

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Blindern

0 - 73/76

PRA 1.1. AVLØPSVANNETS MENGDE OG SAMMENSETNING

DELRAPPORT

AVLØPSVANNETS SAMMENSETNING

Oslo, 24. mai 1978

Saksbehandler: Siv.ing. Eivind Lygren

Medarbeider: Tekn.lic. Peter Balmér

Instituttetsjef: Kjell Baalsrud

ISBN 82-577-0064-9

F O R O R D

Prosjektet PRA 1.1 har tittelen "Avløpsvannets mengde og sammensetning".
Prosjektet ledes av SFT ved overingeniør Bjørn Bergmann-Paulsen.
Konsulentfirmaet Østlandskonsult A/S har i oppdrag å gjennomføre prosjektet.
En del av prosjektet var at tidligere norske undersøkelser skulle gjennomgås
og vurderes.

I et brev av 3. mars 1976 ble NIVA bedt om å bearbeide og presentere de data
om avløpsvannets sammensetning og mengde som fantes på NIVA.
Senere ble man enige om at NIVA skulle legge størst vekt på sammen-
setningsaspektet.

Rapporten omfatter en teoretisk vurdering, en sammenfatning av et litteratur-
studium samt presentasjon av en statistisk bearbeiding av ca. 5000 data
fordelt på 27 parametre og 7 forskjellige felter.

Forsker Ole Gulbrandsen og programmerer Terje Hopen har hjulpet til under
databearbeidingen. Tekn.lic. Peter Balmér har gitt gode råd under skriving
og redigering, og sekretær Oddny Falck har vist stor tålmodighet ved maskin-
skriving av rapporten.

Det rettes en stor takk til alle disse og til andre som har gitt sine bidrag.

Oslo, 24. mai 1978



Eivind Lygren

SAMMENDRAG

En har bearbeidet ca. 5000 data om avløpsvannets sammensetning fra målestasjoner i syv ulike nedbørfelt. To av stasjonene er opprettet i forbindelse med prosjekt PRA 1.1 "Avløpsvannets mengde og sammensetning". Dataene for de fem andre feltene er hentet fra PRA 2.2 "Kjemisk felling ved eksisterende anlegg". Fra de to førstnevnte stasjonene foreligger det et forholdsvis lite datamateriale.

Bearbeidningen av materialet viser

- at det er stor forskjell i midlere konsentrasjon mellom de ulike målestasjonene på grunn av ulik grad av infiltrasjon i ledningsnett.
- at variasjonene i konsentrasjon på hver enkelt målestasjon er forholdsvis små. Standardavviket utgjør 20-40 prosent av middelkonsentrasjonen for en del vanlige stoffer.
- at forholdet mellom ulike parametre synes å være forholdsvis konstant.
- at massetransporten viser variasjoner av samme størrelsesorden som konsentrasjonen.
- at spesifikke verdier beregnet på grunnlag av massetransport gir usannsynlig lave verdier for flere nedbørfelt.
- at de spesifikke verdier som beregnes ut fra forholdstallene mellom ulike parametre stemmer godt overens med de verdier som har vært vanlig å bruke i senere år:

Total nitrogen	12 g/p.d
Total fosfor	2,5 g/p.d.
BOF ₇	75 g/p.d.
KOF	150 g/p.d.

Flere forhold kan påvirke disse tall ved måling ute på ledningsnett. I rapporten diskuteres bl.a. forandringen i vaskemidlenes sammensetning, sedimentering i ledningsnett, og virkning av at deler av befolkningen i enkelte felt på grunn av arbeid og skolegang er borte fra feltet en del av døgnet.

DISKUSJON

Det er et forholdsvis stort, eksisterende materiale som er bearbeidet (ca. 5000 data). Materialet er ikke fremkommet i den primære hensikt å få data om avløpsvannets sammensetning idet det er innsamlet for å vurdere forholdene ved renseanlegg. Materialet er av god kvalitet sammenliknet med andre norske data om avløpsvannets sammensetning. En må likevel gjøre oppmerksom på at det ikke oppfyller ønskelige krav når det gjelder vannføringsmåling, prøvetaking og oversikt over forholdene i rensedistriktene.

Gjennomsnittlige konsentrasjoner i avløpsvannet veksler mye fra felt til felt. Dette skyldes infiltrasjon og avspeiler ulik kvalitet i ledningsnettene.

Variasjon i døgnmiddel-konsentrasjonen innenfor hvert enkelt felt er mindre idet standardavviket for stoffer som fosfor, nitrogen og organisk stoff (målt som KOF eller BOF_7) utgjør kun 20-40 prosent av middelverdien. Disse lave tallene må sees på bakgrunn av at prøvene er tatt for å belyse funksjonen til et renseanlegg. I en slik situasjon vil en ofte la være å ta prøver i snøsmelteperioder og andre perioder med unormal tilrenning.

Forholdet mellom ulike parametre på konsentrasjonsbasis varierer forholdsvis lite. For enkelte parametre som total fosfor/ortofosfat eller KOF/ BOF_7 er dette naturlig da de er et uttrykk for omtrent de samme kjemiske komponenter. For andre parametre som total fosfor/total nitrogen eller total nitrogen/KOF indikerer dette at avløpsvannet før det ble fortynnet med infiltrasjonsvann, har vært nokså likt i sammensetning fra felt til felt og fra døgn til døgn i samme felt. En må legge til at noe av årsaken til at en får så små variasjoner skyldes den utsortering av visse data som ble gjort (se avsnitt 4.1.3).

Variasjonene i forholdstall er minst for paret total fosfor - total nitrogen og større for de forholdstall der organisk stoff (BOF_7 eller KOF) utgjør den ene del. En forklaring til dette kan være at både fosfor og nitrogen stort sett foreligger i løst form mens organisk stoff for en del er knyttet til sedimenterbart stoff. Sedimentering i ledningsnettene varierer fra felt til felt, alt etter de hydrauliske avrenningsforholdene. En annen årsak kan være nedbrytning av organisk stoff. Eksempelvis kan en lang oppholdstid i nettet virke til dette.

Når det gjelder tungmetaller, er forholdstallene nokså variable fra felt til felt og innenfor hvert enkelt felt. Materialet er imidlertid forholdsvis lite og gir ikke grunnlag for nærmere vurderinger.

Massetransporten i hvert enkelt felt viser variasjon av samme størrelsesorden som konsentrasjonen. Dette kan ha flere forklaringer, og disse kan deles i tre prinsipielt forskjellige årsaker som det har vært umulig å skille fra hverandre:

- Variasjon i kildene
- Forstyrrelser på ledningsnett
- Feil i analyser, vannmålere, prøvetaking etc.

Hvis massetransporten divideres med antall personekvivalenter i feltet, får en spesifikke forurensningsverdier. Midlere spesifikke forurensningsverdier varierer urimelig mye mellom de ulike felter. Det er derfor grunn til å tro at forhold i feltet som overløp, feilkoblinger osv. forekommer.

Det faktum at forholdstallene mellom de ulike parametre er konstant, gjør det mulig å beregne spesifikke forurensningsverdier om en av parametrene fastlegges på annen måte. Flere undersøkelser av avløpsvann tyder på at den spesifikke forurensningsverdien for nitrogen ligger ved ca. 12 g N/p.d. Beregninger basert på materialstrøms-analyse av Østhus (13) bekrefter at tallet 12 g N/p.d er omtrent riktig på gjennomsnittsbasis. De spesifikke forurensningsverdier som på denne måten beregnes (se tabell 22), viser små variasjoner for fosfor (2,5-3,0 g/p.d med middel 2,8 g/p.d), og noe større variasjoner for BOF_7 (49-89 g O/p.d med middel 70 g O/p.d) og KOF (89-144 g O/p.d. med middel 124 g O/p.d).

Feltene er i stor grad rene boligfelt. En eksport av folk (feks. på arbeid) om dagen kan føre til en vridning av forholdet mellom fosfor og nitrogen slik at fosforverdien blir noe høy. Den samme tendens om enn i mindre grad vil også kunne gjøre seg gjeldende for BOF og KOF . Dette sammen med det som tidligere er sagt om sedimentering og nedbrytning indikerer at det vanligvis brukte tall for total P, 2,5g/p.d, er noenlunde riktig, mens tallene som vanligvis brukes for BOF_7 , 75g/p.d, og i særlig grad KOF , 150g/p.d, synes å være noe høye.

Hovedkonklusjonen på vurderingen av eksisterende norsk datamateriale om avløpsvannets sammensetning blir at de spesifikke forurensningsverdier som er brukt i senere år her i landet, synes å være fornuftige.

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side:
FORORD	2
SAMMENDRAG	3
DISKUSJON	4
INNLEDNING	10
1. GENERELL BAKGRUNN	11
1.1 Massetransport	11
1.2 Vannmengder	13
1.3 Konsentrasjon	14
2. SAMMENFATNING AV ET LITTERATURSTUDIUM	17
2.1 Massetransport	17
2.2 Vannmengder	26
2.3 Konsentrasjon	28
3. SANNSYNLIGHETS-REGNING, STATISTIKK OG DATABEHANDLINGS-OPPLEGG	29
3.1 Korrelasjon og standardavvik	29
3.2 Regresjonslikninger	31
3.3 Databehandling	33
4. BEARBEIDING AV ELDRE MATERIALE	34
4.1 Datagrunnlag	34
4.1.1 Tilløpsnett	34
4.1.2 Prøvetaking, analyser og vannførings- målinger	37
4.1.3 Sammendrag og kritiske vurderinger av datagrunnlag	42
4.2 Presentasjon av resultater	44
4.2.1 Konsentrasjon	44
4.2.2 Massetransport	61
4.2.3 Vannmengder	64
4.2.4 Sammenheng mellom konsentrasjon, massetransport og vannmengder	64
5. LITTERATURLISTE	68
APPENDIX A	70

FIGURFORTEGNELSE

Figur nr.:		Side:
1	Prinsippskisse for en typisk avløpssone	12
2	Variasjon i infiltrasjons-vannmengder over året	14
3	Variasjon i vannmengde og forurensnings-konsentrasjon under et relativt kort regnvær	16
4	Eksempel på forskjellige korrelasjons-koeffisienter	30
5	Eksempel på falskt god korrelasjon	31
6	Regresjonslinje etter minste kvadraters metode	31
7	Lineær/ikke lineær regresjon	32
8	Gjennomsnittskonsentrasjoner for P_{tot} og N_{tot}	47
9	"- "- "- " P_{tot} og BOF_7	48
10	"- "- "- " P_{tot} og KOF	48
11	"- "- "- " N_{tot} og BOF_7	49
12	"- "- "- " N_{tot} og KOF	49
13	Gjennomsnittskonsentrasjoner for P_{tot} og N_{tot} med inntegnet regresjonslinjer for hver enkelt stasjon	58
14	"- "- "- "- " P_{tot} og BOF_7	59
15	"- "- "- "- " P_{tot} og KOF	59
16	"- "- "- "- " N_{tot} og BOF_7	60
17	"- "- "- "- " N_{tot} og KOF	60
18	Sammenheng mellom konsentrasjon, massetransport og vannmengder	65
19	Konsentrasjonen av nitrogen plottet som funksjon av tørrværs-vannmengdene for noen felter. Helt optrukne kurver viser konstant massetransport	67

TABELLFORTEGNELSE

Tabell nr.:		Side:
1	Årsaker som bidrar til senket tilføringsgrad	12
2	Spesifikke tall for fosfor og nitrogen i kommunalt avløpsvann	18
3	Fosfor i vaskemidler solgt i Norge, tonn P/år	19
4	Oversikt over foreslåtte, fastsatte eller eksperimentelt fremkomne verdier for spesifikke forurensninger av BOF_5 i en del land	20
5	Spesifikke tall benyttet ved NIVA	20
6	Prosentvis oversikt over tungmetaller fra forskjellige kilder i byen New York (USA 1973)	21
7	Spesifikke verdier fra 4 familier (USA 1974)	22
8	Spesifikke verdier for BOF_5 , KOF og P fra fem familier (USA 1973)	22
9	Spesifikke verdier fra kjøkken, badrom og vaskerom (Sverige 1967)	23
10	Spesifikke verdier fra klosett (Sverige 1967)	24
11	Spesifikke verdier for fosfor til spillvann fra husholdningene (Norge 1975)	25
12	Spesifikke verdier for tungmetaller til spillvann fra husholdningene (USA 1975)	25
13	Gjennomsnittstall for vannforbruket i norske boliger basert på måling i 1400 boliger spredt over hele landet (Norge 1977)	26
14	Gjennomsnittlig vannvolum fra forskjellige aktiviteter i huset for familie på fire (USA 1973)	27
15	Middelverdi, største og minste verdi og konfidensintervall for spillvann fra 19 husholdninger beliggende på landet (USA 1973)	27
16	Oversikt over prøvetakingsmetoder	38
17	Laboratorier benyttet, samt oppbevaringsprosedyrer før konservering og analysering	39
18	Oversikt over analyseparametre	40
19	Metoder ved vannføringsmålinger	41
20	Middelkonsentrasjoner og variasjoner i disse på hver enkelt stasjon, under tørrvær	45-46
21	Forhold mellom to og to parametre på konsentrasjonsbasis	51

Tabell nr.:		Side:
22	Spesifikke verdier basert på forhold mellom to og to parametre på konsentrasjonsbasis	52
23	Korrelasjons-koeffisienter: Et vektet middel for stasjonene Kleiva, Vestli, Åmot, Dønski og Losby	54
24	Regresjonslikninger for å bestemme $P_{\text{tot}}^{\text{uf}}$ på de forskjellige stasjonene under tørrvær	55
25	Regresjonslikninger for å bestemme N_{tot} på de forskjellige stasjonene under tørrvær	56
26	Regresjonslikninger for å bestemme KOF_{uf} og $BOF_{7\text{uf}}$ på de forskjellige stasjonene under tørrvær	57
27	Gjennomsnittlig massetransport og variasjon i denne på hver enkelt stasjon under tørrvær	62-63
28	Spesifikke tall basert på massetransport og antall personekvivalenter i feltet	63

INNLEDNING

Avløpsvannets sammensetning, slik vi finner det ute på et kommunalt ledningsnett, vil være av interesse ved vurdering i resipient-sammenheng og dimensjonering av tekniske innretninger som f.eks. ledningsnett og renseanlegg.

Rapporten tar utgangspunkt i konsentrasjons- og vannmengde-målinger ute på nettet og vurderer disse mot spesifikke verdier fra litteraturen.

Slike målinger og vurderinger vil kunne gi viktig informasjon om hvordan forskjellige nett fungerer med hensyn til lekkasje, infiltrasjon etc.

I litteraturen finner en forbausende få dokumenterte undersøkelser som på en systematisk måte behandler konsentrasjons-aspektet i seg selv, idet konsentrasjonene for en stor del kun er benyttet til å gi et anslag om spesifikke forurensningsmengder. Dette gjelder i særlig grad konsentrasjons-målinger ute på ledningsnettet, og det er vårt håp at denne rapporten skal bidra til å fylle en del av dette tomrommet.

Datamaterialet som er behandlet, stammer i stor utstrekning fra rene bolig-områder og representerer derfor for det meste spillvann fra husholdninger, fortynnet med forholdsvis rent infiltrasjonsvann.

Spillvann fra husholdninger er det spillvann som kommer fra kjøkken, bad, vaskerom og toalett i boliger. Dette vann er ikke direkte sammenlignbart med kommunalt avløpsvann, som i tillegg inneholder spillvann fra ervervs-virksomhet og institusjoner. Med ervervsvirksomhet og institusjoner menes her slike aktiviteter utenfor husholdningene som en finner i ethvert tettsted.

1. GENERELL BAKGRUNN

1.1 Massetransport

Husholdninger

Det faller naturlig å dele tilførslene fra en bolig i fire forskjellige kilder:

1. Kjøkken (kjøkkenbenk)
2. Baderom (håndvask + badekar/dusj)
3. Vaskerom (vaskemaskin)
4. Vannklosett (klosett + ev. håndvask).

Disse kildene bestemmer sammensetningen av spillvann fra husholdninger.

Forskjell i massetransporten fra døgn til døgn i et boligfelt kan en tenke seg oppstår på grunn av variasjon i befolkningsgrunlaget i feltet, samt vanemessig oppførsel hos befolkningen, bundet til spesielle ukedager. Eksempel på det første kan være variasjon i forbindelse med arbeidsdag/fridag eller i forbindelse med ferie. Når det gjelder vanemessig oppførsel, kan det nevnes slike ting som badedag, dag for klesvask osv. Vanemessig oppførsel som påvirker avløpsvannet var mer utbredt før og er trolig vanligst blant de eldre.

I praksis ser en ofte større variasjon enn en skulle vente ut fra disse forklaringene. På månedsbasis er massetransporten imidlertid nokså konstant.

Ervervsvirksomhet og institusjoner

Ervervsvirksomhet og institusjoner kan gi nokså forskjellig bidrag til massetransporten, alt etter hva slags virksomhet eller hvilken institusjon det er tale om. Ofte vil spillvannet ha en sammensetning som minner mye om den en har fra husholdningene (skoler, kontorer, hoteller osv.), men i noen tilfeller vil tilførslene ha en helt spesiell karakter (bensinstasjoner, bilverksteder osv.). Det kommunale avløpsvann som helhet vil ikke endres noe særlig i sammensetning som følge av disse bidragene fordi de utgjør en liten del.

Infiltrasjonsvann

Infiltrasjonsvannet inneholder som regel lite stoffer og bidrar dermed lite til massetransporten.

Overvann

Ved regn eller snøsmelting vil en få overflate-avrenning fra gårdsplasser, gater, takflater osv. Dette vann kan avledes til det naturlige elve- og bekkesystemet direkte, eller det kan ledes til et ledningssystem. Er dette ledningssystemet et fellessystem, ledes overflatevannet bevisst ned i samme ledning som det kommunale spillvannet. Om imidlertid ledningssystemet er et separatsystem, blir overflate-avrenningen forsøkt skilt fra spillvannet. Massetransporten fra overvann under selve nedbørperioden vil ofte være større enn for det kommunale spillvann i tilsvarende periode. Fellessystemet vil derfor i nedbørperioden være sterkt preget av dette bidraget. I praksis vil en også finne at dette er tilfelle i spillvannsledningen i et separatsystem på grunn av feilkoblinger, lekkasjer, innkobling av fellessystemledning på separatsystemets spillvannsledning osv.

Bunnsedimenter i rørene

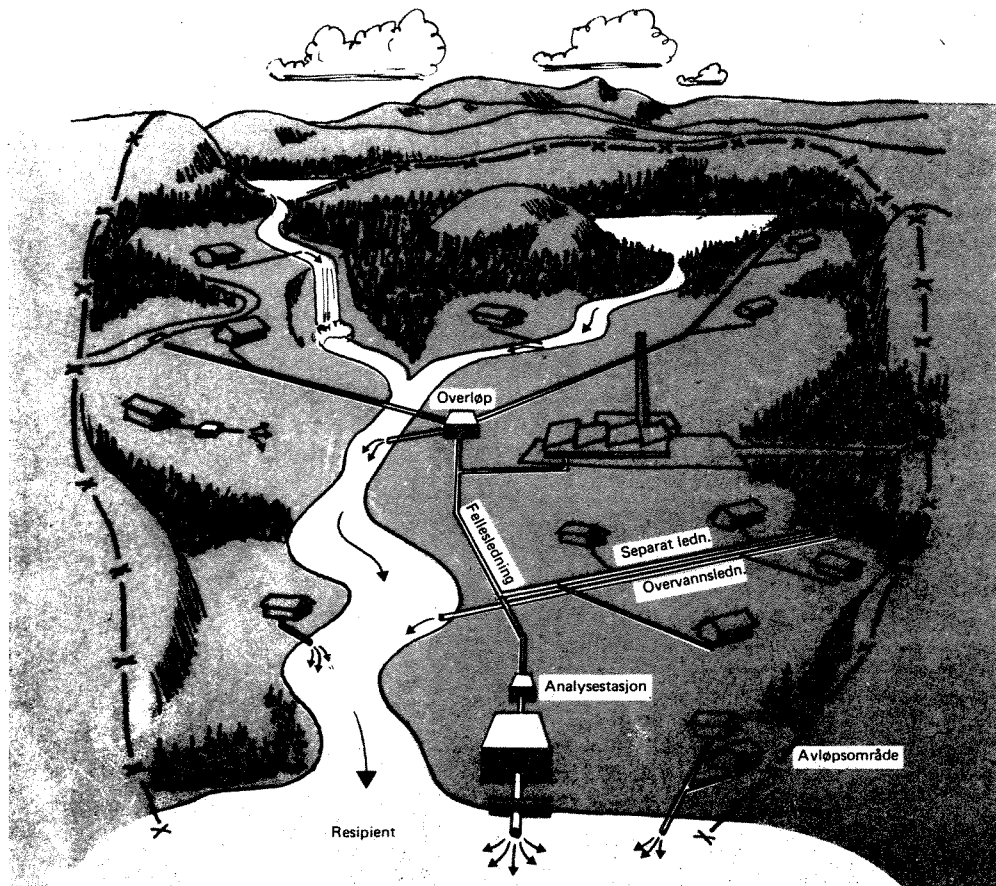
Under tørrvær vil det spesielt i fellessystem avsette seg en del slam på bunnen av rørene. Dette vil i perioder med større vannføring kunne spyles ut. En vet ikke nok om sedimenteringen til å angi med stor nøyaktighet hvor store slammengder det dreier seg om, eller når disse spyles ut, men siden vi i denne rapporten ikke skal gå noe særlig inn på overvann, er det foreløpig nok å vite at sedimenteringen under tørrvær bare utgjør en mindre del av den totale massetransporten, og at den er knyttet til stoffer som finnes i sedimenterbart materiale.

Tap ved utlekking, overløp, feilkoblinger etc.

Om en sammenlikner den massetransport en har ut av en hovedledning fra et nedbørfelt med den verdi en skulle forvente fra kildene i feltet, synes det som om mye forsvinner underveis på en mer eller mindre ukontrollert måte. Fig. 1 er en prinsippskisse for en avløpsone. Tabell 1 viser vanlige årsaker til at forurensningene ikke når fram til renseanlegget eller hovedavløpsledningen fra et område.

I sammenheng med tap i massetransport kan det være nyttig å innføre begrepet tilføringsgrad som et mål på den prosentvise andel av forurensningsproduksjonen innenfor et avløpsområde som transporteres ut av avløpsområdet via en hovedavløpsledning eller fram til områdets renseanlegg (12).

Fig. 1. Prinsippskisse for en typisk avløpsone.



Tabell 1. Årsaker som bidrar til senket tilføringsgrad.

	Nr.	Årsak	Resipient for "tapte mengder"	Tiltak for utbedring
Forurensninger når ikke kommunal ledning	1.	Boliger uten avløp	Lokalt jordsmønn	
	2.	Installert septiktank eller slamavskiller	Kommunal fylling Forskjellige muligheter	Utkobling av septiktanker
	3.	Private avløp med utdrenering i grunnen eller sjøen	Grunnvann eller strandområder	Anleggelse av avskjærende ledninger
Forurensninger når kommunal ledning, men ikke hovedavløpsledning	4.	Kommunale avløpsledninger som ikke er tilkoblet hovedavløpsledning	Bekker, elver eller sjøområder	Anleggelse av større avskjærende ledninger. Pumpestasjoner eller tunnel
	5.	Feilkobling av avløpsledninger	Via overvannsledning til bekker/elver	Krever spesielle undersøkelser og sanering av ledningsnett
	6.	Eldre tilkoblinger til bekker og bekkelukninger	Bekker, elver eller sjøområder	Åpning av eldre bekkelukninger og anleggelse av separatsystem
Forurensninger når hovedavløpsledning	7.	Overløp på fellesledning	Via overvannsledning til elver og bekker eller sjøområder	Bygging av fordøyningsmagasin eller omlegging til separatsystem
	8.	Nødoverløp på pumpestasjon	Elver, bekker, sjøområder	Enten eliminering av pumpestasjon ved anleggelse av selvfallsledn., eller oppgradering av pumpestasjon
	9.	Lekkasje i rørvegger og kummer	Grunnvann – event. til overvannsledning	Inspeksjonsutbedring av ledningsnett

1.2 Vannmengder

Husholdninger

Avløpsvannmengdene fra husholdningene er nært knyttet til vannforbruket i husholdningene. Om en har boligfelt av noen størrelse, vil det midlere spesifikke vannforbruket sannsynligvis ikke variere så mye fra felt til felt. (Faktorer som vann-måling eller ikke, blokk-enebolig, kan imidlertid påvirke dette forhold.) Forskjell i vannmengdene fra døgn til døgn i feltet kan på samme måte som for massetransporten oppstå på grunn av variasjon i befolkningsgrunnet i feltet, samt vanemessig oppførsel hos befolkningen, bundet til spesielle ukedager.

Ervervsvirksomhet og institusjoner

Vannet som kommer herfra, er i større grad enn for husholdningene utsatt for variasjoner fra døgn til døgn. Den viktigste årsaken er fridager i forbindelse med skolefri, forretningslukking, arbeidsfri osv. som fører til at utslippene kan bli redusert til null disse dagene.

Infiltrasjon

Infiltrasjon tilfører ofte ledningssystemet store mengder av nokså rent vann. Dette er imidlertid svært avhengig av hvor tett ledningen er, om ledningen ligger over eller under grunnvannspeilet osv. Fig. 2 viser hovedtrekk i variasjoner i infiltrasjonsvannmengdene over året til et ledningssystem. Et slikt variasjonsmønster henger sammen med heving og senking av grunnvannspeilet i området, og størrelsen på utslagene varierer fra felt til felt. Infiltrasjonsvannmengdene varierer normalt lite over døgnet og fra døgn til døgn over kortere perioder.

Alt etter om infiltrasjonen er stor eller liten, vil en få stor eller liten utjevning av de døgnvariasjonene en har fra andre kilder (husholdning, erverv, institusjoner osv.). Ved mye infiltrasjonsvann vil en derfor få små variasjoner over døgnet, mens en ved lite infiltrasjonsvann vil ha større variasjoner over døgnet.

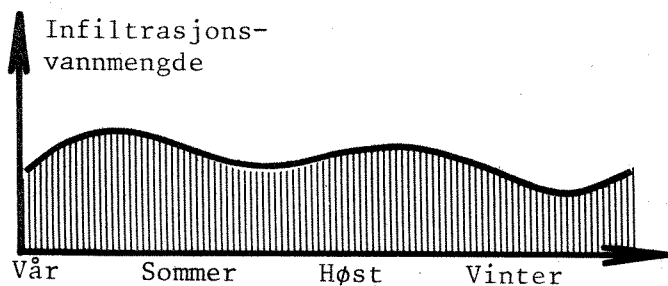


Fig. 2. Variasjon i infiltrasjonsvannmengder over året.

Overvann

I et fellessystem vil det tilføres store vannmengder fra overvann så lenge nedbør- eller smelteperioden varer. Separatsystemets spillvannsledning vil ofte også motta store mengder overvann. Dette henger som før nevnt sammen med feilkoblinger, lekkasjer, kobling av fellessystem-ledninger inn på separatsystemets spillvannsledning osv. Overvannsmengdene som renner av fra tette flater i feltet vil som regel langt overstige spillvannsmengdene, og ofte vil de kunne utgjøre 50-100 ganger som mye som disse.

Tap ved utlekking, overløp, feilkoblinger etc.

Dette tapet henger nøye sammen med det en tidligere har nevnt om tap i masse-transport, og det henvises til fig. 1 og tabell 1. Utlekking kan foregå når ledningen ligger over grunnvannsnivå mens overløp trer i funksjon når ledningssystemets eller renseanleggets kapasitet er i ferd med å overskrides.

1.3 Konsentrasjon

Husholdning

Konsentrasjonen i husholdnings-spillvannet varierer relativt lite fra døgn til døgn. Dette henger sammen med at ved stor massetransport er det også stort vannforbruk og omvendt. Forholdet mellom essensielle parametre burde være nokså konstant. Dette synes rimelig om en tenker seg at hver person produserer en bestemt mengde forurensninger. Om en person beveger seg ut av feltet, vil hele denne tilførselen forsvinne og ikke bare en del av den.

Ervervsvirksomhet og institusjoner

Dette vannet påvirker ikke det kommunale spillvanns sammensetning i særlig grad. Dette kommer av at det utgjør en mindre del, og at det har en sammensetning som ikke avviker mye fra husholdnings-spillvannet.

Infiltrasjonsvann

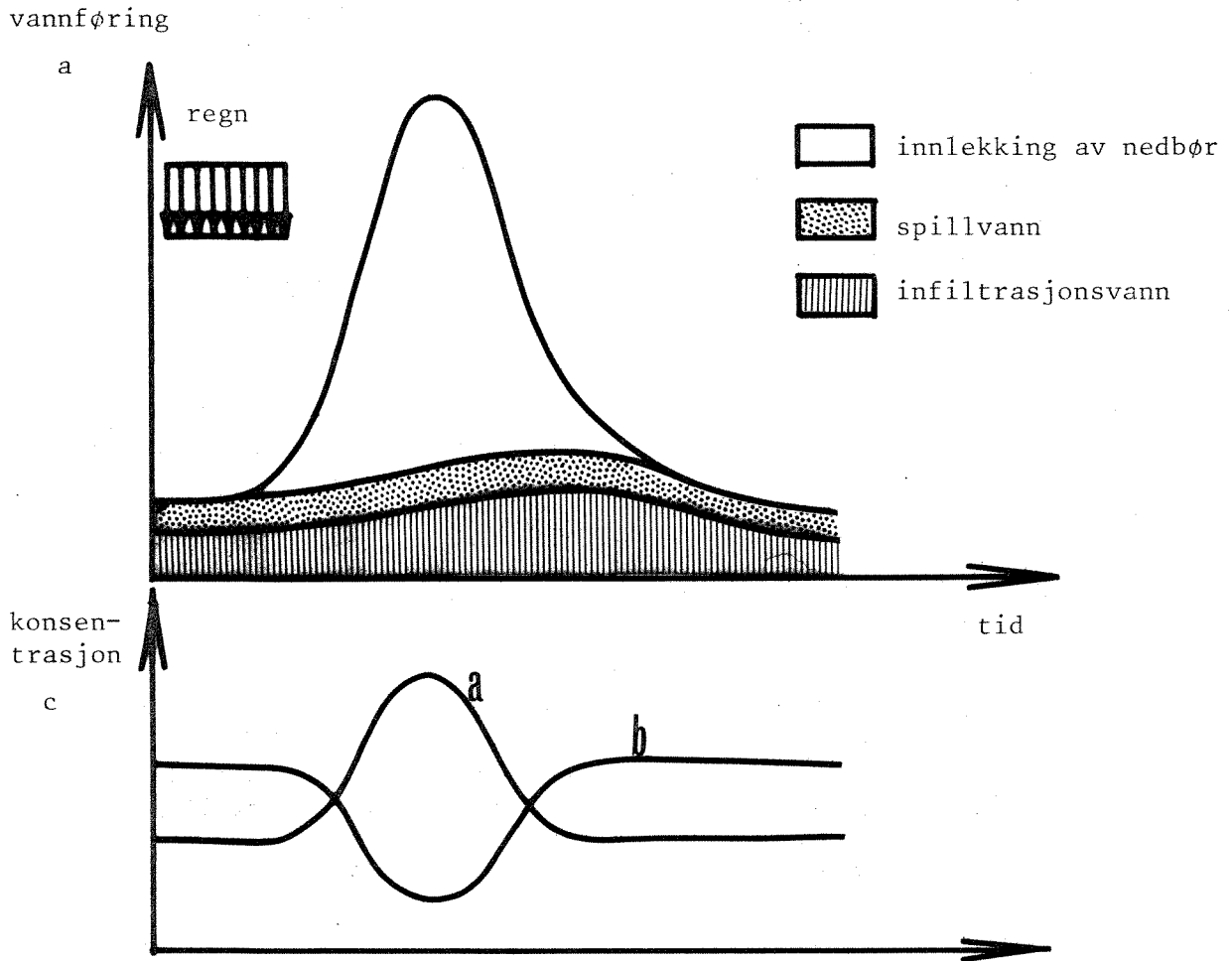
Dette er lite forurenset og har derfor for det meste en rent fortynnende effekt på det kommunale spillvann. Infiltrasjonsvannet utgjør hovedårsaken til at en finner vidt forskjellige gjennomsnitts-konsentrasjoner fra felt til felt, og at en har variasjoner over året (se fig. 2).

Overvann

Om en ser på forholdene under regn og snøsmelting, finner en at disse er svært sammensatt og kan gi forskjellige utslag i konsentrasjonen fra regn til regn.

Et idealisert tilfelle for et relativt kortvarig regn (der det er forutsatt at nokså store overvannsmengder renner inn i rørsystemet) er vist i fig. 3.

Avløpsvannets sammensetning påvirkes ved regnvær av mange faktorer, som f.eks. nedbørintensitet, nedbørfordeling i regnværet, størrelsen på slamavsetningene i ledningsnettene etc. Forholdene ved nedbør er derfor komplisert og vanskelig å få overblikk over.



- a) Partikulære forurensninger og stoff bundet til dette samt løste forurensninger knyttet primært til overvannet.
- b) Løste forurensninger knyttet primært til spillvannet.

Fig. 3. Variasjon i vannmengder og forurensnings-konsentrasjoner under et relativt kort regnvær. (Fellesystem eller svært utett nett.)

2. SAMMENFATNING AV ET LITTERATUR STUDIUM

2.1 Massetransport

Kommunalt avløpsvann

Det er gjort mange undersøkelser for å finne forurensningsmengdene i kommunalt avløpsvann. Ofte har en forsøkt å finne såkalte spesifikke verdier, dvs. en har beregnet antall gram forurensninger pr. person og døgn.

I arbeidet med å bestemme spesifikke forurensninger har en ofte målt på avløpet fra et større område og så forsøkt å finne spesifikke mengder ved å dividere massetransporten med "antall personer" i området. En har i den forbindelse støtt på to hovedproblemer som ofte ikke har kunnet løses på en tilfredsstillende måte:

- Feltet det er målt i, har ikke vært et rent boligområde, slik at antall personer en skulle fordele forurensningene på, har vært vanskelig å bestemme.
- Feltet har ofte være uoversiktlig. En har ikke uten meget store kostnader kunnet klarlegge: når folk er borte fra feltet, besøk i feltet utenfra, tap i ledningsnett, feilkoblinger, ikke tilkoblede husstander osv. osv.

Det første problem har en forsøkt å løse ved å innføre begrepet person-ekvivalent (pe.). (En personekvivalent angir hvor mye av et stoff som en person produserer pr. døgn.) Ved å uttrykke belastninger fra skoler, forretninger etc. i personekvivalenter er det mulig å beregne den spesifikke forurensningsbelastningen fra et felt med blandede aktiviteter. Det er imidlertid alltid usikkert hvor mange personekvivalenter en viss aktivitet tilsvarer, og målinger i felt med flere aktiviteter er derfor alltid vanskelige.

Det andre problem har en forsøkt å løse ved å velge oversiktlige felt, noe som ofte ikke har lyktes helt. Som konklusjon må sies at metoden har gitt nokså variable og ofte for små spesifikke verdier.

Tabell 2 viser spesifikke tall for fosfor og nitrogen i kommunalt avløpsvann. Spesifikke nitrogenverdier har ikke endret seg noe særlig gjennom tiden mens fosforverdiene har økt betraktelig. Dette henger sannsynligvis sammen med at syntetiske vaskemidler med høyt fosforinnhold ble brukt i større og større utstrekning i 50- og 60-årene.

Tabell 2. Spesifikke tall for fosfor og nitrogen i kommunalt avløpsvann. (1).

Fosfor g P/p.d.	Nitrogen g N/p.d.	Referanse
0,9	8	Husmann (1950)
1,5	12	Jansa (1955)
2,0	12	Johansson og Cronholm (1953)
2,3	13	Imhoff (1958)
2,4-2,9	10	Skulte (1953)
-	15	Viehl (1949)
-	8-15,3	Popp (1961)
-	13,9	Painter og Viney (1959)
2,4 (1,5-3,7)	-	Owen (1953)

Fosfortilførselene fra vaskemidler hadde en topp her i landet i 1970 og gikk så stadig ned fram til 1975 hvor de tilsynelatende har stabilisert seg. De-No-Fa og Lilleborg Fabrikker A/S har oppgitt det totale forbruk i 1970 og 1975 samt fordelingen av dette forbruket i 1975. Om en regner med den samme relative fordeling mellom de ulike forbrukerne i 1970 som i 1975, kan en sette opp tabell 3.

Tabell 3. Fosfor i vaskemidler solgt i Norge. Tonn P/år.

	<u>1970^{x)}</u>	<u>1975</u>
Husholdninger	1295	1000
Institusjoner (maskin-oppvaskemiddel)	70	55
Vaskerier	130	100
Meierier	45	35
Melkeprodusenter (gårdsdrift)	80	60
Diverse industri	130	100
Totalt	<u>1750</u>	<u>1350</u>

x) Fordeling beregnet som skissert i tekst ovenfor.

Det er bare bidragene fra husholdninger og institusjoner som etter vår definisjon regnes til kommunalt avløpsvann, og vi legger merke til at tilførslene fra husholdninger er mye større enn fra institusjoner.

Omregnet til spesifikke verdier utgjør fosfortilførslene fra husholdninger og institusjoner til sammen 0,97 og 0,73 g P/p.d for henholdsvis 1970 og 1975, altså en nedgang i spesifikke verdi på ca. 0,25 g P/p.d.

Tabell 4 gir en oversikt over spesifikke verdier for biokjemisk oksygenforbruk i g BOF₅/p.d (2). Tallene er sannsynligvis en blanding av målinger og forslag til dimensjoneringsgrunnlag og kan ikke uten videre overføres til norske forhold. En bør også vurdere dem mot den metode som er benyttet for måling (kolonne til høyre i tabellen).

Tallene synes å være avhengig av slike ting som om undersøkelsen er gjort i byområde eller på landet (se Sverige 1966), levestandarden (se CSSR 1966), om prøvetakingen er gjort på renseanlegg eller i nær tilknytning til kildene (tap i ledning) osv.

Tabell 5 viser de tall som vanligvis benyttes ved NIVA.

Tabell 4. Oversikt over foreslåtte, fastsatte eller eksperimentelt bestemte spesifikke verdier for BOF₅ fra en del land (oppført i g BOF₅/p.d.). (2).

Lfd. Nr.	Jahr	Land	Autor	Literatur- zitat	Einwohner- last	Bemerkungen
1	1966	ČSSR	Pöbiš	4	31	Ablauf von Wohnblocks mit 9100 E
2	1966	Schweden	OECD	5	Stadt: 60 Land: 35	In den Antworten auf eine Umfrage der OECD
3	1966	Frankreich	OECD	5	amtl.: 55	vom Dezember 1965 genannte Werte
4	1966	Japan	OECD	5	exper.: 60 Stadt: 40	
5	1966/67	England	IWPC WPRL	6	59,5 51,3	Untersuchungen an 6 Kläranlagen mit 1 200—90 000 E Untersuchungen an 4 Kläranlagen mit 37—9 600 E
6	1968	Niederlande	RIZA	7	32—45	Untersuchungen an 5 Kläranlagen für häusliches Abwasser mit 530—17 700 angeschlossenen E
7	1936—69	Deutschland	Imhoff, K.	1	54	Taschenbuch der Stadtentwässerung
8	1955		Lüssem	8	84	Mittelwert aus Untersuchungen an 6 Kläranlagen (42,6 bis 116 g BSB ₅ /E und T) mit 3 900—28 500 angeschlossenen E
9	1966		Husmann	2	79	erneute Diskussion der von Lüssem veröffentlichten Ergebnisse
10	1967		Imhoff, K.R.	9	55	
11	1968		Bucksteeg	10	57	gewogenes Mittel von 13 Kläranlagen des Ruhrverbandes mit Zulauf häuslichen oder überwiegend häuslichen Abwassers
12	1968		Liebmann und Riedmüller	11	75	Vorschlag nach systematischer Prüfung der Zahlenangaben betreffend die organischen Feststoffe im Abwasser in den verschiedenen Auflagen des Taschenbuches für Stadtentwässerung von Imhoff
13	1969		Klotter und Hantge	12	40—54	Untersuchung der Anfallstellen der durch den Einwohner verursachten Verschmutzungen und Untersuchungen an Kläranlagen
14	1969		Leschber und Niemitz	3	60	Untersuchungen an einer Kläranlage einer kleinen Siedlung

Tabell 5. Spesifikke tall benyttet ved NIVA (4).

Parameter	g/p.d
Kjemisk oksygenforbruk (KOF)	150
Biokjemisk oksygenforbruk (BOF ₇)	75
Total nitrogen (N)	12
Total fosfor (P)	2,5

Når det gjelder tungmetaller i kommunalt avløpsvann, foreligger det få sikre verdier for dette. Det er derfor bare ført opp resultatene fra en undersøkelse i USA i 1973 (11), som viser den prosentvise andel av forskjellige kilder til det kommunale avløpsvann i byen New York. En legger merke til at selv i en by av New Yorks karakter kommer en stor del av metallene fra husholdningene. (Tabell 6.)

Tabell 6. Forskjellige kilders prosentvise andel av tungmetaller til kommunalt avløpsvann i byen New York. (11).

Source	Percentage of Total Weights Received				
	Cu	Cr	Ni	Zn	Cd
Water supply	20	0	0	7	0
Electroplaters	12	43	62	13	33
Other industrial	7	9	3	7	6
Runoff	14	9	10	31	12
Residential	47	28	25	42	49
Unknown	0	11	0	0	0

Spillvann fra husholdninger

Tabell 7 viser resultatene fra en undersøkelse av spillvann fra fire familier i USA (1974) (10). I undersøkelsen ble det foretatt målinger direkte på avløpet fra hvert enkelt hjem, og en utelukket dermed usikkerheten ved å la vannet gå gjennom et ledningssystem før måling. En finner svært lave verdier for forurensninger fra toalettet. Dette kan forklares ved at en del av familien trolig er ute om dagen (arbeid og skole).

Denne observasjonen er viktig når en senere skal vurdere konsentrasjonene i spillvann fra boligområder: Fekalier og urin utgjør en hovedkilde for nitrogen mens fosfor stammer både fra fekalier og fra syntetiske vaskemidler. Bruken av vaskemidlene i hjemmet er sannsynligvis nokså uavhengig av om noen personer oppholder seg kortere eller lengre tid utenfor hjemmet. I utpregede boligområder der en vesentlig del av befolkningen er borte om dagen, vil en dermed kunne få en vridning av forholdet mellom nitrogen og fosfor slik at fosfor-transporten synes en del høyere enn det en skulle forvente ut fra nitrogen-transporten. En vil få samme virkning for BOF_7 - og KOF-verdier i forhold til nitrogen.

Tabell 8 viser en tilsvarende undersøkelse i USA i 1973 (3). En har her tatt prøver direkte av vannet før det ble tappet ut av oppvask-kum, badekar, vaskemaskin etc. Tallene fra vaskemaskinen er i begge undersøkelser høyere enn gjennomsnitt her i landet i 1973

Tabell 7. Spesifikke verdier fra 4 familier (USA, 1974). (10).

MEAN WASTEWATER CONTRIBUTIONS FROM
HOUSEHOLD EVENTS, mg/capita/day

Event Parameter	Fecal Toilet Flush	Nonfecal Toilet Flush	Garbage Disposal	Kitchen Sink Usage	Automatic Dish Washer	Clothes Washer- Wash	Clothes Washer- Rinse	Bath/ Shower
BOD ₅ U	4340	6380	10900	8340	12600	10800	4010	3090
BOD ₅ F	2340	3980	2570	4580	7840	6970	2840	1870
TOC U	3530	4250	7320	5000	7280	7700	2610	1750
TOC F	1580	3170	3910	4110	4690	5380	1910	1130
TS	10700	17800	25800	13800	18200	37500	10900	4590
TVS	7760	12000	24000	9730	10500	14700	4800	3600
TSS	6240	6280	15800	4110	5270	7930	3040	2260
TVSS	5090	5120	13500	3840	4460	4700	1810	1580
ICT-N	1500	2640	630	420	490	580	150	310
NH ₃ -N	590	520	9.6	32.3	54	19.4	11.4	40
NO ₃ -N	6.3	21.1	.2	1.8	4.1	17	10.3	7.4
TOT-P	270	280	130	420	820	1600	550	36
ORTHO-P	120	190	90	180	380	410	110	20

U = ufiltrert
F = filtrert

Tabell 8. Spesifikke verdier for BOF₅, KOF og P
fra fem familier (USA, 1973). (3).

	BOF ₅ mg O/p.d	KOF mg O/p.d	P mg P/p.d
Kjøkkenbenk	9200	18800	56
Badekar	6180	9080	10
Baderomsbenk	1860	3250	126
Vaskemaskin ¹⁾	7900	20300	1562

1) Vaskemidler med høyt fosfatinnhold er nyttet.

I Sverige utførte Byggforskningen (1) en meget god undersøkelse ved en omfattende prøvetaking i en blokk med ca. 15 forskjellige boligenheter. Resultatene er ført opp i tabell 9 og 10. I tabell 10 er også ført opp verdier fra andre undersøkelser.

De forholdsvis høye tall for fosfor fra kjøkken og baderom i tabell 9 beror sannsynligvis på at man i den undersøkte blokken hadde vaskerom i kjelleren. Mye småvask må antas å ha blitt utført på kjøkkenet eller på badet.

Tabell 9. Spesifikke verdier fra kjøkken, baderom og vaskerom
(Sverige, 1967). (I)

Analyse	Spillvann			Sum
	Kjøkken	Baderom	Vaskerom	
BOF ₅	17	5	3	25
Total-P	0,3	0,6	1,3	2,2
Kjeldahl-N	0,6	0,3	0,2	1,13
Tørrstoff	36,5	22,1	19,0	77,6
Gløderest	9,2	12,0	12,1	33,3
Glødetap	27,3	10,1	6,9	44,2
Suspendert stoff	12,9	3,0	1,6	17,4

Tabell 10. Spesifikke verdier fra klosett (Sverige, 1967). (1).

	<u>KL-vätskans sammansättning</u>		
	<u>(g/p.d.)</u>		
	<u>Mängd</u>		
	<u>Urin</u>	<u>Feces</u>	<u>Totalt</u>
VIEHL (1941)	1.200	110	1.310
SPECTOR (1956)	1.160	115	1.275
CAMP (1963)	1.170	90	1.260
KUNGL. VÄG- OCH VATTENBYGGNADS- STYRELSEN (1965)	985	68	1.053
	<u>Torrsubstans</u>		
VIEHL (1941)	55,0	27,0	82,0
SPECTOR (1956)	55,9	25,6	81,5
CAMP (1963)	43,1	20,5	63,6
CAMP (1963), exkl. urinämne + NH ₃	18,2	20,5	38,7
KUNGL. VÄG- OCH VATTENBYGGNADS- STYRELSEN (1965)			41,0
<u>BYGGFORSKNINGEN (1965)</u>			53,0
	<u>Glödningsrest</u>		
VIEHL (1941)	15,0	4,0	19,0
CAMP (1963)	14,9	2,7	17,6
KUNGL. VÄG- OCH VATTENBYGGNADS- STYRELSEN (1965)			15,0
<u>BYGGFORSKNINGEN (1965)</u>			14,0
	<u>Kväve</u>		
VIEHL (1941)	11,5	1,5	13,0
BEST & TAYLOR (1952)	11,7		
SPECTOR (1956)	10,4	1,6	12,0
PAINTER & VINEY (1959)	12,2	1,5	13,7
CAMP (1963)	12,6	1,8	14,4
ARRHENIUS	12,5	1,7	14,2
KUNGL. VÄG- OCH VATTENBYGGNADS- STYRELSEN (1965)			9,5
<u>BYGGFORSKNINGEN (1965)</u>			11,0
	<u>Fosfor</u>		
VIEHL (1941)	0,8	0,6	1,4
BEST & TAYLOR (1952)	1,0 ⁴⁾	0,4 ⁵⁾	1,4
SPECTOR (1956)	1,0	0,6	1,6
CAMP (1963)	0,6	0,3	0,9
ARRHENIUS	1,1	0,3	1,4
KUNGL. VÄG- OCH VATTENBYGGNADS- STYRELSEN (1965)			1,3
<u>BYGGFORSKNINGEN (1965)</u>			1,6

I et diplomarbeid utført ved NIVA høsten 1977 ble det gjennomført en beregning av tilførselene til husholdnings-spillvann ved hjelp av salgsstatistikk og ernæringsundersøkelser (13). I tabell 11 er resultatene for spesifikke fosformengder ført opp.

Tabell 11. Spesifikke verdier for fosfor til spillvann fra husholdningene (Norge, 1975). (13).

	<u>g P/person·døgn</u>
Vaskemiddel (salgsstatistikk)	0,7
Fekalier og urin (ernæringsundersøkelser med et befolkningsgrunnlag på ca. 800)	1,4
Annet fra husholdningene (anslått verdi)	<u>0,2</u>
Sum	<u>2,3</u>

For nitrogen ble det på samme måte funnet ca. 13 g/person·døgn. Nesten 100 prosent stammer fra klosett og kjøkken.

Når det gjelder tungmetaller i husholdnings-spillvann, foreligger det få sikre data om dette. En undersøkelse gjort på husholdnings-spillvann (1975) er satt opp i tabell 12 (6). En har kommet fram til tallene på en indirekte måte, og de må ansees som usikre. Antar man at avløpsvannmengdene er ca. 400 l/p.d. og beregner konsentrasjoner, finner man nivåer som er av samme størrelsesorden som de en har funnet ved norske undersøkelser (7).

Tabell 12. Spesifikke verdier for tungmetaller til spillvann fra husholdningene (USA, 1975). (6).

1b = 0,454 kg.

Metals	Residential Loading Factor (lb/day/1,000 persons)		
	New York	Pittsburgh	Muncie
Cd	0.016	0.011	0.006
Cr	0.08	0.018	0.007
Cu	0.18	0.10	0.10
Pb	—	0.062	0.10
Ni	0.08	0.012	0.02
Zn	0.21	0.17	0.21

2.2 Vannmengder

Avløpsvannets mengde blir behandlet i detalj av Østlandskonsult A/S, og her blir det kun gitt en kort oversikt slik at det er mulig å vurdere konsentrasjonen i avløpsvannet.

Kommunalt avløpsvann

Vannmengdene varierer sterkt og en vil ikke gå noe nærmere inn på disse variasjonene her. Isteden henvises til kap. 4.2.3 og tab. 20

Spillvann fra husholdningene

Husholdnings-spillvannets mengde er som før nevnt avhengig av vannforbruket i husholdningene.

Norske kommuners sentralforbund har fra høsten 1975 samlet inn data for vannforbruk i boliger med vanlig sanitærteknisk utstyr. Vannmålere har vært installert i 1400 boliger med 3800 bosatte i 33 kommuner spredt over hele landet. I tabell 13 er resultatene fra undersøkelsen satt opp. Gjennomsnittstallene for alle boliger er beregnet i samsvar med den innbyrdes fordeling av boligtyper en gjennomsnittlig finner i tettbygd strøk.

Tabell 13. Gjennomsnittstall for vannforbruket i norske boliger, basert på måling i 1400 boliger spredt over hele landet (Norge, 1977).(19)

BOLIGTYPE	Antall bosatte pr. bolig	m ² leieareal pr. bolig	Liter/pers.døgn
Enebolig, rekkehus terrassehus, atriumshus	3,98	126	185
To-/firemannsbolig, annen småhusbebyggelse	2,77	84	143
Boligblokk, leiegård	2,62	73	139
Alle boliger	3,17	96	162

En artikkel fra USA (1974) (5) tar for seg spesifikke vannmengder fra forskjellige virksomheter i huset (tabell 14) samt variasjoner i den totale avløpsmengde pr. person og døgn (tabell 15).

Tabell 14 viser at det kommer nokså like vannmengder fra toalett, bad/dusj og vaskemaskin, mens bidraget fra kjøkkenet er vesentlig mindre.

Tabell 15 viser at det er relativt store individuelle variasjoner fra døgn til døgn. Undersøkelsen strakk seg over tre måneder, og middelvrenningen over så lang tid indikerer noe mer avløpsvann på lørdag og mandag enn de andre dagene.

Tabell 14. Gjennomsnittlig vannvolum fra forskjellige aktiviteter i huset for familie på fire (USA, 1973) (5).
(Bygger på undersøkelse av 15 familier.)

	Antall ganger brukt pr. dag	Vannvolum pr. gang i liter	Totalt for fire personer	Totalt for en person 1/p·d
Toalett	16	13 ^{x)}	208	52
Bad/dusj	2	95	190	47,5
Vaskemaskin	1	152	152	38
Kjøkken	2	27	54	13,5
Totalt			588	151

x) En har benyttet 13 l her istedenfor 19 l som i den amerikanske undersøkelsen, da dette trolig er riktigere for norske forhold. i ikke helt nye installasjoner. (nye toaletter bruker enda mindre vann)

Tabell 15. Middelerverdi, største og minste verdi og konfidensintervall for spillvann fra 19 husholdninger beliggende på landet (USA, 1973). (5).
liter = 3,8 · gallon.

Day	Mean, in gallons per capita per day	Range, in gallons per capita per day	95% confidence interval for mean, in gallons per capita per day
Monday	49.6	20.0-109.7	37.0-62.2
Tuesday	44.9	19.2-96.0	34.4-55.3
Wednesday	38.0	19.3-63.2	31.6-44.3
Thursday	44.1	15.2-105.3	34.2-54.0
Friday	40.4	14.7-123.0	31.2-49.6
Saturday	50.2	16.0-162.5	33.9-66.6
Sunday	43.7	8.1-91.5	32.4-55.1
Average	44.4	8.1-162.5	40.5-48.3

2.3 Konsentrasjon

Kommunalt avløpsvann

Om en tenker seg ufortynnet, kommunalt avløpsvann, vil ikke dette være så mye forskjellig fra det en kaller spillvann fra husholdninger. Ved målinger på kommunale ledningsnett finner en imidlertid store variasjoner i konsentrasjonene. Dette henger særlig sammen med de store forskjeller det er i infiltrasjons-vannmengder fra felt til felt. Det har derfor liten hensikt å angi litteraturdata om konsentrasjonen i kommunalt avløpsvann.

Spillvann fra husholdninger

Konsentrasjonene fra et samlet boligfelt vil trolig ikke variere mye på døgnmiddel-basis. Ved å benytte de litteraturdata som tidligere er satt opp for spesifikke forurensningsmengder og vannmengder, kan en finne hvor stor konsentrasjonen må være i spillvann fra husholdningene i gjennomsnitt. Under slike utregninger bør en benytte spesifikke verdier der en har tatt hensyn til at en del av familien er ute en del av døgnet. Konsentrasjone-aspektet er tatt opp så grundig senere i rapporten at det henvises til dette for flere opplysninger.

3. SANNSYNLIGHETS-REGNING, STATISTIKK OG DATABEHANDLINGS-OPPLEGG

3.1 Korrelasjon og standardavvik

Dersom en har to variabler, X og Y, med n parvis sammenhørende verdier, kan en sette opp et uttrykk som vi kaller den empiriske kovariansen:

$$S_{xy} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (\bar{X} - X_k) (\bar{Y} - Y_k)$$

Dersom X og Y er samtidige i sin utslag fra gjennomsnittsverdiene \bar{X} og \bar{Y} , blir kovariansen stor, - større enn om utslagene kommer i utakt.

Dersom utslagene er samtidige, men motsatt rettet, blir tallverdien stor, men kovariansen blir negativ.

Kovariansen kan likevel ikke være noe kvantitativt uttrykk for sammenheng mellom seriene X og Y. For det første er tallverdien avhengig av hvor store X og Y gjennomgående er. Dette kunne vi ha korrigert for ved å dividere f.eks. med $\bar{X} \cdot \bar{Y}$. Men for det andre er tallverdien også avhengig av hvor store variasjoner seriene har. Derfor korrigerer en i stedet med de absolute standardavvik.

$$\text{Standardavvik serie x: } S_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (\bar{X} - X_k)^2}$$

$$\text{Standardavvik serie y: } S_y = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (\bar{Y} - Y_k)^2}$$

En fører inn en ny faktor for den sammenhengen en da finner, nemlig:

$$\text{Korrelasjonskoeffisienten, } r_{xy} = S_{xy} / (S_x \cdot S_y).$$

Dersom sammenhengen mellom X og Y er funksjonell og lineær, vil r_{xy} være lik +1 (utslagene går i samme retning), eller -1, utslagene er motsatt rettet. I begge tilfellene snakker en om full korrelasjon.

Er $r_{xy} = 0$, finnes det ikke noen sammenheng mellom seriene X og Y.

Fig. 4 gir et bilde av hvordan sammenhengen mellom forskjellige parametre gir seg utslag i korrelasjons-koeffisienten. En ser at en helst må over 0,70 om sammenhengen skal være noenlunde bra.

En bør også være på vakt mot tilfeller av typen vist i fig. 5 som gir en falsk god korrelasjons-koeffisient.

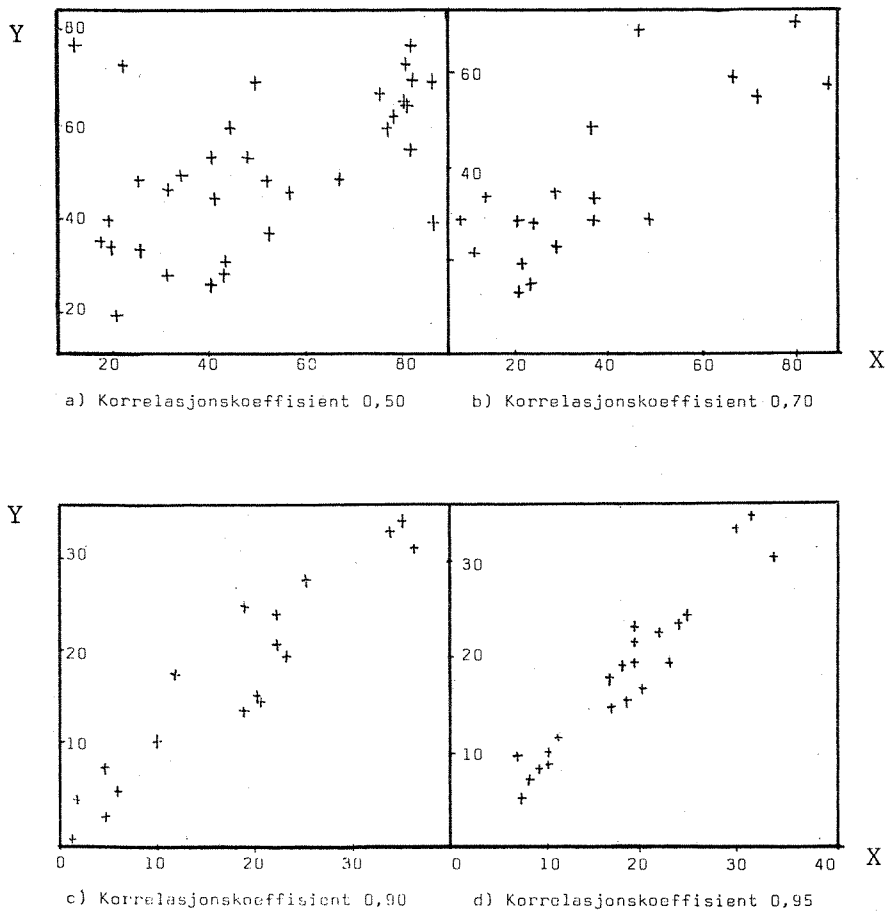


Fig. 4. Eksempel på sammenhengen mellom spredning og korrelasjons-koeffisient.

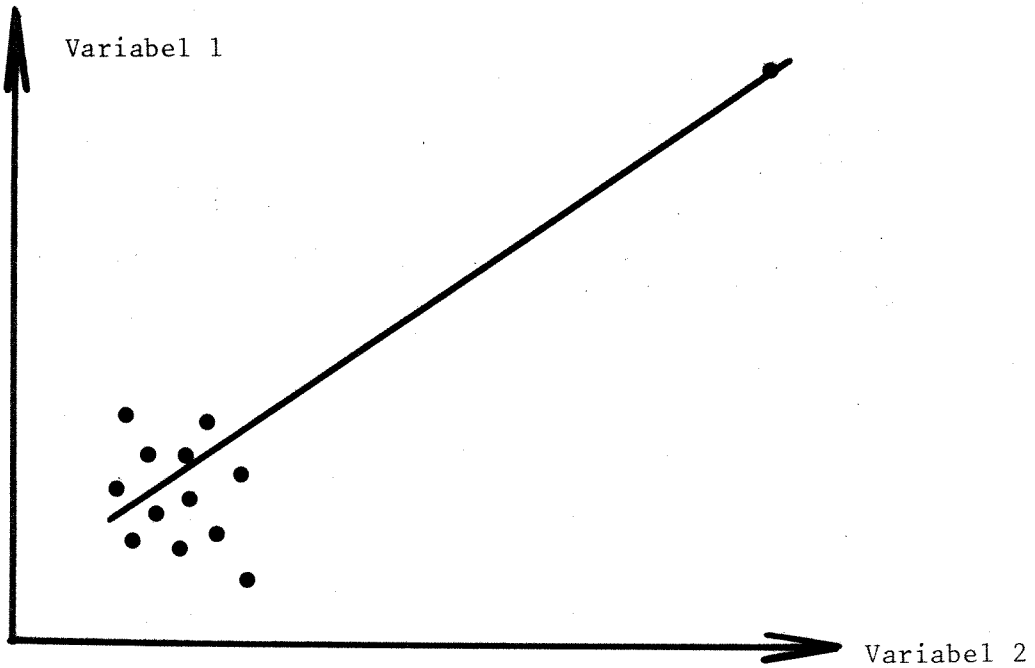


Fig. 5. Eksempel på falskt god korrelasjon.

3.2 Regresjonslikninger

Det vil føre for langt å gå inn på det teoretiske grunnlaget for regresjonsanalysen i detalj.

For to variabler kan en tenke seg at regresjonslikningen representerer den mest sannsynlige funksjonelle sammenheng mellom de to parameter-serier. Som kriterium for å fremstille denne linjen er mye brukt minste kvadraters metode som går ut på å konstruere den linje som har:

$$D_1^2 + D_2^2 + \dots + D_n^2 = \text{minimum (se fig. 6.)}$$

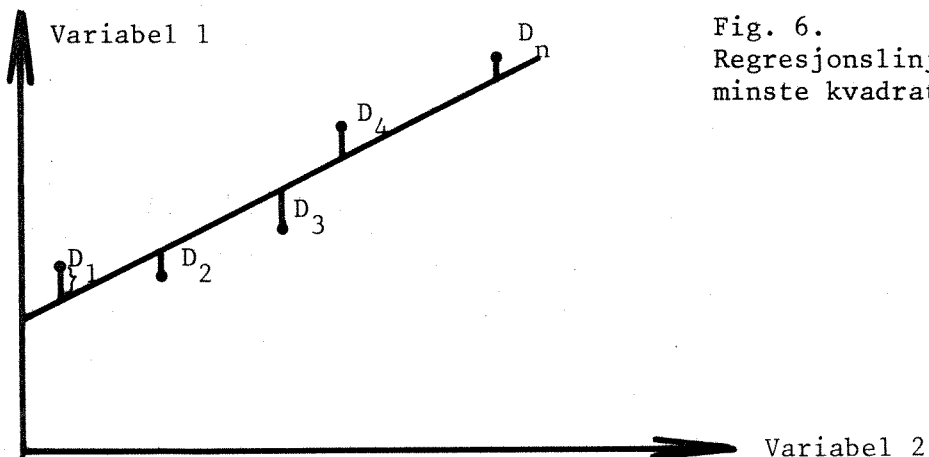


Fig. 6. Regresjonslinje etter minste kvadraters metode.

Fig. 7 viser forskjellen på en lineær og en ikke lineær regresjonslinje. I vår sammenheng er det bare benyttet lineær regresjon.

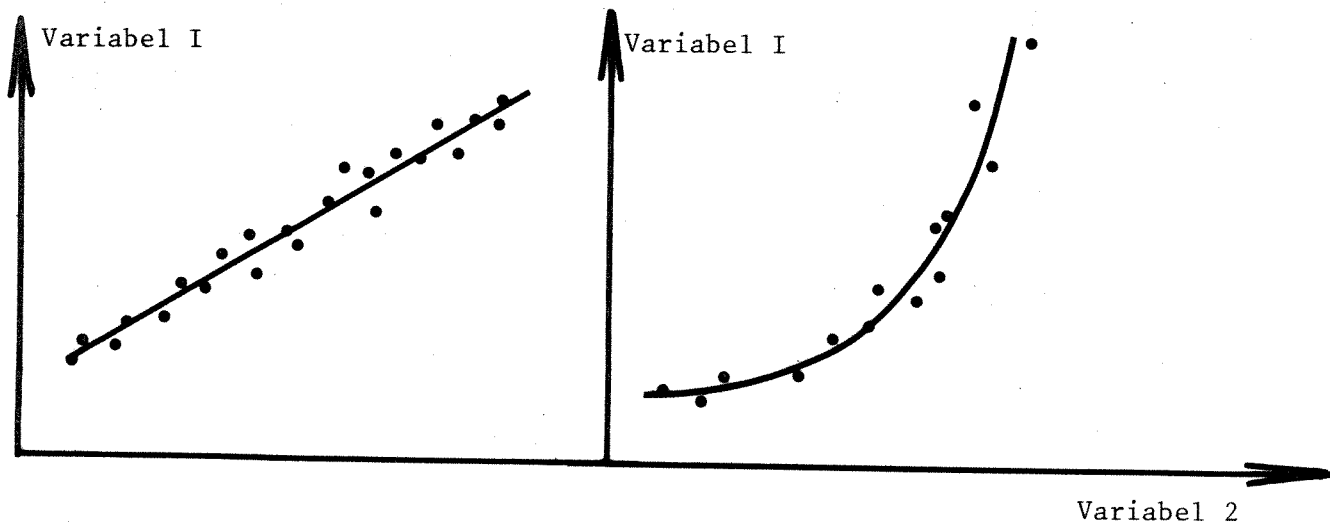


Fig. 7. Lineær/ikke lineær regresjon.

Om vi vil lage en likning mellom en parameter serie X og flere andre tilhørende parameter serier $Z_1 \dots Z_I$, altså en likning av typen:

$$X = a_1 \cdot Z_1 + a_2 \cdot Z_2 + \dots a_I \cdot Z_I + a_{I+1}$$

$a_1, a_2 \dots a_{I+1}$ er konstanter, må vi prøve oss fram med forskjellige sett av koeffisienter og undersøke resultatet for hver gang. For hvert sett av koeffisienter får vi en data-serie som vi kan kalle Y.

$$Y_1 = a_1 \cdot Z_{11} + a_2 \cdot Z_{21} + \dots a_I \cdot Z_{I1} + a_{I+1}$$

$$Y_2 = a_1 \cdot Z_{12} + a_2 \cdot Z_{22} + \dots a_I \cdot Z_{I2} + a_{I+1}$$

·
·
·

$$Y_n = a_1 \cdot Z_{1n} + a_2 \cdot Z_{2n} + \dots a_I \cdot Z_{In} + a_{I+1}$$

Det sett av koeffisienter som gir størst lineær multiplert korrelasjonskoeffisient, blir brukt i den ferdige likning. For denne koeffisienten gjelder likningen

$$r_{x(z_1, z_2 \dots z_I)} = \sqrt{1 - \frac{n(1-r_{xy}^2)}{n - I + 1}}$$

hvor r_{xy} er dataserie X korrelert med data serie Y (se ovenfor) som beskrevet under korrelasjon mellom to serier.

Multiplert lineær regresjons-koeffisient har verdier mellom 0 og + 1. + 1 indikerer full sammenheng, dvs. at likningen forklarer 100 prosent av variasjonene i X.

Om en bare har to variabler, dvs. $I = 1$, blir

$$r_{xz_1} = \sqrt{1 - \frac{n(1 - r_{xy}^2)}{n - 1 + 1}} = \sqrt{1 - (1 - r_{xy}^2)} = |r_{xy}|.$$

3.3 Databehandling

NIVA's avdeling for databehandling har hjulpet til med programmeringsopplegg. Datagrunnlaget er for senere bruk lagret på magnetbånd som arkiveres på NIVA. Følgende beregninger er gjort for hver stasjon:

1. Korrelasjonsanalyse av samtlige parametre på konsentrasjons- og masse-transportbasis.
2. Regresjonsanalyse av parametre som viser innbyrdes sammenheng på konsentrasjonsbasis.
3. Gjennomsnitt og standardavvik for samtlige parametre på konsentrasjons- og massetransport-basis.
4. Forhold mellom forskjellige parametre som viser noenlunde konstans og disse forholds gjennomsnitt og standardavvik på konsentrasjonsbasis.

Beregningene er gjort for tørrvær. For korrelasjonsanalyse på konsentrasjons- og massetransport-basis er det imidlertid også gjort en parallell analyse der regntilfellene er tatt med.

Datamaskin-beregningene er gjort for hver enkelt stasjon separat.

Det har ikke vært hensiktsmessig å ta med alle beregningsresultatene i hovedrapporten. Resultatene er imidlertid trykket opp i et eget vedlegg som kan tilsendes på forespørsel til NIVA.

4. BEARBEIDING AV ELDRE MATERIALE

4.1 Datagrunnlag

NIVA's arkiv inneholder store mengder data om sammensetning på avløpsvann.

For at det skal ha noen hensikt å bearbeide et datamateriale bør dette oppfylle visse minstekrav. De krav som blir stilt i denne sammenheng, er:

- Tilstrekkelig antall prøver. Det bør være minst 5 og helst mer enn 10 prøver fra én stasjon.
- Prøvetakingsmetode og -håndtering bør være akseptable.
- Analysemetoder bør være akseptable og ensartede.
- Forholdene i nedbørfeltet bør være undersøkt.

Ut fra disse kriterier fant en at det kun var data innsamlet i forbindelse med prosjekt PRA 2.2 "Kjemisk felling ved eksisterende renseanlegg" som det hadde noen hensikt å bearbeide. Dataene er fra tre områder med overveiende boligbebyggelse, ett område med en blanding av boligbebyggelse og bebyggelse av mer bymessig karakter og ett område med en militærforlegning. I tillegg til dette har Østlandskonsult A/S i forbindelse med PRA 1.1 gjort målinger i to boligområder, som også er benyttet her. Beregningene er så utført på hver stasjon separat. Beskrivelsene nedenfor er hentet fra de respektive PRA-rapporter samt Østlandskonsult A/S.

4.1.1 Tilløpsnett

Skarpsno renseanlegg (14)

Nedbørfeltet omfatter bydelene Skarpsno, Majorstua og Blindern og er på ca. 250 ha. Ca. 40% er bymessig bebygget med forretningsstrøk og tettbebyggelse, 46% er rent boligområde med tett til spredt bebyggelse og de resterende 14% er parkmessige områder.

Fra OV&K er opplyst at det var tilknyttet ca. 42 000 personer til anlegget, og dessuten kontorer og industri som er beregnet til ca. 15 000 personequivallenter (p.e.) fram til 21. april 1972. På dette tidspunkt ble kapasiteten ved en pumpestasjon på Skillebekk vesentlig øket. Kapasiteten på pumpestasjonen var tidligere 70 l/s, men driftstiden så kort

at middeltilrenningen til anlegget var beregnet til 3 l/s eller ca. 260 m³/d. Den 21. april 1972 ble kapasiteten øket til 150 l/s, og samtidig øket driftstiden til ca. 260 timer pr. måned eller en middeltilrenning på ca. 4 700 m³/d.

Fra en ubetydelig tilførsel fra dette nedbørfelt tidligere, regner en at samtlige ca. 9 000 beboere i området på ca. 71 ha er overført til Skarpsno etter at kapasitetsøkningen fant sted. Tilknytningen til anlegget økte således fra ca. 57 000 p.e. før til ca. 66 000 p.e. etter 21. april 1972.

Losby renseanlegg (15)

Til Losby renseanlegg renner det vann fra overveiende boligblokker.

Renseanlegget tilføres vann fra to hovedledningsnett. I det nedre nett som er bygget etter fellessystemet, graviteres avløpsvannet fra ca. 80 leiligheter til dammen. For den øvrige bebyggelse pumpes avløpsvannet opp i det førstnevnte nett. I forsøksperioden har ca. 1500 personer vært tilknyttet anlegget.

På grunn av at deler av nettet er lagt etter fellessystemet, er vannmengdene ved regnvær store.

Åmot renseanlegg (16)

Til Åmot renseanlegg ledes avløpsvann fra et område på ca. 1 km²-nettet har i forsøksperioden vært belastet med i gjennomsnitt 2500-3000 p.e. I området er det overveiende boligbebyggelse i form av boliger på ca. 1 måls tomter. Boligformene er rekkehus, eneboliger, firemannsboliger samt 6 blokker (3 etg. med tilsammen ca. 600 personer).

I tillegg er det 3-4 forretninger hvorav en stor (supermarked), samt en ungdomsskole og én barneskole. Det finnes en trikotasjefabrikk med 10-15 ansatte som forurensrer lite.

Nettet har en total lengde på 5 500 m inklusive stikkledninger, og det finnes ca. 130 kummer.

Ledningsnettets er utbygd etter separatsystemet. Alle ledninger er betongmufferør. Mesteparten av nettet er lagt før gummitetningsringer kom på markedet. Målinger med radioaktiv tracer gjort av IFA i 1972 viser at det er mye innlekking (især under nedbør). Særlig har mange kummer vist seg å være dårlige. Feltet ligger også i brattlendt terreng slik at rørene lett glir fra hverandre.

Dønski renseanlegg (17)

Til Dønski ledes avløpsvann fra et område på ca. 170 ha. I området er det noe eldre bebyggelse som er kloakkert etter kombinertsystemet. Her finnes det også en del septiktanker. Største delen av belastningen kommer fra nyere bebyggelse, hovedsakelig blokker og rekkehus, men også noe villamessig bebyggelse. Nyere bebyggelse er kloakkert etter separatsystemet. Det er ikke noe industri i området, men noen forretninger. Tilførselen til anlegget må derfor sies å være typisk boligkloakk. Ledningsnettets fordeler seg med 5,8 km spillvannsledning og 9,5 km ledning med kombinert avløpssystem.

I området med kombinertsystem er det to overløp som trer i funksjon ved regnvær. Dessuten er det en overløpskum umiddelbart foran anlegget, som begrenser maksimal vannføring gjennom anlegget til ca. $70 \text{ m}^3/\text{h}$.

Frem til 1. februar 1973 var antall personer tilknyttet anlegget i middel ca. 3 400 p.e. Fra dette tidspunktet av ble (etter målte belastninger av organisk stoff) 35-40% av avledet til Løxa.

Asker batteri renseanlegg (18)

Som det fremgår av navnet, er Asker batteri en militærforlegning. Tilførselsledningene til renseanlegget er meget korte (50-300 m). Belastningen på anlegget med hensyn til personekvivalenter i prøveperioden varierte en del over døgnet, men fra døgn til døgn (hverdagsdøgn) varierte den mindre og var i middel ca. 70 p.e. I weekenden må man regne med at belastningen var lavere, ca. 50 p.e.

Målestasjon Vestli (Østlandskonsult)

Målingene er gjort av Østlandskonsult i forbindelse med PRA 1.1.

Tilknytning 4 375 personer + 1 daghjem med 23 ansatte og 103 barn. 1 skole med 43 ansatte og 647 elever, og 1 butikk med 6 ansatt.

Det er grunn til å tro at de fleste personer ved daghjem, skole og butikk også bor i feltet. Ledningsnettets består av separatsystem.

Målestasjon Kleiva (Østlandskonsult)

Målingene er gjort av Østlandskonsult i forbindelse med PRA 1.1.

Tilknytning 432 personer. Feltet består av boliger. Av disse er det 100 eneboliger samt 4 stk. småleilighetshus med til sammen 32 leiligheter.

Ledningsnett består av separatsystem.

4.1.2 Prøvetaking, analysering og vannføringsmålinger

Alle prøver er tatt på tilløpet til renseanleggene og er blandprøver på døgnbasis.

Prøvetaking

Metodene som er benyttet ved prøvetaking er gjengitt i tabell 16.

Tabell 16. Oversikt over prøvetakingsmetoder.

	Metode	Problemer
Skarpsno	Proporsjonalt med vannføring. Hyppig pumping av mindre volum til større beholder. Slangepumper av type Multifix er benyttet.	Ingen rapportert.
Åmot	Proporsjonalt med vannføring. Pumping med monopumper til automatisk skje-prøvetaker av type Celleco.	En del vanskeligheter med monopumpe som av og til gikk tett.
Losby	Proporsjonalt med vannføring. Manuelt som blandprøve sammensatt av stikkprøve tatt hver fjerde time over døgnet.	Ingen rapportert.
Dønski	Proporsjonalt med vannføring. Hyppig pumping av mindre volum til større beholder. Slangepumper av type Multifix er benyttet.	Ingen rapportert.
Asker batteri	Proporsjonalt med vannføring. Pumping med impellerpumpe til automatisk prøvetaker av type treveis-ventil (Fride Höglund, Stockholm).	Nødvendig med siler på inntaksslange. For råvann: perforert messingsylinder pluss sil av nylonduk.
Vestli	Proporsjonalt med vannføring. Oppsuging av prøve ved hjelp av vakuum med prøvetaker av type UFA 120.	Ingen rapportert.
Kleiva	Proporsjonalt med vannføring. Oppsuging av prøve ved hjelp av vakuum med prøvetaker av type UFA 120.	Ingen rapportert.

Analysering

Tabell 17 gir en oversikt over laboratorier samt oppbevaringsrutiner for prøvene. Samtlige prøver er blandprøver over døgnet.

Tabell 17. Laboratorier benyttet, samt oppbevaringsprosedyrer for konservering og analysering.

Renseanlegg	Laboratorium	Anmerkninger
Skarpsno	OVK og NIVA	Helt separate analyseopplegg gjort i forskjellig regi. Prøver levert til laboratorium straks blandprøve over døgn blir ferdig.
Åmot	ANØ og NIVA x)	En del av parametrene ble analysert på NIVA og en del på ANØ. Prøvene ble først tatt inn til ANØ, og den del av prøvene som skulle til NIVA, ble konserverert før de ble sendt. Misforståelser førte til at orto-P ble tatt på ufiltrerte prøver.
Losby	ANØ og NIVA	En del av parametrene ble analysert på NIVA og en del på ANØ. Prøvene ble først tatt inn til ANØ, og den del av prøvene som skulle til NIVA, ble konserverert før de ble sendt. Misforståelser ført til at orto-P ble tatt på ufiltrerte prøver.
Dønski	NIVA	Prøve levert til laboratorium straks.
Asker batteri	NIVA	Prøve i kjølekasse under prøvetaking og ved transport til laboratorium.
Vestli	NIVA	Prøve i mørk og kjølig kum under prøvetaking. Deretter plassert i kjøleskap uten konservering. Samlet innkjøring til NIVA etter vel en uke.
Kleiva	NIVA	Prøve i mørk, kjølig kum under oppsamling. Deretter plassert i kjøleskap uten konservering. Samlet innkjøring ved prøvetakingsperiodens slutt, dvs. etter en uke.

x) ANØ benyttet samme analysemetode som NIVA.

Tabell 18 gir en oversikt over de parametre det er analysert på.

Tabell 18. Oversikt over analyseparametre.

Parameter	Antall analyser på hvert sted								Sum
	Skarpsno		Åmot	Losby	Dønnski	Asker batt.	Vestli (Østlandskonsult)	Kleiva	
	OVK	NIVA							
Q 1)	96	89	62	9	72	49	6	11	394
pH	98	92	56	12	66	42	6	11	383
Ledningsevne	95	89	54	12	68	42	-	-	360
Alkalitet	-	92	49	12	67	42	6	11	279
BOF ₇ UF 2)	92	86	54	12	65	42	3	5	359
BOF ₇ F 3)	-	24	48	12	35	42	-	-	161
KOF UF	-	93	62	12	63	42	6	11	289
KOF F	-	86	56	12	66	42	-	-	262
P _{tot} UF	96	93	60	12	68	42	6	11	388
P _{tot} F	-	85	-	-	65	-	-	-	150
P _{orto} UF	-	-	47	-	-	-	-	-	47
P _{orto} F	96	86	-	12	60	41	-	-	295
N _{tot}	-	83	35	12	68	34	-	11	243
SS	-	93	63	12	64	38	-	-	270
Fe	11	83	28	9	60	37	-	-	228
Cu	71	42	35	12	18	20	-	-	198
Hg	-	16	25	10	12	-	-	-	63
Mn	-	42	-	-	18	-	-	-	60
Zn	69	29	35	12	17	20	-	-	182
Pb	-	42	35	12	18	20	-	-	127
Al	-	30	24	9	31	-	-	-	94
Cd	-	30	-	-	9	-	-	-	39
Cr	-	25	-	-	-	-	-	-	25
Na	-	-	-	-	-	20	-	-	20
K	-	-	-	-	-	20	-	-	20
Ca	-	-	-	-	-	20	-	-	20
Mg	-	-	-	-	-	20	-	-	20
Sum	724	1430	828	205	1010	675	33	71	4976

1) Q = vannmengder, 2) UF = ufiltrert, 3) F = filtrert.

Vannføringsmålinger

Tabell 19 gir en oversikt over metoder benyttet ved vannføringsmålingene.

Tabell 19. Metoder ved vannføringsmålinger.

Renseanlegg	Metode	Anmerkninger
Skarpsno	Rektangulært overløp. Ekkolodd.	Vannføringsmåling etter overløp som trer i funksjon ved vannmengde på 720 m ³ /h. Det er flere overløp ute på nettet og ett umiddelbart før anlegget.
Åmot	90° trekant-overløp. Ekkolodd.	Vannføringsmåling i utløp. Etter 17.10.1972, dvs. midt i prøvetakingsperioden, ble trekantoverløpet plassert i innløpet.
Losby	Venturikanal med flottør.	Rektangulært tverrsnitt. Innsnevring av hovedkanal. Overløp umiddelbart foran anlegget og ute på nettet.
Dønski	Trekantoverløp med ekkolodd.	Måling etter overløp. Overløp begrenser vannmengde inn på anlegget til ca. 70 m ³ /h. Flere overløp ute på nettet.
Asker batteri	45° trekant-overløp med flottør.	Ikke overløp på nettet.
Vestli	Palmer-Bowler's målerenne med boblerørsmåler.	Østlandskonsult. Det er lagt ned mye arbeid i å få nøyaktige målinger. Ikke overløp på nettet.
Kleiva	Trekantoverløp med ekkolodd.	Østlandskonsult. Det er lagt ned mye arbeid i å få nøyaktige målinger. Ikke overløp på nettet.

4.1.3 Sammendrag og kritiske vurderinger av datagrunnlag

Feltene består i overveiende grad av boligbebyggelse i form av eneboliger eller blokker. Avløpsvannet vil derfor uten for stor feil kunne karakteriseres som avløpsvann fra husholdninger, fortynnet ved infiltrasjon. En unntakelse fra dette er Asker batteri som har avløp fra en militærforlegning, og i en viss grad Skarpsno som har noe tilløp fra industri.

Ledningssystemene er i mer eller mindre grad utsatt for innlekking og utlekking samtidig som det også finnes en del overløp på nettene. Det ville være en håpløs oppgave innenfor rammen av denne undersøkelsen å skaffe seg oversikt over størrelsen på disse strømmene.

Prøvetakingsmetode og oppbevaringsprosedyre synes å være akseptabel for alle stasjoner.

Det er benyttet tre laboratorier for analyse: NIVA, ANØ og OVK. NIVA har gjort den overveiende del av analysene. Laboratoriene bruker i all hovedsak samme analysemetode. I alt er det behandlet ca. 5000 data fordelt på 27 forskjellige parametre (se oversikt, tabell 18).

En del av disse data er kuttet ut eller erstattet etter følgende antakelser og kriterier:

1. Husholdnings-spillvann har et (innenfor visse grenser) noenlunde konstant forhold mellom parametre av typen KOF, BOF, N og P. Dersom flere parametre i en døgnprøve synes å være gale (ut fra antakelsen om konstante forhold mellom parametre), er alle resultatene for serien strøket.
2. Data fra nedbørdøgn er sløyfet.
3. Enkeltverdier er kuttet eller erstattet med forventet verdi om denne parameteren klart skiller seg ut som gal i forhold til resten av serien, og forholdet ikke kan tilskrives nedbør. Dette er gjort for ca. 0,3% av verdiene. Erstatninger er gjort i de tilfeller der datamengdene for stasjonen var så liten at en hel utkutting (som ville gi en diskontinuitet i serien) ville skade den statistiske bearbeidingen.
(Dataprogrammet jobber bare med hele serier for en del beregningsformål.)

Vannføringsmålingene synes stort sett å være den mest usikre parameteren. Feil i innstillingen av vannføringsmålerne vil kunne forandre på absoluttverdien av så vel vannmengdene pr. tidsenhet som variasjonene i disse over tid. En slik feil vil for vårt vedkommende sannsynligvis bare gi seg utslag i verdien på regresjons-koeffisientene (koeffisientene i likninger av typen $P = a \cdot I/Q + \text{konstant}$. P og Q betyr konsentrasjon og vannmengde),

og i liten grad i korrelasjonskoeffisientene mellom de forskjellige parametre. En stor ulempe er de overløp og tap en har på ledningsnettene. Dette gjør det vanskelig å finne noen generell regel for beregning av massetransporten fra et bestemt område da ledningskvalitet og antall overløp varierer mye fra felt til felt, samtidig som det er vanskelig å finne noe kvantitativt uttrykk for dem.

4.2 Presentasjon av resultater

4.2.1 Konsentrasjon

Gjennomsnittskonsentrasjoner og fortytning

Tabell 20 viser døgnmiddel-konsentrasjoner for de forskjellige stasjonene. Som ventet er det meget store forskjeller fra stasjon til stasjon mens det på hver enkelt stasjon er relativt små forskjeller fra døgn til døgn. Ser en for eksempel på fosfor finner en at konsentrasjonen varierer fra 4,2 på Skarpsno til 13,8 på Kleiva, mens standardavviket for variasjonen på Skarpsno bare er 0,6.

De store variasjonene fra stasjon til stasjon kommer i all hovedsak fra forskjell i infiltrasjons-vanngmengder. Dette ser en tydelig om en fremstiller konsentrasjonene grafisk, som i fig. 8-12. Her er gjennomsnittskonsentrasjonene på hver stasjon for fosfor, nitrogen samt kjemisk og biokjemisk oksygenforbruk plottet mot hverandre. Om en regner med at infiltrasjonsvannet er relativt rent, kan en trekke en "fortynningslinje" gjennom 0 og gjennom punktene. En ser at punktene ikke ligger særlig spredt om en slik linje.

Nitrogen- og fosfor-konsentrasjonen ligger meget tett om "fortynningslinjen" (se fig. 8) for de forskjellige stasjoner, og vil derfor være godt egnet til å gi en karakteristikk av hvor fortynt vannet er. Nitrogen kommer nesten utelukkende fra fekalier og urin (13) og burde være en bedre egnet parameter enn fosfor fordi den ikke vil endre seg noe særlig over tid. (Fosforinnholdet i vaskemidler kan f.eks. endre seg.)

Det spesifikke vannforbruket er forskjellig fra felt til felt.

Om en imidlertid for enkelthets skyld setter

80 mg nitrogen/l som konsentrasjonen for "rent husholdnings-spillvann" (fremkommet ved å fortynne 12 g/person.døgn i 150 l vann/person.døgn), kan en sette opp følgende uttrykk for en fortynningskoeffisient α :

$$\alpha = \frac{\text{middelkonsentrasjonen for nitrogen på stasjonen}}{80 \text{ mg/l}}$$

En får da følgende verdier for α for de forskjellige stasjonene:

	α
Kleiva	0,79
Asker	0,52
Losby	0,47
Åmot	0,42
Dønski	0,37
Skarpsno	0,25.

Tabell 20. Middelkonsentrasjoner og variasjoner i disse på hver enkelt stasjon, under tørrvær.

uf = ufiltrert prøve, f = filtrert prøve.

	Q	pH	Ledn. evne	Alk.	BOF _{7uf}	BOF _{7f}	KOF _{uf}	KOF _f	P _{totuf}	P _{totf}	P _{ortouf}	P _{ortof}	N _{tot}	SS	
	m ³ /d		µS/cm	mekv./l	mg O/l	mg O/l	mg O/l	mg O/l	mg P/l	mg P/l	mg P/l	mg P/l	mg N/l	mg/l	
Åmot	1	556,24	7,38	452,48	2,98	201,78	86,21	348,44	155,54	7,62	-	4,93	-	33,54	186,04
	2	141,30	0,30	74,39	0,59	58,29	31,33	108,98	59,27	2,30	-	1,39	-	9,37	75,57
	3	51	45	44	38	45	39	50	46	48	-	38	-	29	51
	4	0,25	0,04	0,16	0,20	0,29	0,36	0,31	0,38	0,30	-	0,28	-	0,28	0,41
Dønnski	1	804,00	7,35	413,04	3,08	124,57	54,00	218,56	98,57	6,94	5,87	-	4,85	29,21	96,79
	2	338,64	0,26	59,82	0,56	48,58	20,47	67,46	34,55	2,11	1,48	-	1,47	10,12	44,36
	3	61	55	57	56	54	32	52	55	57	55	-	49	56	53
	4	0,42	0,04	0,14	0,18	0,39	0,38	0,31	0,35	0,30	0,25	-	0,30	0,35	0,46
Losby	1	398,57	7,41	457,60	3,18	269,10	137,30	456,80	206,60	9,60	-	-	5,80	37,60	317,70
	2	84,92	0,32	22,65	0,62	82,59	47,11	197,51	89,80	3,24	-	-	1,79	9,37	296,94
	3	7	10	10	10	10	10	10	10	10	-	-	10	10	7
	4	0,21	0,04	0,05	0,20	0,31	0,34	0,43	0,43	0,34	-	-	0,31	0,25	0,93
NIVA- Skarpsno	1	15031	7,32	452,73	1,98	82,87	44,95	165,71	72,21	4,16	3,29	-	2,46	19,71	80,14
	2	2760	0,23	322,67	0,26	19,56	15,47	34,06	20,46	0,61	0,60	-	0,51	3,68	34,43
	3	85	87	84	87	81	23	88	82	88	82	-	81	80	88
	4	0,18	0,03	0,71	0,13	0,24	0,34	0,21	0,28	0,15	0,18	-	0,21	0,19	0,43
ØVK- Skarpsno	1	-	6,93	340,73	-	90,22	-	-	-	4,20	-	-	2,61	-	-
	2	-	0,33	219,36	-	22,13	-	-	-	0,82	-	-	0,68	-	-
	3	-	96	93	-	90	-	-	-	94	-	-	93	-	-
	4	-	0,05	0,65	-	0,25	-	-	-	0,20	-	-	0,26	-	-
Kleiva	1	70,39	6,93	-	4,51	356,00	-	698,89	-	13,78	-	-	-	63,20	-
	2	19,62	0,27	-	0,55	20,58	-	212,54	-	3,37	-	-	-	11,92	-
	3	9	9	-	9	4	-	9	-	9	-	-	-	9	-
	4	0,28	0,04	-	0,12	0,06	-	0,30	-	0,24	-	-	-	0,19	-
Vestli	1	912,00	7,31	-	3,00	167,33	-	327,40	-	7,88	-	-	-	-	-
	2	97,23	0,34	-	0,15	24,85	-	48,32	-	0,76	-	-	-	-	-
	3	5	5	-	5	3	-	5	-	5	-	-	-	-	-
	4	0,11	0,05	-	0,05	0,15	-	0,15	-	0,10	-	-	-	-	-
Asker	1	18,28	7,12	636,59	5,09	298,42	172,63	475,18	235,29	9,42	-	-	7,78	41,80	245,50
	2	1,88	0,39	186,71	1,03	94,77	67,42	160,17	94,52	4,40	-	-	4,29	9,34	136,40
	3	46	39	39	38	38	38	38	38	39	-	-	38	31	36
	4	0,10	0,05	0,29	0,20	0,32	0,39	0,34	0,40	0,47	-	-	0,55	0,22	0,56

1 = aritmetisk middel

2 = standardavvik

3 = antall observasjoner

4 = standardavvik/aritmetisk middel.

Forts.

Tabell 20 Middelkonsentrasjoner of variasjoner i disse på hver enkelt stasjon, under tørrvær.

Fortsatt.

		Fe	Cu	Hg	Mn	Zn	Pb	Al	Cd	Cr	Na	K	Ca	Mg
		mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Åmot	1	3,43	191,55	14,58	-	449,62	22,93	0,86	-	-	-	-	-	-
	2	2,01	87,89	23,49	-	265,98	13,93	1,04	-	-	-	-	-	-
	3	23	29	22	-	29	29	19	-	-	-	-	-	-
	4	0,59	0,46	1,61	-	0,59	0,61	1,21	-	-	-	-	-	-
Dønski	1	0,96	194,64	1,39	87,86	112,69	19,36	0,30	0,78	-	-	-	-	-
	2	0,60	78,84	1,15	14,97	37,35	17,84	0,20	0,57	-	-	-	-	-
	3	49	14	8	14	13	14	27	9	-	-	-	-	-
	4	0,63	0,41	0,83	0,17	0,33	0,92	0,67	0,73	-	-	-	-	-
Losby	1	2,30	370,50	20,21	-	177,50	26,60	0,79	-	-	-	-	-	-
	2	1,32	112,70	21,83	-	66,19	15,81	0,87	-	-	-	-	-	-
	3	7	10	9	-	10	10	7	-	-	-	-	-	-
	4	0,57	0,30	1,08	-	0,37	0,59	1,10	-	-	-	-	-	-
NIVA- Skarpsno	1	0,92	140,13	7,79	43,46	195,36	41,48	0,27	0,83	28,96	-	-	-	-
	2	0,51	53,56	9,29	15,28	63,02	31,24	0,22	0,63	35,24	-	-	-	-
	3	80	40	15	39	28	40	27	28	24	-	-	-	-
	4	0,55	0,38	1,19	0,35	0,33	0,75	0,83	0,76	1,22	-	-	-	-
OVK- Skarpsno	1	1,14	141,30	-	-	231,19	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	0,52	65,52	-	-	148,20	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	11	69	-	-	67	-	-	-	-	-	-	-	-
	4	0,45	0,46	-	-	0,64	-	-	-	-	-	-	-	-
Asker	1	0,89	111,45	-	-	169,60	11,05	-	-	-	56,37	26,79	36,07	18,23
	2	0,67	80,78	-	-	82,97	10,27	-	-	-	20,23	19,32	3,07	9,78
	3	33	20	-	-	20	20	-	-	-	20	20	20	20
	4	0,75	0,72	-	-	0,49	0,93	-	-	-	0,36	0,72	0,09	0,54

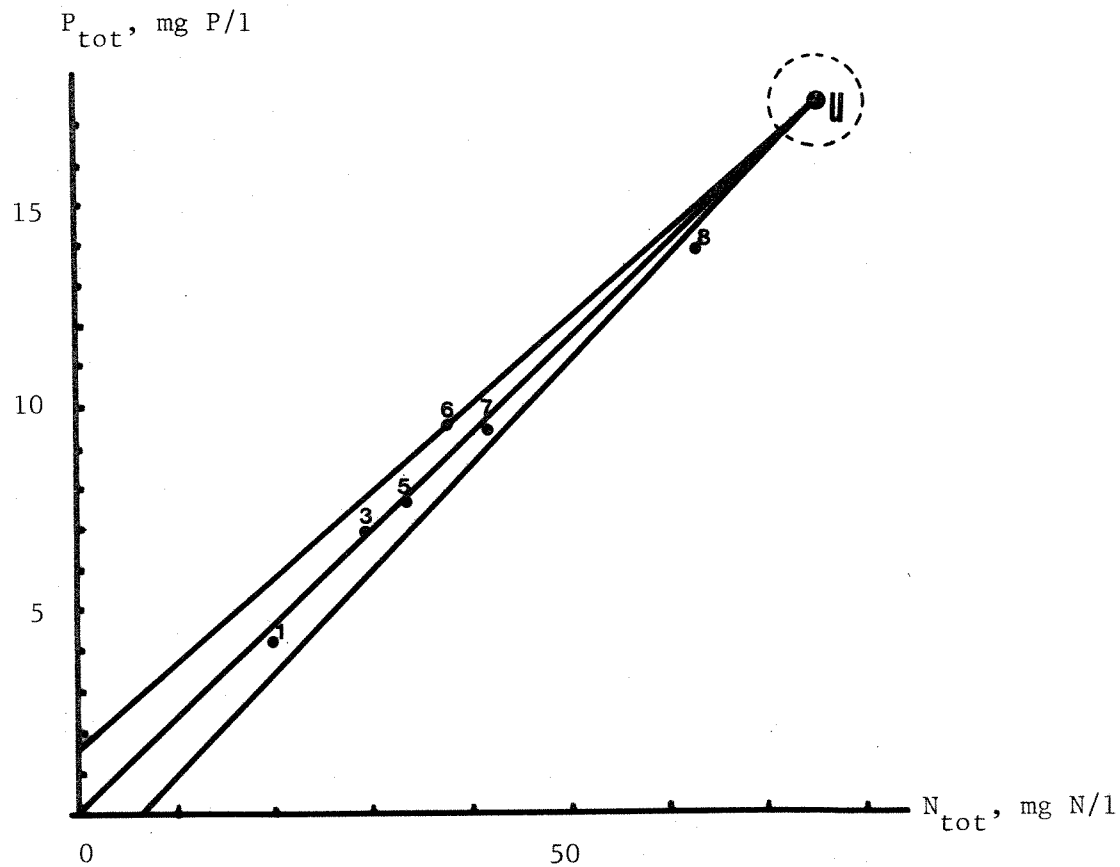


Fig. 8. Gjennomsnittskonsentrasjoner for P_{tot} og N_{tot} ,
 $r = 0,99$ x)

Tegnforklaring for figurene 8-12:

- 1 = NIVA - Skarpsno
- 2 = OVK - Skarpsno
- 3 = Dønski
- 4 = Vestli
- 5 = Åmot
- 6 = Losby
- 7 = Asker
- 8 = Kleiva

U = ufortynnet husholdnings-spillvann. (Valgt på grunnlag av pkt. I-8 samt spes. verdi fra tab. 5 og I3. Stiplet sirkel antyder usikkerhet)

Linjen gjennom 0 og U er fortynningslinjen en får ved å fortynne husholdnings-spillvann med rent vann. De to andre linjene antyder spredningen på punktene.

x) r = korrelasjonskoeffisient for punktene I-8.

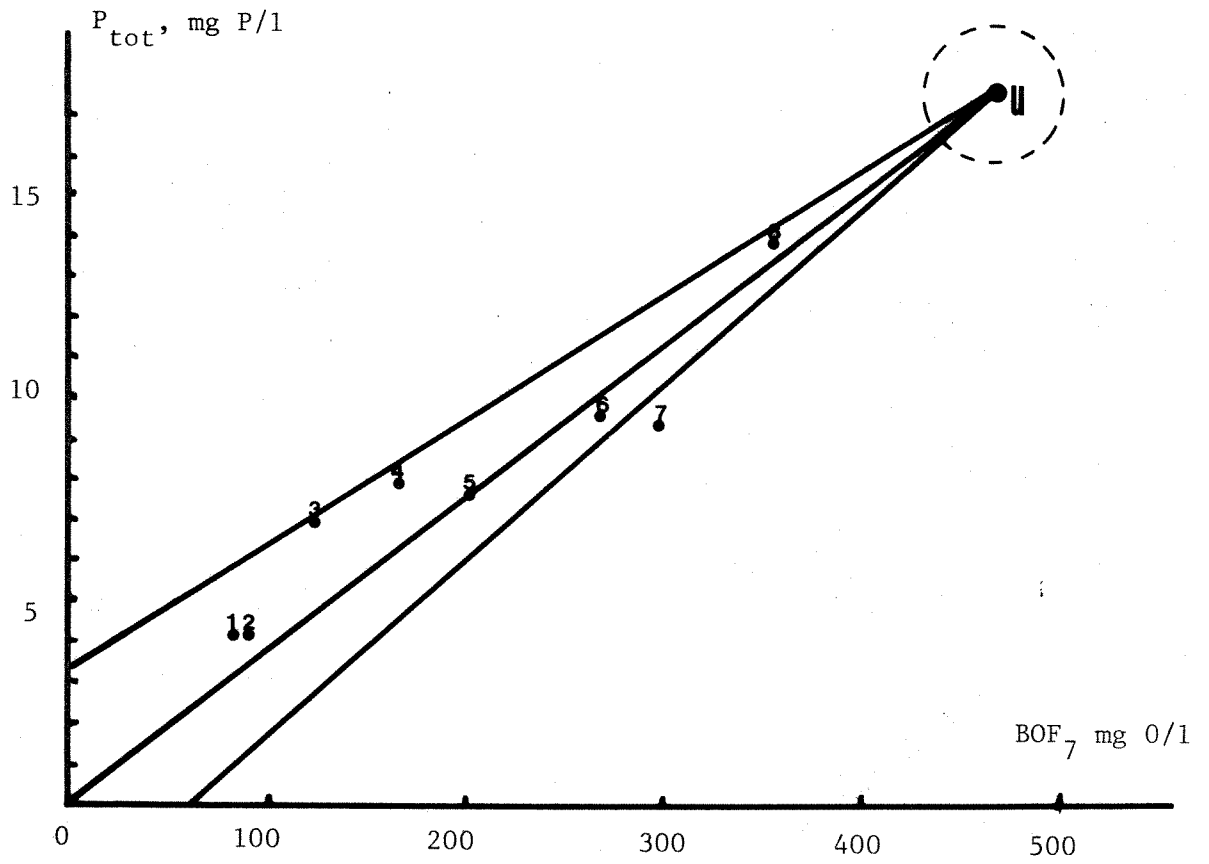


Fig. 9. Gjennomsnittskonsentrasjoner for P_{tot} og BOF_7 . $r = 0,95$.

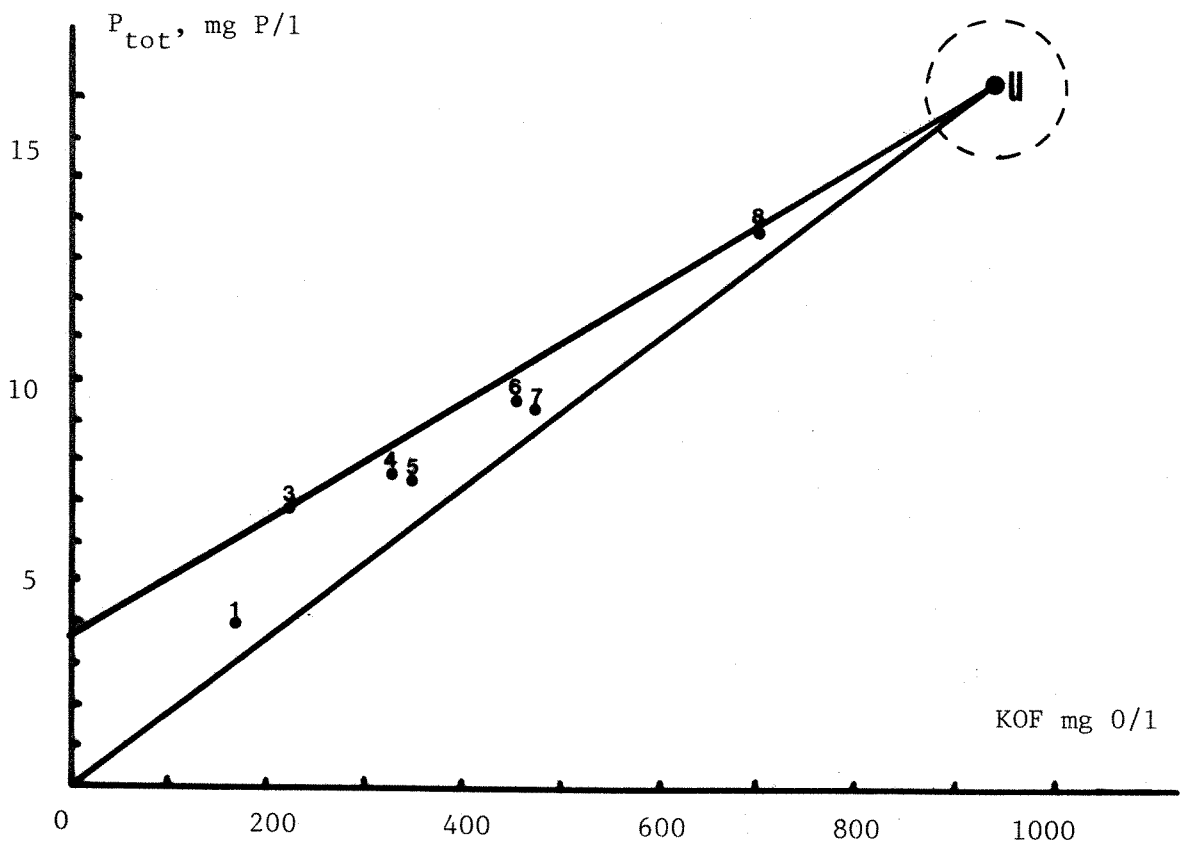


Fig. 10. Gjennomsnittskonsentrasjon for P_{tot} og KOF . $r = 0,99$.

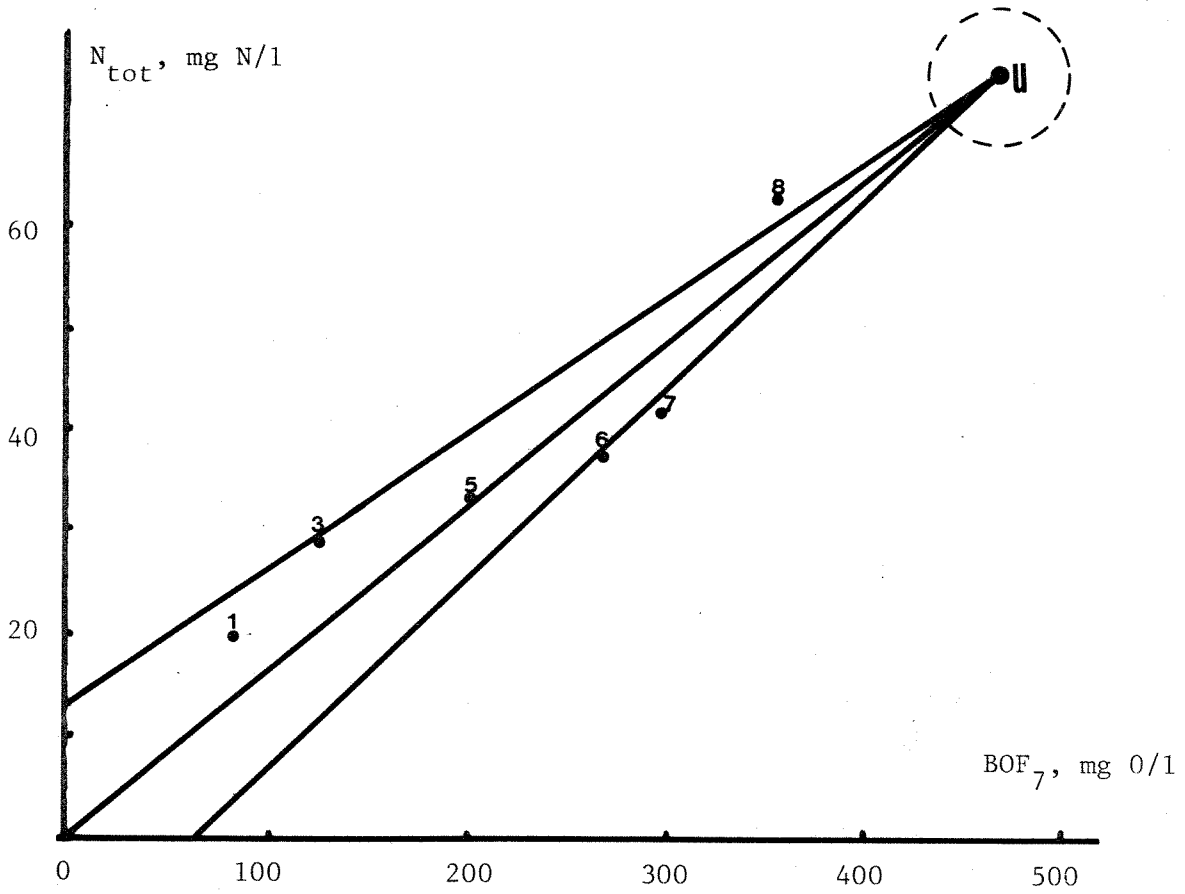


Fig. 11. Gjennomsnittskonsentrasjoner for N_{tot} og BOF_7 . $r = 0,92$.

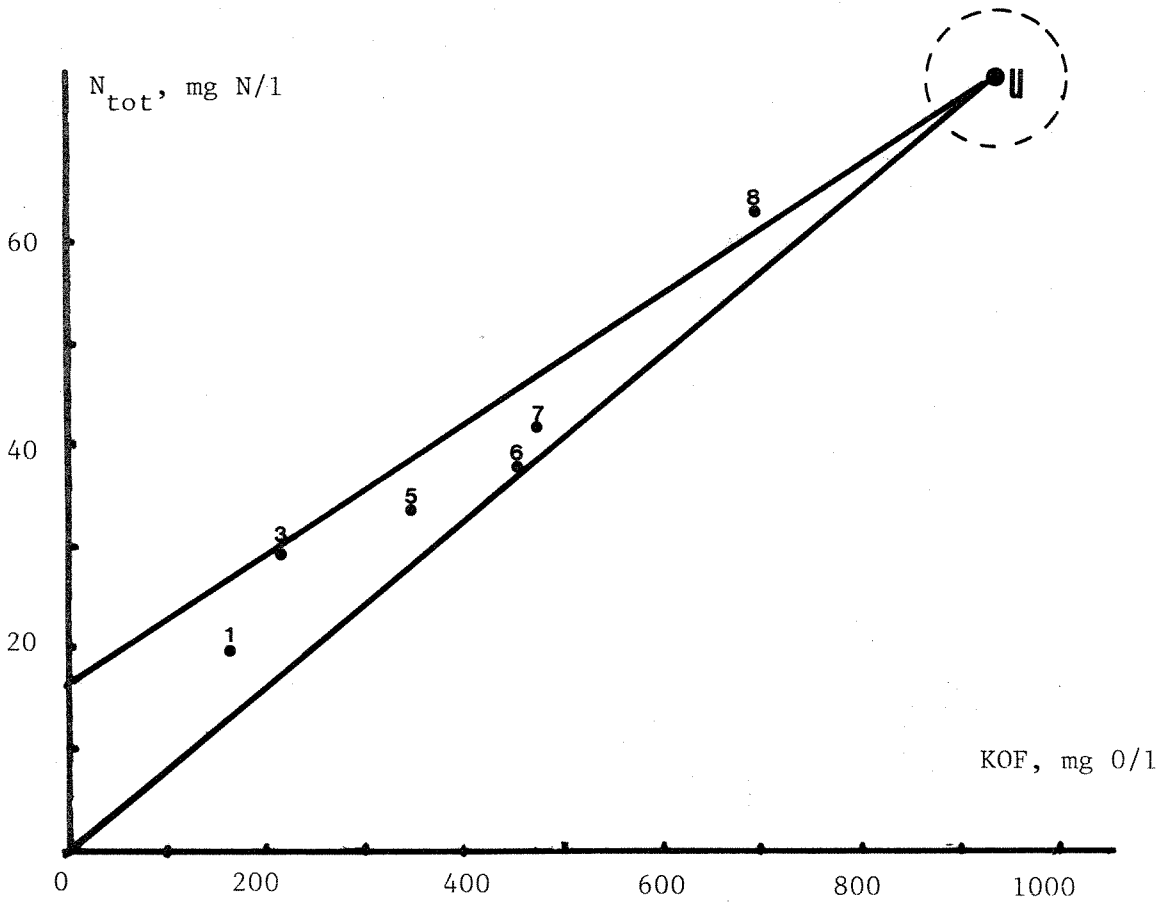


Fig. 12. Gjennomsnittskonsentrasjoner for N_{tot} og KOF . $r = 0,97$.

Infiltrasjonen og dermed verdien på α vil være avhengig av slike ting som teknisk standard på rør, grunnvannsnivå i forhold til ledningsnivå, størrelsen på feltet, befolkningstetthet osv. Verdien uttrykker den samlede effekten av alle disse faktorene og gir et omtrentlig mål på hvor "godt eller dårlig" nettet som helhet er. Hvis avløpsvannet ikke var fortynnet med infiltrasjonsvann, ville α få en verdi på omkring 1. Ved økende grad av infiltrasjon synker α . Fortynningsgraden er en svært enkel måte å få et bilde av infiltrasjonens størrelse. En vesentlig fordel er at en ikke trenger vannmengde-målinger eller kjennskap til befolkningsgrunnlag.

Forhold mellom parametre på konsentrasjonsbasis

Hvis alt avløpsvann fra husholdninger hadde den samme sammensetning, kan, som nevnt ovenfor, konsentrasjonene være svært forskjellige på grunn av ulik grad av infiltrasjon. Forholdet mellom ulike parametre burde imidlertid ikke påvirkes av om infiltrasjonen er stor eller liten.

For nærmere å teste denne hypotese er forholdet mellom de vanligste parametrene satt opp i tabell 21. Om en ser nærmere på denne tabellen, oppdager en at feltene Skarpsno, Dønski og Vestli har relativt lavere BOF- og KOF-verdier enn de andre feltene. En mulig årsak til dette kan være forskjeller i sedimenteringsegenskaper mellom feltene: Fra andre sammenhenger kjenner en til at ca. 1/3 av KOF og BOF er knyttet til sedimenterbart stoff mens bare 1/10 av N og P i avløpsvannet sedimenterer. Dersom en altså har et relativt flatt felt der mye stoff sedimenterer, vil forholdet mellom eksempelvis KOF eventuelt BOF og N eller P bli mindre her enn i et felt med stor helning hvor lite stoff har anledning til å sedimentere. Forholdet mellom P og N varierer svært lite fra felt til felt. Dette er rimelig når en vet hvor lite av disse stoffene som er knyttet til sedimenterbart materiale.

Spesifikke tall basert på forhold mellom parametre på konsentrasjonsbasis

Siden forholdet mellom noen parametre er relativt konstant fra stasjon til stasjon, er det mulig å benytte disse forholdene for å regne ut spesifikke forurensninger. Dette forutsetter imidlertid at den spesifikke verdien for en av komponentene er kjent. Nitrogen i avløpsvann stammer stort sett fra

Tabell 21. Forhold mellom to og to parametre på konsentrasjonsbasis.

uf = ufiltrert, f = filtrert.

Sted	par ₁ /par ₂	$\frac{P_{tot\ uf}}{N_{tot}}$	$\frac{KOF_{uf}}{N_{tot}}$	$\frac{KOF_{uf}}{P_{tot\ uf}}$	$\frac{BOF_7\ uf}{N_{tot}}$	$\frac{BOF_7\ uf}{P_{tot\ uf}}$	$\frac{BOF_7\ uf}{KOF_{uf}}$	$\frac{P_{tot\ uf}}{P_{orto\ f}}$	$\frac{P_{tot\ uf}}{P_{tot\ f}}$	$\frac{BOF_7\ uf}{BOF_7\ f}$	$\frac{KOF_{uf}}{KOF_{f}}$
Asker	1	0,240	11,68	50,10	7,26	31,61	0,640	1,23	-	1,79	2,04
	2	0,120	4,31	15,0	2,88	13,0	0,108	0,19	-	0,36	0,54
	3	34	33	38	33	39	41	39	-	41	39
Dønski	1	0,244	7,42	31,25	4,11	17,32	0,572	1,42	1,18	2,47	2,34
	2	0,051	1,80	6,63	0,78	3,37	0,134	0,27	0,13	0,80	0,66
	3	64	59	60	60	61	57	57	62	32	58
Losby	1	0,254	11,99	47,30	7,44	29,38	0,637	1,68	-	2,11	2,29
	2	0,047	3,46	10,33	2,12	6,59	0,153	0,29	-	0,86	0,51
	3	10	10	10	10	10	10	10	-	10	10
NIVA -	1	0,211	8,40	39,93	4,15	19,99	0,510	1,70	1,26	2,09	2,44
	2	0,027	1,31	7,18	0,70	3,42	0,090	0,24	0,10	0,58	0,81
Skarpsno	3	80	80	88	73	81	81	78	79	20	76
OVK -	1	-	-	-	-	21,86	-	1,67	-	-	-
	2	-	-	-	-	4,47	-	0,38	-	-	-
Skarpsno	3	-	-	-	-	80	-	92	-	-	-
Kleiva	1	0,216	11,75	51,52	5,85	28,18	0,560	-	-	-	-
	2	0,024	2,74	9,0	0,45	2,73	0,034	-	-	-	-
	3	11	11	10	5	5	5	-	-	-	-
Vestli	1	-	-	41,29	-	20,74	0,522	-	-	-	-
	2	-	-	3,60	-	0,89	0,025	-	-	-	-
	3	-	-	5	-	3	3	-	-	-	-
Åmot	1	0,235	10,60	46,17	6,20	27,91	0,629	-	-	2,50	2,27
	2	0,044	2,29	10,21	1,13	6,90	0,124	-	-	0,66	0,56
	3	30	30	51	27	47	46	-	-	41	47
Total	4	0,230	9,25	41,37	5,10	22,88	0,575	1,57	1,22	2,21	2,31
	5	0,233	10,31	43,93	5,84	24,62	0,581	1,54	1,22	2,19	2,28
	6	0,211- 0,254	7,42- 11,99	31,25- 50,10	4,11- 7,44	17,32- 31,61	0,510- 0,640	1,23- 1,70	1,18- 1,26	1,79- 2,50	2,04- 2,44
	7	229	223	262	208	334	243	276	141	144	230

1. Parameter 1/parameter 2 (aritmerisk middel)
2. Standardavvik
3. Antall observasjoner som ligger til grunn
4. Vektet middel. Hver stasjon har fått vekt etter antall observasjoner på stasjonen.
5. Aritmetisk middel. Hver stasjon har fått lik vekt
6. Største og minste middelvei
7. Totalt antall observasjoner det er beregnet på.

fekalier og urin og burde derfor være forholdsvis konstant fordi det neppe er noen store variasjoner mellom ulike felter i hva folk spiser. En nylig gjennomført materialstrøms-analyse for nitrogen i avløpsvann (13) har også bekreftet at 12 g N/p.d som er den vanlige spesifikke verdien for N, synes å være riktig. Med denne forutsetning kan en f.eks. finne spesifikke fosforverdi for Losby på følgende måte:

$$\text{Spesifikk fosforverdi} = 12 \cdot 0,254 = 3,0.$$

0,254 er lik forholdet mellom gjennomsnittskonsentrasjonen for fosfor og nitrogen for Losby (se tabell 21).

Om en på tilsvarende måte regner ut for kjemisk og biokjemisk oksygenforbruk kommer en fram til verdiene i tabell 22.

Tabell 22. Spesifikke verdier basert på forhold mellom to og to parametre på konsentrasjonsbasis. Verdien for N er valgt.

	Nitrogen g N/p.d	Fosfor g P/p.d	KOF _{UF} g O/p.d	BOF _{UF} g O/p.d
Asker	12	2,9	140	87
Dønski	12	2,9	89	49
Losby	12	3,0	144	89
Skarpsno	12	2,5	101	50
Kleiva	12	2,6	141	70
Åmot	12	2,8	127	74
Middel	12	2,78	124	70

De beregnede spesifikke fosforverdier for de ulike felter avviker ikke med mer enn ca. 10 prosent fra middelverdien. Middelverdien er imidlertid noe høyere enn de 2,5 g/p.d som en vanligvis regner med. Det finnes dog noen forhold som delvis kan forklare disse avvik:

En har tidligere omtalt at en venter en vridning i forholdet mellom P og N om en har "eksport" av folk fra feltet om dagen. En venter at dette vil kunne gi mellom 0,1 og 0,2 enheter for stor fosforverdi for enkelte felter.

Verdien på Kleiva er funnet i 1976 (de øvrige verdier er fra 1972-73), og den forholdsvis lave verdien for fosfor kan skyldes at fosforinnholdet i vaskemidler har vært nedadgående siden 1970. Den lave fosforverdien fra Skarpsno kan skyldes at det i dette felt finnes en god del kontor-arbeidsplasser der en ikke har noe fosforbidrag fra vaskemidler.

De beregnede spesifikke verdier for BOF og KOF viser større spredning enn fosforverdien. Flere forhold er med på å forklare dette. Sedimentering samt biologisk nedbrytning av organisk stoff kan gi relativt små verdier for enkelte felt, mens "eksport" av folk fra enkelte felt kan virke til å heve verdien i disse feltene.

Svingninger i konsentrasjonene fra døgn til døgn på hver enkelt stasjon

Det er en del forskjell på de enkelte stoffer med hensyn til hvor mye de varierer fra døgn til døgn i konsentrasjon. Metallene samt suspendert stoff viser større tendens til variasjon enn fosfor, nitrogen og kjemisk eventuelt biokjemisk oksygenforbruk. Hvis en ser på variasjonen for et helt år og studerer rubrikken standardavvik/aritmetisk middel i tabell 20, finner en at standardavviket utgjør mellom 40 og 100 prosent av aritmetisk middel for de fleste metallene samt for suspendert stoff, mens det stort sett utgjør 20-40 prosent for de andre parametrene (på stasjonene Kleiva og Vestli er alle prøvene tatt i løpet av en uke).

For noen stoffers vedkommende vil konsentrasjonene svinge i takt, dvs. om konsentrasjonen av det ene stoffet øker, vil også konsentrasjonen av de andre stoffene øke.

En korrelasjonsanalyse vil kunne vise hvilke stoffer som viser en slik samvariasjon, og i tabell 23 er det vist gjennomsnittlig oppnådde korrelasjonskoeffisienter for parametre som viser høy samvariasjon. Som grunnlag for denne tabellen har en valgt ut de feltene som stort sett består av rene boligområder. Feltene Skarpsno og Asker som ikke representerer rene boligområder, gir mye dårligere korrelasjonskoeffisienter og er derfor kuttet ut.

I tabellen er det over den skraverte hoved-diagonalen ført opp antall verdier som ligger til grunn for korrelasjons-koeffisientene, mens selve koeffisientene er ført opp i den venstre nederste del av tabellen.

Tabell 23. Korrelasjons-koeffisienter: Et vektet middel for stasjonene Kleiva, Vestli, Åmot, Dønski og Losby.

Antall verdier →

	BOF _{7uf}	BOF _{7f}	KOF _{uf}	KOF _f	P _{totuf}	P _{totf}	P _{ortof}	N _{tot}	SS
BOF _{7uf}		10	107	56	108	46	10	88	81
BOF _{7f}	0,79		10	10	10		10	10	10
KOF _{uf}	0,80	0,63		56	122	46	10	96	81
KOF _f	0,68	0,83	0,84		56	46	10	56	56
P _{totuf}	0,80	0,58	0,79	0,75		46	10	96	81
P _{totf}	0,78		0,84	0,78	0,92			46	46
P _{ortof}	0,75	0,52	0,89	0,64	0,86			10	10
N _{tot}	0,81	0,32	0,71	0,53	0,84	0,79	0,68		81
SS	0,66	0,73	0,65	0,63	0,63	0,62	0,67	0,59	

Korrelasjonskoeffisienter

Som ventet viser parametrene BOF, KOF, P og N parvis god innbyrdes sammenheng, mens suspendert stoff, SS, viser dårligere, men påviselig samvariasjon (korrelasjons-koeffisientene varierer mye fra stasjon til stasjon for SS).

Etter å ha funnet parametre som viser stor samvariasjon, vil det være nyttig å kunne bestemme en matematisk likning som viser hvordan en slik parameter varierer som funksjon av en eller flere av de andre. Slike likninger kan bestemmes ved regresjonsanalyse.

I tabell 24, 25 og 26 er slike likninger satt opp. En har for hver likning regnet ut multiplert korrelasjons-koeffisient som et uttrykk for hvor gode likningene er.

Generelt kan en si at en som regel oppnår ganske mye i form av økning i korrelasjons-koeffisient, dvs. mer nøyaktig prediksjon ved å gå fra to til tre variabler når det er tale om innbyrdes liknings-sammenhenger mellom $P_{tot\ uf}$, N_{tot} og KOF_{uf} eventuelt BIF_{7uf} . En oppnår imidlertid nokså lite ved å plusse på med SS som en fjerde variabel i likningene.

Tabell 24 Regresjonslikninger for å bestemme P_{totuf} på de forskjellige stasjonene under tørrvær.

	P_{totuf}, N_{tot}	P_{totuf}, BOF_{7uf}	P_{totuf}, KOF_{uf}	P_{totuf}, P_{ortof}	P_{totuf}, P_{totf}	
Asker	a			$P_t = 1,038 \cdot P_o + 1,30$		
	b			0,96		
	c			39		
Dønski	a	$P = 0,192 \cdot N + 1,35$	$P = 0,0425 \cdot BOF + 1,88$	$P = 0,0259 \cdot KOF + 1,48$	$P_t = 1,150 \cdot P_o + 1,13$	$P_{uf} = 1,201 \cdot P_f - 0,13$
	b	0,83	0,84	0,76	0,87	0,92
	c	64	61	60	57	62
Losby	a	$P = 0,282 \cdot N - 0,99$	$P = 0,0301 \cdot BOF + 1,49$	$P = 0,0135 \cdot KOF + 3,43$		
	b	0,81	0,77	0,82		
	c	10	10	10		
NIVA - Skarpsno	a	$P = 0,113 \cdot N + 1,89$	$P = 0,0220 \cdot BOF + 2,31$	$P = 0,0107 \cdot KOF + 2,40$	$P_t = 0,846 \cdot P_o + 2,04$	$P_{uf} = 0,989 \cdot P_f + 0,87$
	b	0,70	0,70	0,59	0,63	0,90
	c	80	81	88	78	79
Kleiva	a	$P = 0,251 \cdot N - 2,08$		$P = 0,0155 \cdot KOF + 2,70$		
	b	0,91		0,90		
	c	10		10		
Vestli	a			$P = 0,0119 \cdot KOF + 3,98$		
	b			0,76		
	c			5		
Åmot	a	$P = 0,218 \cdot N + 0,57$	$P = 0,0291 \cdot BOF + 1,65$	$P = 0,0161 \cdot KOF + 2,06$		
	b	0,81	0,71	0,75		
	c	30	47	51		

	$P_{totuf}, KOF_{uf}, N_{tot}$	$P_{totuf}, KOF_{uf}, N_{tot}, SS$	$P_{totuf}, BOF_{7uf}, N_{tot}$	$P_{totuf}, BOF_{7uf}, N_{tot}, SS$	
Dønski	a	$P = 0,0133 \cdot KOF + 0,131 \cdot N + 0,30$	$P = 0,0124 \cdot KOF + 0,115 \cdot N + 0,0117 \cdot SS - 0,04$	$P = 0,0254 \cdot BOF + 0,090 \cdot N + 1,26$	$P = 0,0231 \cdot BOF + 0,0834 \cdot N + 0,0087 \cdot SS + 1,00$
	b	0,86	0,88	0,86	0,87
	c	59	57	60	57
Losby	a	$P = 0,0082 \cdot KOF + 0,163 \cdot N - 0,27$	$P = 0,0013 \cdot KOF + 0,204 \cdot N + 0,0046 \cdot SS - 0,15$		
	b	0,89	0,92		
	c	10	10		
NIVA - Skarpsno	a	$P = 0,0034 \cdot KOF + 0,090 \cdot N + 1,78$	$P = 0,0033 \cdot KOF + 0,090 \cdot N + 0,0020 \cdot SS + 1,79$	$P = 0,0119 \cdot BOF + 0,071 \cdot N + 1,73$	$P = 0,0118 \cdot BOF + 0,0700 \cdot N + 0,0003 \cdot SS + 1,70$
	b	0,71	0,71	0,74	0,74
	c	80	80	73	73
	a	$P = 0,0117 \cdot KOF + 0,125 \cdot N - 0,44$	$P = 0,0137 \cdot KOF + 0,113 \cdot N - 0,0034 \cdot SS - 0,14$		
	b	0,87	0,89		
	c	30	29		

a = regresjonslikning

b = multiplere korrelasjons-koeffisient

c = antall parameterserier som ligger til grunn for likningen.

Gjelder tabell 24, 25 og 26

Tabell 25. Regresjonslikninger for å bestemme N_{tot} på de forskjellige stasjonene under tørrvær.

	N_{tot}, KOF_{uf}	N_{tot}, BOF_{7uf}
Dønski	a $N=0,1021 \cdot KOF+6,9$	$N=0,1775 \cdot BOF/7,1$
	b 0,71	0,87
	c 59	60
NIVA-Skarp-sno	a $N=0,0771 \cdot KOF+7,0$	$N=0,1296 \cdot BOF+9,1$
	b 0,72	0,68
	c 80	73
Kleiva	a $N=0,0503 \cdot KOF+26,8$	
	b 0,81	
	c 10	
Åmot	a $N=0,0645 \cdot KOF+10,6$	$N=0,1524 \cdot BOF+2,76$
	b 0,71	0,76
	c 30	27

	$N_{tot}, KOF_{uf}, P_{totuf}$	$N_{tot}, BOF_{7uf}, P_{totuf}$
Dønski	a $N=0,0294 \cdot KOF+2,86 \cdot P+3,5$	$N=0,1288 \cdot BOF+1,38 \cdot P+4,5$
	b 0,82	0,89
	c 59	60
NIVA-Skarp-sno	a $N=0,0508 \cdot KOF+2,55 \cdot P+0,9$	$N=0,0754 \cdot BOF+2,56 \cdot P+3,0$
	b 0,80	0,75
	c 80	73

	$N_{tot}, KOF_{uf}, P_{totuf}, SS$	$N_{tot}, BOF_{7uf}, P_{totuf}, SS$
Dønski	a $N=0,0266 \cdot KOF+2,92 \cdot P-0,0002 \cdot SS+3,6$	$N=0,1500 \cdot BOF+1,33 \cdot P-0,0264 \cdot SS+4,7$
	b 0,82	0,89
	c 57	57
NIVA-Skarp-sno	a $N=0,0485 \cdot KOF+2,55 \cdot P+0,0037 \cdot SS+1,0$	$N=0,0640 \cdot BOF+2,29 \cdot P+0,0243 \cdot SS+3,1$
	b 0,80	0,77
	c 80	73

Tabell 26. Regresjonslikninger for å bestemme KOF_{uf} og BOF_{7uf} på de forskjellige stasjonene under tørrvær.

		KOF_{uf} , BOF_{7uf}	KOF_{uf} , KOF_f	BOF_{7uf} , BOF_{7f}
Dønski	a	$KOF=1,105 \cdot BOF+81,4$	$KOF_{uf}=1,583 \cdot KOF_f+61,3$	
	b	0,74	0,81	
	c	57	58	
Losby	a		$KOF_{uf}=1,487 \cdot KOF_f+149,6$	$BOF_{uf}=1,383 \cdot BOF_f+79,2$
	b		0,68	0,79
	c		10	10
NIVA-Skarp-sno	a	$KOF=1,141 \cdot BOF+69,6$		
	b	0,65		
	c	81		
Asker	a		$KOF_{uf}=1,379 \cdot KOF_f+139,8$	$BOF_{uf}=1,250 \cdot BOF_f+83,9$
	b		0,83	0,84
	c		39	41
Åmot	a	$KOF=1,623 \cdot BOF+7,4$	$KOF_{uf}=1,351 \cdot KOF_f+127,5$	$BOF_{uf}=1,400 \cdot BOF_f+83,7$
	b	0,83	0,77	0,76
	c	46	47	41
		BOF_{fuf} , P_{totuf} , N_{tot}	BOF_{7uf} , P_{totuf} , N_{totuf} , SS	
Dønski	a	$BOF=7,690 \cdot P+2,560 \cdot N-8,5$	$BOF=5,658 \cdot P+2,309 \cdot N+0,263 \cdot SS-11,9$	
	b	0,90	0,91	
	c	60	57	
NIVA-Skarp-sno	a	$BOF=12,318 \cdot P+2,169 \cdot N-11,9$	$BOF=12,163 \cdot P+2,007 \cdot N+0,0394 \cdot SS-11,2$	
	b	0,74	0,74	
	c	73	73	
		KOF_{uf} , P_{totuf} , N_{tot}	KOF_{uf} , P_{totuf} , N_{tot} , SS	
Dønski	a	$KOF=15,759 \cdot P+1,604 \cdot N+54,0$	$KOF=14,408 \cdot P+1,219 \cdot N+0,250 \cdot SS+48,9$	
	b	0,78	0,80	
	c	59	57	
NIVA-Skarp-sno	a	$KOF=10,533 \cdot P+5,588 \cdot N+11,3$	$KOF=7,891 \cdot P+4,152 \cdot N+0,380 \cdot SS+20,1$	
	b	0,73	0,80	
	c	80	80	

For å få et mer visuelt bilde av sammenhengen mellom de enkelte parametre og hvor mye disse varierer på hver enkelt stasjon, er regresjonslinjene for to og to parametre grafisk fremstilt i fig. 13 til fig. 17. Som et mål på hvor mye parametrene varierer, er linjenes lengde satt slik at de dekker to ganger standardavviket. Vi ser for eksempel at det er mye større variasjoner på Kleiva enn på Skarpsno.

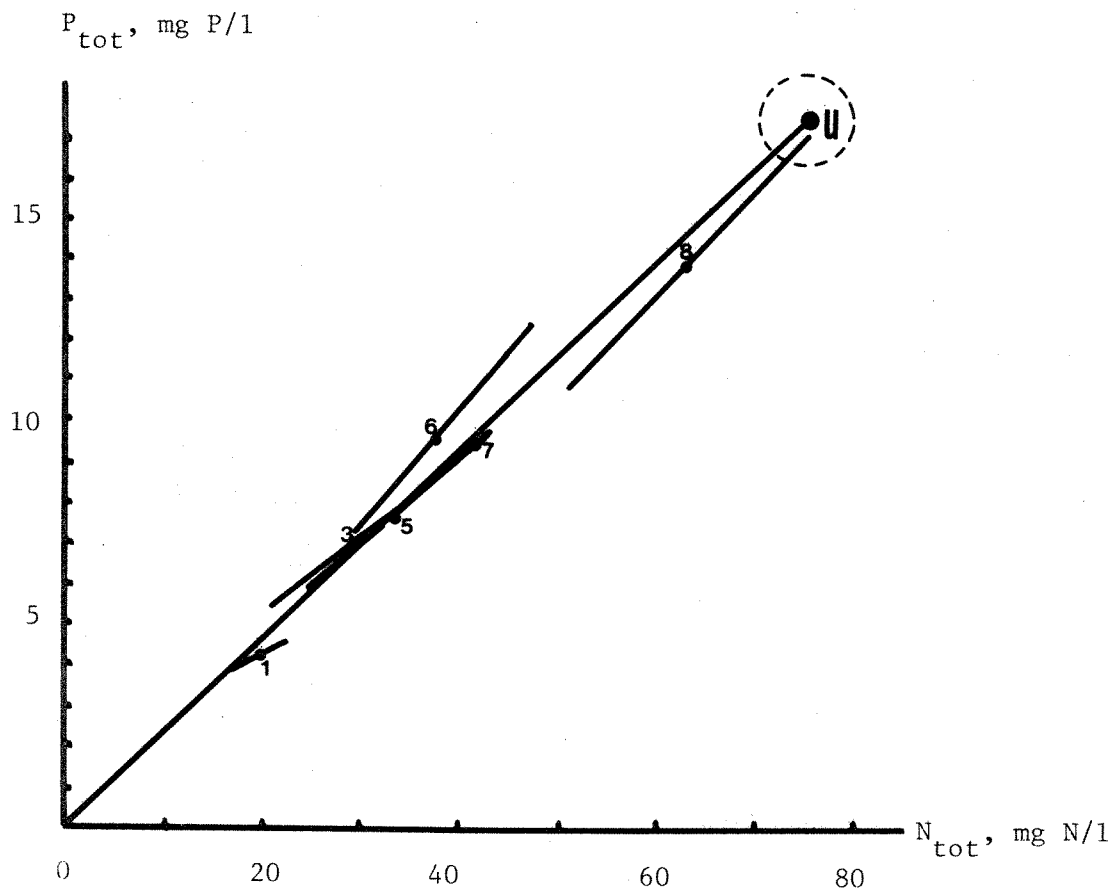


Fig. 13. Gjennomsnittskonsentrasjoner for P_{tot} og N_{tot} med inntegnede regresjonslinjer for hver enkelt stasjon. Linjene dekker to ganger standardavvik for N_{tot} på stasjonen.

Tegnforklaring for figurene 13-17:

- 1 = NIVA - Skarpsno
- 2 = OVK - Skarpsno
- 3 = Dønski
- 4 = Vestli
- 5 = Åmot
- 6 = Losby
- 7 = Asker
- 8 = Kleiva

U = Ufortynnet husholdnings-spillvann. (Valgt på grunnlag av pkt. 1-8 samt spes. verdi fra tab.5 og I3. Stiplet sirkel antyder usikkerhet)

Linjen gjennom 0 og U er fortynningslinjen en får ved å fortynne husholdnings-spillvann med rent vann.

Linjene gjennom hver enkelt stasjon er regresjonslinjer beregnet på grunnlag av variasjonene på stasjonen fra døgn til døgn. Lengdene på disse linjene dekker to ganger standardavviket for variasjonene.

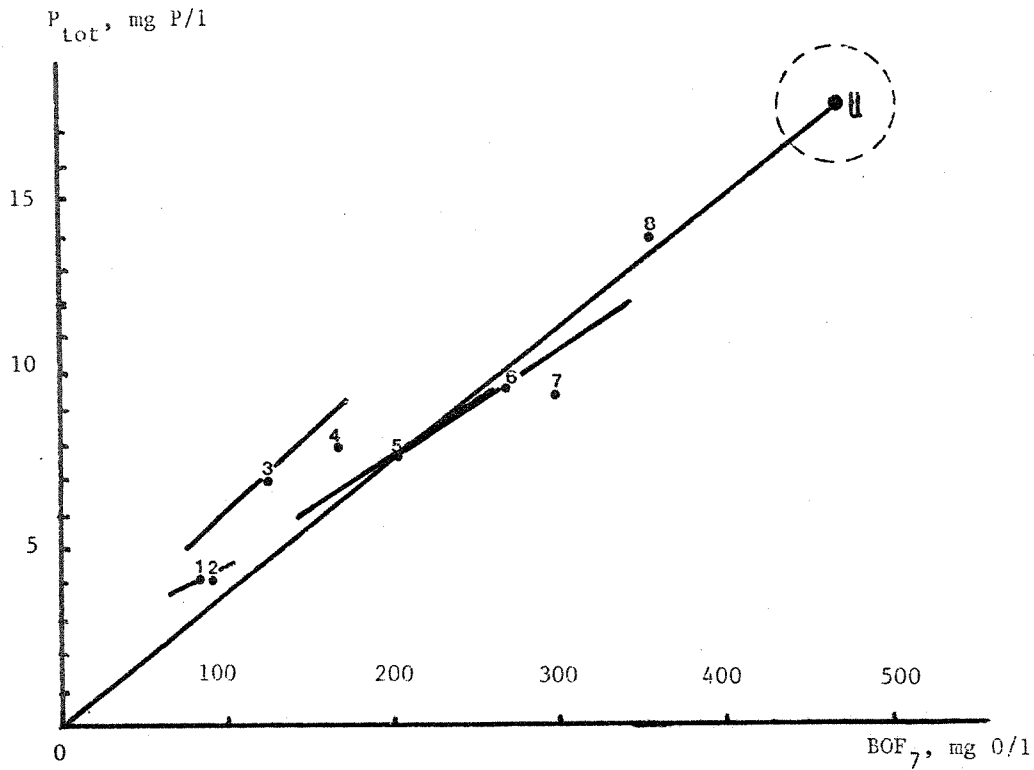


Fig. 14. Gjennomsnittskonsentrasjonen for P_{tot} og BOF_7 med inntegnede regresjonslinjer for hver enkelt stasjon. Linjene dekker to ganger standardavvik for BOF_7 på stasjonen.

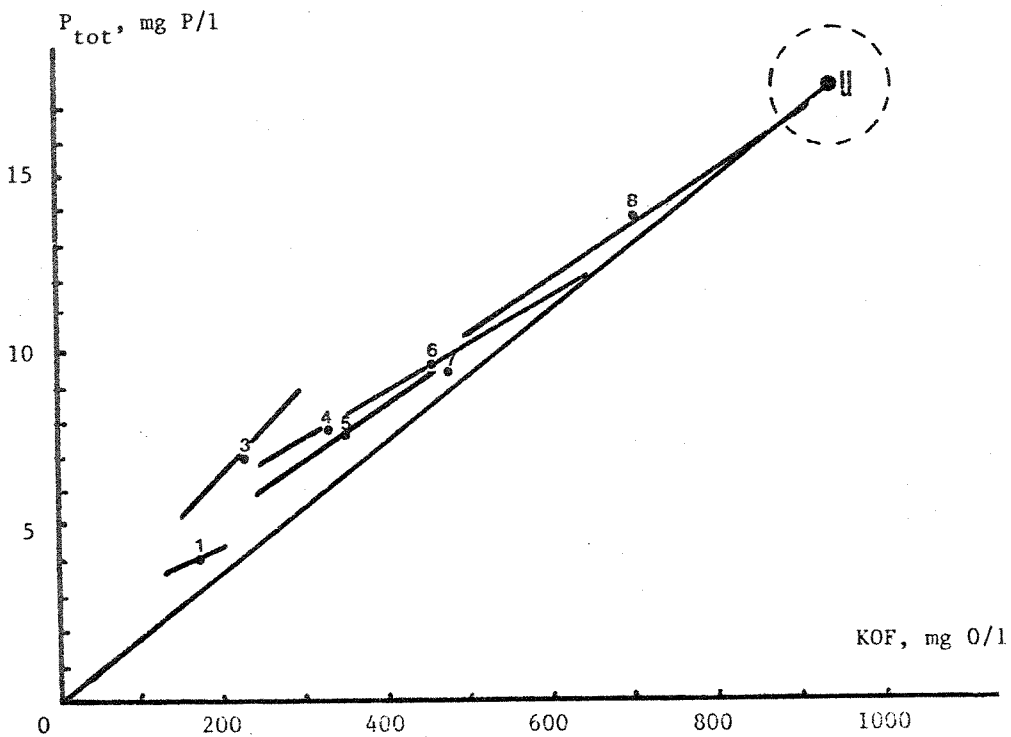


Fig. 15. Gjennomsnittskonsentrasjonen for P_{tot} og KOF med inntegnede regresjonslinjer for hver enkelt stasjon. Linjene dekker to ganger standardavvik for KOF på stasjonen.

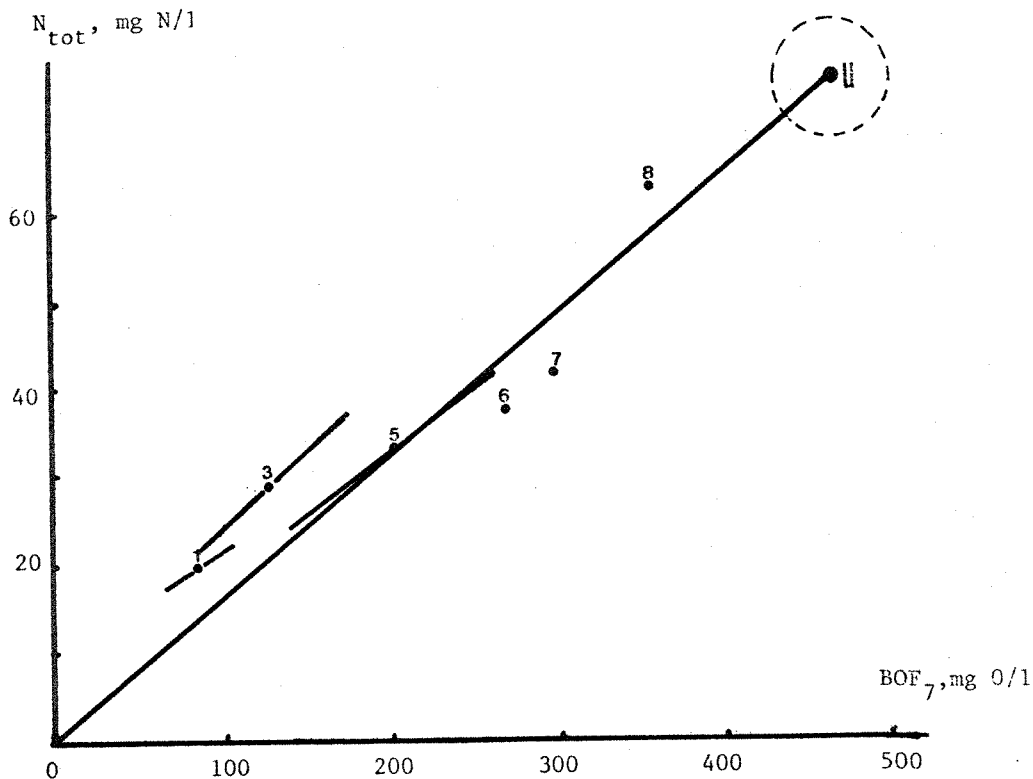


Fig. 16. Gjennomsnittskonsentrasjonen for N_{tot} og BOF_7 med inntegnede regresjonslinjer for hver enkelt stasjon. Linjene dekker to ganger standardavvik for BOF_7 på stasjonen.

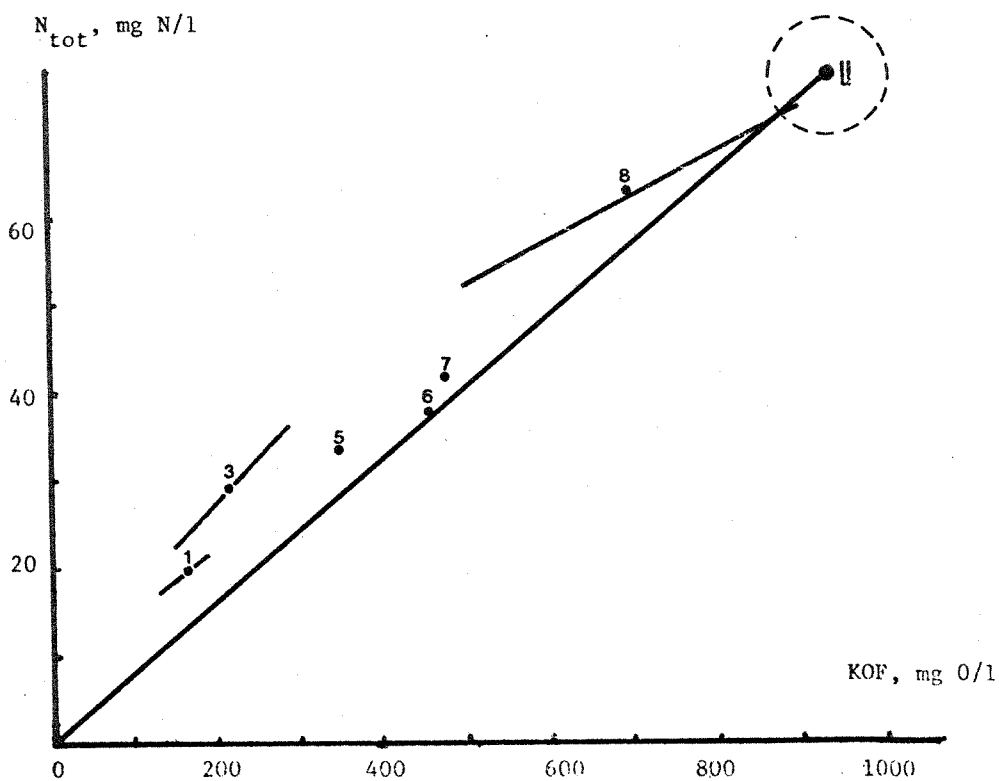


Fig. 17. Gjennomsnittskonsentrasjonen for N_{tot} og KOF med inntegnede regresjonslinjer for hver enkelt stasjon. Linjene dekker to ganger standardavviket for KOF på stasjonen.

4.2.2 Massetransport

Svingninger i massetransporten fra døgn til døgn på hver enkelt stasjon
På samme måte som for konsentrasjonene vil det være en del forskjell på massetransporter av de enkelte stoffer fra døgn til døgn. Metallene samt suspendert stoff viser større variasjon enn fosfor, nitrogen og kjemisk eventuelt biokjemisk oksygenforbruk. Hvis en undersøker variasjonene for et helt år og studerer rubrikken standardavvik/aritmetisk middel i tabell 27, og sammenlikner med samme rubrikk for konsentrasjon i tabell 20, finner en omtrent de samme tall for tilsvarende stoffer. Metallene pluss suspendert stoff har et standardavvik som stort sett ligger på 40-100 prosent av aritmetisk middel, mens de andre stoffene som er nevnt, stort sett har et standardavvik på 20-40 prosent av aritmetisk middel.

Spesifikke tall basert på massetransport og antall personekvivalenter i feltene

En har i kapittel 2.1 vært inne på alle de vanskeligheter som er forbundet med slike beregninger, og som gjør at en finner svært variable og som regel for små verdier. I tabell 28 er resultatene satt opp for nitrogen og fosfor samt for biokjemisk og kjemisk oksygenforbruk.

Av tabell 28 fremgår det at variasjonen i spesifikke verdier er stor fra felt til felt, og samtlige felt ligger under de vanlig brukte verdier. Det er derfor sannsynlig at det finnes ukontrollerte tap i flere av feltene, og vår vurdering er at de tall som fremkommer i tabell 28, ikke gir et korrekt bilde av de spesifikke forurensningene i respektive felt.

Tabell 27 Gjennomsnittlig massetransport og variasjon i denne på hver enkelt stasjon under tørrvær.
 uf = ufiltrert prøve, f = filtrert prøve, d = døgn.

		Q	BOF _{7uf}	BOF _{7f}	KOF _{uf}	KOF _f	P _{totuf}	P _{totf}	P _{ortouf}	P _{ortof}	N _{tot}	SS
		m ³ /d	kg O/d	kg O/d	kg O/d	kg O/d	kg P/d	kg P/d	kg P/d	kg P/d	kg N/d	kg/d
Åmot	1	556,24	113,05	47,13	191,77	88,40	4,22	-	2,68	-	18,84	102,21
	2	141,30	40,07	20,23	70,24	40,09	1,33	-	0,91	-	4,33	47,02
	3	51	42	38	47	43	45	-	35	-	27	48
	4	0,25	0,35	0,43	0,37	0,45	0,32	-	0,34	-	0,23	0,46
Dønnski før 1.2.1973	1	701,83	111,67	43,34	195,62	90,86	6,28	5,37	-	4,45	27,38	83,03
	2	153,00	41,21	16,15	58,98	32,14	1,72	1,46	-	1,24	6,85	37,65
	3	23	35	33	35	34	36	35	-	28	36	34
	4	0,22	0,37	0,37	0,30	0,35	0,27	0,27	-	0,28	0,25	0,45
Dønnski et- ter 1.2.73	1	500,63	61,61	-	113,77	51,10	3,64	3,13	-	2,71	14,22	57,90
	2	143,63	20,10	-	44,09	23,47	0,97	0,91	-	0,73	3,47	29,10
	3	19	19	-	18	22	22	21	-	22	22	22
	4	0,29	0,33	-	0,39	0,46	0,27	0,29	-	0,27	0,24	0,50
Losby	1	398,57	108,96	54,62	199,11	79,34	4,06	-	-	2,37	15,97	135,96
	2	84,92	42,07	24,09	100,26	33,94	1,64	-	-	0,94	5,42	146,60
	3	7	7	7	7	7	7	-	-	7	7	7
	4	0,21	0,39	0,44	0,50	0,43	0,40	-	-	0,40	0,34	1,08
Kleiva	1	63,64	23,30	-	45,21	-	0,88	-	-	-	3,98	-
	2	4,77	1,20	-	15,21	-	0,23	-	-	-	0,82	-
	3	8	3	-	8	-	8	-	-	-	8	-
	4	0,07	0,05	-	0,34	-	0,26	-	-	-	0,21	-
Vestli	1	912,0	165,95	-	299,11	-	7,23	-	-	-	-	-
	2	97,23	31,10	-	55,24	-	1,32	-	-	-	-	-
	3	5	3	-	5	-	5	-	-	-	-	-
	4	0,11	0,19	-	0,18	-	0,18	-	-	-	-	-
Asker	1	18,28	5,42	3,13	8,65	4,25	0,17	-	-	0,14	0,77	4,42
	2	1,88	1,71	1,22	2,93	1,65	0,09	-	-	0,08	0,17	2,39
	3	46	38	38	38	38	39	-	-	38	31	36
	4	0,10	0,31	0,39	0,34	0,39	0,50	-	-	0,58	0,22	0,54

1 = aritmetisk middel

2 = standardavvik

3 = antall observasjoner

4 = standardavvik/aritmetisk middel.

Forts.

Tabell 27 Gjennomsnittlig massetransport og variasjon i denne på hver enkelt stasjon under tørrvær.
Fortsatt.

	Fe	Cu	Hg	Mn	Zn	Pb	Al	Cd	Cr	Na	K	Ca	Mg	
	kg/d	g/d	g/d	g/d	g/d	g/d	kg/d	g/d	g/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	
Åmot	1	2,17	107,63	9,19	-	258,71	12,60	0,59	-	-	-	-	-	
	2	1,74	40,74	15,68	-	163,83	6,50	0,84	-	-	-	-	-	
	3	22	27	20	-	27	27	18	-	-	-	-	-	
	4	0,80	0,38	1,71	-	0,63	0,52	1,43	-	-	-	-	-	
Dønski før 1.2.1977	1	0,71	171,36	1,56	91,76	107,16	17,26	0,27	0,56	-	-	-	-	
	2	0,39	56,94	1,18	35,58	27,60	11,12	0,18	0,36	-	-	-	-	
	3	28	16	11	16	15	16	28	8	-	-	-	-	
	4	0,55	0,33	0,76	0,39	0,26	0,64	0,68	0,64	-	-	-	-	
Dønski et- ter 1.2.77	1	0,65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	2	0,42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4	0,63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Losby	1	1,03	147,94	9,94	-	73,14	11,21	0,41	-	-	-	-	-	
	2	0,59	75,57	8,90	-	32,84	3,79	0,41	-	-	-	-	-	
	3	5	7	6	-	7	7	5	-	-	-	-	-	
	4	0,58	0,51	0,90	-	0,45	0,34	0,99	-	-	-	-	-	
Asker	1	0,02	1,98	-	-	3,06	0,20	-	-	-	1,03	0,49	0,66	0,33
	2	0,01	1,31	-	-	1,48	0,18	-	-	-	0,36	0,37	0,08	0,18
	3	33	20	-	-	20	20	-	-	-	20	20	20	20
	4	0,80	0,60	-	-	0,48	0,90	-	-	-	0,35	0,75	0,12	0,54

Tabell 28. Spesifikke tall basert på massetransport og antall
personequivallenter i feltet.

	Nitrogen	Fosfor	KOF _{UF}	BOF _{UF}	Person-
	g N/p.d	g P/p.d	g O/p.d	g O/p.d	ekvivalenter
Åmot	6,9	1,5	70	41	2750
Dønski før 1.2.77	8,1	1,8	58	33	3400
Losby	10,6	2,7	133	73	1500
Kleiva	9,2	2,0	105	54	430
Vestli		1,6	68	38	4900
Asker	11,0	2,4	124	77	70

4.2.3 Vannmengder

Tabell 20 gir en oversikt over vannmengdene og variasjonene i disse fra døgn til døgn. Hvis en setter sammen resultater av vannmengdemålinger og konsentrasjons-målinger, er det mulig å gjøre overslags-beregninger for de vannmengder som lekker inn og ut av et rørsystem. En slik beregning er gjort i appendiks A.

Med en del antakelser (blant annet er det regnet med rent infiltrasjonsvann og ingen sedimentering) kommer en fram til følgende tall for stasjonene Kleiva og Åmot:

	$\frac{Q_{inf}}{1/p.d}$	$\frac{Q_{utlekk}}{1/p.d}$
Kleiva	28	25
Åmot	137	98

NB! Om en skulle regne med at det var forurensninger i infiltrasjonsvannet, ville tallene for Q_{ing} og Q_{utlekk} blitt større.

Skulle en derimot ta hensyn til sedimentering i rørene, ville dette gi mindre verdier på Q_{inf} og Q_{utlekk} .

Avløpsvannets mengde blir i PRA 1.1 behandlet av Østlandskonsult A/S og blir derfor ikke nærmere berørt her.

4.2.4 Sammenlikning mellom konsentrasjon, massetransport og vannmengder

Dersom en hadde en konstant massetransport fra døgn til døgn mens for-tynnings-vannmengdene varierte, ville konsentrasjonen som funksjon av vannmengdene bevege seg langs kurver med konstant massetransport, som vist i fig. 18.

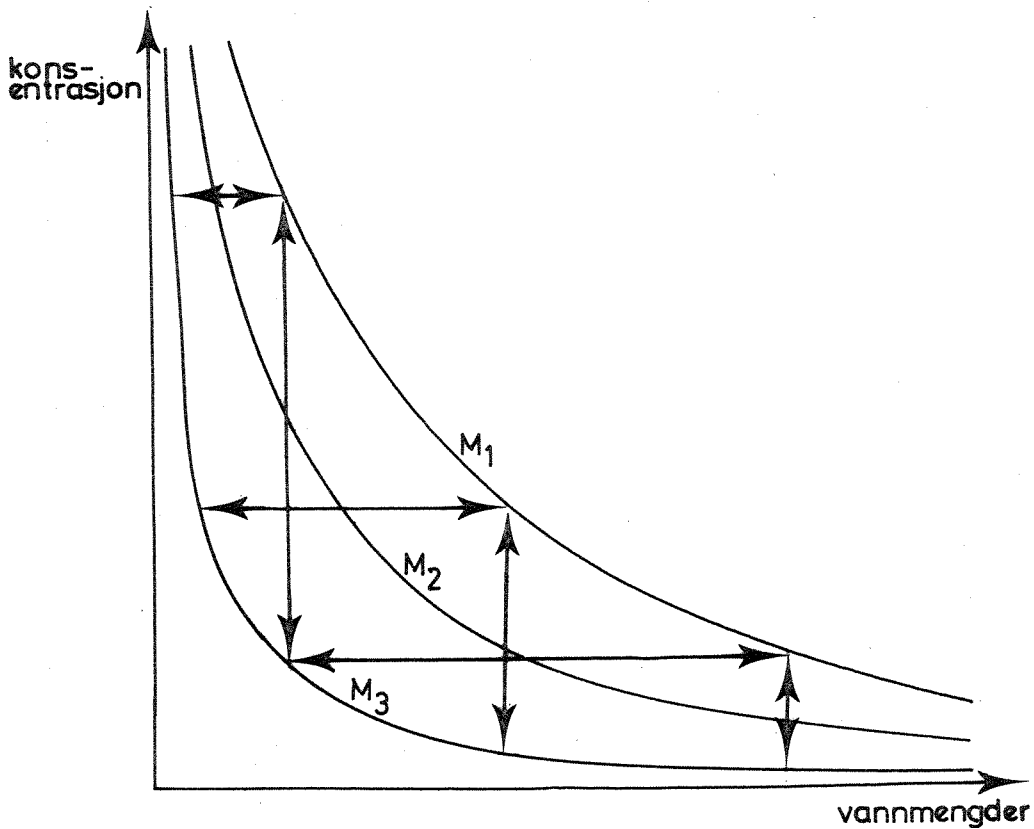


Fig. 18. Sammenheng mellom konsentrasjon, massetransport og vannmengder. Kurvene M_1 , M_2 og M_3 viser tre forskjellige konstante massetransporter. De vertikale pilene viser hvordan en gitt endring i massetransporten vil gi seg utslag i konsentrasjonen ved tre forskjellige vannføringer. De horisontale pilene viser hvordan en gitt endring i massetransporten vil gi seg utslag i vannmengdene ved tre forskjellige konsentrasjoner.

Som vi tidligere har vært inne på, er virkeligheten noe mer komplisert idet massetransporten også varierer. Årsakene til variasjoner fra døgn til døgn kan være:

- Variasjon i tilførslene fra husholdninger og andre kilder,
- ulik grad av sedimentering i ledningsnettet,
- variasjon i tap under transport.

Nitrogen er lite utsatt for sedimentering i rørene (ca. 1/10 av nitrogen er knyttet til sedimenterbart materiale) idet det meste er i løst form. I fig. 19 er konsentrasjonen av nitrogen plottet som funksjon av vannmengdene for tre av feltene. En har også tegnet inn en del kurver med konstant massetransport. Prøvene på Kleiva er tatt i løpet av en uke mens de andre gir variasjonsmønsteret for et helt år.

Ved å sammenholde denne figuren med grunndata samt resultater ellers, finner en følgende:

- Målingene på Kleiva i et meget tett ledningsnett kan tyde på at det er en del variasjon i konsentrasjon og massetransport på det opprinnelige husholdnings-spillvann, idet det er store svingninger i konsentrasjon og massetransport fra døgn til døgn i samme uke. Små usikkerheter i vannmengde målingene vil imidlertid her gi store utslag.
- Variasjonen i vannmengder ved stor fortynning skyldes i hovedsak variasjon i infiltrasjon av forholdsvis rent vann fra grunnen.
(Konsentrasjon og vannmengder svinger med periode på uke og måned.)
- Desto mer fortynnet spillvannet er blitt, desto mindre vil en gitt variasjon i massetransporten gi seg utslag i konsentrasjonen (se vertikale piler i fig. 18 og lengdene på regresjonslinjene i fig. 13).
- Punktene for Dønski (fig. 19) viser et mer rettlinjet forløp enn de heltrukne kurvene for konstant massetransport indikerer. Dette kan skyldes sedimentering som kan føre til at massetransporten minsker noe på grunn av sedimentering ved lave vannføringer og øker ved høyere vannføringer når det sedimenterte stoff igjen bringes i suspensjon. Denne tendensen viser seg å være enda mer markert for organisk stoff (KOF) i Dønski-feltet. Dette kan komme av at det organiske stoffet i større grad enn for nitrogen er knyttet til sedimenterbart stoff.

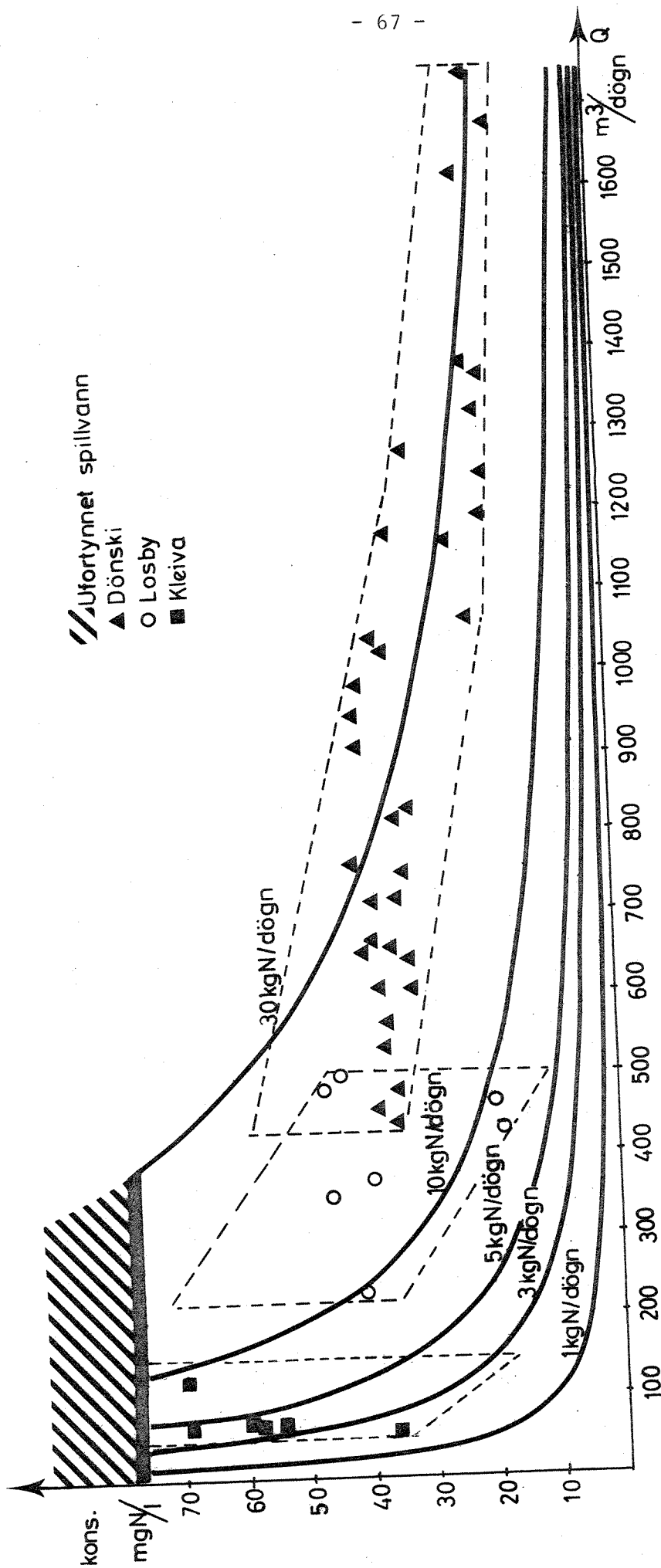


Fig. 19. Konsentrasjonen av nitrogen plottet som funksjon av tørrværs-vannmengdene for noen felter. Helt opptrukne kurver viser konstant massetransport.

5. LITTERATURLISTE

1. Olsson, E.: Arbetshandling 1:1967 från Byggforskningen. Hushållsspillvattnet - sammansetning och egenskaper.
2. Biffel, W.: Untersuchungen zur Frage der Einwohnerlast. Oeaterriehische Wasserwirtschaft 21. Jahrgang 1969, s. 274-276.
3. Laak, R.: Manual of grey water treatment practice. Ann Arbor Science 1 SBN 0-250-40136-3, 1974, s. 68-78.
4. Nilsgård, V.: NIVA Internt arbeidsnotat. Avløpsvannets mengde og sammensetning. 1977.
5. Hutzler, N., Ligman, K., Boyle, W.C.: Household Wastewater Characterization. Journal of the environmental engineering division. February 1974, s. 206.
6. Davis, J., Jacknow, J.: Heavy metals in wastewater in three urban areas. Journal WPCF Vol. 47, No. 9, September 1975, s. 2296.
7. Frederiksen, O.F., Balmér, P.: Fjerning av tungmetaller ved kjemisk felling av kommunalt avløpsvann. PRA 2.1, NIVA 0-40/71-C, 1974.
8. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (U.K.): Survey of Lead in Food. London 1972.
9. Zielhuis, R.L.: Lead Absorption and Public Health. Int. Sump. (EEC, USEPH) The Environmental Health Aspects of Lead. Amsterdam, Oct. 2-6, 1972.
10. Siegrist, R., Witt, M., Boyle, W.C.: The Characteristics of rural household wastewater. ASCE Journal of the environmental engineering division. June 1976, Vol 102.
11. Klein, L.A., Lang, M., Nash, N., Kirschner, S.L.: Sources of metals in New York city wastewater. Journal WPCF, Vol. 46, No. 12, Dec. 1974, s. 2653-2662.
12. Vråle, L.: "Tilføringsgrad" - et nyttig begrep ved prioritering mellom rensing og transport av avløpsvann. Artikkel NIVA's årbok 1975.
13. Østhus, T.: Beregning av avløpsvannets sammensetning ved materialstrøms-analyse. Særkurs i rensing av vann 1977. Hovedoppgave ved NTH.
14. Rosendahl, A.: Kjemisk felling i eksisterende anlegg. Skarpsno kloakkrenseanlegg. PRA 2.2, NIVA 0-36/71, 1976.
15. Ødegaard, H.: Kjemisk felling i eksisterende anlegg. Losby renseanlegg. PRA 2.2, NIVA 0-35/71, 1973.

16. Ødegaard, H.: Kjemisk felling i eksisterende anlegg. Åmot renseanlegg. PRA 2.2, NIVA 0-34/71, 1973.
17. Rosendahl, A.: Kjemisk felling i eksisterende anlegg. Dønski kloakkrenseanlegg. PRA 2.2, NIVA 0-37/71, 1974.
18. Rosendahl, A.: Kjemisk felling i eksisterende anlegg. Asker batteri. Fremdriftsrapport nr. 1, 1972.
19. Norske kommuners sentralforbund: Upubliserte data innsamlet i forbindelse med måling av vannfobruk i 1400 forskjellige boliger i perioden 1975-1977.

A P P E N D I X A

BEREGNING AV INFILTRASJONS-VANNMENGDER OG MENGDE VANN SOM
LEKKER UT AV ET LEDNINGSNETT

Målinger av avløpsvannmengder og konsentrasjoner kan brukes til å gjøre overslagsberegninger av vannmengder som lekker inn og ut av nettet. Flere forutsetninger og tilnærminger må imidlertid gjøres og resultatene må vurderes med dette i minnet.

Definisjoner

inn = notasjon for vann inn i ledningene fra punktkilder (boliger etc.).

ut = notasjon for vann ut ved målestasjon.

utlekk = notasjon for alle tap i ledningsnett.

inf = notasjon for infiltrasjonsvann.

(symbol) = konsentrasjon i mg/l.

Strek over symbol indikerer gjennomsnittsverdi.

pe = antall personekvivalenter tilknyttet ledningsnett

Q = flom gitt i m³/d.

N = symbol for nitrogen.

Forutsetninger og tilnærminger

1. Beregningene gjøres på grunnlag av middlere N-verdier.
2. Spesifikk forurensning og spesifikk avløpsvannmengde må antas. I eksempelet nedenfor er verdiene i tabell 5 brukt og spesifikk avløpsvannmengde er satt til 160 l/p.d.
3. Infiltrasjonsvannet er regnet som rent for forurensninger (under tørrvær)
4. Det er ikke tatt hensyn til slike ting som sedimentering, utveksling av N med luft etc.
5. Konsentrasjonen på utlekkingsvannet (\bar{N}_{utlekk}) må antas. Følgende to verdier kan tenkes brukt:
 1. $\bar{N}_{\text{utlekk}} = \text{konsentrasjon ved målepunkt} = (\bar{N}_{\text{ut}})$.
 2. $\bar{N}_{\text{utlekk}} = \frac{(\bar{N}_{\text{inn}}) + (\bar{N}_{\text{ut}})}{2}$

Den virkelige verdi ligger sannsynligvis et sted mellom disse verdiene.

Beregningseksempler

Vannmengdebalanse gir:

$$I \quad \bar{Q}_{inn} + \bar{Q}_{inf} - \bar{Q}_{utlekk} = \bar{Q}_{ut}$$

Massebalanse gir:

$$II \quad \bar{Q}_{inn} (\bar{N}_{inn}) + \bar{Q}_{inf} (\bar{N}_{inf}) - \bar{Q}_{utlekk} (\bar{N}_{utlekk}) = \bar{Q}_{ut} (\bar{N}_{ut})$$

Løsning av II med hensyn på \bar{Q}_{utlekk} gir:

$$\bar{Q}_{utlekk} = \frac{\bar{Q}_{inn} (\bar{N}_{inn}) - \bar{Q}_{ut} (\bar{N}_{ut})}{(\bar{N}_{utlekk})}$$

Vi har imidlertid:

$$\bar{Q}_{inn} \cdot (\bar{N}_{inn}) = p_e \cdot \bar{N}_{inn} \text{ spesifikk}$$

$$\text{dvs. } \bar{Q}_{utlekk} = \frac{p_e \cdot \bar{N}_{inn} \text{ spesifikk} - \bar{Q}_{ut} (\bar{N}_{ut})}{(\bar{N}_{utlekk})}$$

Løsning av I med henyn på \bar{Q}_{inf} gir:

$$\bar{Q}_{inf} = \bar{Q}_{ut} + \bar{Q}_{utlekk} - \bar{Q}_{inn}$$

Vi har i tillegg:

$$\bar{Q}_{inn} = p_e \cdot 160 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{d}.$$

Tabell 27 gir verdier fremkommet for to stasjoner med to forskjellige antakelser for $(\bar{N}_{\text{utlekk}})$ på hver stasjon.

Tabell 27. Beregnete vannmengder som har infiltrert og lekket ut av ledningssystemene i feltene Kleiva og Åmot.

			$(\bar{N}_{\text{utlekk}}) = (\bar{N}_{\text{ut}})$		$(\bar{N}_{\text{utlekk}}) = \frac{(\bar{N}_{\text{inn}}) + (\bar{N}_{\text{ut}})}{2}$	
	\bar{Q}_{inn}	\bar{Q}_{ut}	\bar{Q}_{inf}	\bar{Q}_{utlekk}	\bar{Q}_{inf}	\bar{Q}_{utlekk}
	m^3/d	m^3/d	m^3/d	m^3/d	m^3/d	m^3/d
Kleiva	69,1	70,4	12,9	11,6	11,9	10,6
Åmot 1)	448	556	554	446	383	275

NB! Om en skulle regne med at det var forurensninger i infiltrasjonsvannet, ville tallene for \bar{Q}_{inf} og \bar{Q}_{utlekk} blitt større. Skulle en derimot ta hensyn til sedimentering i rørene, ville dette gi mindre verdier på \bar{Q}_{utlekk} og \bar{Q}_{inf} .

---o0o---