

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
Blindern

0-116/76

TILFØRINGSGRAD FOR RENSEANLEGG
FREMGANGSMÅTE OG BRUK

Oslo, 13.september 1978
Saksbehandler: Siv.ing. Lasse Vråle
Medarbeider : Siv.ing. Kjell Øren
Instituttjef: Kjell Baalsrud
ISBN 82-577-0100-9

FORORD

Denne rapporten representerer den siste utgaven av en lang rekke utredninger om begrepet tilførringsgrad for renseanlegg. Dette uttrykket ble første gang presentert offisielt i en artikkel i NIVA's årbok av 1975, og har senere vært videreutviklet, omtalt og anvendt, men også feil anvendt.

SFT ga NIVA høsten 1976 i oppdrag å utrede og videreutvikle begrepet tilførringsgrad. Oppdraget ble inndelt i tre deler, med en økonomisk ramme på kr. 150.000. Den siste delen av arbeidsoppgaven gikk ut på å foreta grundige målinger i et egnet rensedistrikt for å kartlegge årsakene til redusert tilførringsgrad. Denne siste oppgaven ble bestemt utsatt og midlene ble omprioritert til å utgi denne rapporten.

Grunnen til dette var at begrepets anvendelse avslører store mangler ved avløpsledningenes evne til å transportere "forurensningsproduksjonen" i husene fram til renseanlegget som er forutsatt å betjene området. Det ble ansett svært påkrevet å få informasjon om tilførringsgrad for renseanlegg ut så hurtig som mulig i fylker og kommuner.

Tilførringsgrad er et begrep som knyttes til oppsamlingsnettets utbygging og funksjon. Det tvinger oss til å definere det geografiske området et nytt renseanlegg skal betjene og viser at det ikke er tilstrekkelig å bygge renseanlegg, selv om det er aldri så stort og avansert, hvis oppsamlingsnettets ikke er utbygd for området eller taper deler av forurensingene til lokale resipienter.

Derfor innfører dette begrepet nye momenter når krav om bygging av renseanlegg reises. Økonomi alene er ikke tilstrekkelig for å fastslå hvor stort et renseanlegg bør dimensjoneres. Prognose over når spillvannet kan transporteres fram til renseanlegget og renseanleggets rensegrad som funksjon av underbelastning bør også veie tungt. Dessuten blir

investeringene til store renseanlegg som forblir underbelastet i lang tid dårlig utnyttet. Mindre renseanlegg med mindre rensedistrikt kan i noen tilfeller være mer hensiktsmessige.

Det faktum at det vil kreve omfattende vannføringsmålinger og prøvetakinger for å beregne en representativ tilføringsgrad for et renseanlegg rokker ikke ved viktigheten av de ovennevnte momenter. I alle fall vil det være lettere å beregne en representativ tilføringsgrad ved et renseanlegg enn en representativ rensegrad, i særlig for et renseanlegg med en høy nominell rensegrad.

Rapporten inneholder ikke noe eget litteraturstudium med referanser, og de tidligere notater, artikler, NIF-kurs og arbeidsdokumenter som har omhandlet tilføringsgrad er ikke referert i rapporten. Disse tidligere arbeidene er innarbeidet i rapporten.


Lasse Vråle

INNHALDSFORTEGNELSE

	side:
FORORD	2
1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	8
2. HVA ER TILFØRINGSGRAD?	12
2.1 Rensedistrikt	12
2.2 Mangelfullt utbygget oppsamlingsnett i rensedistriktet	14
2.3 Hvor tar forurensningene veien	15
2.4 Hva beskriver tilførringsgrad	17
2.4.1 Tilførringsgrad	18
2.4.2 Tilførringsgrad - netto	18
2.4.3 Tilførte forurensningsmengder under nedbør	19
2.5 Sammenheng mellom tilførringsgrad, avløpsvannets mengde og sammensetning og separasjonsgrad	21
3. HVA KAN TILFØRINGSGRAD BRUKES TIL?	25
3.1 Som planleggingsverktøy	25
3.2 For tilstandsundersøkelser på oppsamlingsnett	29
3.2.1 Angivelse av oppsamlingsnettets effektivitet	29
3.2.2 Prioritering mellom tekniske tiltak på avløpsnett og ytterligere rensetrinn	29
3.2.3 Forurensningstap til lokale resipienter	29
3.2.4 Rense-effektivitet basert på spillvann fra hele rensedistriktet	30
3.2.5 Tilførringsgrad som krav i rensenanleggets utslippstillatelse	30
4. BEREGNING AV TILFØRINGSGRAD	31
4.1 Generelt	31
4.2 Måling og beregning av forurensningsmengde tilført rensenanlegget	34
4.2.1 Plassering og utforming av målestasjon	34
4.2.2 Eventuelle vanskeligheter som kan oppstå når målingene skal tilpasses eksisterende rensenanlegg	37
4.2.3 Utførelse av prøvetaking	37
4.2.4 Beregning av massetransporten fram til rensenanlegget	39

4.3	Beregning av produsert forurensningsmengde i rensedistriktet	39
4.3.1	Fastsettelse av rensedistrikt	39
4.3.2	Spesifikke forurensningsmengder for fosfor og nitrogen	40
4.3.3	Innsamling av grunnlagsdata	42
4.3.4	Produsert forurensningsmengde i rensedistriktet ut fra husveggen	43
4.3.5	Forurensningsmengde i rensedistriktet utfra eiendommene	46
4.4	Beregning av tilføringsgrad og alternative måter å uttrykke resultatene på	48
4.4.1	Når det kun foreligger pålitelige beregninger av tilførte mengder	48
4.4.2	Når det foreligger pålitelige målinger både av tilførte og produserte forurensningsmengder	48
4.5	Hvor nøyaktig kan tilføringsgrad beregnes ?	50
4.5.1	Tilføringsgrad	50
4.5.2	Forurensningsmengde tilført renseanlegget	51
4.5.3	Produsert forurensningsmengde i rensedistriktet	52
5.	OPPSUMMERING	53

V E D L E G G

Vedlegg 1	Forsøk på måling av tilføringsgrad i noen rensedistrikt i Oslo-området	56
Vedlegg 2	Måling av tilføringsgrad for Hoffsvæien avløpsområde	60
Vedlegg 3	Årsaker som bidrar til senket tilføringsgrad	63
Vedlegg 4	Vurdering, kontroll og feilsøking ved måling av tilføringsgrad	67

FIGURFORTEGNELSE

Side:

Figur 1.	Skisse for rensedistrikt, renseanlegg og oppsamlingsnett i foreløpig utbygd rensesone.	13
Figur 2.	Prinsippskisse for et typisk rensedistrikt	16
Figur 3.	Prinsipiell oversikt over produsert forureningsmengde i husholdning, tapsposter og tilført forureningsmengde ved renseanlegg	17
Figur 4.	Oversikt over forureningsproduksjon og transport ut av et oppsamlingsnett- eksempel.	20
Figur 5.	Sammenheng mellom tilføringsgrad for forureningsmasse og total vannmengde tilført renseanlegg.	24
Figur 6.	Flyteskjema som viser hvilke ledd som inngår når Tg beregnes	32
Figur 7.	Prinsipiell plassering av målested for registrering av forureningsmengde tilført renseanlegg	35
Figur 8.	Unøyaktighet i beregnet tilføringsgrad som funksjon av tilføringsgradens størrelse og med utgangspunkt i eksempel på usikkerhet i teller eller nevner	51
Figur 9 .	Forureningsmengde tilført Nordre Follo kloakkrenseanlegg sommeren 1977	58

TABELLFORTEGNELSE

	side:
Tabell 1. Forhold som bidrar til reduserte foruren- ningsmengder til renseanlegget	15
Tabell 2. Forskjellige typer prøvetakingsserier ved bestemmelse av forureningsmengder fram til renseanlegg	38
Tabell 3. Spesifikke forureningsmengder for avløps- vann ut fra bolighus	42
Tabell 4. Forureningsproduksjon i rensedistriktet utfra husveggene - Parameter: Tot-fosfor	44
Tabell 5. Forureningsproduksjon i rensedistriktet utfra husveggene - Parameter: Tot-fosfor	45
Tabell 6. Oversikt over tilførte forureningsmengder og tilføringsgrader ved noen renseanlegg i Oslo-området.	57

1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

1. Spillvannet skal fram til renseanlegget.

Effektiv rensing av spillvann krever at 100% av spillvannsmengden som renseanlegget er forutsatt å betjene kommer fram til anlegget. Med spillvann menes de avløpsvannmengder og forurensningsmasser som stammer fra bolighus og industri før vannet fortynnes med grunnvann og regnvann på vei fram til renseanlegget.

For at 100% av spillvannet skal komme fram må det utbygges tett oppsamlingsnett for hele rensedistriktet. Manglende utbygd oppsamlingsnett for deler av rensedistriktet fører til direkte tap til lokale resipienter. Utette ledningssystemer medfører at spillvannet lekker ut av systemet via rørvegger, skjøter og kummer, og fremmedvann lekker inn.

2. Tilføringsgrad beskriver hvor mye spillvann som kommer fram til renses-
anlegget.

Tilføringsgrad (Tg) er et begrep som beskriver hvor stor andel av spillvannet fra rensedistriktet som kommer fram til rensesanlegget. Den andel som ikke kommer fram enten på grunn av manglende utbygd oppsamlingsnett for hele rensedistriktet eller på grunn av at spillvann renner eller lekker ut av oppsamlingsnettet reduserer tilføringsgraden tilsvarende under 100%. Det er ikke selvsagt at hele tapet når fram til resipienter, men en stor andel vil forurense lokale vannårer.

Netto tilføringsgrad Tg netto beskriver hvor stor andel av spillvannet som kommer fram fra den delen av rensedistriktet hvor det foreløpig er utbygd oppsamlingsnett.

Begrepet tilføringsgrad omfatter bare forurensinger fra spillvann og ikke diffuse forurensninger fra overflate, såkalt nedbøravhengige forurensinger. Måling og beregning av tilføringsgrad utføres på grunnlag av den produserte forurensningsmengde i spillvannet i rensedistriktet og den tilførte forurensningsmengde i rensesanlegget. Parametrene total fosfor og total nitrogen anvendes som indirekte uttrykk for spillvannet.

Bruk av avløpsmengder for beregning av tilføringsgrad er uegnet fordi fremmedvann i form av grunnvann, drensvann og regnvann fra andre kilder enn spillvann fortynner spillvannet og ødelegger massebalansen. Beregning av tilføringsgrad baseres på data fra tørrværsdøgn for å unngå feilkilder som introduseres på grunn av massetransport fra andre kilder som bidrar under nedbørsperioder.

3. Hvorfor kommer ikke alt spillvannet fram til renseanlegget

Foreløpige undersøkelser av tilføringsgrad ved noen norske renseanlegg har gitt verdier ned mot 10% og gjennomsnittlig synes tilføringsgraden å ligge i området 50 - 70%. Høye renseeffekter ved renseanlegg er lite beroligende hvis renseanlegget har lav tilføringsgrad.

Grunnen til at store mengder spillvann ikke kommer fram til norske renseanlegg skyldes hovedsaklig manglende utbygd oppsamlingsnett for hele rensedistriktet, men også lekkasje ut av oppsamlingssystemet. Manglende utbygd oppsamlingsnett har sammenheng med at:

- a. Grensene for rensedistriktet er diffuse slik at videre utbygning av oppsamlingsnett ikke kan følges opp og kontrolleres og sammenholdes med det opprinnelige rensedistriktet.
- b. Renseanlegget bygges på kontrakt av entrepenører, mens utbygningen av oppsamlingsnett skjer separat i kommunens regi, og avslutningen er vanskelig å definere.
- c. Bygging av oppsamlingsnett krever store investeringer, og hvis renseanleggets hydrauliske kapasitet brukes opp på grunn av inntak av mye grunnvann og regnvann, synes nytten av å ta inn resten av rensedistriktet liten.

4. Transport og rensing av avløpsvann må sees i sammenheng

Bygging av supplerende rensetrinn for å høyne renseseffekten må sees i lys av tiltak på oppsamlingsnettene for å øke tilføringsgraden.

Tilkobling av eldre avløpsledninger til renseanleggets oppsamlingsnett enten i form av stikkledninger, fellesledninger eller bekkelukninger øker tilføringsgraden under tørrvær, men øker også fremmedvannsbidraget ved å fortynne spillvannet og øke vannmengdene.

Oppsamlingsnettets funksjon under nedbørsperioder er svært viktig, men variasjoner med hensyn på tilført masse bør utføres ved direkte sammenligninger av massetransport under nedbør med den gjennomsnittlige tilførte forurensningsmasse under tørrvær som anvendes ved beregning av tilføringsgrad.

Oppsamlingsnettets funksjon og følgelig renseanleggets muligheter for effektiv rensing kan beskrives ved to begrep:

1. Tilføringsgrad - Angir hvor stor andel av spillvannet i rensedistriktet som kommer fram til renseanlegget.
2. Separasjonsgrad - Angir hvor fortynnet spillvannet blir på sin vei til renseanlegget og hvor mye vannføringen øker.

Denne rapporten omhandler hovedsaklig tilføringsgradbegrepet.

2. HVA ER TILFØRINGSGRAD ?

2.1 Rensedistrikt

Ved kloakktekniske løsninger for enkeltboliger er det enkelt å transportere hele spillvannsmengden uten tap fram til renseanlegget siden avstanden er kort.

Problemet melder seg for større fellesanlegg fordi det tilhørende området som skal betjenes av anlegget, blir stort.

Et hvert fellesrenseanlegg dimensjoneres for en bestemt belastning på grunnlag av hvor mange personekvivalenter som skal betjenes og det tilhørende geografiske området fastsettes med klare grenser og omtales som rensedistrikt.

Begrepet tilførringsgrad er knyttet til hele rensedistriktet og uttrykker forholdet mellom den forurensningsmengden som transporteres ut av oppsamlingsnettets i rensedistriktet, og den forurensningsmengde som produseres i rensedistriktet.

Hvis kommunen ikke angir dette planområdet, vil det ikke være mulig å angi renseanleggets totale tilførringsgrad. Imidlertid kan netto tilførringsgrad beregnes. Dette skal forklares nærmere i følgende eksempel.

Eksempel:

Renseanlegg A bygges og dimensjoneres for 1500 personer, som vist på figur 1. Kommunen regner med at dette vil være belastningen i år 1990. I dag da anlegget er i drift, bor det 1000 personer i området. Hvis det er planlagt at de 500 personene som kommer i tillegg fram til år 1990, skal bosettes innen områder hvor de 1000 i dag bor, vil dette beskrive rensedistriktet. Hvis de 500 skal

bosette seg utenom området, bør det foreligge en plan som beskriver dette feltet, slik at dette området kan inkluderes i rensedistriktet. Men pr. i dag vil rensedistriktet inneholde 1000 personer som er lagt til grunn for dimensjoneringen.

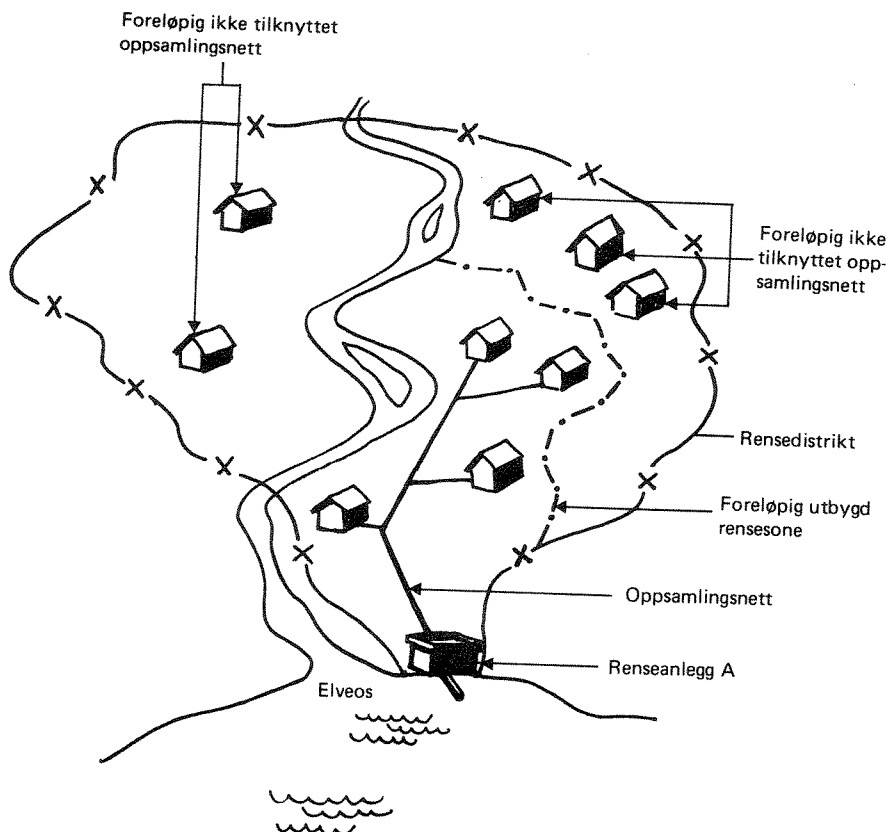
Imidlertid er det bare bygget oppsamlingsnett som fører avløpsvann fram til renseanlegget for ca. 500 personer. Dette området beskriver en midlertidig rensesone i rensedistriktet som også er vist i figur 1. Målinger ved renseanlegget viser at massetransport av forurensninger tilsvarende spillvannsavløp fra 400 personer kommer fram til renseanlegget.

Dette gir følgende resultater:

Renseanlegget er dimensjonert for 1500 personer.

Rensedistriktet har i dag 1000 personer.

Rensesonen som beskriver hvor mange som foreløpig er betjent av kommunenes oppsamlingsnett, har 500 personer.



Figur 1. Skisse for rensedistrikt, renseanlegg og oppsamlingsnett i foreløpig utbygd rensesone.

Denne forenklede oversikt vil gi:

$$\text{Tilføringsgrad } T_g : \frac{400 \times 100}{1000} = 40\%$$

$$\text{Netto tilføringsgrad } T_g \text{ netto: } \frac{400 \times 100}{500} = 80\%$$

$$\text{Anleggets belastningsgrad pr. i dag: } \frac{400 \times 100}{1500} = 26,6\%$$

Det vil imidlertid kreves grundigere undersøkelser og målinger for å beregne tilføringsgrad, og det henvises til kapittel 4 .

2.2 Mangelfullt utbygget oppsamlingsnett i rensedistriktet

Tilføringsgraden kan være lavere enn 100 prosent i et rensedistrikt, både på grunn av utette ledninger etc. og mangelfullt utbygget oppsamlingsnett.

Følgende forhold har tidligere gjort det mindre attraktivt å bygge ut oppsamlingssystemet:

1. Konesjonstillatelsen er hovedsakelig knyttet til bygging av renseanlegg, mens det tidligere ikke har foreligget klare krav om alt spillvann innen rensedistriktet skal føres fram til renseanlegget.
2. Fullstendig utbygget oppsamlingsnett krever store investeringer, normalt fire ganger mer enn renseanlegget. Det er lett å konstatere når et renseanlegg er ferdig utbygget og avsluttet. Derimot er det langt vanskeligere å fastslå når oppsamlingsnett i et rensedistrikt er ferdig utbygget.
3. Uklar definert grense for rensedistriktet og følgelig uklareheter i om boliger kan baseres på enkeltløsninger gjør at utbygging av kostbare oppsamlingsnett blir unødig forsinket.

4. Et allerede høyt hydraulisk belastet renseanlegg på grunn av fortynnende fremmedvannsmengder (lav separasjonsgrad), gjør det mindre ønskelig å øke tilføringsgraden, siden inntak av spillvann på oppsamlingsnettet kan føre til en lavere prosentvis rensegrad for det vannet som passerer renseanlegget.

Disse forhold understreker behovet for et begrep som knytter rensedistriktets oppsamlingsystem og renseanlegg sammen.

Som omtalt i kapittel 3.1, beskrives det område av rensedistriktet som har utbygget oppsamlingsnett, som en "midlertidig rensesone".

2.3 Hvor tar forurensningene veien

Et større rensedistrikt kan bestå av flere naturlige avrenningsområder. Selv om mindre hussamlinger kan ha et felles avløpsnett, kan en mange steder se eksempel på at det ikke eksisterer noe sammenhengende avløpsnett for rensedistriktet.

I figur 2 vises en prinsippskisse for et rensedistrikt og de vanligste årsakene til at forurensningene ikke når fram til renseanlegg.

Tabell 1 viser faktorer som fører til reduserte tilførte forurensningsmengder.

Tabell 1. Forhold som bidrar til reduserte forurensningsmengder til renseanlegget.

Forurensninger når ikke kommunal ledning:

1. Boliger uten avløp
2. Installert septiktank eller slamavskiller
3. Private avløp med utdrenering i grunnen eller sjøen.

Forurensninger når kommunal ledning, men ikke oppsamlingsnettet:

4. Kommunale avløpsledninger som ikke er tilkoblet oppsamlingsnettet
5. Feilkobling av avløpsledninger
6. Eldre tilkobling til bekker og bekkelukninger.

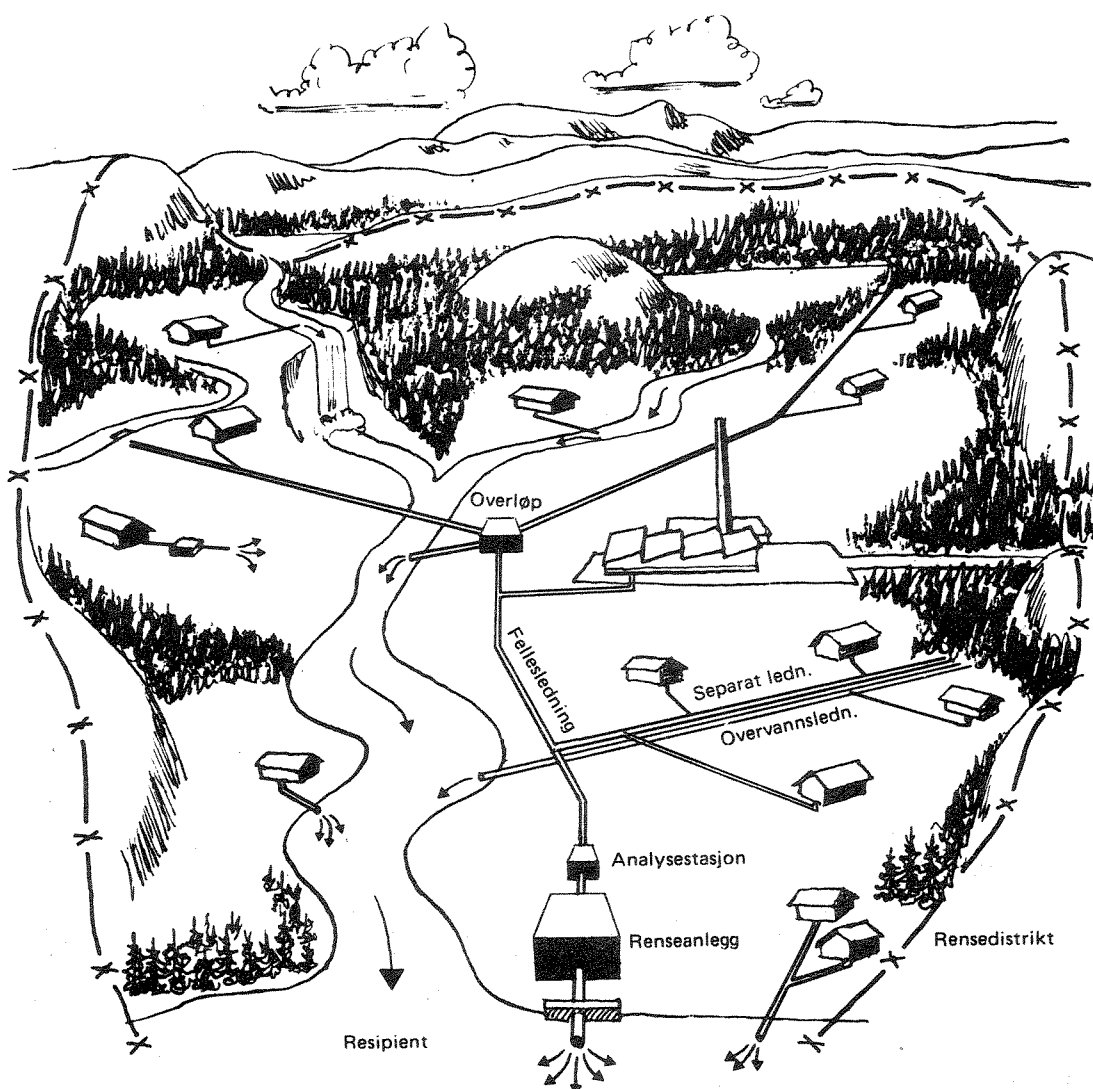
Forurensninger når oppsamlingsnettet:

7. Overløp på avløpsledninger i tørrvær
 8. Nødoverløp på pumpestasjon
 9. Lekkasje i rørvegger og kummer.
-

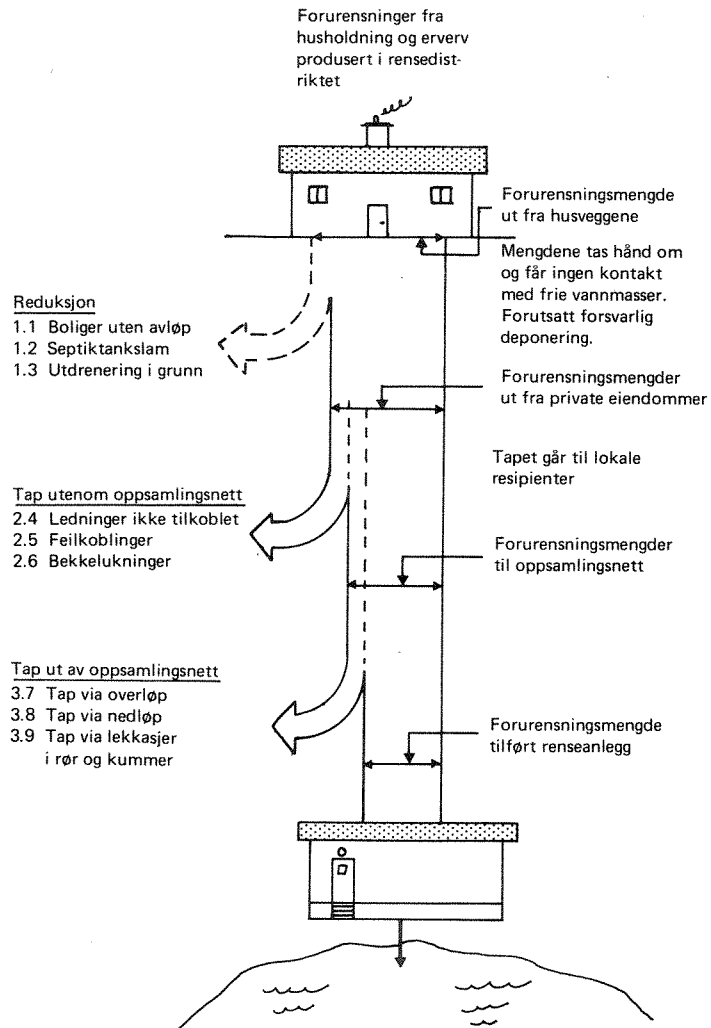
De tre førstnevnte faktorer kan føre til reduserte forurensningsmengder ut fra de private eiendommene og justeres, eventuelt, i forurensningsproduksjonsleddet. Disse tre faktorer påvirker derfor ikke tilføringsgraden.

Derimot vil de 6 neste faktorene redusere tilføringsgraden avhengig av de lokale forhold. En utdypning av årsakene til dette er angitt i vedlegg nr. 3.

Figur 3 viser en skjematisk oversikt over de forskjellige årsaker som bidrar til senket tilføringsgrad.



Figur 2. Prinsippskisse for et typisk rensedistrikt



Figur 3: Prinsipiell oversikt over produsert forurensningsmengde i husholdning, tapsposter og tilført forurensningsmengde ved rensenanlegg

2.4 Hva beskriver tilføringsgrad?

Det vil med andre ord si at en spillvannsledning anlagt etter separat-systemet, kun har den ene funksjon å føre avløpsvannet uten tap og ulemper fram til rensenanlegget. Hvis dette oppsamlingsnett fungerer prikkfritt, kommer 100 prosent av forurensningene fram til rensenanlegget. Tilføringsgraden er med andre ord 100 prosent.

Tilføringsgrad beskriver bare hvor effektivt spillvannet samles opp i tørrvær. Forurensningene fra såkalte diffuse kilder, kommer ikke inn når tilføringsgrad beregnes fordi ingen verdier hentes fra nedbørsdøgn.

Hva som skjer under nedbørsperioder er imidlertid også viktig og omtales kort i avsnitt 2.4.3.

2.4.1 Tilføringsgrad

Normalt blir tilføringsgrad beregnet for det totale rensedistrikt som er fastsatt for renseanlegget. En slik tilføringsgrad omtales bare som tilføringsgrad.

Særlig for store rensedistrikt kan det forekomme store områder med bebyggelse innen rensedistriktet som ikke er tilknyttet renseanlegget på grunn av manglende utbygd oppsamlingsnett. For total tilføringsgrad forutsettes allikevel hele punktkilde-forurensningen i det totale rensedistrikt lagt til grunn ved beregningene.

Dette forhold kan være en av de viktigste årsakene til lav tilføringsgrad for store rensedistrikter. Den totale tilføringsgrad angis enten med symbolet Tg eller Tg total.

2.4.2 Tilføringsgrad - netto

I tillegg til total tilføringsgrad, Tg, kan det være ønskelig å beregne netto tilføringsgrad (Tg netto) for den del av rensedistriktet som er tilkoblet oppsamlingsnett - "foreløpig utbygd rensesone".

Forurensningsmengden som tilføres renseanlegget, vil være felles ved utregning av både total og netto tilføringsgrad. Derimot vil den beregnede forurensningsproduksjon fra punktkildene være lavere for den netto betjente del av rensedistriktet siden dette bare utgjør en del av det totale rensedistrikt. Følgelig vil Tg netto alltid gi en høyere tilføringsgrad.

Tg netto uttrykker derfor hvor mye av det spillvannet som er antatt tilkoblet oppsamlingsnett som kommer fram til renseanlegget.

2.4.3 Tilførte forurensningsmengder under nedbør

Tilføringsgrad omfatter bare punktkilder og kun tørrværsmålinger benyttes ved beregningen. Andre framgangsmåter kan inkludere nedbørsmålinger og akkumulerer alle forurensningsmengdene over hele året.

Det som skjer i ledningsnett under nedbør er imidlertid meget viktig og bør også komme til uttrykk. Grunnen til at tilføringsgrad er definert slik at nedbørforholdene ikke kommer med, skyldes både at nøyaktighetsgraden for beregnede tilføringsgrader under nedbør vil være lav, og fordi måleseriene vil bli mer omfattende.

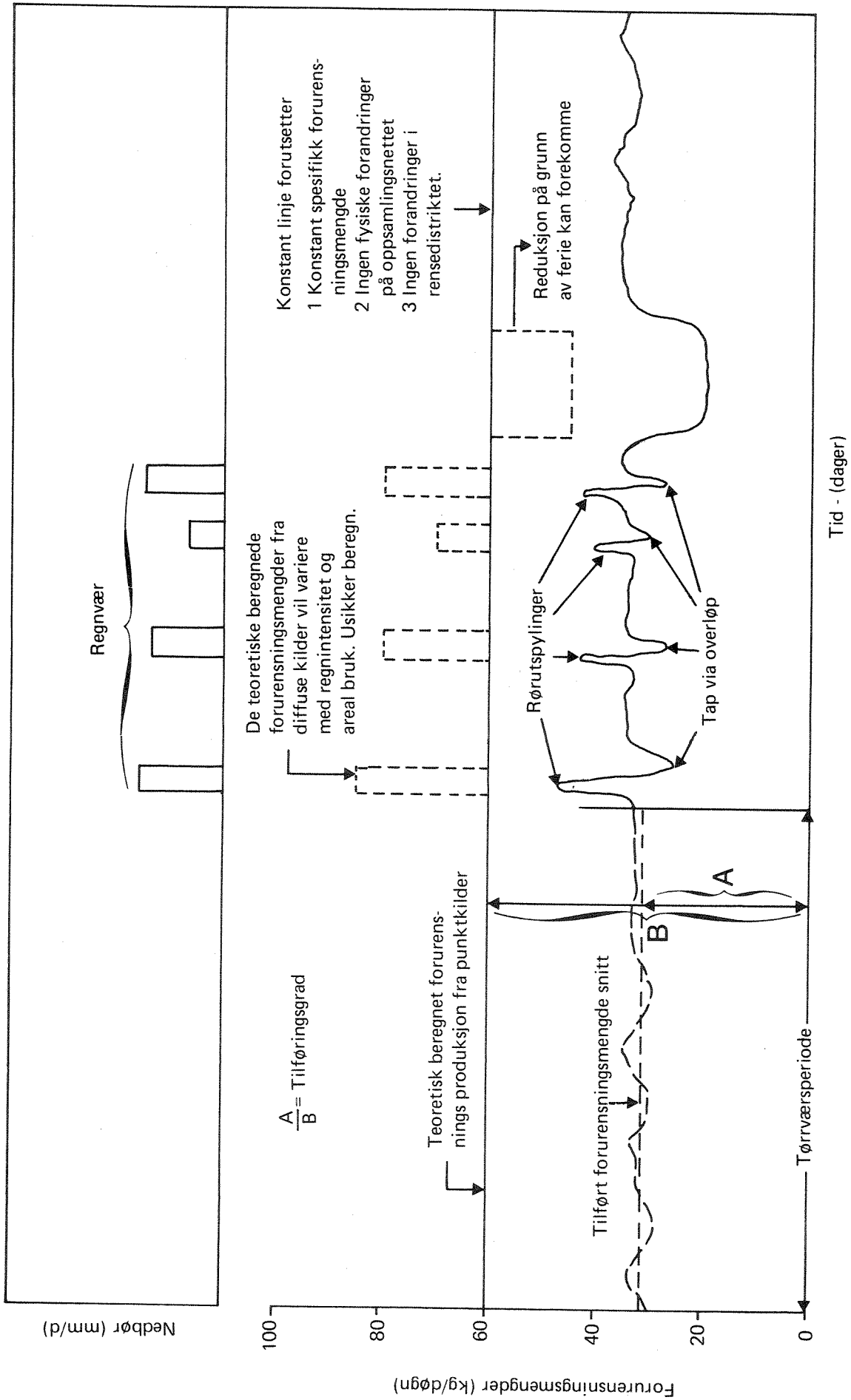
I figur 4 har man forsøkt å anskueliggjøre disse forhold.

Tilføringsgrad defineres som forholdet mellom A og B i tørrværsperioden. Det krever lengre og stabile måleperioder hvor det ikke forekommer unormale forhold i rensedistriktet. For selve regnværsperiodene vil forurensningsproduksjonen som skal omfatte de diffuse kildene, bli vanskelige å beregne.

Det skyldes at forurensningsmengder fra diffuse kilder som overflateforurensninger, kommer i tillegg til spillvannets kilder og vil variere svært meget avhengig av lokale forhold. Gode spesifikke tall for forurensningsproduksjonen foreligger ikke. Dessuten øker den tilførte forurensningsmengden under nedbør på grunn av sedimentert materiale i rørledningene som rives løs på grunn av øket vannføring.

Tap av forurensninger via overløp vil også føre til variasjoner.

Beregning av tilføringsgrad under nedbørsperioder vil være svært usikkert.



Figur 4. Oversikt over forurensningsproduksjon og transport ut av et oppsamlingsnett - eksempel.

Tap av forurensninger via overløp er imidlertid en meget viktig tapspost også for punktkilder og sier mye om hvordan oppsamlings-systemet fungerer under nedbør.

Kjennskap til tilførte forurensningsmengder under nedbør vil derfor være nyttig. Det kreves undersøkelser for å kunne skille mellom bidrag fra diffuse kilder som renner inn i oppsamlingsnett, løsspylte avleiringer i oppsamlingsnett og tap via overløp.

Sammenligninger mellom den gjennomsnittlige tilførte forurensningsmengde fra punktkilder i tørrvær og tilførte forurensningsmengder under nedbør vil være et viktig supplement til tilføringsgraden.

Hvis en har gode målinger over hele året, kan det være nyttig å beregne tilføringsgrad på årsbasis inklusive nedbørsdøgn. Dette krever imidlertid gode kontinuerlige målinger over hele året.

2.5 Sammenheng mellom tilføringsgrad, avløpsvannets mengde og sammensetning og separasjonsgrad

Tilføringsgrad uttrykker hvor mye av forurensningsmengdene fra punktkilder i form av spillvann i rensedistriktet som transporteres fram til renseanlegget. Dette er først og fremst viktig av hensyn til hvor mye som potensielt kan belastes lokale resipienter.

Men like viktig er vannmengdene som kommer fram til renseanlegget, særlig siden renseanleggene i første rekke dimensjoneres ut fra hydrauliske forhold.

Vann brukes som transportmedium for forurensninger. For spillvann er det mulig å kontrollere forholdet mellom forurensninger og vannmengde, selv om det varierer meget i korte tidsrom.

Problemet ligger i det fremmedvannsbidraget som introduseres både i tørrvær (infiltrasjonsvann, grunnvann og bekkevann) og under nedbør (regnvann).

Separasjonsgrad uttrykker hvor effektivt fremmedvannsmengdene holdes utenom spillvannsledningen både i tørrvær og nedbørsperioder. For fellessystem er separasjonsgraden særlig under nedbør svært lav. Praksis viser at nye spillvannsledninger anlagt etter separatsystemet, også kan ha lave "separasjonsgrader".

For fullstendig å definere effektiviteten av et oppsamlings-system, må både tilføringsgrad og "separasjonsgrad" bestemmes.

"Separasjonsgrad" blir ikke nærmere omtalt i denne rapporten, men sammenhengen mellom de to er viktig og diskuteres kort.

Særlig for større rensedistrikt vil avløpsnettets bestå av et konglomerat av forskjellige systemer.

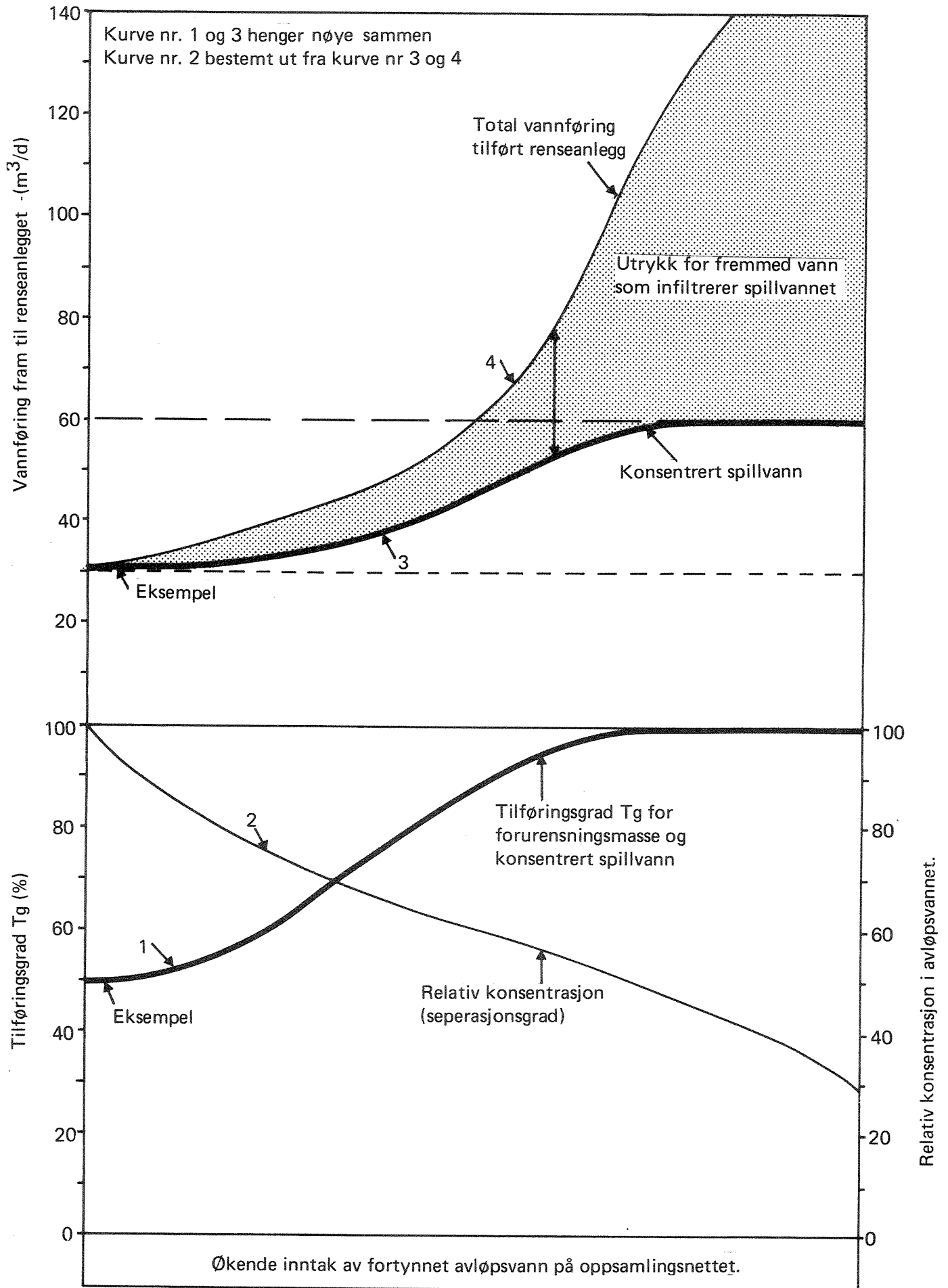
Det kan forekomme store tap av avløpsvann fra fellesledninger og spillvannsledninger til lokale bekker, og overvannsledninger. Siden de tre sistnevnte ledningene befinner seg lavest i dalsøkkene, er det naturlig at store deler av tapene samles i disse transportårene.

Når kommunalt avløpsvann ledes i forurensede bekker, bekkelukninger eller overvannsledninger, står kommunene overfor vanskelige valg. Enten må disse utslippene avskjæres, eller så må hele bekkelukninger eller overvannsledninger kobles inn på oppsamlingsnettets.

Det kan være svært fristende å ta inn forurensningsmengden fra bekker, bekkelukninger og overvannsledninger på oppsamlingenettet siden det på kort sikt er økonomisk rimelig. Inntak av tørrværsvannføringene i slike transportårer øker tilføringsgraden.

Dette kan være en uheldig vei å gå fordi bekevannsmengden ofte er stor og har lave forurensningskonsentrasjoner. En relativt større andel av forurensningsmengden kan gå tapt via overløp under regnvær.

I figur 5 har en forsøkt å illustrere disse forhold. Inntak av bekker, bekkelukninger og kloakk-infiserte overvannsledninger kan føre til større dimensjonerende vannføringer. På eksisterende renseanlegg fører dette til overbelastning med en tilsvarende senkning i rensegrad, høyere rensekostnader og større overløpsmengder. Virkningene av disse forhold er mindre utredet og vanskeligere å kostnadsfeste.



Figur 5. Sammenheng mellom tilføringsgrad for forurensningsmasse og total vannmengde tilført rensanlegg

3. HVA KAN TILFØRINGSGRAD BRUKES TIL ?

Tilføringsgradbegrepet tvinger planleggeren, kommunen og de offentlige myndigheter til at alle felles renseanlegg for et klart definert rensedistrikt som viser hvilket område renseanlegget er dimensjonert for og ment og betjene. Ved å ha klar oversikt over dette området til en hver tid og følgelig hvilke boliger som er forutsatt betjent av renseanlegget, kan oppsamlingsnettets utbygging og virkningsgrad kontrolleres. Den usikkerhet som i dag råder i kommunene om hva som skal tilføres renseanlegget av spillvann vil dermed elimineres. Dårlig virkende renseanlegg enten på grunn av at deler av oppsamlingsnettets tar inn mye grunnvann og regnvann eller virker dårlig av prosessmessige eller anleggstekniske årsaker vil ikke rokke ved oppsamlingsnettets målsetning om å bringe 100% av spillvannet fram til det felles renseanlegg.

En helt annen sak er det at en kommune kan vurdere om rensedistriktet bør søkes omarbeidet eller justert av forskjellige årsaker, men da må dette skje etter en plan, med offisiell korleksjon av rensedistriktet, med forslag til tiltak for de boliger som ikke blir en del av det felles avløpsanlegget.

Disse forhold er kanskje den viktigste effekten av tilføringsgradbegrepet.

Opplysninger om selve tilføringsgraden ved et renseanlegg kan brukes på to ulike måter:

1. Som planleggingsverktøy
2. For tilstandsundersøkelse på oppsamlingsnettets

3.1 Som planleggingsverktøy

Hvor stort og hvor mange renseanlegg skal man ha i et område ?

Det man vet fra før når størrelsen på renseanlegg skal fastlegges er:

1. At større renseanlegg renser avløpsvann rimligere per tilført m³ vann enn små anlegg.
2. At mulighetene for gode driftsresultater på store renseanlegg er bedre enn på små fordi:
 - a. Man kan ansette mer kvalifisert driftspersonale,
 - b. Anleggsenheter blir større og mer oversiktlige,
 - c. Støtbelastningene i seg selv blir relativt sett mindre og virkningen blir mindre fordi anlegget får en større treghet,
3. Myndighetenes muligheter for kontroll av renseanlegget blir bedre fordi mer vann samles på en plass og renseanleggene blir færre.

Det er renseanleggets rensedistrikt som bestemmer hvor stort et renseanlegg må dimensjoneres og følgelig hvor stort anlegget skal være. Oppgaven med å komme fram til hvor stort og hvor mange renseanlegg man skal ha i et område går derfor ut på å fastsette hvor mange rensedistrikt et område skal splittes opp i. Ett rensedistrikt for hele området tilsier et større sentralrenseanlegg. Ett rensedistrikt for hver bolig tilsier rensing basert på enkelthus. Dette representerer ytterpunktene.

Tradisjonelt har man anvendt tekniskøkonomiske analyser og "skjelt" til de forannevnte punktene som det tas hensyn til mer eller mindre ut fra skjønn.

De forholdene som ikke har vært tillagt tilstrekkelig vekt ved slike vurderinger er:

1. Større renseanlegg (rensedistrikt) har et mer komplisert og uoversiktlig oppsamlingsnett enn mindre renseanlegg.
2. Større renseanlegg har generelt en lavere tilføringsgrad enn mindre renseanlegg.
3. Større renseanlegg har ofte tynnere avløpsvann og større fremmedvannsmengder enn mindre anlegg.

Hvis målsetningen i et bestemt område er hurtigst mulig å begrense eksisterende og eventuelt planlagte utslipp av spillvann for å redusere belastningen i en resipient vil vurderinger av renseanleggenes tilføringsgrad og hvor hurtig og rimelig dette kan oppnås også trekkes inn i vurderingen når renseanleggenes størrelse skal fastsettes. Det vil med andre ord være nødvendig

å utarbeide prognoser for tilføringsgrad for de alternative løsninger.

Slike prognoser vil når de kombineres med befolkningsprognoser gi et mer realistisk bilde av den virkelige økningen i tilført avløpsvann. Følgelig vil anvendelse av tilføringsgrad i denne sammenheng særlig for store rensedistrikt bedre dimensjoneringsgrunnlaget. Dette vil gi en riktigere tidsmessig dimensjonering av rensaneanleggene ved at anlegget bedre kan tilrettelegges for trinnvis utbygning. Man unngår at rensaneanlegg blir bygget for store og blir underbelastet i mange år fremover. En slik underbelastning av anlegget kan særlig for biologiske rensesprosesser føre til driftsproblemer.

Enkeltanlegg kontra felles anlegg for rensing av spillvann

Definisjonen av rensedistrikt avgjør om enkelte boliger skal baseres på enkelt løsninger eller ikke.

Anvendelse av fellesløsninger forserer fram bygging av rensaneanlegget, mens det dyrere oppsamlingsnett blir hengende etter. Derved blir tilføringsgraden lav i mange år fremover.

Med enkeltløsninger vil en hurtig oppnå en nær 100% tilføringsgrad fordi oppsamlingssystemet vil bestå av en kort ledning fra bolighuset, men anleggene vil bli mange.

Befolkningstettheten i området innvirker sterkt på tilknytningskostnadene i forbindelse med oppsamlingsnettet for et felles anlegg og er den parameter som i første rekke blir utslagsgivende når enkeltanlegg kontra fellesanlegg og tilhørende rensedistrikt skal fastsettes.

Ved kartlegging av forurensningstilførsler og systemanalyser

I større områder med en følsom resipient vil kartlegging av forurensningstilførslene spille en viktig rolle når prioritering av tekniske tiltak skal foretas. Eksisterende rensaneanlegg i kartleggingsområdet blir ofte automatisk antatt å ha 100% tilføringsgrad og tilførslene til resipienten regnes ut fra en antatt rensegrad alene.

Realistiske anslag over renseanleggenes tilføringsgrad ut fra et fastsatt rensedistrikt vil gi et langt bedre vurderingsgrunnlag over hva som renses i anleggene og hvilke spillvannsmengder som belaster resipienten direkte på grunn av lekkasjer etc.

Det kan også være nyttig å anvende tilføringsgrad som en fri variabel ved renseanleggene og gjennomføre en systemanalyse over konsekvensene av de tekniske tiltak når Tg varierer for eksempel fra 0 - 100% i trinn på 10% økning.

3.2 For tilstandsundersøkelser på oppsamlingsnett

Denne anvendelsen krever målinger av avløpsvannet som strømmer inn på renseanlegget og beregninger ut fra faktiske forhold.

3.2.1 Angivelse av oppsamlingsnettets effektivitet

Det finnes ingen metoder for å gi en enkel tallmessig vurdering av hvor effektivt forurensningsmengdene i rensedistriktet oppsamles og føres fram til renseanlegget. Beregning av renseanleggets tilføringsgrad vil indikere i hvilke rensedistrikt det er størst behov for utbedringer på oppsamlingsnett.

Samtidig vil måling og beregning av tilføringsgrad utgjøre en motiveringsfaktor ved utbedring og utskiftning på oppsamlingsnett. Beregning av tapenes størrelse og påvisning av årsaker vil angi hvor i rensedistriktet innsatsen bør settes inn.

3.2.2 Prioritering mellom tekniske tiltak på avløpsnett og ytterligere rensetrinn

I mange kommuner må man prioritere mellom tekniske tiltak på ledningsnett og utbygging av renseanleggene. Det kan herske usikkerhet om hvilket tiltak som gjør mest nytte. Hvis en foretar målinger, og beregner en tilføringsgrad for hvert avløpsområde innenfor kommunen, vil man få et bedre begrep om hvilke effekter ulike tekniske tiltak vil kunne gi. En rensegrad på over 90 prosent er mindre interessant hvis bare f.eks. 60 prosent av forurensningene kommer fram til renseanlegget.

3.2.3 Forurensningstap til lokale resipienter

En del av de forurensningsmengder som ikke når fram til renseanleggene, må nødvendigvis renne ut i lokale resipienter. Når begrepet tilføringsgrad brukes, har man muligheter for å anslå tap av spillvann. Man må regne med at noe av det tapet som registreres, ikke er "transportable tap", men blir holdt tilbake i jordsmonnet. På den annen side kan forurensningstapet til lokale resipienter under nedbørsperioder bli stort på grunn av utspyling fra ledningsnett.

3.2.4 Rense - effektivitet basert på spillvann fra hele rensedistriktet

Tradisjonelt beregnes rens-effektiviteten på grunnlag av konsentrasjoner i renseanleggenes inn- og utløpsvann. Hvis store mengder avløpsvann aldri når fram til renseanlegg, men går urensset til lokale resipienter, må det være riktig å trekke hele spillvannsproduksjonen i rensedistriktet inn i bildet når renseeffektiviteten omtales.

På denne måte fås det et uttrykk for rensegrad for hele rensedistriktet. Den vil være lavere enn den som gjelder renseanlegget alene. Ved å innføre dette begrepet, stimuleres arbeidet med å tilføre renseanlegget en større andel av rensedistriktets spillvannproduksjon. Derved reduseres belastningen på lokale resipienter.

3.2.5 Tilføringsgrad som krav i renseanleggets utslippstillatelse

Krav om å føre spillvannsforurensninger i rensedistriktet fram til renseanlegget er i dag ikke godt nok definert. Det bør settes konkrete krav om dette, slik at hensikten med å bygge renseanlegg med tilhørende oppsamlingsnett blir klarere.

4. BEREGNING AV TILFØRINGSGRAD

4.1 Generelt

Ved beregning av tilførringsgrad anvendes komponenter i spillvannet ut fra bebyggelsen som sporstoff siden spillvannet i seg selv ikke er anvendbart fordi grunnvann og regnvann fortykker spillvannet på vei til renseanlegget og ødelegger massebalansen. Forurensningsproduksjonen i boligene sammenlignes med hva som kommer fram til renseanlegget.

Strømmen av sporstoff som renner ut ved oppsamlingssystemets nedre ende, beregnes ved at vannføring og sporstoffets konsentrasjon i avløpsvannet måles. Tilsatt masse pr. tidsenhet sammenlignes med oppsamlet masse pr. tidsenhet. En eventuell "manko" uttrykker tap utenom renseanlegget.

Avløpsvannet inneholder mange komponenter, men bare noen få egner seg som grunnlag for å indirekte beregne den opprinnelige spillvannsmengden. Den ideelle komponent i spillvannet som ønskes anvendt som sporstoff har følgende egenskaper:

- Den bør hovedsakelig være i løs form.
- Den bør ikke finnes i infiltrasjonsvann.
- Den bør ikke forekomme i særlig grad i industriavløpsvann.
- Den bør ikke påvirkes særlig av eventuelle selvrensingsprosesser i transportsystemet.
- Den bør være lett å analysere med stor nøyaktighet.
- Den bør foreligge med sikre, spesifikke tall.

Noen slik komponent finnes neppe i spillvannet, men inntil videre anvendes de parametre som i størst grad tilfredsstillende angitte krav.

Analyseparametre ved bestemmelse av tilførringsgrad

- | | | |
|-------------------|---|--------|
| 1. Total fosfor | P | kg P/d |
| 2. Total nitrogen | N | kg N/d |

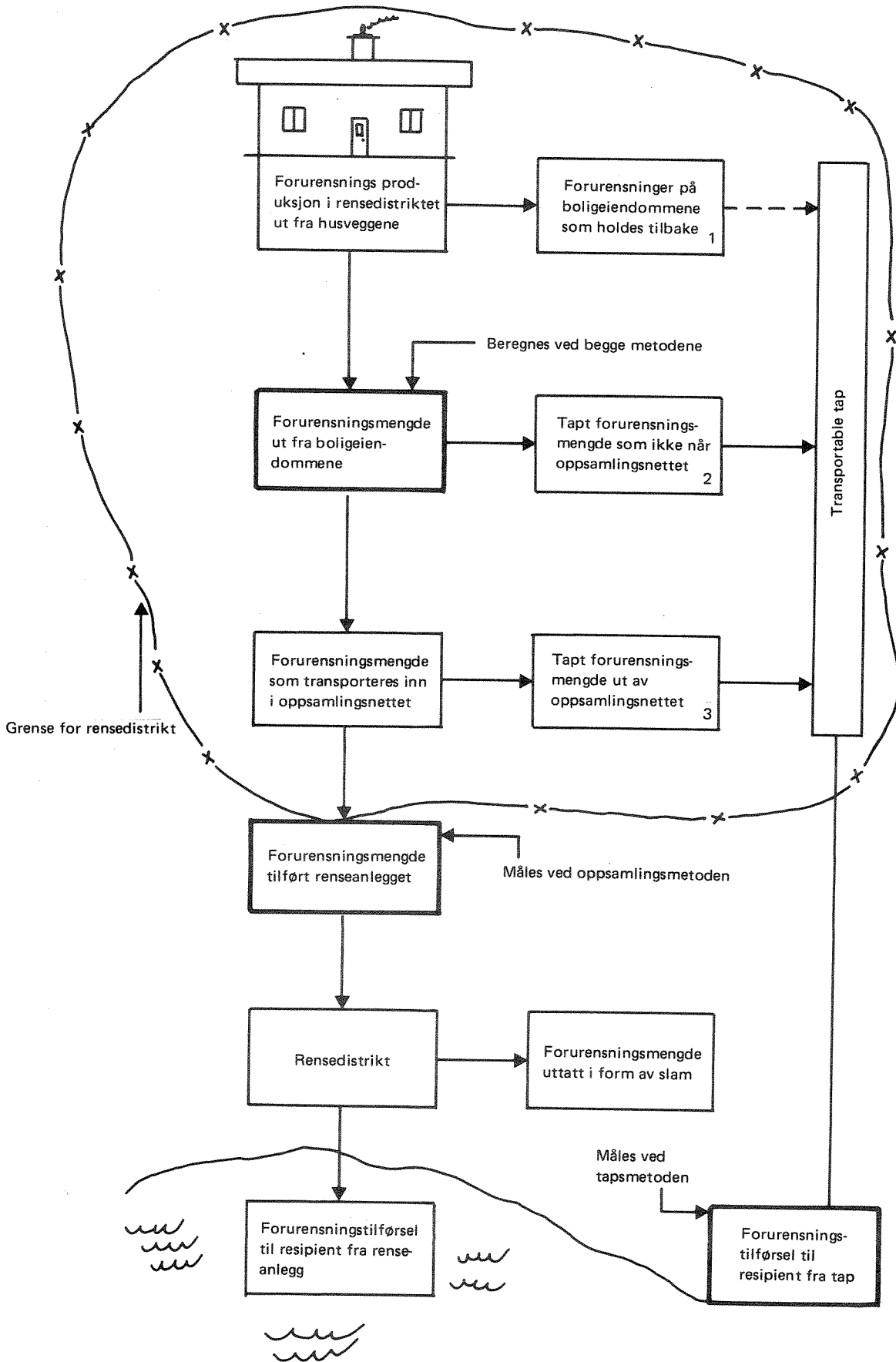


Fig. 6. Flyteskjema som viser hvilke ledd som inngår når Tg beregnes.

En ulempe ved å bruke komponenter i avløpsvannet som grunnlag for å beregne tilføringsgrad, er at forurensingsproduksjonen, altså sporstoffmassen, er ujevn, sett over et kort tidsrom og det er derfor viktig å foreta mange målinger slik at man får gode middeltall.

Hvis tilføringsgraden beregnes på grunnlag av flere parametre, kan beregningen gi avvikende resultater, men ett renseanlegg kan bare ha en bestemt tilføringsgrad hvis det ikke foretas fysiske forandringer på oppsamlingsnettet. Avvikende beregninger for tilføringsgraden må være uttrykk for at noe i forutsetningsgrunnlaget ikke er korrekt og hvis potensielle feil ikke kan påvises er det riktig å gi den faktiske tilføringsgrad en verdi som består av gjennomsnittet av beregningene.

Beregning av tilføringsgrad T_g utføres normalt i tre trinn:

- I Bestemmelse av tilført spillvannsmengde til målepunktet.
- II Beregning av produsert spillvannsmengde i rensedistriktet.
- III Beregning av T_g . Dette inkluderer vurdering av ulike forhold som bidrar til redusert T_g og eventuelt en massebalanse for hele rensedistriktet.

Tilføringsgrad beregnes fra uttrykket:

$$\text{Tilføringsgrad } T_g = \frac{\text{Målt tilført forurensningsmengde}}{\text{Beregnet produsert forurensningsmengde i rensedistriktet}} \cdot 100\%$$

Målepunktet hvor tilført forurensningsmengde måles, kan enten være renseanleggets innløp eller det nedre punktet på en hovedavløpsledning når renseanlegget ikke er bygget. Denne fremgangsmåten er den mest vanlig og omtales som oppsamlingsmetoden.

Tilføringsgrad kan også beregnes på grunnlag av den spillvannsmengden fra rensedistriktet som ikke kommer fram til renseanlegget. Transportårene for "tapt" spillvann kan være bekker og elver, bekkelukninger, ikke tilkoblede avløpsledninger og overvannsledninger med tilkoblet spillvann, alt som transporteres under tørrvær.

Det er rimelig å anta at noe av forurensningene i spillvannet holdes tilbake i jordsmonnet der det får anledning til å infiltrere. Det transportable tapet kan måles der hvor transportårene er store nok. Det forutsetter at det anlegges målestasjoner på hver av disse transportårene, som kan bli mange.

4.2 Måling og beregning av forurensningsmengde tilført renseanlegget

Hvor nøyaktig tilføringsgraden kan beregnes, er blant annet avhengig av at den tilførte forurensningsmengde er riktig registrert og at den angitte verdi representerer et gjennomsnitt. Det er viktig å eliminere så mange potensielle feilkilder som mulig, og dette stiller store krav til målestasjonen ved renseanlegget.

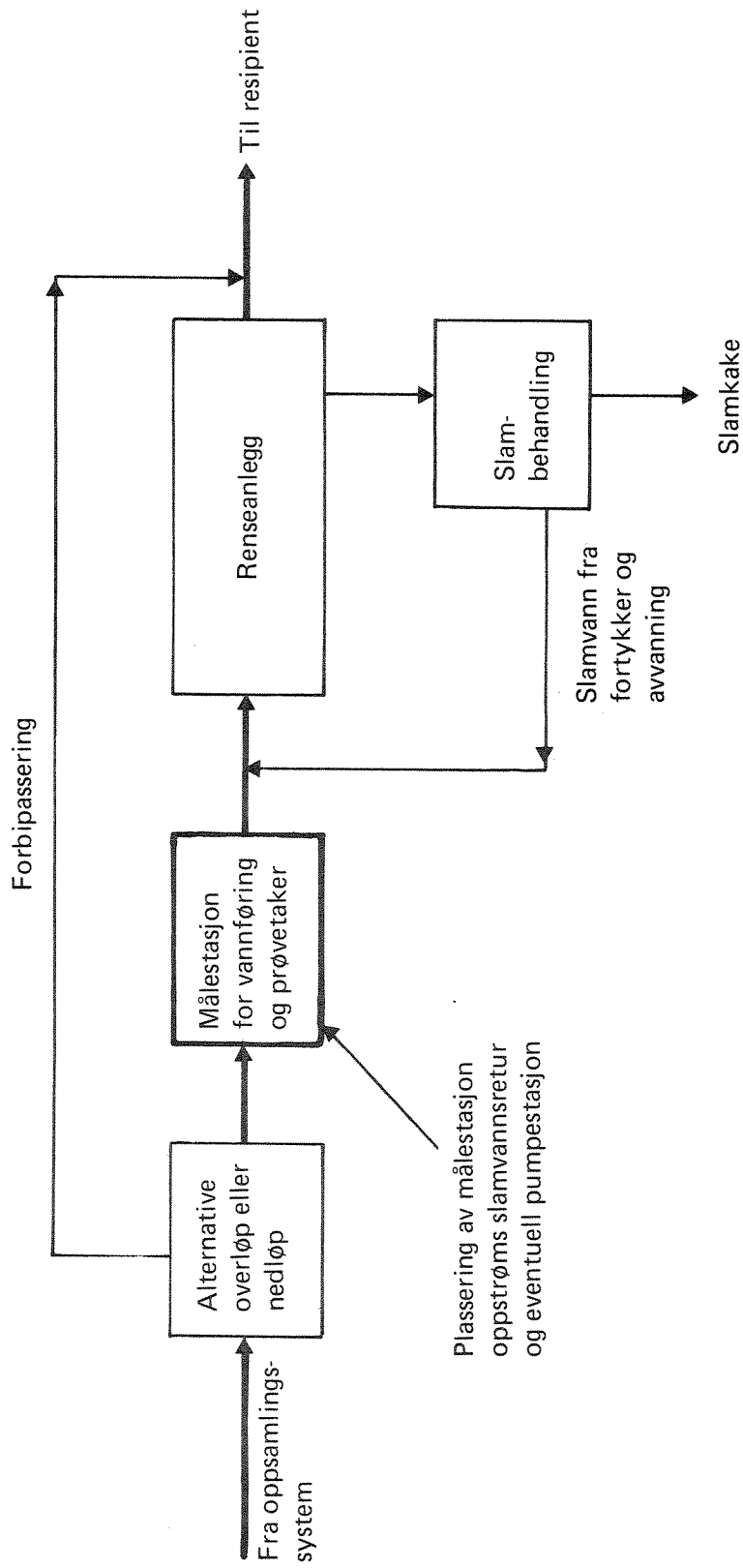
4.2.1 Plassering og utforming av målestasjon

Det bør være et krav at målestasjonen legges ved renseanleggets innløpsende. Da kan vannføringsmåling og prøvetaking skje på samme sted. Målestasjonen må ligge oppstrøms alle interne returvannsstrømmer fra slamretur, dekanteringsvann fra fortykkere og slamvann fra avvanningsprosesser. Figur 7 viser prinsipiell plassering av målestasjonen.

Eventuelle tap i overløp umiddelbart før eller etter vannføringsmåleren bør registreres.

På grunn av at vannmålefunksjonen foretas på råkloakk, må det anvendes en målerenne som for eksempel Parshallrenne.

Det kreves en god målestasjon som gir så korrekte vannføringsmålinger som mulig og en målenøyaktighet på ± 5 prosent bør etterstrebes.



Figur 7 . Prinsipiell plassering av målested for registrering av forureningsmengde tilført renseanlegg .

For nye anlegg som ikke er bygget, kan følgende krav stilles:

1. Vannmålerstasjonen anlegges ved renseanleggets innløpsende oppstrøms returvannsstrømmer fra slamfortykker og slamavvanningutstyr.
2. Målestasjonen utføres med målerenne, for eksempel Pars-hallrenne og innløps og utløpskanal utformes slik at rennen fungerer hydraulisk korrekt.
3. Prøvetaking av avløpsvannet inn i renseanlegget må være representativ for råkloakken og tas i nær tilknytning til vannmålerennen. Prøvetakingen kan baseres på stikkprøver tatt hver time, døgnblandprøver eller ukeblandprøver.
4. Prøvetakingsperioden må omfatte samme periode som vannføringsmålingene og prøvetakingen bør skje proporsjonalt med vannføring.
5. Måleperioden for hver enkelt analyse som skal danne grunnlag for gjennomsnittlig massetransport, kan være et døgn eller en uke. Det er fordelaktig om måleperiodens start standardiseres slik at resultater for ulike ukedager kan sammenlignes.
6. Målestasjonen må utstyres med kontinuerlig registrerende nivåmåler. Nivåmålingen utføres enten i et eget flottørkammer eller direkte i kanalen. Nivåmålingen kan utføres ved hjelp av limnigraf med flottør, ved hjelp av boblerør, eller ved hjelp av ultralyd. Stasjonen bør utstyres med summerende telleverk og skriver for vannføringen. Dessuten bør det være uttak for signal som gis for et bestemt antall m^3 som har passert tverrsnittet,

For eksisterende renseanlegg kan det være vanskelig å tilfredsstille disse kravene. Hvis avvik fra disse retningslinjene må foretas, er det viktig å være klar over hvilke feilkilder som eventuelt introduseres.

4.2.2 Eventuelle vanskeligheter som kan oppstå når målingene skal tilpasses eksisterende renseanlegg

For anlegg med pumpestasjoner er det ofte naturlig å føre returvann fra fortykker og avvanningsutstyr tilbake til den lavereliggende pumpe-umpen. Returvann av nevnte type kan være konsentrert og vil derfor øke forurensningsmengden inn på renseanlegget. For å unngå slike konflikter, må enten returvannstrømmer føres tilbake nedstrøms målestedet, eller så må målestedet anlegges oppstrøms pumpeumpen.

Ofte er vannførings-målestasjonen anlagt på renseanleggets utløps-side. Den vannmengden som passerer her, vil ikke være identisk med den som kommer inn i renseanlegget, på grunn av følgende forhold: Interne overløp vil gjøre den lavere, inntak av septikslam vil gjøre den høyere, tilsetning av kjemikalie-slurry vil gjøre den høyere, og uttak av eget slam vil gjøre den lavere. Interne driftsrutiner, som slamavvanning, slampumping og interne fordrøynings-effekter, vil dessuten påvirke vannføringsmønsteret i utløpsvannet. Proporsjonale blandprøver kan bli feilaktige.

4.2.3 Utførelse av prøvetaking

Prøvetaking bør skje ved hjelp av automatiske prøvetakere som styres proporsjonalt etter vannføring. Tre typer prøvetakings-serier kan utføres, som vist i tabell 2, men bare type 2 og 3 anvendes ved beregning av tilføringsgrad.

Tabell 2. Forskjellige typer prøvetakingsserier ved bestemmelse av forurensningsmengder fram til renseanlegg

Nr.	Type	Prøvetakings-styring	Anvendelsesområde
1	Separate stikkprøver tatt hver eller annen hver time i løpet av et døgn	Tidsstyring. Tas hver time	Kan tas innledningsvis for påvisning av stor infiltrasjon eller spesielle industriutslipp
2	Døgnblandprøver	Proporsjonal med vannføring	Tas for alle separate ukedager
3	Ukesblandprøver	Proporsjonal med vannføring	Nødvendig for videre oppfølging

Stikkprøver tatt annenhver time, skiller seg fra de øvrige ved at det tas enkeltprøver på tid, uavhengig av vannføring. Prøvene samles i individuelle prøveflasker, og en serie over et døgn vil utgjøre henholdsvis 24 eller 12 individuelle prøver. Slike prøver kan fortelle noe om forurensningskilden og kan være nyttig når man ønsker kjennskap til avløpsvannets opphav. Denne prøvetakingsrutinen gir mange prøver og høye analysekostnader, og antall prøver av denne type begrenser seg selv.

Når døgnblandprøver tas, bør prøvetakingssignalet fra vannmåler avpasses slik at det tas minst 24 enkeltprøver i døgnet. Disse enkeltprøvene samles i en felles prøveflaske som oppbevares kjølig.

Det bør utføres relativt hyppige prøvetakinger ved oppstartning av undersøkelsen, og prøvetakingen bør utføres slik at alle ukedager dekkes. Man må forvente at forskjellige ukedager kan gi forskjellige forurensningsmengder fram til renseanleggene på grunn av de forskjellige gjøremål i husholdningene og tilstedeværelse i boligene. Det bør derfor utføres så vidt mange døgnblandprøver at man kan fastslå om slike forhold foreligger.

Når det foreligger tilstrekkelig kjennskap til de daglige forurensningsmengder som transporteres fram til renseanleggene, kan prøvetakingsserien utvides til å omfatte hele uken. Derved bringes analysekostnadene

ned samtidig med at arbeidet med prøvetaking reduseres. Prøvetakere samles opp i en felles prøveflaske som må oppbevares kjølig.

Slike ukeprøver bør utføres over lange tidsrom og bør utføres obligatorisk ved renseanlegg. Variasjoner i ukeprøvene bør være små, og kun forandringer på oppsamlingsnett, regnværsvannføring og fellesferier er momenter som gir større avvik i transporterte forurensningsmengder.

4.2.4 Beregning av massetransporten fram til renseanlegget

Forurensningsmengdene som tilføres renseanlegget, beregnes ved å multiplisere antall m³ vann som har passert målestasjonen i det tidsrommet prøvetakingen har pågått, med den forurensningskonsentrasjon som analysene av blandvannprøven viser.

$$M_{\text{til}} = \frac{Q \times C}{1000}$$

M_{til} = forurensningsmengde tilført renseanlegget, kg stoff/d

Q = vannmengde tilført renseanlegget i måleperioden, m³

C = gjennomsnittskonsentrasjon i vannprøven som er tatt i måleperioden (proporsjonal prøvetaking), g/m³.

Nøyaktighetsgraden for vannføringsmålingene vil bli like utslagsgivende som de kjemiske analysene.

4.3 Beregning av produsert forurensningsmengde i rensedistriktet

4.3.1 Fastsettelse av rensedistrikt

Første betingelse for beregning av tilføringsgrad er at renseanleggets rensedistrikt er klarlagt og fastsatt med grenser.

Situasjonen i kommunene er ofte at rensedistriktet ikke er klart definert på forhånd på tross av at renseanlegget er dimensjonert for et bestemt antall personer eller personekvivalenter.

Når grensen for rensedistriktet er innlagt på egnet kartgrunnlag, er det mulig å beregne forurensningsproduksjon fra antall bosatte personer i rensedistriktet.

I rensedistrikt hvor utbygging av oppsamlingsnettets henger langt etter, kan det defineres en indre sone som beskriver det området hvor spillvann er antatt tilkopledd oppsamlingsnettets. Denne indre sonen anvendes når netto tilføringsgrad skal beregnes.

Fastsettelse av rensedistriktet klarlegger samtidig om boliger skal ha enkelt- eller fellesløsninger. Alle boliger innenfor et rensedistrikt inngår i fellesløsningen. Hvis dette ikke er tilfelle, er rensedistriktet feildefinert og må justeres.

Grensene for rensedistriktet er permanente og danner samtidig en ramme for innsamling av data vedrørende dimensjoneringsgrunnlaget for fellesanlegget. Eventuelle forandringer i rensedistriktet må vurderes i sammenheng med utvidelser eller innskrenkninger i rensenanlegget.

4.3.2 Spesifikke forurensningsmengder for fosfor og nitrogen

Avløpsvann kan karakteriseres med hensyn på vannmengde og forurensningskonsentrasjoner. Avløpsvannets mengde og sammensetning vil være avhengig av forskjellige aktiviteter i husholdningen, tilknyttet industriavløpsvann og ledningsnettets funksjonelle tilstand.

Når det gjelder spesifikke forurensningsmengder, er det viktig å være klar over hvor i systemet mengdene er målt:

1. Utskilt fra menneskelig organisme
2. Fra en normal husholdning slik den foreligger ut fra husvegg
3. Mengder ut fra oppsamlingsnettets i et rensedistrikt.

Det foreligger mange ulike spesifikke tall for forurensningsmengder når forurensningsproduksjonen fra befolkningen skal beregnes. En av grunnene til disse avvikende erfaringstallene er at det er anvendt tall fra alle de tre ovennevnte kategorier uten at grunnlaget spesifiseres. Forurensningsmengder fra kategori 1 vil være lavere enn mengden ut fra husveggen fordi produksjonen bare omfatter stoffer fra den menneskelige

organisme (fekalier og urin).

Spesifikke tall basert på målinger fra husholdninger (i kategori 2) vil omfatte alle forurensningskilder i husholdningen, som oppvask, kroppsvask, klesvask, golvvask og eventuelle andre stoffer som skylles ned i slukene og klosettet.

Spesifikke tall basert på kategori 3 varierer av flere årsaker. Den viktigste er kanskje at målinger er foretatt på oppsamlingsnett hvor tap av tilførte mengder forekommer slik at de spesifikke tall blir lavere enn de faktisk produserte.

En faktor som fører til høyere spesifikke tall, er når institusjoner, bedrifter etc., er tilkoblet nettet og bidrar med forurensninger. Produksjonen pr. bosatt person i rensedistrikt, vil følgelig øke.

Fosformengden i avløpsvannet er svært avhengig av fosformengden som til enhver tid anvendes i vaskemidler. Spesifikke tall for fosfor vil derfor variere med tiden fra å være lave før fosforholdige vaskemidler ble lansert opp til et maksimum. Den aksjonen som er ført for å få redusert fosfatinnholdet i vaskemidlene, har resultert i at mengden i dag er mindre enn for noen år siden.

Det er stort behov for å få en bedre oversikt over gode spesifikke forurensningsmengder under dagens forhold, og disse bør være utført i områder hvor alle former for tap eller tillegg er eliminert.

Hvis man ikke har andre godt dokumenterte data for spesifikke forurensningsmengder i et rensedistrikt, benyttes de tall som anvendes ved NIVA, som vist i tabell 3.

Tabell 3. Spesifikke forurensningsmengder for avløpsvann ut fra bolighus

Parameter i avløpsvannet	Klosettavløpsvann gram/person og døgn	Annet avløpsvann BOV. vann gram/person og døgn	Sum ut fra bolighus gram/person og døgn
1. Total fosfor angitt som p	1,6	0,9	2,5
2. Total nitrogen angitt som N	11,8	0,2	12,0

4.3.3 Innsamling av grunnlagsdata

For å beregne fosformengde og nitrogenmengde for punktkildene, trenger en følgende opplysninger:

- I Fast bosetning innen rensedistriktet, p
- II Antall personer i institusjoner der klientellet oppholder seg tilnærmet hele døgnet, p inst.
- III Næringsvirksomhet, skoler, antall ansatte i bedrifter etc., p næring
- IV Forurensningsmengder fra industri som er tilkoblet oppsamlingsnett.

Kategori II er naturlig å sidestille med "fast bosetting" fordi de som hører inn under institusjonene er der tilnærmet hele dagen. Eksempler: Militærleire, skoleinternat, sykehus, hoteller.

Kategori III er vanskeligst å angi. Hovedkilden til forurensningsproduksjonen er fysiologisk utskillelse. Oversikt over antall arbeidsplasser, arbeidsreiser og yrkesaktive i rensedistriktet kan være nødvendig.

I tillegg til disse data kan det skaffes oversikt over hvor mange av den bosatte befolkning som ikke har innlagt vannklosett. (Hvis de heller ikke har innlagt vann, må det være feil å definere huset som en del av rensedistriktet.)

Antall septiktanker i rensedistriktet og opplysninger om tømme-frekvenser kan være nødvendige opplysninger. Dessuten er opplysninger om avløp med utdrenering i grunnen viktige. Hvis disse anlegg fungerer etter sin hensikt, skal heller ikke disse boligene være med i rensedistriktet.

4.3.4 Produsert forurensningsmengde i rensedistriktet ut fra husveggen

Den produserte forurensningsmengden ut fra husveggene beregnes i følge tabell-skjema 4 og 5 for henholdsvis totalfosfor og total nitrogen.

Ad kategori 1

Bidraget fra fast bosetting i kategori 1 beregnes ved å multiplisere antall bosatte med den angitte spesifikke forurensningsmengde. Det er anvendt 2,5 g/p.d for hus med innlagt vannklosett og 0,9 g/p.d for hus uten vannklosett.

Ad kategori 2

Antall personer som inngår i militærleire, skoleinternat, sykehus og hoteller, beregnes på samme måte som fast bosetting.

Ad kategori 3

Denne gruppen er mest komplisert. Her er det nødvendig å regne ut netto antall arbeidsplasser og elevplasser. Det betyr at antall arbeidsreiser inn i rensedistriktet trekkes fra antall arbeidsreiser ut av rensedistriktet. Det vil si at hvis flere reiser ut enn inn i rensedistriktet, får man en netto eksport av arbeidsplasser.

Forurensningsproduksjonen fra denne kategorien antas å stamme fra de ansattes/elevenes fysiologiske utskillelse (WC). Videre antas at ca. 25 prosent av en persons fysiologiske utskillelse skjer i den perioden vedkommende er utenfor hjemmet. Følgelig anvendes 1,6 g/p.d

TABELL NR. 4. FORURENSNINGSPRODUKSJON I RENSEDISTRIKTET UTFRA HUSVEGGENE. PARAMETER: TØT - FOSFOR

Kategori	Produksjonskilde	Spesifikasjon		Antall personer/ arbeidsplasser skoleelever	Spesifikk foruren- ningsmengde som anv. kg/p.d	Forurensnings- mengde kg/døgn
		Uten vannklosett Med vannklosett	Totalt			
1	Fast bosetning innen rensedistriktet	Uten vannklosett			0.9×10^{-3} 2.5×10^{-3}	
		Med vannklosett				
		Totalt				
2	Institusjoner med besetning hele døgn				2.5×10^{-3}	
3	Næringsvirksomhet Antall ansatte Antall elever	Netto arbeidsp1.			$1.6 \times 10^{-3} \times \frac{25}{100} \%$ $1.6 \times 10^{-3} \times \frac{25}{100} \%$	
		Netto elever				
		Totalt				
4	Industriutslipp tilkoblet opp- samlingsnett					
	Sum produksjon ut fra husveggen					

TABELL NR. 5. FORURENSNINGSPRODUKSJON I RENSEDISTRIKTET UTFRA HUSVEGGENE. PARAMETER: TOT - NITROGEN

Kategori	Produksjonskilde	Spesifikasjon		Antall personer/ arbeidsplasser skoleelever	Spesifikk foruren- ningsmengde som anv. kg/p.d	Forurensnings- mengde kg/døgn
		Uten vannklosett Med vannklosett	Totalt			
1	Fast bosetning innen rensedistriktet	Uten vannklosett			$0,2 \times 10^{-3}$	
		Med vannklosett			$12,0 \times 10^{-3}$	
		Totalt				
2	Institusjoner med bosetning hele døgn				$12,0 \times 10^{-3}$	
3	Næringsvirksomhet Antall ansatte Antall elever	Netto arbeidsp.			$11,8 \times 10^{-3} \times \frac{25}{100} \%$	
		Netto elever			$11,8 \times 10^{-3} \times \frac{25}{100} \%$	
		Totalt				
4	Industriutslipp tilkoblet opp- samlingsnett					
	Sum produksjon ut fra husveggen					

multiplisert med 25 prosent.

Elevplassene beregnes på samme måte som arbeidsplassene. En er således avhengig av å vite om det er en netto import eller eksport av elever i rensedistriktet.

Ad kategori 4.

Industriutslipp som er tilkoblet oppsamlingsnett, kan neppe angis gode spesifikke tall for, og forurensningsmengden bør derfor helst måles før de slippes inn på oppsamlingsnett.

En må da være oppmerksom på at sanitæravløpsvannet fra de ansatte kan være med i målingene, og det må kontrolleres at det ikke foretas en dobbelt registrering.

4.3.5 Forurensningsmengde i rensedistriktet utfra eiendommene

Den forurensningsmengde som framkommer i tabell 4 og 5, representerer forurensningsproduksjonen som strømmes ut fra husveggene. Septiktanker som er installert på spillvannsledningen, skal normalt kobles ut når avløpsledningen knyttes til renseanleggets oppsamlingsnett.

Mange septiktanker er allikevel i drift i mange rensedistrikt.

For å korrigere den produserte forurensningsmengden for det som til enhver tid sedimenterer i septiktankene, trenger en følgende opplysninger:

1. Antall septiktanker og antall personer som belaster disse
2. Tømmefrekvenser for septiktankene i området
3. Eventuelle opplysninger om mengder uttappet septik-
tanksлам og fosfor og nitrogeninnhold.

Hvor mye som holdes tilbake i septiktankene, vil være avhengig av hvor hyppig septiktankene tømmes. Normalt skal tankene tømmes ca. to ganger pr. år, men norsk praksis er ofte at tankene tømmes når de går tett. I beste fall vil ca. 15-20 prosent av fosforinnholdet i avløpsvannet fjernes i en septiktank. Dette vil gradvis reduseres til 0 prosent, avhengig av hvor mye slam som er akkumulert i tanken og hvor mye som går i løsning. Mange septiktanker som tømmes sjelden, oppnår en likevekt slik at innløpsvann og utløpsvann har ca. samme innhold.

4.4 Beregning av tilføringsgrad og alternative måter å uttrykke resultatene på

4.4.1 Når det kun foreligger pålitelige beregninger av tilførte mengder

Hvis en bare har pålitelige beregninger av massetransporten tilført renseanleggene, kan resultatet uttrykkes direkte som:

1. Massetransport kg/døgn eller kg/uke

Disse forurensningsmengdene kan sammenlignes med hva som kommer inn ved andre renselegg og kan anvendes ved kartlegging av forurensnings-tilførselen i et område.

En annen måte å uttrykke resultatene på er å omregne hva denne massetransporten tilsvarer av personekvivalenter ved å benytte spesifikke forurensningsmengder. En kan med andre ord beregne antall netto betjente personekvivalenter.

Den forurensningsmengden som tilføres renseanlegget, kan også sammenlignes med hva som er renseanleggets dimensjonerende belastning. Dette kan være et nyttig forhold fordi de vil fortelle om hva som kan forventes av driftsresultater ved renseanlegget og kan forklare eventuelle driftsproblemer.

4.4.2 Når det foreligger pålitelige målinger både av tilførte og produserte forurensningsmengder

Da kan tilføringsgrad beregnes på to forskjellige metoder:

1. "Oppsamlingsmetoden".
2. "Tapsmetoden".

Ved oppsamlingsmetoden beregnes tilføringsgrad på følgende metode:

$$Tg = \frac{\text{Tilført forurensningsmengde} \cdot 100}{\text{Produsert forurensningsmengde i rensedistriktet}} \quad \%$$

Ved tapsmetoden anlegges målestasjoner rundt om i rensedistriktet i elver og bekker. Dessuten kan det anlegges målerstasjoner ved større kloakker, eller ved industri-utslipp som ennå ikke er koblet inn på oppsamlingsnettet.

Oppsamlingsmetoden som er den enkleste fordi den bare krever én målestasjon ved rensenanlegget, vil gi størst nøyaktighet når Tg er lav. Tapsmetoden vil gi størst nøyaktighet når Tg er nær 100 prosent, men krever flere målestasjoner ute i distriktet. Dette er nærmere omtalt i avsnitt 4.5.

De forskjellige symboler og formler som anvendes for de to metodene, framgår nedenfor:

Symboler:

- Tg = tilføringsgrad, angitt i prosent
P = produsert forurensningsmengde fra punktkilder (husholdning og ervervsvirksomhet), kg/d
 M_{til} = forurensningsmengde tilført rensanlegg, kg/d
Tap = forurensningsmengde som tapes utenom rensanlegg, kg/d.

Beregning ved oppsamlingsmetoden:

$$\text{I} \quad Tg = \frac{M_{\text{til}}}{P} \cdot 100 \%$$

Hvis en forutsetter at $P = M_{\text{til}} + \text{Tap}$, kan følgende forhold settes opp:

Beregning av tapsmetoden:

$$\text{II} \quad Tg = \frac{P - \text{Tap}}{P} \cdot 100 \%$$

eller

$$\text{III} \quad Tg = \frac{M_{\text{til}}}{M_{\text{til}} + \text{Tap}} \cdot 100 \%$$

Tapet som her er angitt med symbolet Tap, omfatter det totale tap. Dette er neppe mulig å måle, fordi det spres over mange steder og krever et omfattende måleprogram, og fordi noe vil bli holdt tilbake i jordsmonnet.

4.5 Hvor nøyaktig kan tilføringsgrad beregnes?

4.5.1 Tilføringsgrad

Tilføringsgrad kan være enklere å bestemme enn rensegrad fordi Tg uttrykker et langt mer statistisk forhold. Renseanleggets rensegrad kan variere fra time til time og dag til dag og er helt avhengig av oppsamlingsnettets fysiske tilstand. Den fysiske tilstand kan omfatte mange forskjellige forhold, men stort sett er de fleste trege mot forandringer.

Det som kompliserer, er at ved beregning av tilføringsgrad er en avhengig både av vannføringsmåling og konsentrasjonsmåling.

Tilføringsgrad beregnet etter oppsamlingsmetoden uttrykkes på følgende måte:

$$Tg = \frac{M \text{ tilført}}{M \text{ produsert}} \cdot 100 \%$$

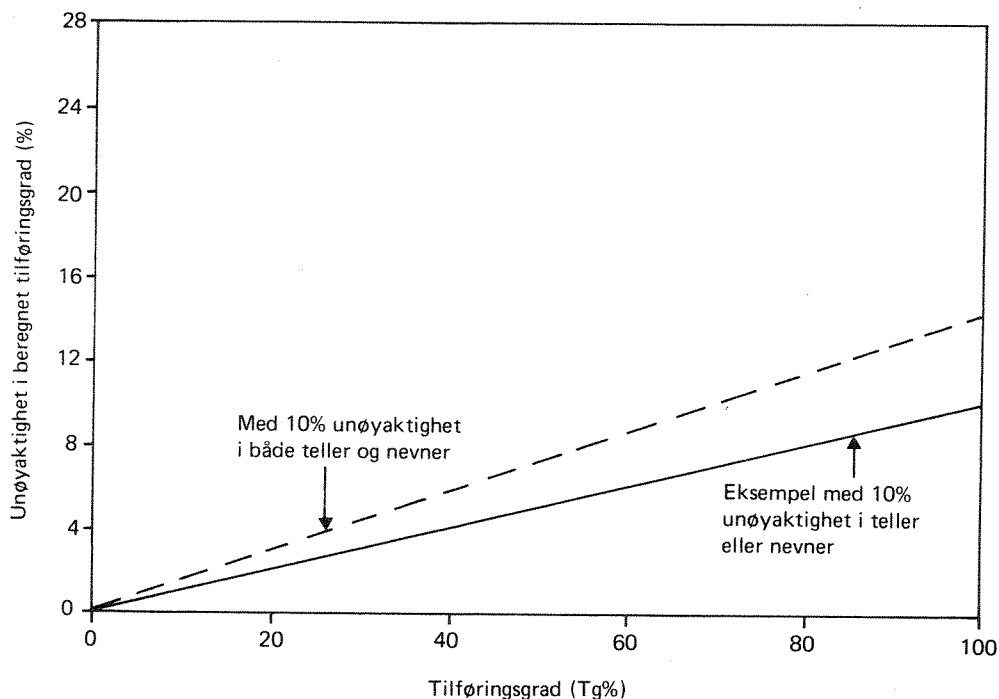
Unøyaktigheten i Tg er proporsjonal med tilføringsgraden, og både telleren og nevneren er like viktige for nøyaktigheten.

Figur 8 viser at hvis unøyaktigheten er 10 prosent enten i den målte, tilførte forurensningsmengden eller i den beregnede produserte forurensningsproduksjonen, vil unøyaktigheten i Tg være 10 prosent hvis Tg er 100 prosent. Derimot vil unøyaktigheten bare bli halvparten, 5 prosent, hvis Tg er 50 prosent. Hvis unøyaktigheten er 10 prosent både i teller og nevner når Tg beregnes, blir unøyaktigheten 14,1 prosent når Tg er 100 prosent, men bare 7,05 prosent når Tg er 50 prosent.

Oppsamlingsmetoden gir størst nøyaktighet når tilføringsgraden er liten. Lav tilføringsgrad er sannsynligvis ofte forekommende og taler for anvendelse av denne metoden. Bli tilføringsgraden høy, blir unøyaktigheten relativt stor når oppsamlingsmetoden legges til grunn ved beregningen. Påviselige, transportable tap av forurensninger blir da mer interessante og T_g bør beregnes på grunnlag av tapsmetoden. Tapsmetoden vil gi størst nøyaktighet når tilføringsgraden er høy.

4.5.2 Forurensningsmengde tilført renseanlegget

Den daglige tilførte forurensningsmengde til et renseanlegg vil variere fordi den mengden som sendes inn i rørsystemet vil variere både i husholdningene og i industri, eventuelt om overflateforurensninger skulle trenge inn i systemet. I tillegg vil variasjoner oppstå ved forskjellig vannføring ved at sedimenterte forurensningsmengder spyles løs ved høyere vannføring.



Figur 8. Unøyaktighet i beregnet tilføringsgrad som funksjon av tilføringsgradens størrelse og med utgangspunkt i eksempel på usikkerhet i teller eller nevner

Det er derfor helt naturlig at det vil finnes spredning på disse verdiene og gjennomsnittsverdiene, eller enda bedre, middeltallets verdi bør anvendes. Det betyr at antall målinger er viktig, og jo fler målinger som foretas, jo bedre gjennomsnitt kan oppnås.

Nøyaktigheten for den tilførte forurensningsmengde vil derfor være høyere jo flere verdier som legges til grunn.

Forurensningsmengden består av produktet mellom vannføring og konsentrasjon. Den kjemiske analyses nøyaktighet vil være avhengig av laboratoriets kvalitetsnorm. Man har grunn til å anta at variasjoner på grunn av kjemiske analysers nøyaktighet vil fordele seg omtrent symmetrisk omkring den faktiske konsentrasjon.

Verre kan det være med hensyn på vannmålestasjonen. Analysefeilene ved disse kan ved dårlig drift være betydelige og feilen kan være systematisk. Feilen kan også være forskjellige som funksjon av vannføring, og det er viktig å bygge gode vannmålestasjoner som kalibreres hyppig.

4.5.3 Produsert forurensningsmengde i rensedistriktet

Man er avhengig av en viss arbeidsinnsats for å bringe nøyaktighetsgraden opp på et akseptabelt nivå. De fysiske forhold i rensedistriktet er svært stasjonære og en beregning kan gjelde for et lengre tidsrom. En kan derfor legge relativt mye arbeid i de nødvendige registreringer.

Målet er å komme fram til en gjennomsnittlig produsert forurensningsmengde i rensedistriktet. Først og fremst må grensen for rensedistriktet fastsettes nøyaktig.

Når rensedistriktet er fastlagt, må det innhentes opplysninger om alle forhold som innvirker på produksjonen av forurensninger fra punktkilder. Deretter må antall bosatte personer p i rensedistriktet klarlegges. Dette kan det anskaffes gode opplysninger for. Tilleggsopplysninger, aldersfordelinger, reiser etc., kan bedre nøyaktigheten.

Forurensningsmengden fra bosatt befolkning beregnes på grunnlag av spesifikke forurensningsmengder. Det er viktig at det foretas grundige undersøkelser i rensedistriktet for å komme fram til mest mulig riktige spesifikke forurensningsmengder, fordi feilaktige tall kan slå relativt sterkt ut hvis tilføringsgraden er høy.

5. OPPSUMMERING

Følgende hovedpunkter trekkes fram:

1. Tilførte forurensningsmengder inn på anlegget måles på basis av døgnblandprøver eller ukeblandprøver.
2. Vannføring og prøvetaking tas på samme punkt i renseanlegget for samme periode ved anleggets innløp, helst ved hjelp av målerenne og automatiske prøvetakere styrt etter vannføring.
3. Kontinuerlig oversikt over tilførte forurensningsmengder er ønskelig, men mengder som skal inngå ved beregning av tilføringsgrad må bare omfatte tørrværsdøgn og skal bare omfatte punktkilder.
4. Tilføringsgrad baseres på målinger av totalfosfor og eventuelt total nitrogen i avløpsvannet.
5. Beregning av produserte forurensningsmengder fra punktkilder, forutsetter klare grenser for rensedistriktet som omfatter hele området som er forutsatt betjent av anlegget. Det kan angis en foreløpig utbygd rensesone i rensedistriktet som beskriver det området som foreløpig er utbygget med oppsamlingsnett for renseanlegget.
6. Tilføringsgrad T_g beregnes ut fra forholdet mellom gjennomsnittlig tilført forurensningsmengde i tørrvær og hele forurensningsproduksjonen i rensedistriktet. Netto tilføringsgrad $T_{g_{netto}}$ beregnes ved å dele på forurensningsproduksjonen i den foreløpig utbygde rensesonen i rensedistriktet.

7. Den totale tilføringsgraden for hele rensedistriktet vil være lavere enn netto tilføringsgrad fordi Tg total også inkluderer tap på grunn av manglende utbygd oppsamlingsnett. Tilføringsgrad er derfor knyttet nøye sammen med en klar definisjon av rensedistriktet.
8. Nøyaktighetsgraden ved beregning av tilføringsgraden er avhengig av hvor gode og lange måleserier en har for beregning av tilførte forurensningsmengder. For rensedistrikt med lavere tilføringsgrader blir nøyaktighetsgraden høyere når oppsamlingsmetoden anvendes. Blir tilføringsgraden høy, bør tapsmetoden for bestemmelse av tilføringsgrad anvendes.
9. Tilføringsgrad uttrykker bare hvor stor andel av forurensningsmengdene som kommer fram til renseanlegget. En fullstendig oversikt over oppsamlingsnettets effektivitet må også omfatte målinger som viser hvor stor andel av fremmedvann som kommer fram til renseanlegget (separasjonsgrad).

VEDLEGG

1. Forsøk på måling av tilføringsgrad i noen rensedistrikt i Oslo-området.
2. Måling av tilføringsgrad for Hoffsveien avløpsområde.
3. Årsaker som bidrar til senket tilføringsgrad.
4. Vurdering, kontroll og feilsøking ved måling av tilføringsgrad.

VEDLEGG 1

FORSØK PÅ MÅLING AV TILFØRINGSGRAD I NOEN RENSEDISTRIKT I OSLO-OMRÅDET

Hensikten med denne undersøkelsen som ble utført i sammenheng med tilførringsgradprosjektet, var både å teste metoden i en del forskjellige rensedistrikt og å få en indikasjon på hvilke tekniske installasjoner som eventuelt svikter, og hvilke tilførringsgrader som kan forventes. Det var ikke meningen for enhver pris å komme fram til en tilførringsgrad i de utvalgte rensedistrikt, men snarere å se hvor langt en kunne komme. Slik informasjon vil se noe om hva som kan forbedres med de tekniske anlegg for å gjøre det mulig å beregne og anvende tilførringsgrad som et redskap for prioritering mellom transport og rensing av avløpsvann.

Prosjektet tok sikte på en nærmere undersøkelse ved følgende renseanlegg:

1. Nordre Follo	renseanlegg
2. Bekkelaget	-"-
3. Festningen	-"-
4. Skarpsno	-"-
5. Lysaker	-"-
6. Fornebu	-"-
7. Løxa	-"-
8. Sandvika	-"-
9. Holmen	-"-
10. Blakstad	-"-
11. Slemmestad	-"-

Av disse er Lysaker, Fornebu, Holmen og Blakstad utelatt fra prosjektet. Årsaken til utelatelsen variere:

1. Lysaker renseanlegg var ikke satt i drift.
2. Fornebu renseanlegg har ikke noe definert rensedistrikt, og industrandelen i avløpsvannet er svært stor. Kommunen så helst at anlegget ble utelatt i undersøkelse.
3. Holmen renseanlegg har dårlig vannføringsmåler, og dessuten var anlegget under ombygging.
4. Blakstad renseanlegg har vannføringsmåler som ikke virker riktig.

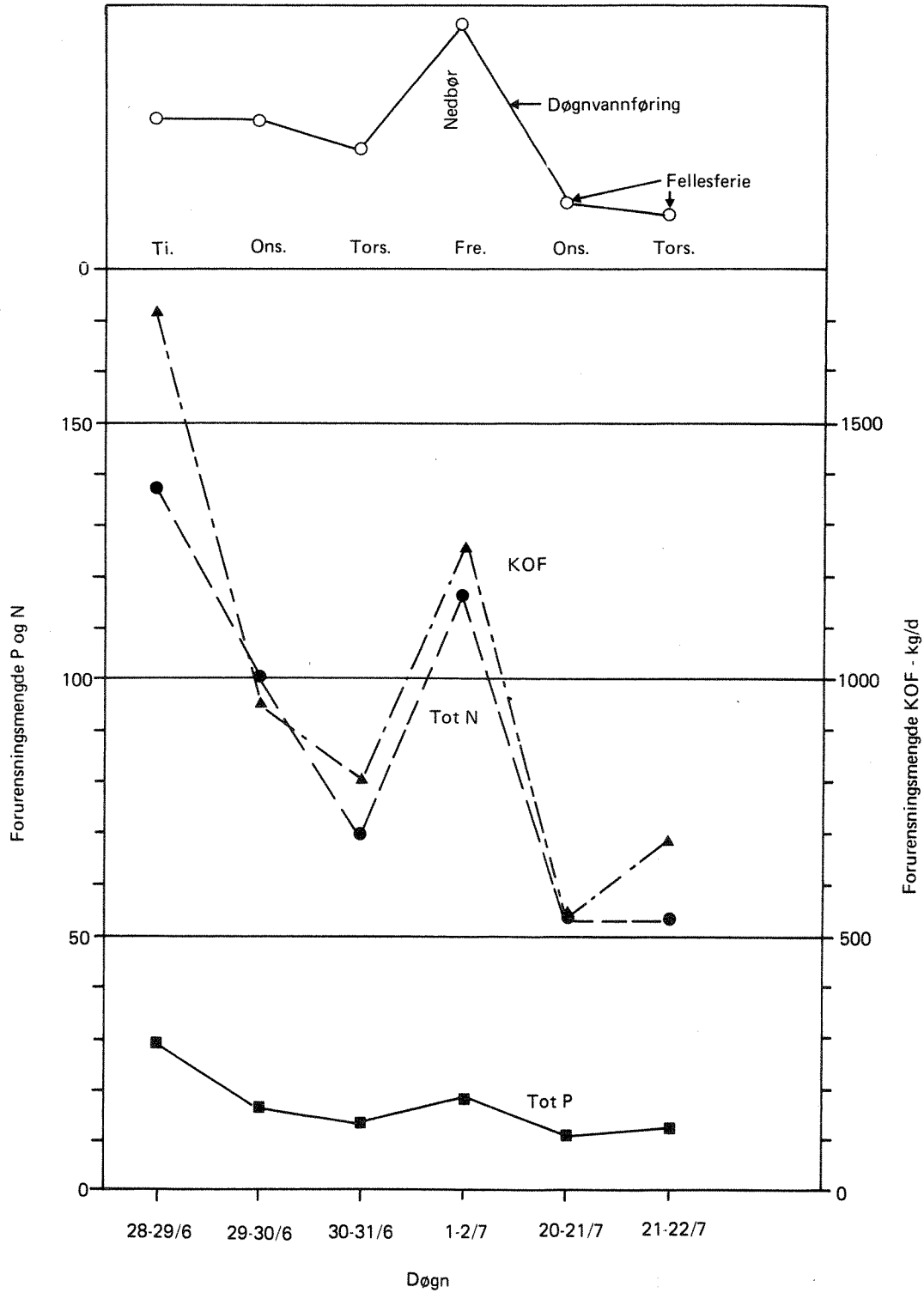
Vurdering av resultatene fra alle rensedistriktene

Undersøkelsen viser at det i de fleste tilfeller er mulig å beregne oppsamlingsnettets tilføringsgrad etter de prinsipper som det lagt opp til. Det forutsetter strenge krav til vannføringsmåler, prøvetakingsrutiner og klare opplysninger om aktiviteter i rensedistriktet. Undersøkelsen viser til dels store mangler på flere av de eksisterende rensenanlegg og det nødvendige utstyr. Dette fører til at datagrunnlaget blir mangelfullt. Derfor har det bare ved noen av rensanleggene vært mulig å beregne en tilføringsgrad på grunnlag av de eksisterende opplysninger. Det er særlig manglende data om rensedistriktet, bosatt befolkning ervervsvirksomhet som har vært årsak til dette.

Fig. 9 viser som eksempel hvordan tilført forurensningsmengde ved Nordre Folle rensenanlegg varierte i prøvetakingsperioden. Variasjonene understreker behovet for mange døgnprøver for å få et godt gjennomsnitt. Tabell 6 viser noen resultater fra undersøkelsene.

Tabell 6. Oversikt over tilførte forurensningsmengder og tilføringsgrader ved noen rensenanlegg i Oslo-området.

Rensenanlegg	Tilførte forurensningsmengder		Tilføringsgrad	
	Tot-P kg P/d	Tot-N kg N/d	Tg %	Tg _{netto} %
Nordre Follo	19,4	102,5	?	53
Bekkelaget	502		?	
Festningen	385		?	
Skarpsno	66,6		55	
Løxa	30,4	55,2	?	?
Sandvika	6,6	32,3	?	?
Slemmestad Asker	1,8	16,4	9,5	
Slemmestad Røyken	4,7	25,4	43	



Figur 9. Forurensningsmengde tilført Nordre Follo kloakkrenseanlegg sommeren 1977.

Som nevnt er beregningene fra disse undersøkelser svært usikre fordi mye av utstyret ved renseanleggene ikke fungerte som det skulle, eller på grunn av mangelfulle opplysninger.

1. Vurdering av resultatene

- a) Rensedistriktet for renseanlegget må dokumenteres bedre.
- b) Kartlegning av bosatt befolkning og ervervsvirksomhet innenfor rensedistriktet må bedres.
- c) Det bør utføres flere målinger av forurensningsmengden inn på renseanlegget.

2. Vurdering av resultatene

- a) Datagrunnlaget er for usikkert til at man kan feste stor lit til den beregnede tilføringsgrad.
- b) Forurensningsmengden inn på renseanlegget variere meget, og en er usikker på årsakene til svingningene, men nedbør-døgn er inkludert. Må sjekkes.
- c) Beregningen av forurensnings-produksjonen er svært usikker. Muligens er datamaterialet foreldet.
- d) Hva betyr septiktank-tømmingen på Romsås ?

3. Vurdering av resultatene

- a) Vannføringsmålingene ved Skarpsno kan være usikre.
- b) Forurensningsmengdene tilført renseanlegget er usikre og varierer meget. Målingene inkluderer nedbør-døgn.

VEDLEGG 2.

MÅLING AV TILFØRINGSGRAD FOR HOFFSVEIEN AVLØPSOMRÅDE

Denne undersøkelsen ble utført i forbindelse med hovedoppgave høsten 1977 ved NTH: "Tilføringsgrad for Hoffsvæien avløpsområde " av stud.techn. Stein Røed og stud.techn. Gunnar Fr. Aasgaard. Oppgaven gikk i korthet ut på å bestemme tilføringsgraden i Hoffsvæien avløpsområde i Oslo kommune. Dette er et typisk boligområde med lite næringsvirksomhet. Tilføringsgraden skulle måles i Hoffsvæien påslippskum der hovedavløpsledningen fra avløpsområdet ledes inn på kloakktunnelen til Lysaker renseanlegg.

Vannføringsmålinger med litium som sporstoff inngår i oppgaven og er benyttet ved arbeidet i felten.

Som hovedparameter ved målingene ble valgt total fosfor (tot.P). Som støtteparametre ble valgt total nitrogen (tot.N) og kjemisk oksygenforbruk (KOF).

For å skaffe best mulig grunnlag for bestemmelse av tilført forurensningsmengde, fant man forurensningstransportens time- og døgnvariasjon i hovedavløpsledningen. Parallelt med dette måtte vi massetransporten i bekkesystemene i avløpsområdet.

Produsert forurensningsmengde er beregnet på grunnlag av spesifikke verdier fra litteraturen samt en vurdering av antall personekvivalenter ut fra den aktivitet som finnes i Hoffsvæien avløpsområde.

Ulike forhold som bidrar til redusert Tg ble vurdert/beregnet ut fra befaringer, kartstudier, samtaler med OVKs folk og målinger/prøvetakinger

En massebalanse for Hoffsvæien avløpsområde ble utført.

Det siteres fra sammendraget over resultater og konklusjoner:

- Total fosfor synes å være en egnet parameter ved bestemmelse av tilføringsgrad. NIVA's anbefalte spesifikke verdi, 2,5 gP/p.d gir brukbare resultater.
- Massetransporten gjennom hovedavløpsledningen i Hoffsvæien avløpsområde er funnet å være:

- ca. 115 kgP/uke med henblikk på tot.P
- ca. 600 kgN/uke med henblikk på tot.N
- ca. 3 500 kgO/uke med henblikk på KOF

- Tilføringsgraden for Hoffsvveien avløpsområde ser ut til å være 65-70 % med henblikk på tot.P.
- 9 faktorer ble vurdert som årsaker til redusert Tg med henblikk på tot.P. Betydningen av disse er gjengitt nedenfor:

FORHOLD SOM BIDRAR TIL REDUSERT T.g.	%
1. Boliger uten avløp	0
2. Installert septiktank eller slamavskiller	7
3. Private avløp med utdrenering i grunnen eller bekker	1
4. Kommunale avløpsledninger som ikke er tilkoblet hovedavløpsledningen	0
5. Feilkobling av avløpsledninger	5
6. Eldre tilkoblinger til bekker og bekkelukninger	0
7. Overløp på fellesledninger	1 *
8. Nødoverløp på pumpestasjon	0
9. Lekkasje i rørveggen og kummer	20
S U M	34 + 64=100%

* Verdien gjelder et middelår. Det var ingen avlastning i prøvetiden.

- Massebalansen med henblikk på tot.P i Hoffsvveien avløpsområde kan settes opp slik:

Produsert fosformengde	171 kgP/uke
Transportert fosfor ut av området:	
Transportsystemet	: 115 kgP/uke
Bekkesystemene	: 8 "
Grunnvannsstrømmen	: 0 "
Slamhenting	: 12 "
	135 kgP/uke
<u>Fosformengder som "blir igjen" i området:</u>	<u>36 kgP/uke</u>

Av denne resten vil noe resirkuleres (selvrensing) via planter og mikroorganismer, mens det overskytende blir igjen i jordmonnet/grunnvannet/dammer som forurensning.

- Til slutt kan det nevnes at litium som sporstoff var godt egnet til vannføringsmålinger. Metoden har mange anvendelsesmuligheter.

VEDLEGG 3.

ÅRSAKER SOM BIDRAR TIL SENKET TILFØRINGSGRAD

A. Kommunale avløpsledninger som ikke er tilkoblet oppsamlingsnett.

Mangelfullt utbygd oppsamlingsnett i et rensedistrikt er en viktig årsak til at forurensningsmengden innen distriktet ikke når fram til renseanleggene.

Det kreves store kommunale investeringer for å knytte alle de lokale avløpsledningene sammen i ett oppsamlingsystem, og dessuten krever et oppsamlingsnett en langt høyere kvalitet på rørsystemet.

Dette er kjernen til den tilstand vi har på norske oppsamlingsnett idag, og det gjenstår mange ubesvarte spørsmål innenfor dette feltet. Størrelsen på rensedistriktet vil sterkt innvirke på omfanget av tapt forurensningsmengde på grunn av ikke tilkoblede kommunale avløpsledninger til oppsamlingsnett. Hvis man anlegger mindre, lokale rensedistrikter, vil man oppnå en høyere gjennomsnittlig tilførsgrad. På den annen side vil dette samtidig føre til flere mindre renseanlegg med lokale utslipp, og dette må veies mot en høyere gjennomsnittlig tilførsgrad.

B. Feilkobling av avløpsledninger.

Feilkoblinger av stikkledninger og større avløpsledninger kan forekomme relativt hyppig. Selve feilkoblingen vil da som oftest skje ved at spillvannsledningen kobles inn på overvannsledningen som inngår i to-rørs separatsystem. Slike koblinger kan være foretatt med fullt vitende, eller det kan skyldes rene misforståelser.

Svært ofte vil en lett bli tvunget til slike feilkoblinger. Det skjer i områder hvor husene har intern stikkledning etter fellessystemet, og hvor denne skal kobles til en to-rørs separatsystem uten intern omlegning. Hvis den felles stikkledningen kobles til spillvannsledningen, vil overvann føres inn på ledningen, og hvis den kobles til overvannsledningen, vil avløpsvannet transporteres til resipienten.

I tillegg kan det være problemer med fallet, og da vil valget ved inntak av spillvannsledning på den lavereliggende overvannsledningen bli svært fristende. Slike uklare forhold har ført til at graden av feilkoblinger kan være stor i mange områder.

C. Eksisterende tilkoblinger til bekker og bekkelukninger.

I mange områder forekommer det utslipp av spillvann i bekker og bekkelukninger på grunn av eksisterende tilkoblinger.

Tap av avløpsvann til åpne bekker er relativt lette å spore, og anleggelse av avskjærende ledninger langs bekken vil kunne eliminere slike forurensningstap.

Tilkoblinger til bekkelukninger er derimot langt vanskeligere å identifisere siden systemet ligger under bakken. Avskjæring av bekkelukninger er vanskelig, og man har lett for bare å tilkoble ledninger som ligger på den ene siden av bekkelukningen. De identifiseres når gravemaskinen river over ledningene. Tilkoblinger fra den andre siden av bekkelukningen vil ligge skjult, og selv om de blir påvist, kan det være vanskelig å krysse bekkelukningen siden den representerer en fysisk sperre. Praksis blir ofte at en slik ensidig sanering av bekkelukningen bare får med 50 prosent av forurensningsmengden. Dessuten er slike saneringstiltak fortsatt relativt sjeldne i norske kommuner.

En effektiv sanering av bekkelukninger kan derfor bare skje ved at bekken åpnes. Da kan tilkoblinger på begge sider identifiseres, og en kan klare seg med en spillvannsledning for oppsamling av stikkledninger fra begge sider av bekken.

D. Overløp på avløpsledninger i tørrvær.

Alle overløp på avløpsledningen er potensielle lekkasjepunkter. Tap av forurensningsmengder via overløp kan være betydelig i den tiden overløpet er i funksjon. Sett på årsbasis regner en med at er gjennomsnitts overløp avlaster ca. 2-6 prosent av den årlige vannmengden i ledningen. Forurensningsmessig kan tapet være større fordi forurensningskonsentrasjonene

gjennomsnittlig er større i perioder når overløpet er i funksjon.

Imidlertid omfatter tilføringsgrad bare målinger foretatt i tørrvær.

Det er ikke uvanlig at det i sentrumsområder forekommer overløp som er kontinuerlig i drift på grunn av overbelastede ledningssystemer. Den forurensningsmengde som tapes via overløp, vil være en funksjon av inntatte vannmengder og overløpets innstilling. En reduksjon av tapet kan skje enten ved begrensnig av vannmengden som renner inn i ledningene, eliminering av overløpene, eventuelt bygging av fordrøyningsmagasin eller omlegging til separatsystem. Omlegging fra fellessystem til separatsystem i urbane områder hvor en fullstendig omlegging av interne fellesledninger ikke samtidig utføres, vil ikke føre til vesentlig reduksjon av totale tap av forurensningsmengden i praksis.

E. Nødløp på pumpestasjoner.

Tap av avløpsvann via nødløp på pumpestasjoner kan forekomme i varierende grad. Hyppigheten når nødløp er i funksjon er avhengig av pumpestasjonenes driftssikkerhet, reservekapasitet og kommunens strømbuudfrekvens og varighet. Pumpestasjoner med høy driftssikkerhet og sjelden pumpestans vil ha små tap av avløpsvann via nødløp. Samtidig synker behovet for nødløp. Det kan ikke nektes at nødløp anlegges som sikkerhetsventiler for pumpestasjoner med lavere driftssikkerhet. Det faktum at nødløp tillates anlagt ved en pumpestasjon, vil teoretisk sett senke beredskapen for driftssikkerheten. Det finnes flere eksempler på at pumpestasjoner kan være ute av funksjon i lang tid uten at feilen oppdages. Dette skyldes at avløpsvannet allikevel blir "borte i avløpsrørene" på grunn av nødløpet. Nødløp trer også i virksomhet når pumpestasjonens kapasitet er lavere eller tilrenningen høyere enn forutsatt. En slik høyere tilrenning kan særlig forekomme under regnvær.

Lekkasjer i rørvegger og kummer.

Tap av avløpsvann gjennom rørvegger og kummer kan være betydelig og vil sannsynligvis variere en del med avløpsanleggets alder.

Lekkasjer gjennom rørvegger er en sammensatt funksjon av dårlige rør i form av utette rørvegger og rørpakninger, sprekker og brudd i rørvegger på grunn av dårlig anleggsteknikk og slurv, samt manglende tetthetsprøving og anleggskontroll. Lekkasjer ut av kummene skyldes særlig rørbrudd i overgangen mellom kum og rør på grunn av setningsforskjeller. Anleggelse av fleksible rørskjøter nær rørveggen kan hindre slike brudd. Kumvegger har tradisjonelt hatt liten oppmerksomhet i Norge, men utette kumvegger vil helst bidra med infiltrasjonsvann.

En medvirkende årsak til store tap av avløpsvann er også at mange norske anlegg utføres med to-rørs separatsystem (dobbeltsystem) hvor overvannsledningen ligger under spillvannsledningen. Dette fører til lavereliggende grunnvannspeil slik at alle avløpsvannstap drenerer ned i overvannsledningen. Utett ett-rørs system vil i en viss grad lede avløpsvann langs grøftebunnen med muligheter for inntak av det tapte avløpsvann lenger ned langs røret.

I dag anvendes rørtyper som i alle fall på kort sikt har større sjanser for å unngå tap av avløpsvann. Reduksjon av antall skjøter ned mot 20 prosent på grunn av lange, tett rør er en av årsakene til dette.

VEDLEGG 4.

VURDERING, KONTROLL OG FEILSØKING VED MÅLING AV TILFØRINGSGRAD

1. Beregning av faktisk forurensningsmengde tilført renseanlegget

For å kunne beregne den faktiske forurensningsmengde som til enhver tid kommer fram til renseanlegget, er en avhengig av riktige vannføringsmålinger og riktige kjemiske analyseresultater.

Det er mange forhold som kan føre til at den beregnede forurensningsmengde ikke er identisk med den faktiske. En skal kort berøre en del potensielle forhold som kan føre til avvik.

Først og fremst kan vannføringsmålingene i seg selv være gale. Følgende muligheter foreligger:

1. Målerenne eller måleprofil er galt utformet eller feil dimensjonert.
2. Strømningsforholdene ovenfor eller oppstuvningsforhold nedenfor måleprofilen innvirker på måleresultatene.
3. Driftsproblemer som sedimentering, filler eller annet materielle som legger seg på måleprofilen, gir gale nivåer i profilen.
4. Tette ledninger mellom flottørkamre, skum på overflater eller fettavlagringer på registreringsutstyr gir feil registrering av nivå.
5. Nivåmålere fungerer ikke riktig.
6. Lineariseringsenhet er gal eller hører ikke til det installerte måleprofil.
7. Utstyr er ikke riktig kalibrert.
8. Gal overføring av målte data til skriver eller telleverk.

Videre må det undersøkes om den vannføring som måles, er den vannføring man ønsker opplysning om. Hvis en måler på utløpsvannet, kan en ikke uten videre si at denne vannmengden er identisk med den innkommende vannmengde. Dette er behandlet et annet sted i rapporten. Det er særlig interne overløp eller prosess-strømmer som deles, som kan være et faremoment i denne sammenheng. Dessuten kan det ha skjedd interne arbeidsoperasjoner som har gitt feil vannføringer en bestemt dag. Dette kan resultere i en ekstrem forurensningstransport en dag, og slike resultater kan lett bli holdt fram når nøyaktighetsgrader diskuteres.

Dette er en av årsakene til at vannføringsmålingene bør søkes utført på renseanleggets innløp. Det kan hevdes at vannføringsmålingene stort sett vil være felles for renseanlegget, og at selv om vannføringsmåleren er gal, vil feilen ikke bidra til å gi forskyvninger i den beregnede forurensningsmengde. Til det er å si at hvis en vannmåler gir feil vannføring, har man ingen garanti for at det prosentvise avviket er konstant som funksjon av vannføring.

Når det gjelder prøvetakingen, bør den skje ved hjelp av automatiske prøvetakere. Det har opp til det siste vært relativt få gode prøvetakere i drift på norske renseanlegg, men dette har endret seg i den seneste tiden. Prøvetaking med muligheter for proporsjonal styring etter vannføring er nødvendig. Dette har også tidligere vært en mangel. Målet vil være å kunne foreta representative prøver som konserveres riktig.

Et annet moment som er svært viktig for å oppnå riktige beregninger av den faktiske forurensningsmengde, er at prøvetakingen gjelder for det samme tidsrom som den registrerte vannmengde. Det er svært lett å få data som ikke gjelder det samme tidsrom hvis dette ikke blir understreket.

I forbindelse med analysene av vannprøvene kan det forekomme analysefeil. I tillegg kommer analyseparameterens bestemmelsesnøyaktighet som kan variere fra parameter til parameter. Målenøyaktighetene for de kjemiske analysene og vannføringsmålingene under normale forhold vil alltid gi en bestemt potensiell unøyaktighet i den beregnede forurensningsmengde. Det vil derfor være nødvendig å ta relativt mange målinger for at gjennomsnittet av de beregnede forurensningsmengder skal gi en noenlunde representativ materialtransport. Hvilken nøyaktighetsgrad en kan presentere tallene med, er usikkert, men undersøkelser ved renseanlegg hvor forholdene ligger til rette, vil gi erfaringer om dette.

2. Variasjoner i faktisk forurensningsmengde tilført renseanlegget

I tillegg til ovennevnte vurderinger vil den faktiske forurensningsmengde til et renseanlegg variere. Årsakene til dette vil være mange.

Følgende årsaker gir varierende faktisk forurensningsmengde:

1. Forandringer på oppsamlingsnett
2. Forandringer i bosatt befolkning eller forurensnings-produksjon i husholdningene som følge av teknisk installasjoner
3. Diskontinuerlig utslipp fra tilkoblet industri
4. Forandringer i forurensnings-produksjonen på grunn av ferie
5. Ukedags-variasjoner
6. Eksterne tilførsler til oppsamlingsnett. Eksempel: septiktank-tømming
7. Nedbør som gir økende vannføring i tilførsel av overflate-forurensninger, utspyling av sedimentert stoff i rørsystemet og tap via overløp.

Punkt 1 og 2 er årsaker av mer langsiktig natur, mens de øvrige gir hurtige variasjoner. En vil i denne sammenheng ikke kommentere disse momentene nærmere, men bare peke på at dette er årsaker som fører til at forurensningsmengden vil variere. Det ansees som riktig å ekskludere data hvor det kan påvises årsaker av denne art hvor en ikke kan korrigere for de avvikende forhold.

En vil i denne sammenheng ikke kommentere disse momentene, men bare peke på at dette er årsaker som fører til at forurensningsmengden vil variere. Det ansees som riktig å ekskludere data hvor det kan påvises årsaker av denne art hvor en ikke kan korrigere for de avvikende forhold.

3. Den beregnede forurensnings-produksjon

Når forurensnings-produksjonen skal beregnes, er det åpenbart at det vil foreligge mange forhold som kan føre til at den beregnede forurensnings-produksjon kan være feilaktig. Dette fremgår for øvrig andre steder i rapporten og vil ikke bli omtalt nærmere her.

4. Den beregnede tilføringsgrad

Tilføringsgraden bestemmes på grunnlag av en eller flere parametre. Man har foreløpig antatt at total fosfor er den beste parameter å anvende, men total nitrogen kan også anvendes for bestemmelse av tilføringsgrad.

I praksis kan det vise seg at de forskjellige typer målinger gir forskjellige tilføringsgrader. Det er da viktig å være klar over at ethvert renseanlegg bare har en virkelig tilføringsgrad når beregningene baseres på det samme rensedistrikt. Avvikende beregnede tilføringsgrader for de tre parametre vil derfor være uttrykk for at forutsetningene for beregningene er gale, at rensedistriktets kilder er av "unormal" karakter, eller at målingene ikke er nøyaktige. Parallelle målinger av tot-P og tot-N og anvendelse av felles vannføringsmålinger, vil eliminere forskjeller i tilføringsgrad på grunn av vannføringsmålingene. Et helt annet spørsmål er det om vannføringsmålingene er riktige. Ved avvik av denne art vil forskjellene mellom tilføringsgradene enten være et uttrykk for at avløpsvannet har forurensningskilder som det ikke er tatt hensyn til, eller at det relative forholdet mellom de spesifikke forurensningstall som er anvendt, ikke er korrekte i det feltet som undersøkes.

Hvis det ikke kan påvises spesielle forhold som tilsier at grunnlaget for målingene er feilaktig, vil det være riktig å beregne tilføringsgraden for rensedistriktet på grunnlag av gjennomsnittet mellom de beregnede tilføringsgrader.

Det bør vurderes fra anlegg til anlegg om det er riktig å anvende flere parametre som grunnlag for beregning av tilføringsgrad, eller om det bare bør baseres på tot-P. Tillegget i analysekostnader vil bare utgjøre en mindre del, sett i relasjon til det totale utstyr og arbeid som innfattes når tilføringsgrad beregnes.