. | 436.0 | 1331. | 2.00 | 173.0 | 689.5 | 1366.9 | 198.2 |
| 870413. | 436.0 | 848. | 1.68 | 145.0 | 439.3 | 63.2 | 14.4 |
| 870414. | 436.0 | 703. | 2.93 | 253.0 | 364.2 | 110.3 | 30.3 |
| 870415. | 460.0 | 0. | 3.16 | 273.0 | 0.0 | 124.0 | 0.0 |
| 870416. | 460.0 | 0. | 4.58 | 396.0 | 0.0 | 182.2 | 0.0 |

| Dato | Glykol (mg/l) | Forbr. a. væske (l/ døgn) | Bereg. vannf. (l/ sek) | Bereg. vannf. (kbn/ døgn) | Forbr. glykol (kg/ døgn) | Avr. glyk. (kg/ døgn) | Avr. gly. (%) |
|---------|------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------|
| 870417. | 460.0 | 0. | 4.54 | 392.0 | 0.0 | 180.3 | 0.0 |
| 870418. | 460.0 | 0. | 3.09 | 267.0 | 0.0 | 122.8 | 0.0 |
| 870419. | 460.0 | 0. | 1.79 | 155.0 | 0.0 | 71.3 | 0.0 |
| 870420. | 1080.0 | 3076. | 7.27 | 628.0 | 1593.5 | 567.9 | 35.6 |
| 870421. | 70.0 | 1326. | 1.05 | 91.0 | 686.9 | 45.8 | 6.7 |
| 870422. | 70.0 | 0. | 2.28 | 197.0 | 0.0 | 13.8 | 0.0 |
| 870423. | 70.0 | 0. | 4.28 | 370.0 | 0.0 | 25.9 | 0.0 |
| 870424. | 70.0 | 0. | 4.73 | 409.0 | 0.0 | 28.6 | 0.0 |
| 870425. | 70.0 | 0. | 5.66 | 489.0 | 0.0 | 34.2 | 0.0 |
| 870426. | 230.0 | 0. | 2.92 | 252.0 | 0.0 | 44.0 | 0.0 |
| 870427. | 230.0 | 0. | 2.43 | 210.0 | 0.0 | 48.3 | 0.0 |
| 870428. | 155.0 | 0. | 6.25 | 540.0 | 0.0 | 86.3 | 0.0 |
| 870429. | 155.0 | 0. | 5.16 | 446.0 | 0.0 | 69.1 | 0.0 |
| 870430. | 155.0 | 0. | 2.27 | 196.0 | 0.0 | 30.4 | 0.0 |
| 870501. | 155.0 | 0. | 4.41 | 381.0 | 0.0 | 59.1 | 0.0 |
| 870502. | 155.0 | 0. | 4.42 | 382.0 | 0.0 | 59.2 | 0.0 |
| 870503. | 307.0 | 0. | 2.74 | 237.0 | 0.0 | 41.6 | 0.0 |
| 870504. | 307.0 | 0. | 1.71 | 148.0 | 0.0 | 45.4 | 0.0 |
| 870505. | 307.0 | 0. | 1.28 | 111.0 | 0.0 | 34.1 | 0.0 |
| 870506. | 307.0 | 0. | 1.20 | 104.0 | 0.0 | 31.9 | 0.0 |
| 870507. | 307.0 | 0. | 1.15 | 99.0 | 0.0 | 30.4 | 0.0 |
| 870508. | 307.0 | 0. | 1.13 | 98.0 | 0.0 | 30.1 | 0.0 |
| 870509. | 120.0 | 0. | 1.08 | 93.0 | 0.0 | 19.0 | 0.0 |
| 870510. | 120.0 | 0. | 1.12 | 97.0 | 0.0 | 11.6 | 0.0 |
| 870511. | 120.0 | 0. | 2.72 | 235.0 | 0.0 | 28.2 | 0.0 |
| 870512. | 120.0 | 0. | 1.50 | 130.0 | 0.0 | 15.6 | 0.0 |
| 870513. | 45.0 | 0. | 7.92 | 684.0 | 0.0 | 69.6 | 0.0 |
| 870514. | 45.0 | 0. | 5.41 | 467.0 | 0.0 | 21.0 | 0.0 |
| 870515. | 45.0 | 0. | 1.02 | 88.0 | 0.0 | 4.0 | 0.0 |
| 870516. | 45.0 | 0. | 2.14 | 185.0 | 0.0 | 8.3 | 0.0 |
| 870517. | 45.0 | 0. | 3.11 | 269.0 | 0.0 | 12.1 | 0.0 |
| 870518. | 45.0 | 0. | 3.88 | 335.0 | 0.0 | 15.1 | 0.0 |
| 870519. | 45.0 | 0. | 3.61 | 312.0 | 0.0 | 14.0 | 0.0 |

| Dato | Akkum. vann- mengde (kbn) | Akkum. forbr. glykol (kg) | Akkum. avrent glykol (kg) | Akk. avr. glyk. (%) |
|---------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| 861217. | 43.3 | 2187. | 244. | 11.1 |
| 861218. | 162.9 | 3957. | 917. | 23.2 |
| 861219. | 267.6 | 8106. | 1506. | 18.6 |
| 861220. | 359.3 | 9624. | 1828. | 19.0 |
| 861221. | 444.5 | 10259. | 1853. | 18.1 |
| 861222. | 532.7 | 10259. | 1855. | 18.1 |
| 861223. | 616.7 | 10259. | 1864. | 18.2 |
| 861224. | 691.1 | 10259. | 1873. | 18.3 |
| 861225. | 780.4 | 14723. | 1884. | 12.8 |
| 861226. | 874.9 | 17687. | 1896. | 10.7 |
| 861227. | 964.2 | 20545. | 1907. | 9.3 |
| 861228. | 1051.7 | 22211. | 1918. | 8.6 |
| 861229. | 1151.6 | 26727. | 1931. | 7.2 |
| 861230. | 1218.6 | 28135. | 1938. | 6.9 |
| 861231. | 1290.5 | 28668. | 1946. | 6.8 |
| 870101. | 1358.5 | 29515. | 1954. | 6.6 |
| 870102. | 1422.5 | 30983. | 1959. | 6.3 |
| 870103. | 1489.5 | 31552. | 1959. | 6.2 |
| 870104. | 1550.6 | 32658. | 1960. | 6.0 |
| 870105. | 1618.6 | 35197. | 1962. | 5.6 |
| 870106. | 1681.1 | 35559. | 1966. | 5.5 |
| 870107. | 1729.3 | 36510. | 1968. | 5.4 |
| 870108. | 1790.1 | 37165. | 1970. | 5.3 |
| 870109. | 1837.4 | 37666. | 1970. | 5.2 |
| 870110. | 1883.8 | 38202. | 1970. | 5.2 |
| 870111. | 1942.8 | 38202. | 1970. | 5.2 |
| 870112. | 1991.0 | 38995. | 1970. | 5.1 |
| 870113. | 2039.2 | 40013. | 1970. | 4.9 |
| 870114. | 2093.7 | 40495. | 1970. | 4.9 |
| 870115. | 2135.4 | 41135. | 1970. | 4.8 |
| 870116. | 2174.2 | 41805. | 1970. | 4.7 |

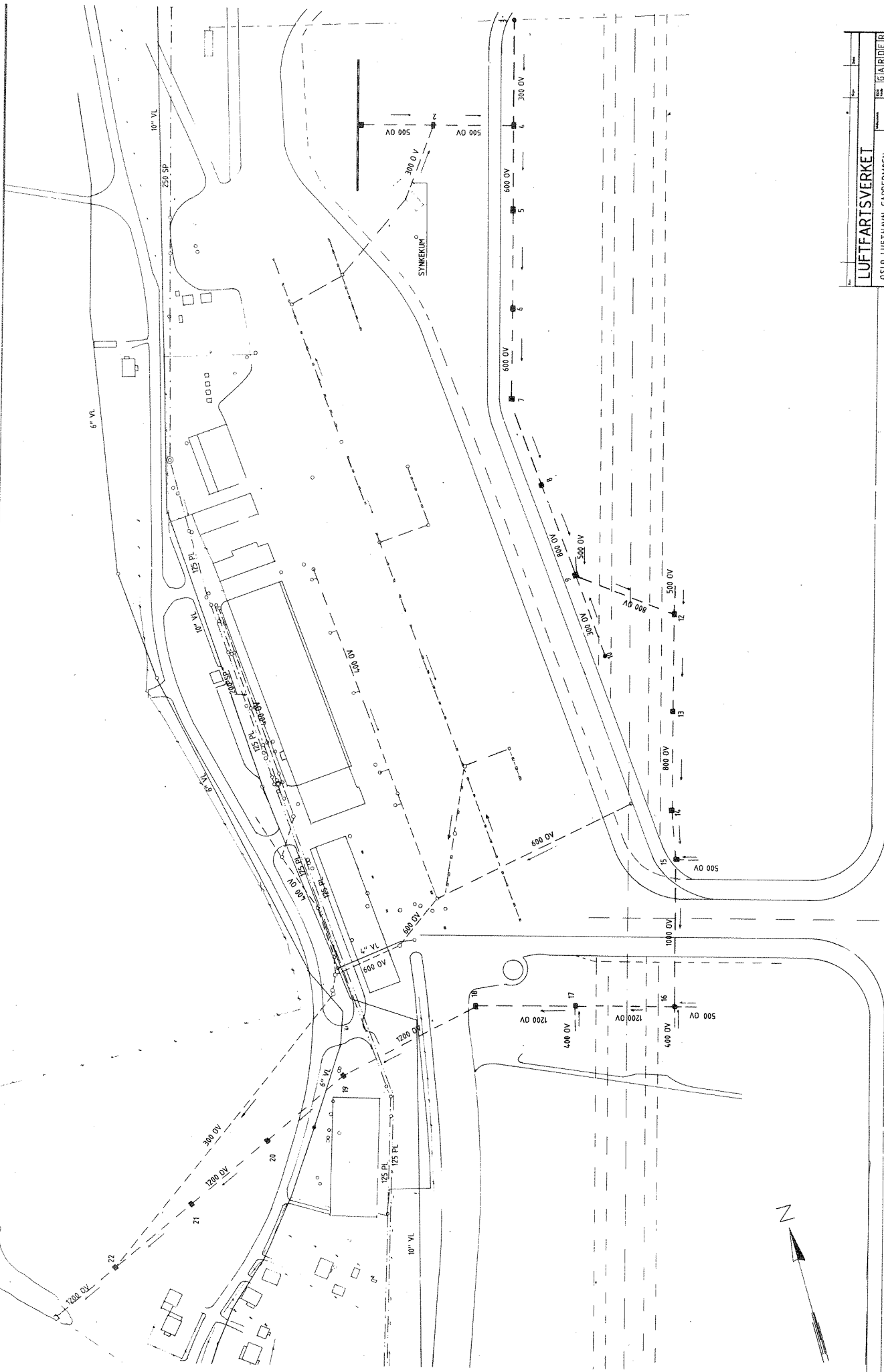
| Dato | Akkum. vann- mengde (kbn) | Akkum. forbr. glykol (kg) | Akkum. avrent glykol (kg) | Akk. avr. glyk. (%) |
|---------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| 870117. | 2213.1 | 43273. | 1971. | 4.6 |
| 870118. | 2252.0 | 44155. | 1971. | 4.5 |
| 870119. | 2293.8 | 45140. | 1974. | 4.4 |
| 870120. | 2338.3 | 46055. | 1983. | 4.3 |
| 870121. | 2375.3 | 46694. | 1990. | 4.3 |
| 870122. | 2409.3 | 47265. | 1994. | 4.2 |
| 870123. | 2447.2 | 47696. | 1996. | 4.2 |
| 870124. | 2489.9 | 48075. | 1997. | 4.2 |
| 870125. | 2541.7 | 48075. | 1999. | 4.2 |
| 870126. | 2580.5 | 48075. | 2000. | 4.2 |
| 870127. | 2619.4 | 48660. | 2000. | 4.1 |
| 870128. | 2655.4 | 49446. | 2001. | 4.0 |
| 870129. | 2686.5 | 49799. | 2006. | 4.0 |
| 870130. | 2724.4 | 50462. | 2019. | 4.0 |
| 870131. | 2768.0 | 50996. | 2034. | 4.0 |
| 870201. | 2820.7 | 51794. | 2052. | 4.0 |
| 870202. | 2857.7 | 52799. | 2069. | 3.9 |
| 870203. | 2898.5 | 53179. | 2092. | 3.9 |
| 870204. | 2950.3 | 53179. | 2122. | 4.0 |
| 870205. | 3056.9 | 53179. | 2727. | 5.1 |
| 870206. | 3153.1 | 53179. | 3101. | 5.8 |
| 870207. | 3202.2 | 53179. | 3180. | 6.0 |
| 870208. | 3247.7 | 53179. | 3253. | 6.1 |
| 870209. | 3285.5 | 53874. | 3320. | 6.2 |
| 870210. | 3324.4 | 54772. | 3398. | 6.2 |
| 870211. | 3373.5 | 62355. | 3496. | 5.6 |
| 870212. | 3427.1 | 66002. | 3709. | 5.6 |
| 870213. | 3488.7 | 71643. | 4028. | 5.6 |
| 870214. | 3547.7 | 73037. | 4334. | 5.9 |


| Dato | Akkum. vann- mengde (kbn) | Akkum. forbr. glykol (kg) | Akkum. avrent glykol (kg) | Akk. avr. glyk. (%) |
|---------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| 870215. | 3582.7 | 73574. | 4515. | 6.1 |
| 870216. | 3613.9 | 74527. | 4635. | 6.2 |
| 870217. | 3638.0 | 74961. | 4636. | 6.2 |
| 870218. | 3664.2 | 75550. | 4638. | 6.1 |
| 870219. | 3709.0 | 76343. | 4639. | 6.1 |
| 870220. | 3739.0 | 77164. | 4640. | 6.0 |
| 870221. | 3767.0 | 77910. | 4640. | 6.0 |
| 870222. | 3796.0 | 77910. | 4683. | 6.0 |
| 870223. | 3820.0 | 77910. | 4750. | 6.1 |
| 870224. | 3845.0 | 79376. | 4820. | 6.1 |
| 870225. | 3872.0 | 81571. | 4896. | 6.0 |
| 870226. | 3898.0 | 81950. | 4955. | 6.0 |
| 870227. | 3923.0 | 82437. | 5001. | 6.1 |
| 870228. | 3946.0 | 82972. | 5043. | 6.1 |
| 870301. | 3965.0 | 82972. | 5077. | 6.1 |
| 870302. | 3980.0 | 82972. | 5083. | 6.1 |
| 870303. | 4002.0 | 82972. | 5084. | 6.1 |
| 870304. | 4024.0 | 82972. | 5085. | 6.1 |
| 870305. | 4043.0 | 83610. | 5086. | 6.1 |
| 870306. | 4065.0 | 83610. | 5087. | 6.1 |
| 870307. | 4087.0 | 83610. | 5088. | 6.1 |
| 870308. | 4109.0 | 83610. | 5089. | 6.1 |
| 870309. | 4135.0 | 83610. | 5186. | 6.2 |
| 870310. | 4157.0 | 83610. | 5337. | 6.4 |
| 870311. | 4181.0 | 84307. | 5503. | 6.5 |
| 870312. | 4197.0 | 84796. | 5578. | 6.6 |
| 870313. | 4217.0 | 85379. | 5630. | 6.6 |
| 870314. | 4232.0 | 85757. | 5669. | 6.6 |
| 870315. | 4248.0 | 89429. | 5752. | 6.4 |
| 870316. | 4277.0 | 91481. | 6632. | 7.2 |

| Dato | Akkum. vann- mengde (kbn) | Akkum. forbr. glykol (kg) | Akkum. avrent glykol (kg) | Akk. avr. glyk. (%) |
|--------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| 870317 | 4308.0 | 93281. | 8268. | 8.9 |
| 870318 | 4336.0 | 95824. | 9746. | 10.2 |
| 870319 | 4396.0 | 99437. | 11760. | 11.8 |
| 870320 | 4447.0 | 102161. | 12301. | 12.0 |
| 870321 | 4504.0 | 103633. | 12907. | 12.5 |
| 870322 | 4617.0 | 104759. | 14107. | 13.5 |
| 870323 | 4729.0 | 105367. | 15296. | 14.5 |
| 870324 | 4762.0 | 105367. | 15647. | 14.8 |
| 870325 | 4785.0 | 105367. | 15799. | 15.0 |
| 870326 | 4831.0 | 112606. | 15903. | 14.1 |
| 870327 | 5462.0 | 114598. | 17391. | 15.2 |
| 870328 | 6531.0 | 117157. | 19914. | 17.0 |
| 870329 | 7560.0 | 117972. | 21431. | 18.2 |
| 870330 | 7889.0 | 117972. | 21473. | 18.2 |
| 870331 | 8101.0 | 118773. | 21508. | 18.1 |
| 870401 | 8224.0 | 118773. | 21629. | 18.2 |
| 870402 | 8294.0 | 121128. | 21720. | 17.9 |
| 870403 | 8511.0 | 121567. | 22005. | 18.1 |
| 870404 | 8738.0 | 121567. | 22302. | 18.3 |
| 870405 | 8900.0 | 122006. | 22537. | 18.5 |
| 870406 | 9051.0 | 122006. | 22792. | 18.7 |
| 870407 | 9227.0 | 122006. | 23032. | 18.9 |
| 870408 | 9416.0 | 122006. | 23246. | 19.1 |
| 870409 | 9535.0 | 122408. | 23989. | 19.6 |
| 870410 | 9677.0 | 123596. | 26208. | 21.2 |
| 870411 | 9984.0 | 129238. | 31007. | 24.0 |
| 870412 | 10157.0 | 129928. | 32374. | 24.9 |
| 870413 | 10302.0 | 130367. | 32437. | 24.9 |
| 870414 | 10555.0 | 130731. | 32547. | 24.9 |
| 870415 | 10828.0 | 130731. | 32671. | 25.0 |

| Dato | Akkum. vann- mengde (kbn) | Akkum. forbr. glykol (kg) | Akkum. avrent glykol (kg) | Akk. avr. glyk. (%) |
|---------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| 870416. | 11224.0 | 130731. | 32853. | 25.1 |
| 870417. | 11616.0 | 130731. | 33034. | 25.3 |
| 870418. | 11883.0 | 130731. | 33157. | 25.4 |
| 870419. | 12038.0 | 130731. | 33228. | 25.4 |
| 870420. | 12666.0 | 132325. | 33796. | 25.5 |
| 870421. | 12757.0 | 133012. | 33842. | 25.4 |
| 870422. | 12954.0 | 133012. | 33855. | 25.5 |
| 870423. | 13324.0 | 133012. | 33881. | 25.5 |
| 870424. | 13733.0 | 133012. | 33910. | 25.5 |
| 870425. | 14222.0 | 133012. | 33944. | 25.5 |
| 870426. | 14474.0 | 133012. | 33988. | 25.6 |
| 870427. | 14684.0 | 133012. | 34036. | 25.6 |
| 870428. | 15224.0 | 133012. | 34123. | 25.7 |
| 870429. | 15670.0 | 133012. | 34192. | 25.7 |
| 870430. | 15866.0 | 133012. | 34222. | 25.7 |
| 870501. | 16247.0 | 133012. | 34281. | 25.8 |
| 870502. | 16629.0 | 133012. | 34340. | 25.8 |
| 870503. | 16866.0 | 133012. | 34382. | 25.8 |
| 870504. | 17014.0 | 133012. | 34427. | 25.9 |
| 870505. | 17125.0 | 133012. | 34462. | 25.9 |
| 870506. | 17229.0 | 133012. | 34493. | 25.9 |
| 870507. | 17328.0 | 133012. | 34524. | 26.0 |
| 870508. | 17426.0 | 133012. | 34554. | 26.0 |
| 870509. | 17519.0 | 133012. | 34573. | 26.0 |
| 870510. | 17616.0 | 133012. | 34585. | 26.0 |
| 870511. | 17851.0 | 133012. | 34613. | 26.0 |
| 870512. | 17981.0 | 133012. | 34628. | 26.0 |
| 870513. | 18665.0 | 133012. | 34698. | 26.1 |
| 870514. | 19132.0 | 133012. | 34719. | 26.1 |
| 870515. | 19220.0 | 133012. | 34723. | 26.1 |
| 870516. | 19405.0 | 133012. | 34731. | 26.1 |
| 870517. | 19674.0 | 133012. | 34743. | 26.1 |
| 870518. | 20009.0 | 133012. | 34758. | 26.1 |
| 870519. | 20321.0 | 133012. | 34772. | 26.1 |

BILAG 7. KART OVER OSLO LUFTHAVN GARDERMOEN OG FORNEBU



| | |
|---|--|
| LUFTFARTSVERKET | |
| OSLO LUFTHAVN, GARDERMOEN | |
| SITUASJONSPLAN | |
| VANN, SPILLVANN, OVERVANN | |
|  | |
| 2475-01 | |

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 Berglind. 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. (Sperrert)
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 Myrgrøfting, 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 H₂O₂ 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 forsøksall 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 H₂O₂ tilsetning
og UV - bestråling
F-80415 Lasse Berglind. Oktober 1981
- 11/81 Treatment of Septic Sludge
European practice
O-80040 Arild Schanke Eikum. November 1981

- 12/81 Silgrainsyre som fellingmiddel 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 ammoniakkdrevning
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 containere
O-81104 Bjarne Paulsrud. August 1982
- 5/82 Kalibrering og justering av vannføringsmålere
O-82011 Kim Wedum. Mai 1982
- 6/82 Vurdering av driftsinstruksjoner og driftsforhold
ved renseanlegg rundt Indre Oslofjord
O-82004 Arne Lunder, Bjarne Paulsrud. August 1982
- 7/82 Styling 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. (Sperrert)
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 Tørrvæsavsetninger 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 galvanindustriens renseanlegg
O-79049 Eigil Iversen. Mars 1983
- 6/83 Optimalisering av galvanotekniske industrirensanlegg
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 (Sperrert)
- 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
opsamlingsnett 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 tilførsingsgrad.
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 (Sperrert)
- 16/83 Driftsanalyse av Bekkelaget renseanlegg
O-82005 Bjarne Paulsrud, Kim Wedum. Juni 1983 (Sperrert)
- 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 (Sperrert)

- 21/83 **Slamdeponering ved norske mangansmelteverk**
Fysisk-kjemisk karakterisering av drens vann og virkninger av drens vann 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 kløret 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 **Luftt 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 Fundø Aluminium
O-83141 Eigil 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 **Luftt 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

- 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)

WA rapporter utgitt av NIVA

- 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
- 6/86 Minivannverk - forsøk i full skala med prototyp
O-84114 Tor Moxnes. Mai 1986
- 7/86 Sanitærbidrag fra yrkesaktive i 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
- 10/86 Driftsundersøkelse av VIV's direktefiltreringsanlegg ved Akersvann
O-86068 Jens Arne Ohren. Oktober 1986
- 11/86 Følsomhetsanalyse for parametre i avløpsnettberegninger. Fase I
O-86012 Oddvar G. Lindholm. Oktober 1986
- 12/86 Sanitærbidrag fra yrkesaktive i Bosch bygget Oppegård kommune
O-86091 Lasse Vråle. November 1986
- 13/86 Bestemmelse av tilførringsgrad
O-86195 Lasse Vråle. November 1986
- 14/86 Heterotrofe mikroorganismer i ledningsnett for drikkevann
F-86635 Kari Ormerod. Januar 1987
- 15/86 Driftserfaringer for hvirveloverløp
O-85209, E-86638 Ole Jakob Johansen. Desember 1986
- 16/86 Vannkvalitet Vansjø vannverk
O-85075 Jens Arne Ohren. Desember 1986.
- 17/86 Evaluering av ABW-filter
O-86191 Jens Arne Ohren. Desember 1986
- 18/86 VIV's direktefiltreringsanlegg ved Akersvann.
Renseeffekter for alger, algetoksiner og andre vannkvalitetsparametre
O-86068 Jens Arne Ohren. Desember 1986
- 1/87 Overløpsforurensninger
Teoretiske beregninger
O-85285, O-86638 Oddvar G. Lindholm. Januar 1987
- 2/87 Testing av pH og oksygenmålere.
Delrapport 1. Test av pHOX og oksygenmålere
O-86167 Tor Sukke. Februar 1987. Sperret
- 3/87 Akvakulturmuligheter i Lilleelv.
O-86168 Arne Lande. Desember 1986. Sperret
- 4/87 Desinfeksjon av vann i oppdrettsnæringen
O-86148 Helge Liltved. Februar 1987
- 5/87 Optimalisering av kalksjøvannsfelling
Undersøkelse ved NIVAs laboratorie i Oslo og ved SRV
O-85251, E-86645 Lasse Vråle, Hans Kristiansen. Mars 1987