

# Prosjektrapport

NTNF/NORVAR-prosjektet  
«Bruk av EDB i VAR-teknikken»

## Driftskontrollanlegg for VA-transportsystem

Innsamling og bearbeiding av data



Norsk VA-verkforening

# NORVAR-rapport

Norsk VA-verkforening

Postadresse: Vangsv. 143, 2300 Hamar  
Besøksadresse: Fredvang, Vangsv. 143, Hamar  
Telefon: 065 - 28650

Rapportnummer:

17 - 1992

Dato:

28. januar 1992

Antall sider (inkl. bilag)

84

Tilgjengelighet:

Åpen

Begrenset

Rapportens tittel:

DRIFTSKONTROLLANLEGG FOR VA-TRANSPORTSYSTEM  
INNSAMLING OG BEARBEIDING AV DATA

Forfatter(e): Odd Atle Tveit, SINTEF NHL  
Sveinung Sagrov, SINTEF NHL  
Roar Finsrud, Østlandskonsult A/S

Ekstrakt:

En rekke kommuner har installert eller planlegger EDB baserte drift- og fjernkontrollsystemer for VA-transportsystemet. Det er viktig at denne utbyggingen skjer ut fra riktige VA-faglige premisser.

Rapporten gir en oversiktsmessig beskrivelse av hvilke VA-data som samles inn i et driftskontrollsystem, og hvordan disse data kan bearbeides og presenteres samt utnyttes til styring og overvåking.

Ved enkel bearbeiding av driftsdata kan utnyttelsen økes eller enklere utstyr anvendes. En slik øket utnyttelse kan imidlertid medføre redusert nøyaktighet for de driftsdata som nyttes til styring og overvåking. Dette må undersøkes i hvert enkelt tilfelle. Eksempler er vist i rapporten.

Emneord, norske:  
VAR-teknikk

Automatisering

Driftskontroll

Emneord, engelske:  
Sanitary engineering

Automation

Operation control

Andre utgaver:

ISBN 82-414-0018-7

## Forord

NTNF/NORVAR-prosjektet "Bruk av EDB i VAR-teknikken", omfatter følgende delprosjekter:

- FDV-program
- Driftsdataberegninger
- Økonomiprogram
- Sensorer/måleutstyr

Denne delrapporten omfatter "Driftsdataberegninger". En rekke kommuner/anleggseiere har installert eller planlegger EDB-baserte drifts- og fjernkontrollsystemer for VA - transportsystemet. Det er viktig at denne utbyggingen skjer ut fra riktige VA-faglige premisser.

Rapporten gir en oversiktsmessig beskrivelse av hvilke VA-data som samles inn i et driftskontrollsystem og hvordan disse data kan bearbejdes og presenteres, samt utnyttes til styring og overvåking.

Prosjektet er fulgt av en arbeidsgruppe bestående av:

Roar Finsrud, Østlandskonsult A/S  
Gunnar Gunnarsen, Fredrikstad kommune  
Rolf Edvard Petersen, Trondheim ing.høgskole (formann)  
Håkon Frotheim, Ing. Chr. Grøner A/S (RIF)  
Hans Wold, MOVAR  
Sveinung Sægtrov, SINTEF NHL. (sekretær)

Rapporten er utformet av Odd Atle Tveit og Sveinung Sægtrov med bistand fra Roar Finsrud. Tekstbehandling er besørget av Kirsti Blomøy.

SINTEF NHL har foreslått en videreføring av prosjektet. Det er foreslått utarbeidet et forprosjekt som omfatter sanntidskontroll av vann - og avløpssystemer. Sanntidskontroll innebærer at driftsdata går inn som inngangsdata i EDB-modeller som kontinuerlig beregner trykk og strømningsforhold i et vannforsyningsnett eller vannføring og oppstuvning i et avløpsnett. Sanntidskontroll av avløpsnett dreier seg i første rekke om fordøyning/styring av avløpsstrømmer for å redusere forurensningsbelastning til resipient.

Målet med forprosjektet er foreslått slik:

- å gi en oversikt over grunnprinsipper innen sanntidskontroll i avløpsnett.
- å gi en oversikt over utvikling i Sverige, Danmark, Tyskland og England.
- å kartlegge behov for sanntidskontroll i norske avløpsnett.
- å kartlegge behov for utvikling av programvare for sanntidskontroll.

Innenfor rammen av NTNF/NORVAR-prosjektet er det pr. dato ikke økonomi til å finansiere den foreslåtte videreføringen. Prosjektforslaget er oversendt SFT til vurdering.

Ottestad, 28. januar 1992

Steinar K. Nybruket

# Innholdsfortegnelse

	side
FORORD .....	I
INNHALDSFORTEGNELSE .....	II
1. PROBLEMRIENTERING .....	1
1.1. Prosjektets mål .....	1
1.2. Behovet for driftskontrollanlegg ved norske VA transport-systemer.....	1
2. DRIFTSKONTROLLANLEGG .....	5
2.1. Muligheter .....	5
2.2. Datafangst i driftskontrollanlegget .....	6
2.3. Presentasjon av data .....	9
2.4. Eksempler på datapresentasjon .....	11
2.5. Krav til tidsoppløsning og nøyaktighet .....	16
3. DRIFTSDATABEREGNINGER .....	20
3.1. Innledning .....	20
3.2. Måleparametre, nøyaktighet .....	21
3.2.1. Generelt .....	21
3.2.2. Måling av trykk .....	23
3.2.3. Måling av nivå .....	25
3.2.4. Måling av mengde .....	26
3.2.5. Måling av konsentrasjon .....	27
3.3. Beregningsskjema med forklaringer .....	28
3.3.1. Mengder i fylte rør bestemmes ved trykk- måling (skjema A) .....	28
3.3.2. Ruhet i vannledninger (skjema B) .....	30
3.3.3. Virkningsgrad pumpeanlegg (skjema C) .....	32
3.3.4. Vannmengde inn og ut av høydebasseng (skjema D) .....	33
3.3.5. Lekkasje kontroll ved måling fra høydebasseng (skjema E) .....	34
3.3.6. Sonevis fordeling av vannforbruk (skjema F) .	36
3.3.7. Døgnutjevning/variasjon i vannforbruk .....	38
3.3.8. Utjevning/variasjon i vannforbruk (skjema H)	40
3.3.9. Dosering for justering av vannkvalitet (skjema I) .....	41

## Innholdsfortegnelse *forts*

	side
3.3.10. Avløpsmengde i overløp (skjema J) .....	41
3.3.11. Vannføring i delfylte rør (skjema K) .....	44
3.3.12. Forurensningstransport i ledningsnettet (skjema L) .....	46
3.3.13. Kloakkpumpe-stasjon - tilrenning og pumpe- kapasitet (skjema M).....	47
3.3.14. Beregning av frostmengde (skjema N) .....	49
3.3.15. Beregning av lekkasjer ved hjelp av trykk- målinger .....	49
4. LITTERATURREFERANSER .....	50

VEDLEGG 1 Skjema for driftsdataberegninger

VEDLEGG 2 Kort orientering om sanntids-kontroll

VEDLEGG 3 Resultat fra brukerundersøkelse I  
"Prioritering av driftsdataberegninger"

VEDLEGG 4 Resultat fra brukerundersøkelse II  
"Erfaringer med driftskontrollanlegg"

# 1. Problemorientering

## 1.1. Prosjektets mål

Prosjektet er begrenset til problemstillinger knyttet til driftskontrollanlegg for VA-transportssystemer. Målet med prosjektet er å vise muligheter med beregninger av måledata som samles inn i et driftskontrollanlegg. Dette innebærer:

- Bruk av måledata eller kombinasjon av måledata til beregning av driftsparametre.
- Muligheter for å erstatte kostbart måleutstyr med enklere utstyr.

Ved utvidet bruk av måledata er det nødvendig å vurdere nøyaktigheten for de beregnede driftsparametre. Utvidet bruk av måledata eller enklere utrustning kan medføre at nøyaktigheten blir dårligere, og dette må undersøkes i hvert enkelt tilfelle.

Disse forholdene er vist gjennom 15 eksempler på situasjoner der automatiske måledata nyttes til styring og overvåking av VA-anlegg.

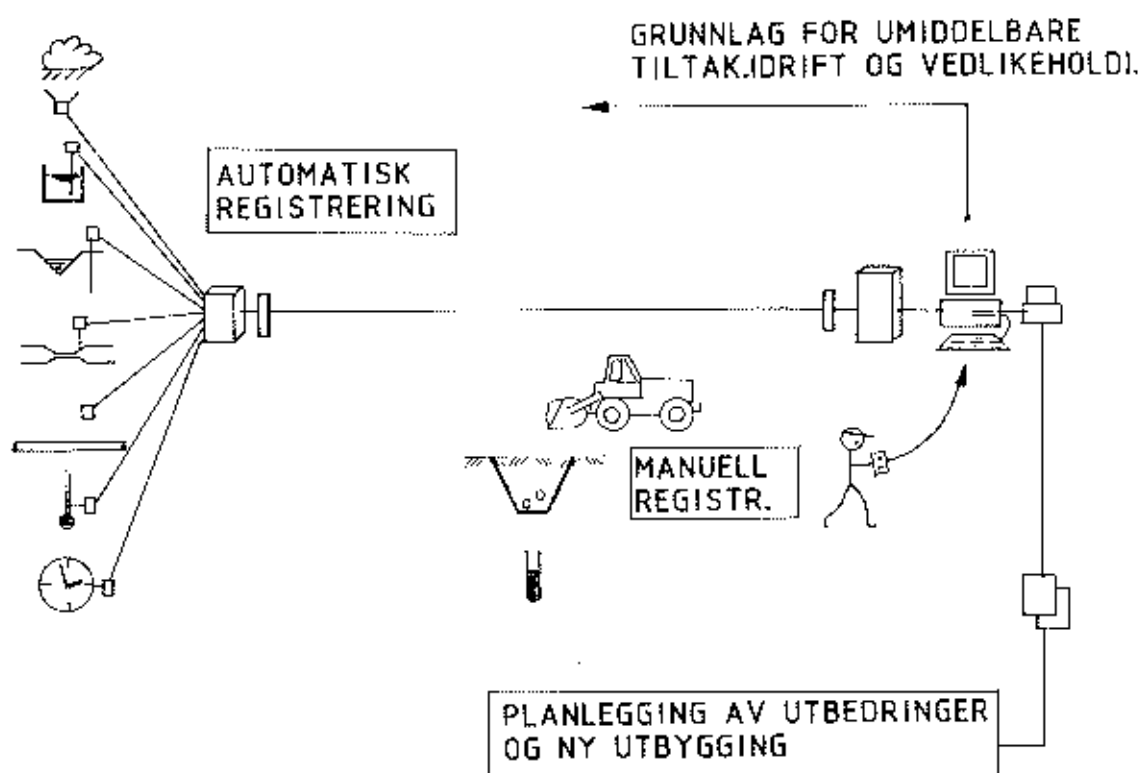
## 1.2. Behovet for driftskontrollanlegg ved norske VA-transportssystemer

Norske kommuner bruker hvert år 1 - 2 milliarder kroner til drift, vedlikehold og fornyelse av transportsystemet for vann og avløp. Dette tilsvarer 300 - 500 kr pr innbygger. Etterhvert som gjennomsnittsalderen for den eldste delen av transportsystemet øker, kan det forventes flere skader og driftsavbrudd og et øket behov for tiltak.

For å kunne drive en effektiv forvaltning av transportsystemet, må denne utviklingen møtes med et bedre kjennskap til ledningsnettets funksjon, tilstand og tilstandsendring. En systematisk drifts- og vedlikeholdsplanlegging krever data om driftsforstyrrelser og vedlikeholdsarbeider. Dette er data som samles inn manuelt ved hjelp av skjema. Det er nå utviklet gode systemer for innsamling, lagring og bruk av data, bl a ved hjelp av databaser /1/.

Data som beskriver VA-systemets funksjon, samles inn fra manuelle eller automatiske målestasjoner. Manuelle målinger er målinger som ikke er tilknyttet et automatisert driftskontrollanlegg. Dette gjelder for eksempel måling av vannføring eller forurensningskonsentrasjon ute på nettet. Data herfra kan noteres manuelt på skjema eller lagres i logger, for deretter å legges inn i en database.

Automatiske målinger er tilknyttet et driftskontrollanlegg. Målingene foretas i en utestasjon, og data overføres driftssentralen. Ved siden av innsamling av driftsdata, er styring og overvåking viktige funksjoner for driftskontrollanlegget. Samlet gir disse dataene et grunnlag for planlegging av utbedringer og ny utbygging (figur 1.1).



Figur 1.1. Data fra forskjellige kilder gir samlet et grunnlag for planlegging av utbedringer og ny utbygging.

Driftskontrollanlegget formidler fjernstyring og lokal styring, samt overvåking av bassenger, pumpestasjoner, overløp og ledningsnett. På denne måten gir driftskontrollanlegget bl a grunnlag for:

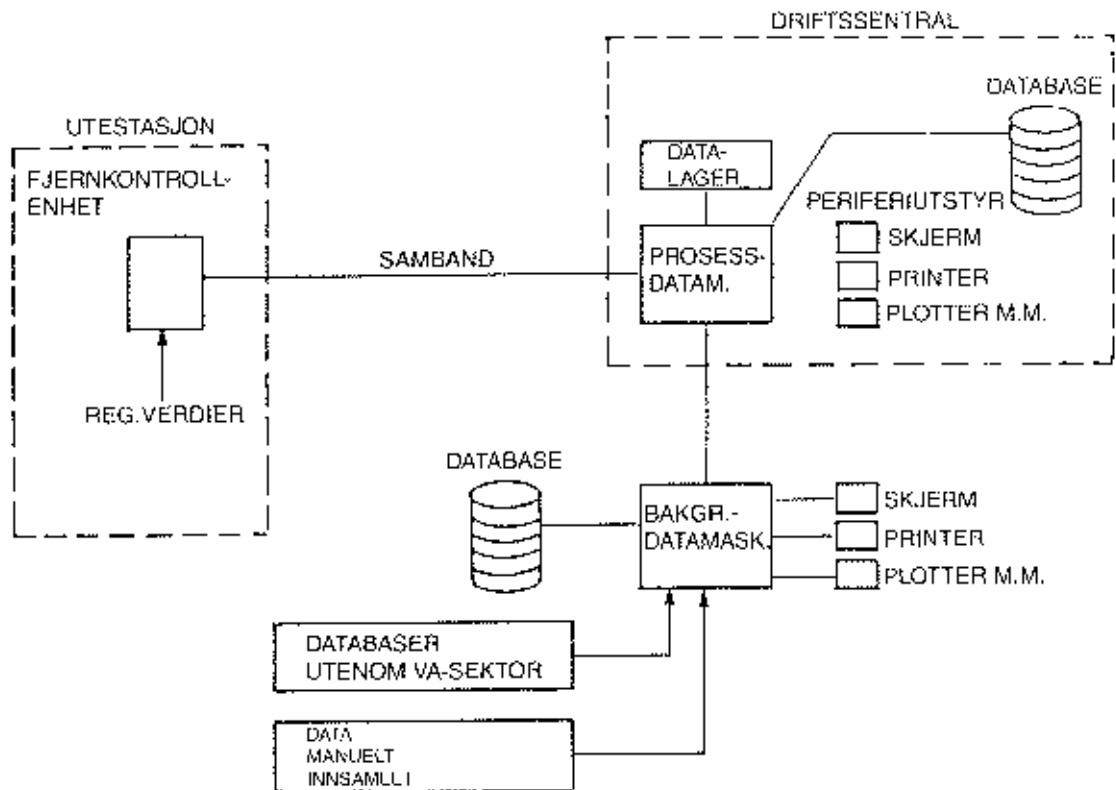
- Driftsoptimalisering f eks nattsinking av trykk
- Vedlikehold f eks overvåking av pumpe virkningsgrad
- Funksjonsstatus f eks overløpsdrift
- Styring f eks simulering av konsekvenser ved ulike styringsalternativer

Driftskontrollanlegget kan gi:

- Redusert bemanning for drift
- Raskere tiltak
- God dokumentasjon
- Statistikk
- Simulering av driftssituasjoner

Figur 1.2 viser en oversikt over et driftskontrollanlegg med utestasjon, samband, driftscentral og bakgrunnsdatamaskin. I dette eksemplet legges data fra registrering av driftsforstyrrelser og manuelle målinger inn på en database i bakgrunnsdatamaskinen. Data fra automatiske målinger bearbeides hovedsakelig i driftscentralen. Det er kommunikasjon mellom de to datamaskinene, slik at data fra de ulike

databasene kan presenteres i en sammenheng. Et eksempel er registrering av trykkforhold på vannledningsnettet (driftscentralen) sammenholdt med driftsforstyrrelser og skader ute på nettet (bakgrunnsdatamaskin).



Figur 1.2. Oversikt over driftskontrollanlegg.

I praksis utvikles ofte separate driftskontrollsystemer for renselanlegg og transportsystem. Det kan imidlertid tenkes situasjoner der måleverdier fra transportsystemet kan brukes til å styre prosesser i rensaanlegget. Likeledes vil det ofte være aktuelt å bruke felles driftssentral for alle VA-anleggene. Dette understreker betydningen av tilpasning og kommunikasjonsmulighet mellom evt separate driftskontrollsystemer.

Utbygging av et driftskontrollsystem er bare i liten grad hemmet av geografiske avstander. For små kommuner med begrensede ressurser ligger det derfor til rette for interkommunalt samarbeid. I tillegg til driften av selve driftskontrollsystemet kan dette også omfatte vaktordninger, utrykkingslag m m.

Driftskontroll av VA-anlegg har ikke til hensikt å gjøre driftspersonale overflødig, men å muliggjøre en mer effektiv og miljøvennlig drift. Færre besøk til utestasjoner betyr mindre eksponering mot gasser, bakterier o l.

## 2. Driftskontrollanlegg

### 2.1. Muligheter

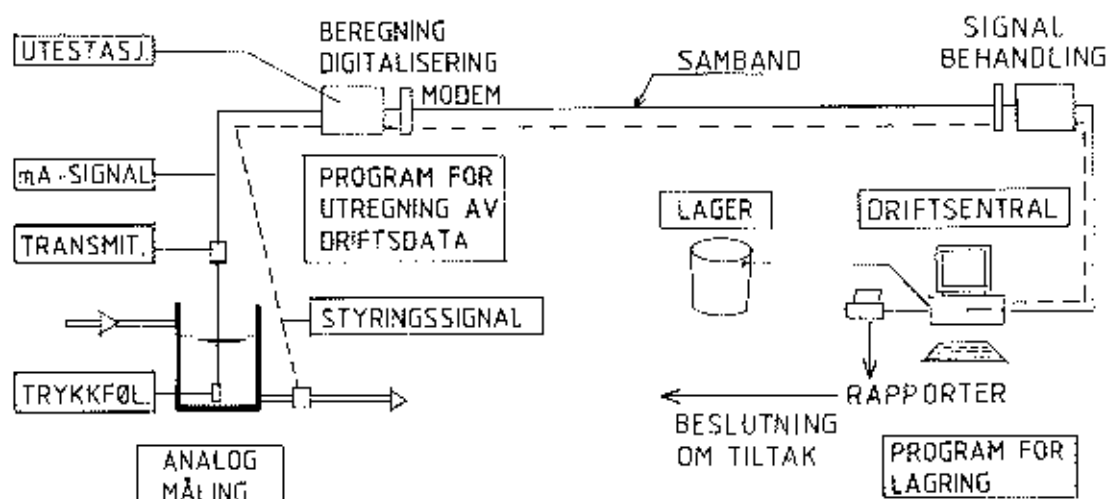
Figur 1.2 i kapittel 1.1 og figur 2.1 viser oversiktsmessig oppbyggingen av et driftskontrollanlegg. Hovedelementene i systemet er:

- Utestasjon med sensorer og evt opplegg for lokal styring (eks pumpestasjon, høydebasseng).
- Sambandsnett.
- Driftssentralen med datamaskin (skjerm, printer, plotter), kontakt med vaktentral, bakgrunnsdatamaskin etc.

For nærmere detaljer henvises til Finsrud et al /2/.

Driftskontrollanlegget formidler:

- Alarmer
- Meldinger (eks start/stopp av pumpestasjoner)
- Målinger (eks nedbør, avrenning)
- Styring (eks ventiler, pumper)



Figur 2.1. Oppbygging av driftskontrollanlegg.

Kort summert gjelder følgende fordeler og muligheter (Devold /3/):

- Hyppigheten av rutinebesøk på de enkelte stasjonene kan reduseres. Driftspersonellet kan i større grad benyttes til andre presserende driftsoppgaver og til forebyggende vedlikehold.
- Kontinuerlig kontroll av målestasjoner for vann og avløp gir verdifull informasjon om f.eks. lekkasjer på vannledningsnettet. Lekkasjer oppdages hurtigere, og muligheter for følgeskader (oversvømmelse, undergraving, setninger) kan begrenses.
- Kontinuerlig kontroll av pumpestasjoner og overløp forventes å redusere tiden stasjonene er ute av funksjon, og derved forureningsstapene.
- Forbruksstatistikk over vannmengder, driftstid på pumper, vann i overløp m.m. vil gi indikasjoner på nettets tilstand. Driftskontrollanlegget kan på denne måte være et sentralt hjelpemiddel ved saneringsplanlegging.
- Inngangsdata til beregningsmodeller for ledningsnettet (statisk og dynamisk).

## 2.2. Datafangst i driftskontrollanlegg

Data som samles i et driftskontrollanlegg brukes til:

- a) Gi alarmer, f.eks. om pumpefeil hvis nivå i pumpebasseng stiger over en grense.
- b) Sende meldinger, f.eks. om start og stopp av pumper.
- c) Overføre måleverdier, som grunnlag for å utarbeide dokumentasjon av driftstilstand (statistikk).
- d) Styre prosesser, f.eks. pumper og ventiler.

e) Sanntids styring, basert på prognoser som utarbeides på bakgrunn av måledata.

For nærmere beskrivelse av a - d henvises til Finsrud et al /2/. I vedlegg 1 er gitt en kort status over muligheter for sanntids styring av VA-anlegg.

Tabell 2.1 viser data som er aktuelle for driftskontrollanlegget. Tabellen er laget på grunnlag av Halvorsen /12/ og Westberg /13/. Det fremgår at omregning fra målt verdi til aktuell parameter er nødvendig i en del tilfeller, f eks fra trykk til nivå, nivå til vannføring e l.

Tabell 2.1. Aktuelle data for driftskontrollanlegget.

	Anleggsdel	Aktuelle data	Måleparameter
Vannverk	Inntak	Tilgjengelig volum	Nivå
		Brudd på hovedledning	Trykk
	Trykkreduksjon		Trykk
	Vannbehandling	Trykkfall over siler	Trykk
		Kvalitet	Klor, UV Temperatur Siktedyp PH
	Utjevningsbasseng	Volum	Nivå
	Fordelingsnett	Oversvømmelse i kummer	Nivå
Vannføring		Trykkforskjell (f eks)	
Pumpestasjoner/ Hydroforanlegg	Trykkforhold Kapasitet	Trykk Strømstyrke	
Avløpsverk	Målestasjon	Avrenning	Nedbør
		Vannføring	Nivå
	Pumpestasjon	Tilrenning	Nivå
		Pumpekapasitet	Gangtid Strømstyrke
Overløp	Overløpsdrift	Nivå	
Fordrøynings- bassenger	Volum	Nivå	

Driftsdata samles inn i utestasjoner. Utestasjonene omfatter ved siden av en eller flere målere som regel også en programmerbar elektronikkhet (PLS = Programmerbar Logisk Styring), som kan brukes til enkle beregninger og styringer. Programvaren finnes altså både i utestasjoner og i driftssentralen.

PLS bør brukes konsekvent som beregningsenhet ute i målestasjonene. En PLS programmeres direkte av driftspersonalet ved innstilling av setpunkter. Derved kan beregningsforutsetningene justeres.

Det må være mulig å foreta overstyring av PLSen fra driftssentralen. Det er derfor nødvendig at den lokale PLS kan kommunisere med driftssentralen.

*Beregning i utestasjonen begrenses til situasjoner som gjelder styring av prosesser i stasjonen.*

*Alle beregninger som ikke er knyttet til lokal styring, skal av sikkerhetsmessige grunner utføres i driftssentralen. Det vil si at rådata overføres direkte til sentralen. Hvis disse data utnyttes i driftssentralen til styring eller kontinuerlig overvåking, bør de overføres på fast oppkoblet sambandslinje.*

Der det ikke eksisterer egne linjer, er det viktig at datainnsamling ikke skjer oftere enn det er behov for. Hvis dataene utnyttes til statistikk, vil kravene til presentasjon av statistikkdata bestemme hyppigheten i overføring av data. Måledata vil da i alminnelighet kunne logges på utestasjonen og overføres i hensiktsmessige intervaller via oppringt samband. For eksempel overføres data fra Risvollan urbanhydrologiske målefelt til driftssentralen på NTH en gang pr uke. Overføringen av data tar 5 min på oppringt linje. Bearbeidningen av data skjer i driftssentralen.

Driftsdatasentralen kommuniserer med alle utestasjonene, bakgrunnsdatamaskin og vaktterminal. For å minimalisere risikoen for driftsavbrudd bør sentralen kun brukes til styring og overvåking.

Driftskontrollsystemet bør bygges ut slik at grupper av innbyrdes avhengige stasjoner kan operere sammen uavhengig av driftssentralen.

Eksempler på dette er:

- Pumpestasjon som styres av nivå i høydebasseng i vannforsyningsnett.
- Flere pumpestasjoner i serie i vannforsyningsnett.  
(Pumpestans medfører pumpestans i alle oppstrøms liggende pumpestasjoner.)

### 2.3. Presentasjon av data

Måledata som kommer inn til driftssentralen presenteres som:

- Øyeblikksverdier
- Gjennomsnittsverdier for nærmere angitte tidsrom  
(timer, døgn, uker, år)
- Akkumulerte mengder for angitte tidsrom
- Maksimum og minimumsverdier
- Tidsutvikling (trendkurver)
- Spesielle avvikshendelser

Innlesing av data til databasene kan skje:

- Via tastaturet
- Via tekstfil
- Via datalogger
- Via database i annet system

Resultatene presenteres som:

- Skjermbilder
- Tabeller og protokoller
- Diagrammer
- Kurver for tidsforløp

Store datamengder kommer inn, og det kan bli nødvendig å begrense datamengden som skal lagres. Dette medfører at det må settes opp kriterier for:

- Hvor lenge øyeblikksverdier og statistikk skal lagres i drifts-sentralen.
- Utsiling av spesielt interessante måledata, f.eks. avvikshendelser.
- Utvelgelse av statistiske data som skal langtidslagres i bakgrunnsdatamaskin eller andre medier.

Problemstillinger rundt utvelgelse av spesielt interessante måledata er bl.a. behandlet i Häusler et al. /4/. Følgende kriterier er foreslått for utvelgelse av data fra en urbanhydrologisk målestasjon:

1. Hvis forskjellen i absoluttverdi mellom måle Verdi og forrige måle Verdi er større enn ett av de oppgitte filteringskriteriene, f.eks. 1 l/s ha, 1 l/s osv., lagres datasettet.
2. Hvis en verdi har endret forløp fra de to foregående verdiene (stigende, fallende, flat), blir forrige datasett lagret.
3. Hvis en verdi er null og forrige ikke var null, blir datasettet lagret.

Disse kriteriene utnyttes i VALOG, et PC-basert programsystem for håndtering av data fra urbanhydrologiske stasjoner. Programmet kan lese inn, lagre, filtrere, bearbeide og presentere dataene.

De fleste programsystemer har en rapportgenerator. Ved hjelp av denne kan brukeren selv bygge opp sine egne rapportformulærer for f.eks.:

- Månedrapporter
- Time/døgnrapporter

Rapportene kan inneholde sammenstillinger av valgfrie måleverdier fra ulike målesteder. Beregninger kan også gjøres direkte i rapporten, f.eks. summering av vannføringer fra ulike målesteder.

I noen systemer finnes også spesielle funksjoner for beregning av maks- min- og middelv verdier.

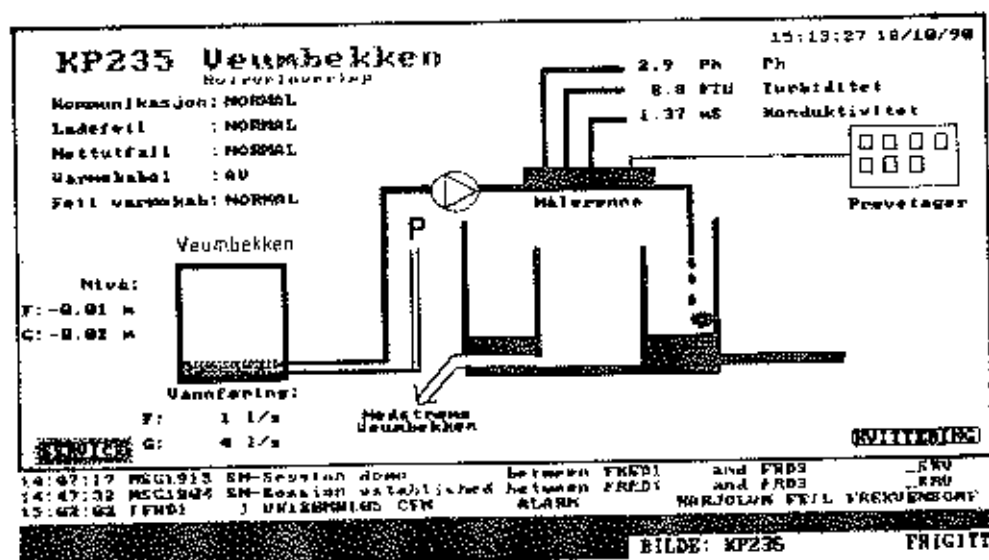
Utskrift av måledata kan skje ved hjelp av:

- Skjerm
- Skriver
- Overføring til tekstfil for videre behandling i andre databaser.

#### 2.4. Eksempler på datapresentasjon

På de følgende sider er noen eksempler på grafisk presentasjon av måledata fra Fredrikstad kommunes driftskontrollsystem vist.

Eksempel 1. Skjerm bilde for øyeblikksverdier (Fredrikstad kommune).



Figur 2.2. Eksempel på skjerm bilde, Fredrikstad kommune.

I dette konkrete eksemplet presenteres følgende data:

- Tid
- Nivå målerenne
- Vannføring beregnet utifra nivå i målerenne
- pH
- Turbiditet
- Konduktivitet (ledningsevne)
- Status for målestasjonen (kommunikasjon, funksjon o.l.)

#### Kommentar

Skjermbilder av øyeblikksverdier er først og fremst nyttige for demonstrasjonsformål og for å overvåke virkningen av tiltak. I overvåkingssammenheng må skjermbildet suppleres med alarmfunksjoner.

*Eksempel 2. Avlastet avløpsmengde i overløp - døgnprotokoll (Fredrikstad kommune).*

Protokollen er gjengitt på neste side.

Følgende data er presentert:

Midlere avrenning for hver time	(l/s)
Akkumulerte timesverdier	(m <sup>3</sup> /t)
Midlere døgnverdier	(l/s, m <sup>3</sup> /t)
Akkumulerte døgnverdier	(m <sup>3</sup> /døgn)
Maksimal timesmiddel	(l/s)
Maksimal akkumulert timesverdi	(m <sup>3</sup> /t)

#### Kommentar

Utskriften gir god oversikt over overløpsdriften. Den bør suppleres med statistikk over lengre tid, f. eks:

Hvilke døgn overløpet har vært i drift  
 Akkumulerte døgnverdier  
 Akkumulerte månedsverdier  
 Akkumulert årsverdi

Disse data bør presenteres både tabellarisk og grafisk som stolpe-  
diagram e l.

Det bør legges inn en datasorteringsrutine som sikrer at kun data fra  
døgn med overløpsdrift lagres.

---

VBAS      FREDRIKSTAD KOMMUNE TEKNISK ETAT    Dato: 18/10/90    Tid: 13:49  
DØGNPROTOKOLL

---

Døgn.....: 17/10/90

Beskrivelse.: AVLASTET AVLØPSMENNGDE I OVERLØP

	OVERLØP	OVERLØP
	L/S	M3/T
0- 1	2.20	7.95
1- 2	2.30	3.30
2- 3	1.62	5.86
3- 4	2.12	7.63
4- 5	2.40	8.67
6- 7	1.30	4.70
7- 8 *	1.79	6.47
8- 9 *	0.00 *	0.00
9-10	0.00 *	0.00
10-11	4.52	16.28
11-12	2.00	7.22
12-13	2.28	8.23
13-14	1.86	6.71
14-15	0.46	1.68
15-16	0.00	0.02
16-17	0.03	0.10
17-18	0.01	0.04
18-19 *	0.00	0.00
19-20 *	0.00 *	0.00
20-21 *	0.00 *	0.00
21-22 *	0.00 *	0.00
22-23 *	0.00 *	0.00
23-24 *	0.00 *	0.00
SUM *	24.98 *	89.92
MID.	1.04	3.74
MAKS.	4.52	16.28
Time	10	10
Dato	17/10	17/10

---

*Eksempel 3. Tilrenning til høydebasseng (Fredrikstad kommune).*

Følgende data er presentert:

- vannstand (timesmidler)
- vannstandsending
- tilrenning (beregnet)
- akkumulert vannstandsending (døgn)
- maks vannstand
- min vannstand

Med utgangspunkt i registrerte timeverdier er døgnutjevningsskurven fremstilt grafisk nedenfor.

#### **Kommentar**

Utskriften bør suppleres med:

- akkumulerte månedsverdier
  - maks og min verdier pr måned
  - akkumulert årsverdi
  - utjevningsbehov pr døgn
  - vannføring ut
- (se kapittel 3)

VBAS

FREDRIKSTAD KOMMUNE TERRISK ETAT

Dato: 18/10/90 Tid: 14:53

## DØGNPROTOKOLL

Døgn.....: 11/10/90

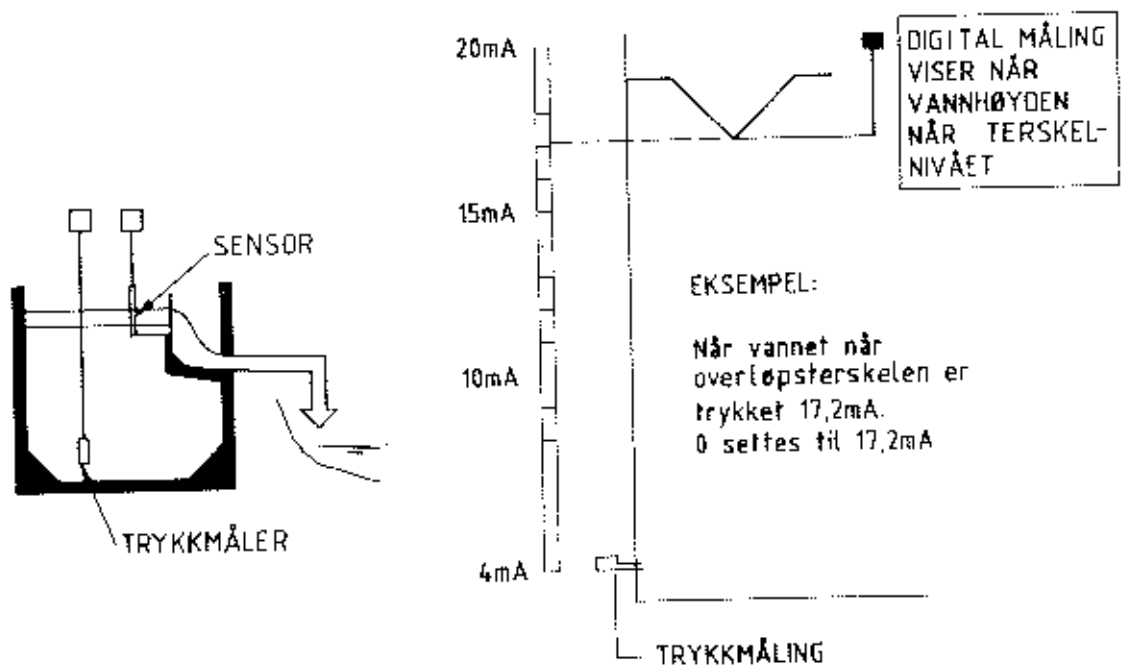
Beskrivelse.: HAUGSTEN TILRENNING FELLES

	Vanstand M	Vanstand Førige time	Differanse M	Tilrenning L/s	Tilrenning M3/t
0- 1	2.45	2.53	-0.08	-22.22	-79.99
1- 2	2.41	2.45	-0.04	-11.11	-39.99
2- 3	2.41	2.41	0.00	0.00	0.00
3- 4	2.41	2.41	0.00	0.00	0.00
4- 5	2.33	2.41	-0.08	-9.33	-29.99
5- 6	2.33	2.38	-0.05	-13.88	-49.99
6- 7	2.26	2.33	-0.07	-19.44	-69.99
7- 8	2.11	2.26	-0.15	-41.66	-149.99
8- 9	2.05	2.11	-0.06	-16.66	-59.99
9-10	1.99	2.05	-0.06	-16.66	-59.99
10-11	1.96	1.99	-0.03	-8.33	-29.99
11-12	1.96	1.96	0.00	0.00	0.00
12-13	2.10	1.96	0.14	38.88	139.99
13-14	2.11	2.10	0.01	2.77	9.99
14-15	2.15	2.11	0.04	11.11	39.99
15-16	2.29	2.15	0.14	38.88	139.99
16-17	2.25	2.29	-0.04	-11.11	-39.99
17-18	2.30	2.25	0.05	13.88	49.99
18-19	2.35	2.30	0.05	13.88	49.99
19-20	2.36	2.35	0.01	2.77	9.99
20-21	2.37	2.36	0.01	2.77	9.99
21-22	2.38	2.37	0.01	2.77	9.99
22-23	2.39	2.38	0.01	2.77	9.99
23-24	2.40	2.39	0.01	2.77	9.99
Sum	54.17	54.30	-0.13	-36.11	-130.01
50Mid	1.74	1.96	0.55	154.38	555.80
Mid.	2.25	2.26	-0.00	-1.50	-5.41
Maks.	2.45	2.53	0.14	38.88	139.99
Time	1	24	13	13	13
Dato	11/10	11/10	11/10	11/10	11/10
Min.	1.96	1.96	-0.15	-41.66	-149.99
Time	11	11	8	8	8
Dato	11/10	11/10	11/10	11/10	11/10

### 2.5. Krav til tidsoppløsning og nøyaktighet

Det bør stilles bestemte krav til registreringshyppighet, dataoverføringshyppighet og nøyaktighet for måledata. Disse kravene vil avhenge av formålet med målingen. Er målingen knyttet til et alarmsystem eller skal brukes til automatisk styring, vil det som regel være nødvendig med en høy hyppighet og fortløpende dataoverføring til driftssentralen. Er formålet statistikk, kan overføringen foregå mer sporadisk. Registreringshyppigheten avhenger av hva man skal måle.

Det bør gjennomføres en analyse over målesystemets samlede nøyaktighet, etter mønster fra Mosevoll /5/. Kjennskap til nøyaktigheten er en helt avgjørende forutsetning for riktig bruk av måleverdier til styring og statistikkproduksjon. Dette er nærmere behandlet i kapittel 3.



Figur 2.3. Overføring fra måleverdi til signal. I dette eksemplet utnyttes samme signal for vannstand i pumpesump og i overløp.

Tabell 2.2 viser eksempler til registreringshyppighet og dataoverføringshyppighet for en del aktuelle målinger. Som et utgangspunkt kan følgende retningslinjer anbefales:

Målinger til alarm og styring:

- Alarmfunksjoner er ofte digitale. Umiddelbar respons må kreves, dvs alarmen går umiddelbart når grensen brytes.
- Analoge målinger som skal brukes til alarmer og styring, bør i alminnelighet ha en oppløsning på 5 - 10 min. Ved små systemer kan ca 5 min brukes, ved større systemer ca 10 minutter.

Målinger til overvåking statistikkproduksjon:

- Som regel er timesmidler tilstrekkelig som minste oppløsning. Overføring av data til driftssentral skjer rutinemessig ukentlig. Det finnes unntak, der det kreves hyppigere registrering. Dette gjelder bl a måling av vannkvalitet, nedbør og overløpsdrift.

I et system med faste linjer er det en fordel med hyppig overføring. Endelig datamengde kan begrenses ved databehandling.

Tabell 2.2 Eksempler på registreringshyppighet og dataoverføringshyppighet for en del aktuelle målinger.

Måling	Måleparameter	Registreringshyppighet	Overføringsfrekvens
Tilgjengelig volum kilde	Nivå	Døgn	Døgn
Brudd hovedledning	Trykk	Minutt	Minutt
Trykkreduksjon	Trykk	Time	Time <sup>1</sup> /Uke <sup>2</sup>
Trykkfall over siler	Trykk	Time	Time <sup>1</sup> /Uke <sup>2</sup>
Vannkvalitet		Minutt	Minutt <sup>1</sup> /Uke <sup>2</sup>
Utjevningsbasseng	Nivå	Time	Time <sup>1</sup> /Uke <sup>2</sup>
Fordelingsnett	Trykk	Time	Time <sup>1</sup> /Uke <sup>2</sup>
Pumpestasjon/ hydroforanlegg	Strømstyrke Trykk	Minutt <sup>1</sup> / Time <sup>2</sup>	Minutt <sup>1</sup> /Uke <sup>2</sup>
Målestasjon vannføring	Nivå	Minutt	Minutt <sup>1</sup> /Uke <sup>2</sup>
Målestasjon nedbør		Minutt	Minutt <sup>1</sup> /Uke <sup>2</sup>
Pumpestasjon	Nivå/ Strømtrekk	Minutt <sup>1</sup> / Time <sup>2</sup>	Minutt <sup>1</sup> /Uke <sup>2</sup>
Overløp	Nivå	Minutt	Minutt <sup>1</sup> /Uke <sup>2</sup>
Fordrøyning	Nivå	Minutt	Minutt <sup>1</sup> /Uke <sup>2</sup>

<sup>1</sup> overføringsfrekvens for overvåkingsformål.

<sup>2</sup> overføringsfrekvens for statistikkformål.

Det er i dag i praksis ingen tekniske begrensninger for langtidslagring av måledata. Det kan likevel være hensiktsmessig å stille opp minimumskrav til hvilke data som skal lagres. Utgangspunktet for slike krav vil være følgende:

- Det er den bearbejdede driftsparameter som skal lagres.
- Nødvendig statistikk for årsmeldinger o.l for dokumentasjon av måleoppnåelser for driften av VA-systemer.
- Nødvendig dokumentasjon for håndtering av avvikshendelser.

Driftsdata langtidslagres kronologisk eller etter stigende/fallende verdi. Grafisk presentasjon som varighetskurver bør utnyttes.

Nedenfor er gitt et eksempel på minimumskrav for lagring av data i driftssentral og langtidslagring av data.

## Lagring i driftscentral:

* Minuttverdier	1 uke
* Timesmidler	1 måned
* Døgnmidler	3 måneder
* Månedsmidler	13 måneder
* Døgn maks	13 måneder
* Døgn min	13 måneder

## Langtidslagring:

Årsmiddelverdier	Alle registreringsår
Månedsmiddelverdier	Alle registreringsår
Døgnmiddelverdier	Behovsprøves
Timesmidler	Behovsprøves
Minuttverdier	Avvikshendelser
Døgn maks verdier	Årlig maksverdi
Døgn min verdier	Årlig minverdi
Times maks verdi	Årlig maksverdi
Times min verdi	Årlig minverdi

Regler for håndtering av døgn- og timesmidler må settes opp for hver enkelt måleparameter. Det må også lages regler for datalagring etter avvikshendelser, f.eks kriterier for at en måling betraktes som et avvik, hvor lange måleserier som skal lagres osv.

## 3. Driftsdataberegninger

### 3.1. Innledning

Den mest vanlige bruken av måledataene som samles inn via et driftskontrollanlegg har til nå vært til alarmgivning og til utarbeidelse av statistikk.

Med driftsdataberegninger menes her en økt automatisk bearbeiding av vanlige måledata som samles inn via driftskontrollanlegget.

Hensikten er å få en best mulig utnyttelse av mulighetene som ligger i driftskontrollanlegget, både til styring og overvåking. I noen tilfeller kan også økt bearbeiding av måledata erstatte dyrt måleutstyr.

I dette kapitlet er vist eksempler på konkrete driftsdataberegninger og hva som påvirker usikkerheten i beregningsresultatene.

De ulike eksemplene på driftsdataberegninger er også vist på skjema i vedlegg 1. Skjemaene inneholder en prinsippskisse og gir svar på:

- Hvilke måleparametre må registreres
- Hvordan er beregningsoppsettet for bearbeiding av måledataene
- Hvordan skal beregningsresultatene presenteres
- Hvordan resultatene kan benyttes

Det er utarbeidet skjema for driftsdataberegninger for følgende situasjoner:

- A Mengder i fylte rør bestemt ved trykkmåling
- B Ruhet i vannledninger
- C Virkningsgrad pumpeanlegg
- D Vannmengde inn og ut av høydebasseng
- E Lekkasjekontroll ved måling fra høydebasseng
- F Sonevis fordeling av vannmengde

- G Døgautjevning/variasjon i vannforbruk
- H Ukeutjevning/variasjon i vannforbruk
- I Dosering for justering av vannkvalitet
- J Avløpsmengde i overløp
- K Kloakkpumpestasjon - tilrenning og pumpekapasitet
- L Vannføring i delfylte rør
- M Forurensningstransport i ledningsnett
- N Beregning av frostmengde

Skjemaene illustrerer hensikten med driftsdataberegninger som kort kan oppsummeres slik:

- Bedre grunnlag for planlegging av nyanlegg
- Bedre grunnlag for planlegging av drift, vedlikhold og fornyelse
- Bedre grunnlag for overvåking
- Besparelser ved valg av måleutstyr

### 3.2. Måleparametre, nøyaktighet

#### 3.2.1. Generelt

For alle situasjoner av driftsdataberegninger som er vist i vedlegg 1, baseres beregningene på en eller flere av de følgende målte parametre:

- Trykk
- Nivå
- Mengde
- Vannkvalitet
- Temperatur
- Tid

I "Håndbok i vannføringsmålinger" /7/ er det gitt en detaljert beskrivelse av måling av trykk, nivå og mengde. For en samlet oversikt over tilgjengelige sensorer og måleutstyr som er aktuelle i VA-sammenheng henvises til /6/.

Generelt for de fleste måleparametre gjelder at nøyaktigheten til måleinstrumentet er avhengig av størrelsen på måleområdet. Det er derfor viktig at ikke måleområdet velges større enn nødvendig.

I tillegg må alle typer måleutstyr kalibreres regelmessig.

Sanntidsregistreringer i et driftskontrollanlegg er normalt tilstrekkelig nøyaktig. En kan derfor i praksis se bort fra eventuelle usikkerheter i tidsverdier der disse inngår i driftsdataberegninger.

Temperatur regnes også som en parameter som kan måles med god nøyaktighet og blir derfor ikke omtalt nærmere her.

For måling av de øvrige parametre vil det alltid være en viss usikkerhet knyttet til målingene. Følgende begreper benyttes /5/:

Måleusikkerhet +  $\pm$  e angir grensene for det området hvor det er sannsynlig at sann verdi ligger innenfor (normalt 95% sannsynlighet).

Nøyaktighet beskriver evnen et måleinstrument eller en målemetode har til å angi sann verdi. Nøyaktigheten til et instrument er gjerne gitt ved feilgrenser.

Målefeil er forskjellen i målt verdi i forhold til sann verdi. Det er 95% sannsynlighet for at målefeilen er mindre enn måleusikkerheten (gjelder tilfeldige feil).

Tilfeldige feil er feil som skyldes flere uavhengige hendelser som fører til at en får forskjellig måleresultat ved gjentatt måling av samme størrelse (f.eks. krusning på vannoverflate).

Systematiske feil er feil som skyldes unøyaktigheter ved måleutstyret eller forholdene målingene utføres under (f.eks. feil i nullpunktinnstilling).

Grove feil er feil som skyldes rene tabber fra brukeren av måleinstrumentet eller svikt ved instrumentet.

Repetisibilitet er et uttrykk for overensstemmelse mellom en serie måleresultater ved gjentatte målinger av samme størrelse.

Oppløsningsevnen for et måleinstrument uttrykker den minste variasjon i den målte størrelsen som gir registrerbart utslag på måleren.

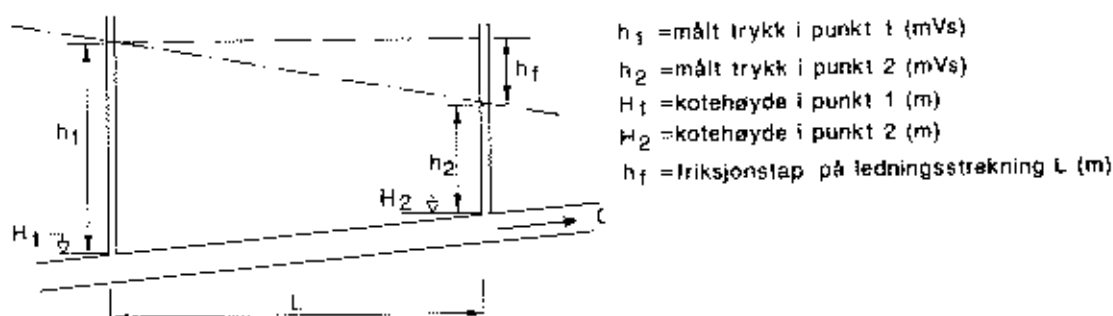
Driftsdataberegninger innebærer at måleverdier hentes med visse mellomrom og benyttes videre i et beregningsprogram. Dersom måleverdiene fra f.eks. en trykkmåler varierer noe, selv om trykket er konstant, kan nøyaktigheten i driftsdataberegningene økes ved at en benytter middelveidien av en serie måleverdier som inngangsdata for beregningene. En reduserer da effekten av tilfeldige feil ved å øke antall målinger. Antall målinger som middelveidien baseres på, avhenger av hvor raskt måleverdier kan hentes i forhold til hvor raskt den målte parameter endrer seg. Dersom dette ikke er noen begrensning, anbefales det at middelveidien baseres på 20 måleverdier.

De fleste sensorer/måleutstyr har et analogt utgangssignal (f.eks. 4 - 20 mA). I forbindelse med lagring og fjernoverføring av data må signalene omformes til digital form. Måleområdet (4 - 20 mA) vil da bli delt opp i et visst antall "biter". Antall "biter" avhenger av det utstyret som skal omforme signalene, f.eks. er  $1024$  "biter" vanlig. For en trykkmåler med måleområdet 0 - 100 mVs, vil da oppløsningsevnen være 0,098 mVs. I noen tilfeller kan dette ha praktisk betydning vedrørende usikkerhet i måledata.

### 3.2.2. Måling av trykk

Måling av trykk/trykkdifferanser inngår i følgende driftsdataberegninger:

- Vannføring i fylte rør
- Virkningsgrad pumpeanlegg
- Ruhet i vannledninger



Figur 3.1. Måling av trykkdifferansene på en ledningsstrækning.

$$h_t = (H_1 + h_1) - (H_2 + h_2)$$

Forskjellen i kotehøyde mellom de to målepunktene vil ved nivellement kunne bestemmes med en nøyaktighet bedre enn 1 - 2 cm. Det kan være vanskelig/kostbart å måle trykket så nøyaktig. Usikkerheten i bestemmelse av friksjonstap er derfor knyttet til usikkerheten i trykkmålingene i de to målepunktene.

Dersom måleusikkerheten for de to trykkmålingene er henholdsvis  $e_1$  og  $e_2$ , vil usikkerheten i bestemmelse av trykkdifferansen være  $e = \sqrt{e_1^2 + e_2^2}$ . Dette gjelder for tilfeldige feil, og små systematiske feil.

Forholdsvis gode trykkmålere kan f.eks. ha en måleusikkerhet på 0,2% av maksimal måleverdi. Ved en maksimal måleverdi på 60 mVs gir dette en usikkerhet på  $\pm 0,12$  mVs. Usikkerheten i bestemmelse av trykkdifferanse blir da  $\sqrt{0,12^2 + 0,12^2} = \pm 0,17$  mVs.

Dersom målt trykkdifferanse/friksjonstap er 1 mVs, vil altså usikkerheten være  $\pm 17\%$ . For å redusere usikkerheten bør målt friksjonstap være størst mulig, dvs. at trykkmålerne plasseres i lengre

avstand fra hverandre. (Dersom avstanden mellom trykkmålerne dobles, vil målt friksjonstap bli 2 mVs og usikkerheten i målingen være  $\pm 8,5\%$ .)

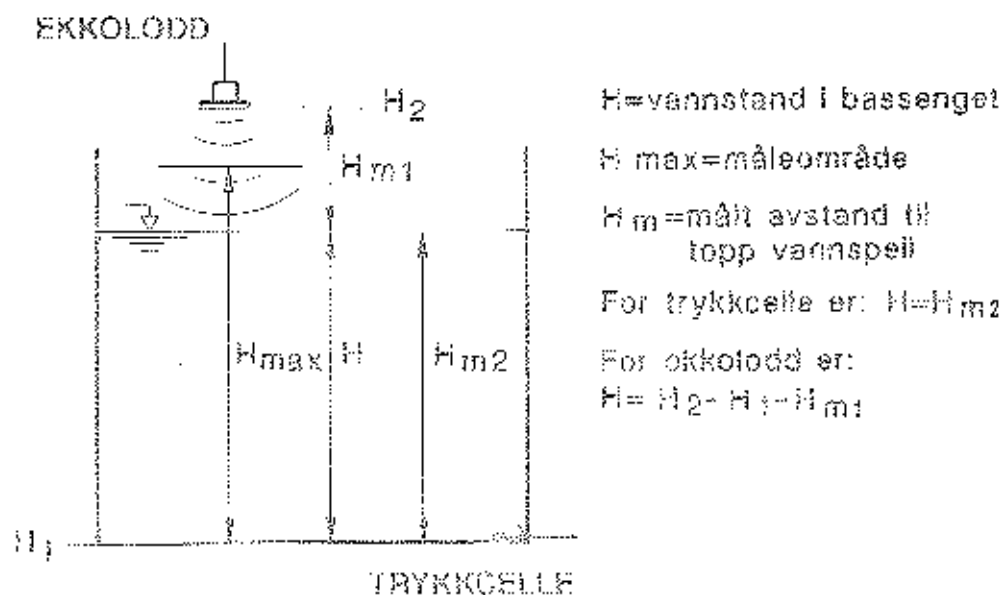
I tillegg til at det stilles krav til størrelsen på målt friksjonstap, må trykkmålerne med jevne mellomrom kalibreres innbyrdes mot samme trykk. Dette kan f.eks. gjøres ved avstengning av ledningen. Etter at ledningen er åpnet igjen, er det nødvendig å vente med målinger til trykkstøtene er lave nok /14/. Alternativt kan kalibreringen utføres ved å ta målerne ut av systemet og sette dem inn i samme prøverigg.

### 3.2.3. Måling av nivå

Registrering av nivå inngår i følgende driftsdataberegninger:

- Vannføring inn/ut av basseng
- Tilrenning og pumpkapasitet i avløpspumpestasjon
- Mengde vann i overløp/måleromner

For å registrere nivå benyttes flottører, nivåsonder, ekkolodd, boblerør og trykkceller. Bruk av ekkolodd og trykkceller er mest utbredt.



Figur 3.2. Måling av nivå i basseng ved hjelp av ekkolodd og trykkcelle.

For både trykceller og ekkolodd er måleusikkerheten avhengig av størrelsen på måleområdet.

Ved beregning av vannføring inn/ut av bassenget registreres nivåendring over et visst tidsrom. Måleusikkerheten er direkte knyttet til usikkerheten i den målte endringen i nivået. I mange tilfeller er nivåendringen relativt liten. Det er derfor spesielt viktig at måleutstyret har god oppløsningsevne og repeterbarhet.

Et ekkolodd kan f.eks. være oppgitt til å ha en feilgrense på 0,5% av maksimal måleverdi og en repeterbarhet på  $\pm 0,05\%$  av maksimal måleverdi. Ved et måleområde på 5 mVs blir feilgrense og repeterbarhet henholdsvis  $\pm 25$  mm og  $\pm 2,5$  mm.

For å redusere usikkerheten i målingene bør nivåendringen i bassenget være størst mulig mellom hver gang det blir foretatt en beregning. Det blir derfor en avveining mellom hvor ofte en ønsker beregnet vannføring inn/ut av bassenget og hvor nøyaktig en ønsker å beregne vannføring.

Ved omforming fra analoge til digitale signaler deles vanligvis måleområdet opp i 1024 "biter" (kfr 3.2.1). Ved et måleområde på 5 mVs vil oppløsningsevnen på grunn av signalomforming være ca 5 mm. Dette gir en usikkerhet på  $\pm 2,5$  mm. Ved måling av en nivådifferanse blir usikkerheten på grunn av signalomforming  $\pm \sqrt{2,5^2 + 2,5^2} = \pm 3,5$  mm.

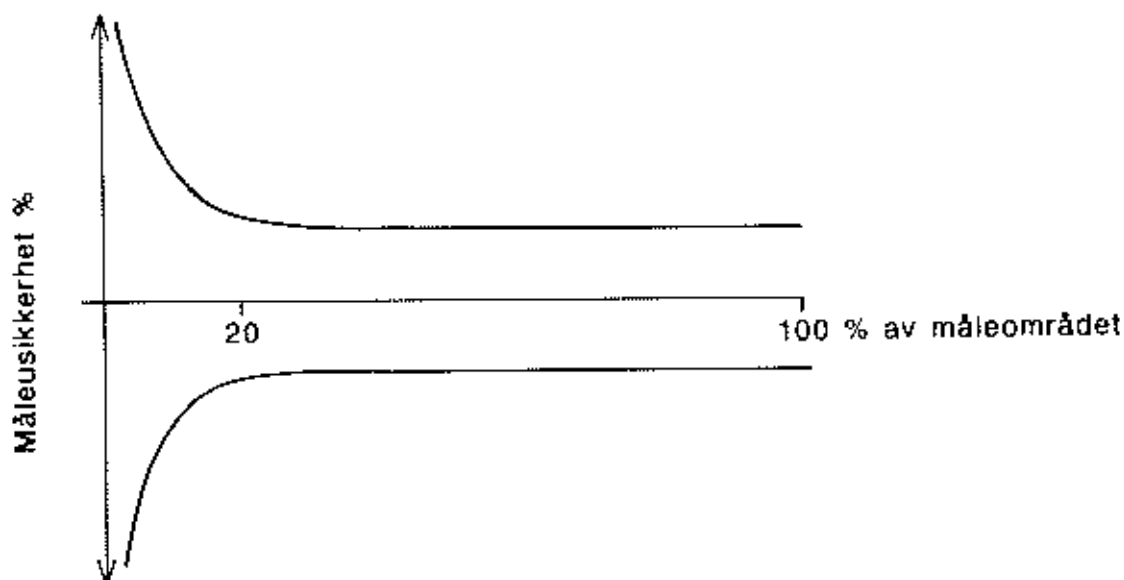
#### 3.2.4. Måling av mengde

Måling av vannmengde i fylte rør inngår i følgende driftsdata-beregninger:

- Vannforbruk i soner
- Beregning av nødvendig utjevningsvolum
- Virkningsgrad for pumpeanlegg
- Ruhet i ledningsnett
- Dosering av kjemikalier for justering av vannkvalitet

For å måle vannføring i fylte rør benyttes hovedsakelig turbinmålere, differansetrykkmålere (venturirør, måleblende, pitotrør), elektromagnetiske målere og ultralydmålere.

For alle målertypene gjelder at måleusikkerheten er størst i området 0 - 20% av det totale måleområdet. Det er derfor svært viktig at en velger måler eller kombinasjon av målere ut fra krav til måleusikkerhet for bestemte måleverdier.



Figur 3.3. Måleusikkerhet og måleområde for vannføringsmålere.

### 3.2.5. Måling av konsentrasjon

Måling av konsentrasjon inngår i følgende driftsdatuberegninger:

- Dosering av kjemikalier for justering av vannkvalitet
- Forurensningstransport i ledningsnett

Generelt er måleutstyr som kontinuerlig måler stoffkonsentrasjon følsomt utstyr som krever høy grad av vedlikehold og kalibrering for at det skal fungere tilfredsstillende. Spesielt utsatt er måleutstyr som skal benyttes i avløpsvann.

Derfor vil måleusikkerheten for denne typen måleinstrumenter være relativt stor sammenlignet med måleinstrumenter som måler trykk, nivå og mengde.

### 3.3. Beregnings skjema med forklaringer

#### 3.3.1. Mengder i fylte rør bestemmes ved trykkmåling (skjema A)

Ved å registrere vanntrykket to steder på en ledningsstrekning kan vannføringen beregnes ved hjelp av trykkdifferansen. En må i tillegg kjenne avstand og høydeforskjell mellom trykkmålerne samt dimensjon og ruhet for ledningen. Dermed kan to trykkålere erstatte en dyrere vannføringsmåler, kfr 3.2.2.

I en rørledning med fullt rørtverrsnitt gjelder:

$$Q = \frac{\pi}{4} D^2 \sqrt{\frac{2gDh_f}{f \cdot L}} \quad (3-1)$$

hvor: D = rørdiameter (m)  
 f = friksjonskoeffisienten  
 g = tyngdens akselerasjon (9,8 m/s<sup>2</sup>)  
 h<sub>f</sub> = friksjonstap (m)  
 L = ledningens lengde (m)  
 Q = vannføringen (m<sup>3</sup>/s)

Sammenhengen mellom friksjonskoeffisienten og ledningens absolutte ruhet ved turbulent strømming:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left( \frac{k}{3,71D} + \frac{2,51}{Re\sqrt{f}} \right) \quad (3-2)$$

hvor: Re = v · D / ν = Reynolds tall  
 v = vannets hastighet (m/s)  
 ν = vannets kinematiske viskositet (m<sup>2</sup>/s)  
 k = rørledningens absolutte hydrauliske ruhet (m)

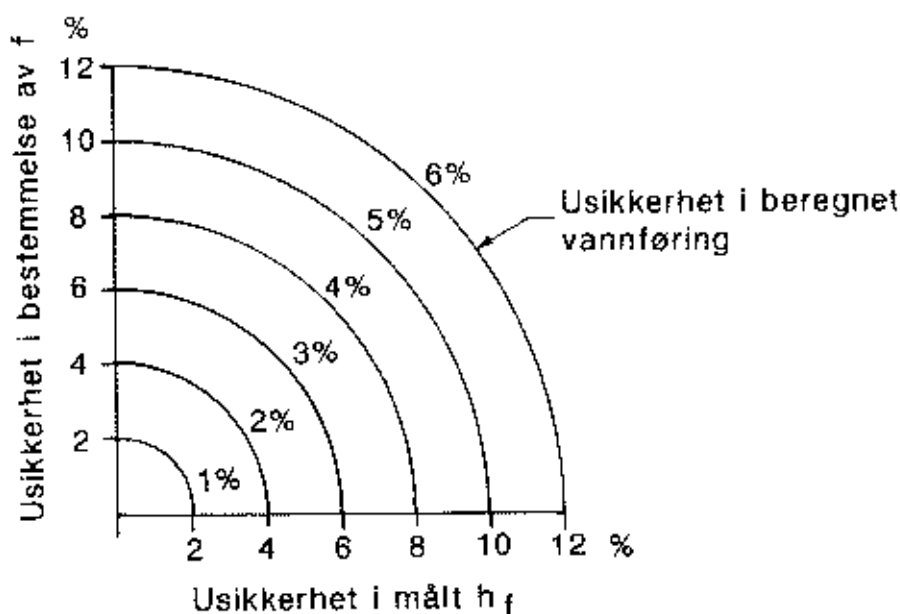
En må altså kjenne ruhet eller friksjonskoeffisient for å kunne beregne vannføringen. I skjema A er gitt sammenhengen mellom ruhet og friksjonskoeffisient for ulike diametre ved en vannhastighet på ca 1 m/s.

### Nøyaktighet

Som nevnt i pkt 3.2.2 kreves det en viss trykkdifferanse på ledningsstrekningen for at det skal kunne måles med en tilfredsstillende nøyaktighet. Dette betyr også at vannhastigheten (dvs vannføringen) og ledningslengden ikke kan være for liten.

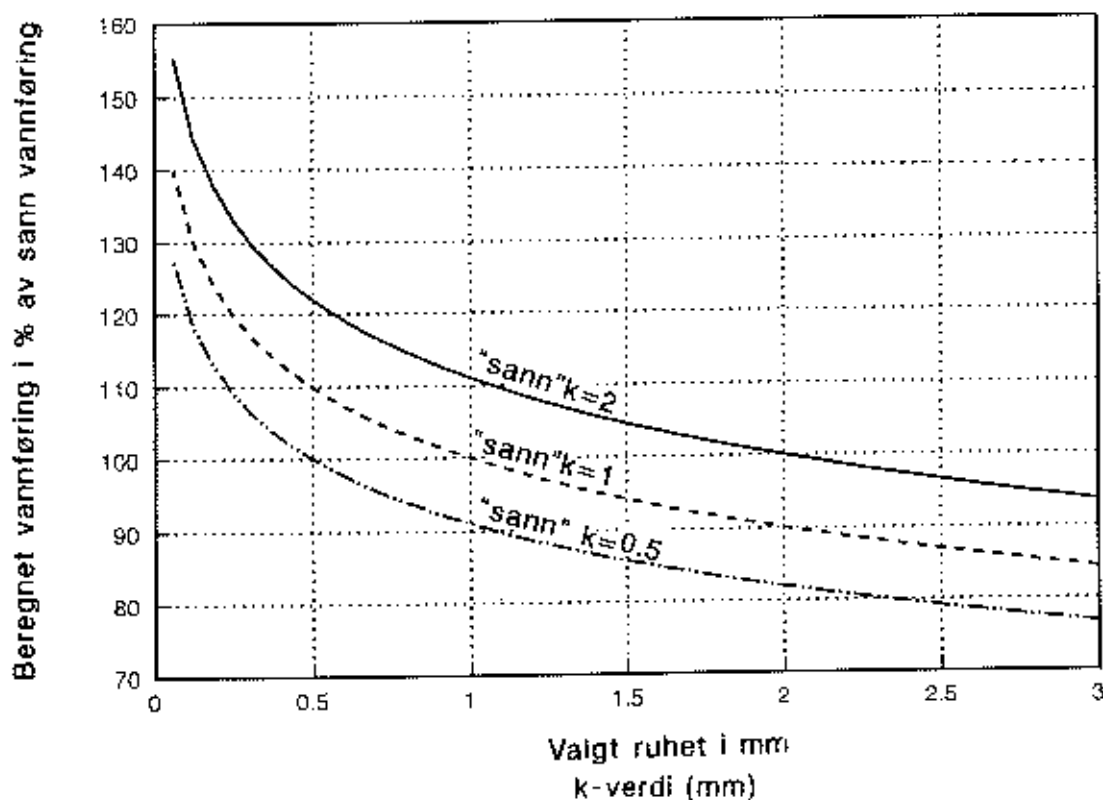
I skjema A er vist sammenhengen mellom  $k$  og  $f$  ved en vannhastighet på ca 1 m/s. Så lenge vannhastigheten er større enn 0,3 m/s er denne sammenhengen riktig innenfor en feilgrense på ca 5%.

Figur 3.4 viser usikkerhet i bestemmelse av vannføring som funksjon av usikkerhet i  $h_f$  og  $f$ .



Figur 3.4. Usikkerhet i beregnet vannføring som funksjon av usikkerhet i  $h_f$  og  $f$ . Figuren gjelder tilnærmet alle aktuelle diametre.

Figur 3.5 viser hvordan beregnet vannføring vil variere som funksjon av valgt  $k$ -verdi når sann  $k$ -verdi er henholdsvis  $k = 0,5$ , 1 og 2 mm. Som en scr, så er følsomheten med hensyn til valg av  $k$ -verdi størst ved lave ruhetsverdier.



Figur 3.5. Beregnet vannføring som funksjon av valgt k-verdi når sann k-verdi lik 0,5, 1 og 2 mm.

### 3.3.2. Ruhet i vannledninger (skjema B)

Overvåking av ruheten for ledningsnettlet vil kunne gi verdifull informasjon for planlegging av drift, vedlikehold og fornyelse, f.eks. behov for renseplugg, rehabilitering.

En slik overvåking kan lett knyttes til driftskontrollanlegget.

Fra formel (3-1) og (3-2) får en:

$$f = \frac{\pi^2 D^5 g h_f}{8 Q^2 \cdot L} \quad (3-3)$$

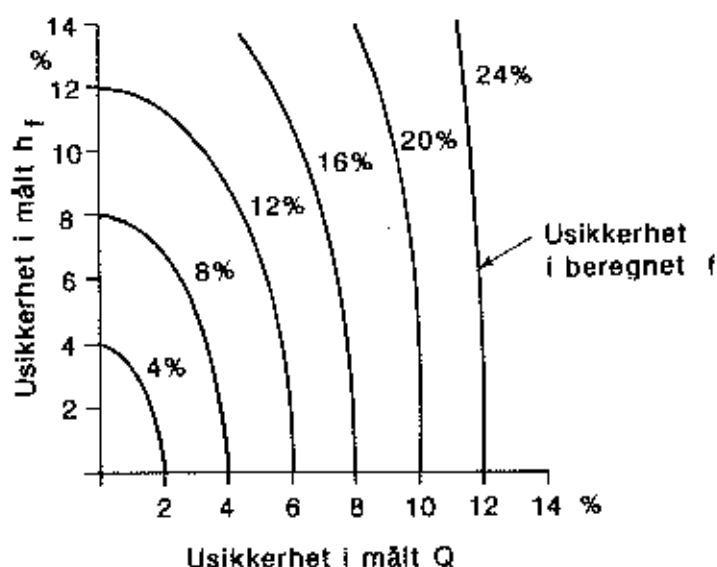
$$k = \left( \frac{1}{\frac{1}{10} \frac{1}{2\sqrt{f}}} - \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right) 3,71D \quad (3-4)$$

Med kjent diameter kan derfor absolutt ruhet bestemmes når en måler vannføring og måler trykktap over en gitt ledningsstrekning.

Med mindre akutte driftsforstyrrelser finner sted, vil ikke ruheten endre seg raskt. Utskrift av månedsmiddelvordier vil derfor som regel gi tilstrekkelig informasjon. Ved trykkavløpsledninger som fører mye sand, kan kortere registreringsintervaller, f.eks. døgn- eller ukeverdi, være nødvendig.

#### Nøyaktighet

Figur 3.6 viser usikkerhet i bestemmelse av friksjonskoeffisienten  $f$  som funksjon av usikkerhet i målt vannføring og målt trykktap.



Figur 3.6. Usikkerhet i bestemmelse av friksjonskoeffisienten  $f$  som funksjon av usikkerhet i målt vannføring og målt trykktap.

### 3.3.3. Virkningsgrad pumpeanlegg (skjema C)

Pumpeanleggets totale virkningsgrad finnes ved å sammenligne den effekt som tilføres vannet ved pumpingen med pumpens effektforbruk.

Effektbehovet P ved pumping kan uttrykkes som:

$$P = \frac{Q \cdot H \cos \phi}{102 \cdot \eta} \quad (3-5)$$

hvor:  $\eta$  = virkningsgrad

Q = pumpens kapasitet (l/s)

H = total løftehøyde (m)

P = effektbehov (kW)

$\phi$  = faseforskyvning mellom strøm og spenning

( $\cos \phi \approx 0,9$  for  $P > 10$  kW /15/)

Ligning (3-5) gir:

$$\eta = \frac{Q \cdot H \cos \phi}{102 \cdot P} \quad (3-6)$$

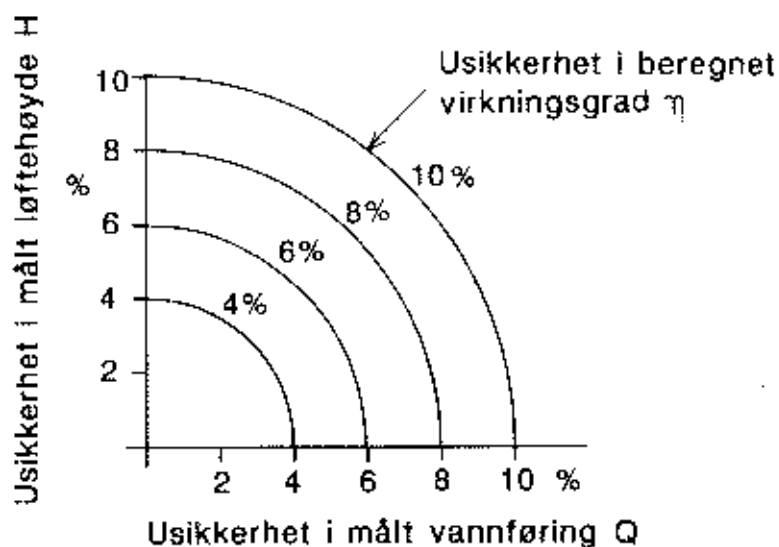
Pumpens virkningsgrad kan altså beregnes ved samtidig måling av effektuttaket, løftehøyde (nivåmåling i nedstrøms og oppstrøms basseng) og vannføring.

Presentasjon som øyeblikksverdi, timesmidler etc gir informasjon om akutte driftsforstyrrelser. Dette behovet vil også kunne dekkes av enklere overvåkingsutstyr (av/på alarmer etc).

#### Nøyaktighet

Usikkerheten i bestemmelse av virkningsgraden er først og fremst avhengig av usikkerheten ved måling av pumpet varmmengde og total løftehøyde, ettersom effektuttaket normalt kan måles med stor grad av nøyaktighet.

Figur 3.7 viser usikkerhet i bestemmelse av virkningsgrad som funksjon av usikkerhet i bestemmelse av vannføring og total løftehøyde.



Figur 3.7. Usikkerhet i beregnet virkningsgrad for pumpeanlegg som funksjon av usikkerhet i målt vannføring og løftehøyde.

#### 3.3.4. Vannmengde inn og ut av høydebasseng (skjema D)

Nivåmåling i høydebasseng er en enkel og nøyaktig måte for å måle vannføring ved oppfylling og uttapping av bassenget, kfr 3.2.3.

Nivåregistrering i høydebasseng er en helt nødvendig del av overvåkingsopplegget for et vannverk. I tillegg kan vannføring inn/ut brukes til beregning om vannforbruk, lekkasjer o l, og på denne måten i noen grad erstatte en mengdemåler.

Det finnes i dag gode trykk- og nivåålere på markedet, slik at nøyaktigheten kan bli tilfredsstillende.

Vannføring inn/ut av bassenget er gitt ved:

$$Q = \frac{A \cdot h}{T \cdot 60} \quad (3-7)$$

hvor: A = bassengareal (m<sup>2</sup>)  
 h = nivåendring (mm) i løpet av tiden T  
 T = tid (min)  
 Q = vannføring (l/s)

Dersom bassengarealet varierer med fyllingshøyden, må en på forhånd utføre en kalibrering for volum i bassenget som funksjon av bassengvannstand.

#### Nøyaktighet

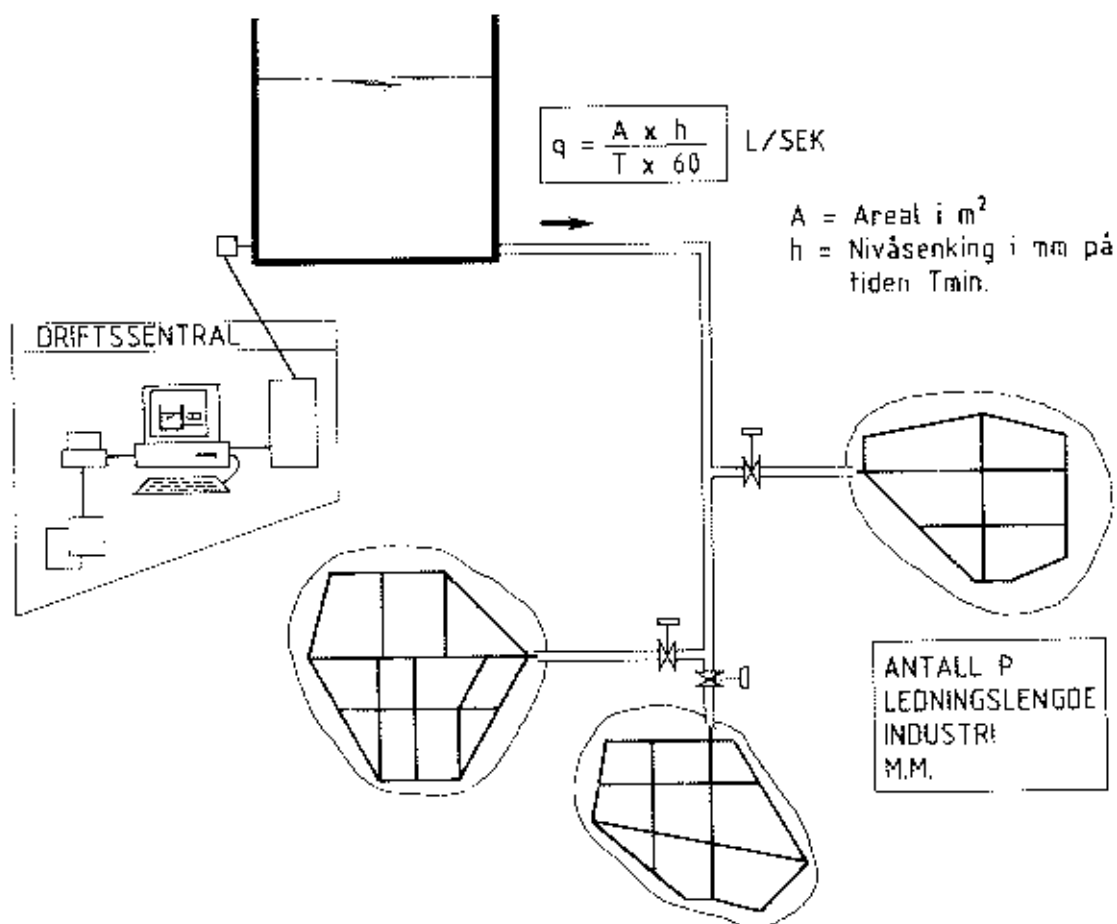
Det er viktig at bassengarealet bestemmes nøyaktig ettersom %-feil i bassengareal gir tilsvarende %-feil i vannføring. En kan regne at usikkerhet i bestemmelse av bassengareal og tid er svært liten i forhold til usikkerhet i målt nivåendring.

Derfor vil usikkerhet i beregnet vannføring være tilnærmet den samme som usikkerheten i målt nivåendring, kfr 3.2.3.

#### 3.3.5. Lekkasjekontroll ved måling fra høydebasseng (skjema E)

Måling av nivå i høydebasseng kombinert med åpning og stenging av ventiler kan utnyttes til en enkel områdekontroll av lekkasjer (se figur 3.8). Målingene foretas helst om natten, når vannforbruket er lite.

Vannføring beregnes på samme måte som i kapittel 3.3.4.



Figur 3.8. Lekkasje kontroll ved hjelp av nivåmåling, høydebasseng.

Dersom ventilen kan fjernstyres og nivået i høydebassenget fjernavleses, kan hele prosessen styres fra driftskontrollanlegget. Det vanlige er imidlertid å operere denne metoden i felten. Metoden er ikke egnet som en kontinuerlig prosess, men som kontroll med jevne mellomrom.

### Nøyaktighet

Usikkerhet i bestemmelse av vannføring blir også her det samme som usikkerhet i bestemmelse av nivåsenkning.

Krav til nivåregistreringsutstyret settes ut fra hvor stor nivåsenkningen i bassenget forventes å bli i løpet av den tid en måler lekkasjetap. Dette avhenger igjen av vannforbruk i sonen, bassengareal og hvor lang tid nivåsenkningen måles over.

Dersom en tar utgangspunkt i et basseng med måleområde 5 mVs og registreringsutstyr som nevnt i pkt 3.2.3, blir usikkerhet i registrering av nivådifferanse  $\pm 3,5$  mm på grunn av signaforming fra analoge til digitale signal.

Dersom repeterbarheten for måleutstyret er  $\pm 2,5$  mm, blir total usikkerhet for målingene  $\pm \sqrt{3,5^2 + 2,5^2} = \pm 4,3$  mm. Dersom en har krav til at usikkerheten i vannmengdeberegningene skal være mindre enn 10%, må også usikkerheten i registrering av nivåsenkning være mindre enn 10%. Dette betyr igjen at nivåsenkningen mellom to registreringer må være større enn 43 mm ved bruk av det utstyret som her er tatt utgangspunkt i.

### 3.3.6. Sonevis fordeling av vannforbruk (skjema F)

Metoden forutsetter et system av vannføringsmålere, bassenger og ventiler. Ved å knytte sammen informasjon fra alle disse, kan sonevis fordeling av vannmengde beregnes i driftskontrollanlegget.

Krav til nøyaktighet styres bl a ved måleområdet (maks og min verdier) for vannforbruk i de ulike sonene.

På skjema F beregnes vannforbruk slik:

$$\begin{aligned} \text{Sone 1:} \quad Q_1 &= \frac{A_A}{T} h_A - Q_2 \\ \text{Sone 2:} \quad Q_2 &= \frac{A_B}{T} h_B - Q_3 - Q_A \\ \text{Sone 3:} \quad Q_3 & \\ \text{Sone 4:} \quad Q_4 &= \frac{A_C}{T} h_C \end{aligned}$$

hvor:  $Q_i$  = vannføring gjennom måler i  
 $A_A$  = bassengareal i basseng A  
 $h_A$  = nivåendring i basseng A (negativ når vannstanden synker)  
 $T$  = tid nivåendring måles over

Resultatene presenteres som gjennomsnittsverdier, maks og min verdier for døgn, måned og år. Grafisk presentasjon som trendkurver anskueliggjør endringer over kortere eller lengre tidsperioder. Det er viktig å velge en tidsskala på trendkurven som samsvarer med målingens hensikt. Hvis ikke metoden skal benyttes til rask reaksjon på driftsforstyrrelser, kan en oppløsning på måned - eller årsbasis være aktuell.

### Nøyaktighet

Usikkerhet i beregning av vannforbruk er avhengig av usikkerheten i registrering av nivåendring i basseng, kfr 3.3.5 og måleusikkerheten for vannføringsmålerne.

For sone 1 blir usikkerheten i beregnet vannforbruk:

$$e = \sqrt{\frac{\left(\frac{e_1}{100} \cdot Q_1\right)^2 + \left(\frac{e_A}{100} \cdot Q_A\right)^2 + \left(\frac{e_2}{100} \cdot Q_2\right)^2}{Q_1^2 + Q_A^2 + Q_2^2}} 100\% \quad (3-8)$$

hvor:  $e_1$  = nøyaktighet for vannmåler 1 (%)  
 $e_2$  = nøyaktighet for vannmåler 2 (%)  
 $e_A$  = usikkerhet i registrering av nivåendring i høyebasseng A  
 $Q_A$  = vannføring gjennom basseng A ( $Q_A = \frac{A_A}{T} h_A$ )

For sone 3 blir usikkerheten i beregnet vannforbruk lik måleusikkerheten for vannmåler 3. Denne settes lik oppgitt nøyaktighet eller feilgrense for måleren.

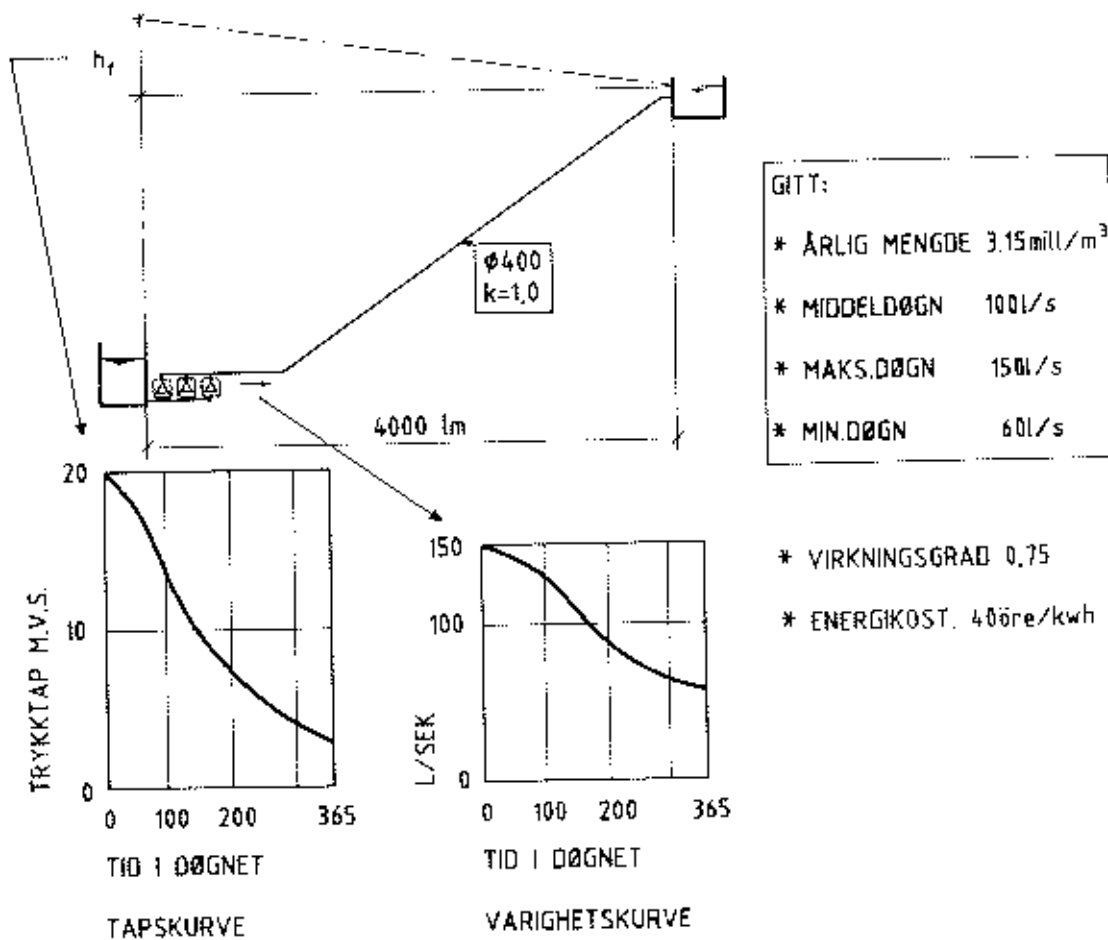
### 3.3.7. Døgnutjevning/variasjon i vannforbruk (skjema G)

Metoden er i prinsippet som i pkt 3.3.6. Forbruket utgjør differansen mellom registrert vannmengde i måler på hovednettet og nivåendring i basseng.

$$Q_{\text{FORBRUK}} = Q_{\text{MÅLER}}^{\circ} - \frac{A}{T} \cdot h_{\text{BASSENG}} \quad (3-9)$$

Med utgangspunkt i disse målingene kan krav til utjevningvolum enkelt beregnes. Kravet tilsvarende det volumet i døgnforbrukskurven som ligger over døgnmiddelverdien. Beregningene krever et statistisk underlag. Det foreslås derfor å beregne utjevningvolum hvert døgn. Beregningene kan sorteres og presenteres på en årlig frekvensfordelingskurve, og på den måten gi grunnlag for en risikovurdering knyttet til utjevningsbassengets størrelse.

Ved hjelp av statistiske data er det mulig å skaffe seg oversikt over variasjonen i døgnforbruk mellom ulike ukedager, sesonger o.l. Dette kan utnyttes til å redusere evt pumping til utjevningbasseng. En slik utnyttelse kan gi betydelige besparelser som vist på figuren på neste side.



Energikostnadene for å overvinne tapet blir:

- \* Hele mengden pumpes med maks. døgncapasitet (150 l/sek) ca. kr. 83.000,-
- \* Pumpingen tilpasses varighetskurven ca. kr. 44.000,-

=====  
Energibesparelse ca. kr. 39.000,-  
=====

Nåverdien av besparelsen regnet over 20 år og 7 % realrente blir:

**ca. kr. 413.000,-**

Figur 3.9. Eksempel på nytteverdi ved pumping etter prognostisert døgnsforbruk.

### 3.3.8. Utjevning/variasjon i vannforbruk (skjema H)

Metoden er prinsipielt lik "døgnutjevning/variasjon i døgnforbruk", kfr pkt 3.3.6 og 3.3.7.

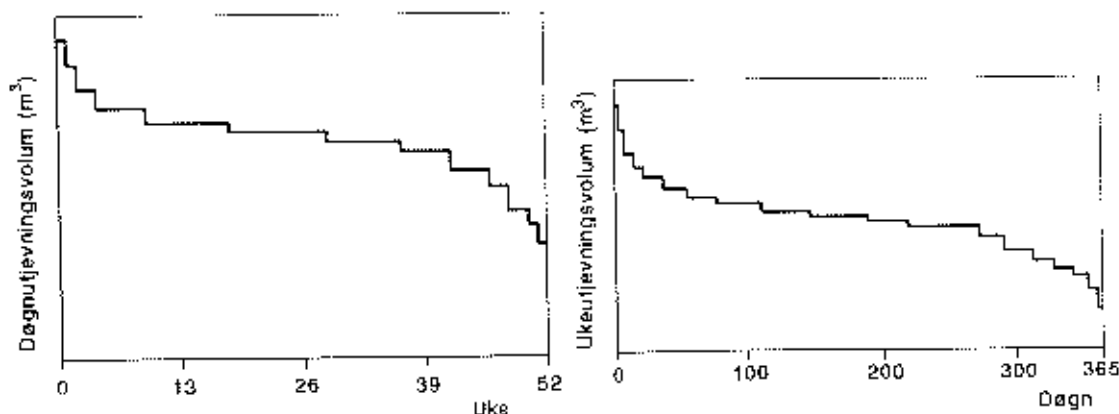
Døgnmiddelvannforbruket vil variere fra dag til dag og mellom de forskjellige ukedagene. Ved å øke utjevningsvolumet til full "ukeutjevning", kan kapasiteten på overføringsledningen reduseres.

Krav til ukeutjevning beregnes som

$$\begin{aligned} & \text{Døgnutjevningsvolum (se 3.3.7)} \\ & + \\ & \text{Ukeutjevningsvolum} \end{aligned}$$

Ukeutjevningsvolumet regnes som summen av døgnmiddelverdien som overstiger ukemiddelverdien.

Tilsvarende som for døgnutjevningsvolum bør det også beregnes et ukeutjevningsvolum hver uke. Beregningene kan sorteres og presenteres som en årlig frekvensfordelingskurve.



Figur 3.10. Beregnet døgnutjevningsvolum vil variere fra dag til dag. Beregnet ukeutjevningsvolum vil variere fra uke til uke. De beregnede verdier over f eks et år kan sorteres etter fallende verdi og presenteres som frekvensfordelingskurver.

### 3.3.9. Dosering av kjemikalier for justering av vannkvalitet (skjema I)

---

Dette omfatter desinfeksjon, pH-justering, alkalisering m m. Effekten av vannkvalitetsjusteringen bør overvåkes på driftskontrollanlegget.

I skjema I er justering av pH brukt som eksempel.

Med utgangspunkt i målt vannkvalitet og en bør-verdi beregnes avvik fra ønsket verdi. Denne sammenholdes med en dose/responskurve, og nødvendig dosering beregnes. Denne kan brukes som utgangspunkt ved styring av doserings-utstyret.

Med tanke på aktuell statistikk anbefales døgnmidler og med sortering av data og utarbeidelse av årlige frekvensfordelingskurver.

Måleutstyr for kontinuerlig måling av klorrest, pH, alkalitet osv har til nå hatt visse svakheter ved at det kan være ustabil og krever en høy grad av vedlikehold/kalibrering.

Det har derfor vært vanlig at dosering for justering av vannkvalitet har skjedd mengdeproporsjonalt, dvs styrt kun ut fra vannføringsmåling. Dette er tilstrekkelig så lenge råvannskvalitet og konsentrasjon av doseringsløsning ikke varierer.

Kontinuerlig registrering av klorrest, pH etc har hovedsakelig blitt brukt for alarmfunksjoner.

### 3.3.10. Avløpsmengde i overløp (skjema J)

---

Måling av avlastet avløpsmengde i overløp vil trolig bli en viktig del av framtidige driftskontrollanlegg.

Registrert momentanverdi kan knyttes til automatisk styring av pumpestasjon, luker for fordrøyning etc.

Statistiske verdier registreres (selvfølgelig) bare når overløpet er i funksjon. Både times-, døgn-, måned- og årsmidler er aktuelle.

Det finnes i prinsippet en rekke forskjellige typer overløpskonstruksjoner, se /8/. Overløpsmengden finnes ved å måle vannstanden foran et definert måleprofil. I skjema J er vist et V-overløp inne i en avløpspumpe-stasjon. I figur 3.11 er vist et høyt sideoverløp og et sentraloverløp ute på ledningsnett.

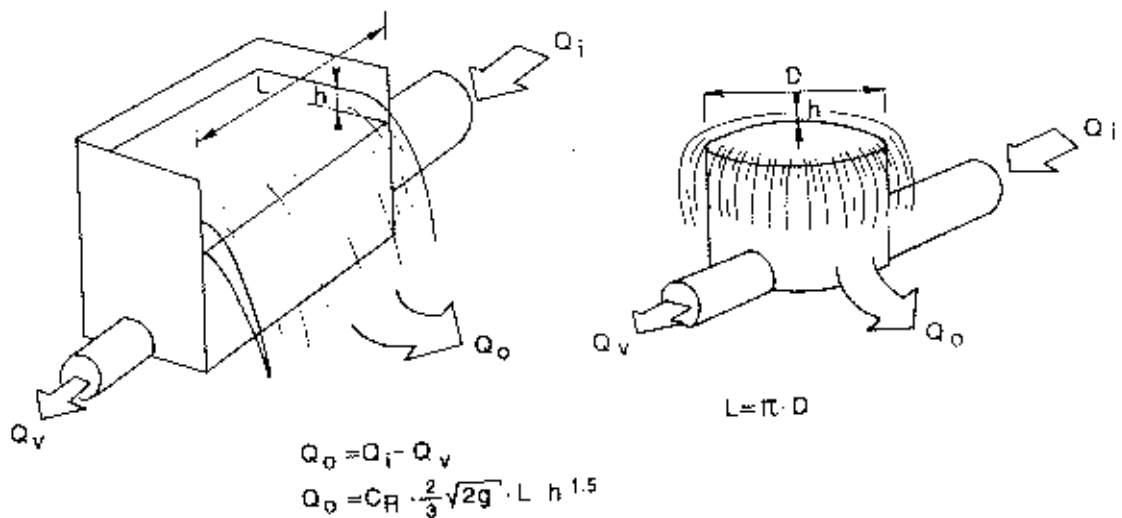
Vannmengde gjennom et V-overløp er gitt ved:

$$Q = C_V \frac{8}{15} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \sqrt{2g} h^{2.5} \quad (3-10)$$

Vannmengde gjennom et rektangeloverløp er gitt ved:

$$Q = C_R \cdot \frac{2}{3} \sqrt{2g} L h^{1.5} \quad (3-11)$$

hvor:  $C_V$  og  $C_R$  = "konstanter" (avhenger bl a av  $h/L$ )  
 $g$  = tyngdens akselerasjon ( $9,81 \text{ m/s}^2$ )  
 $h$  = høyde over overløpskant (m)  
 $L$  = lengde på overløpskant (m)  
 $\alpha$  = vinkel i V-overløp  
 $Q$  = vannføring ( $\text{m}^3/\text{s}$ )



Figur 3.11. Avlastet vannmengde, høyt sideoverløp og sentraloverløp.

### Nøyaktighet

Usikkerheten i beregningene er knyttet til valg av C-verdi, feil i målt vinkel på V-overløp, feil i målt lengde på overløpskant og feil i målt høyde over overløpskanten. Vedrørende valg av C-verdi henvises til /7/.

For skarpkantede overløp kan normalt både  $C_V$  og  $C_N$  settes tilnærmet lik 0,6 med en usikkerhet på ca 3%.

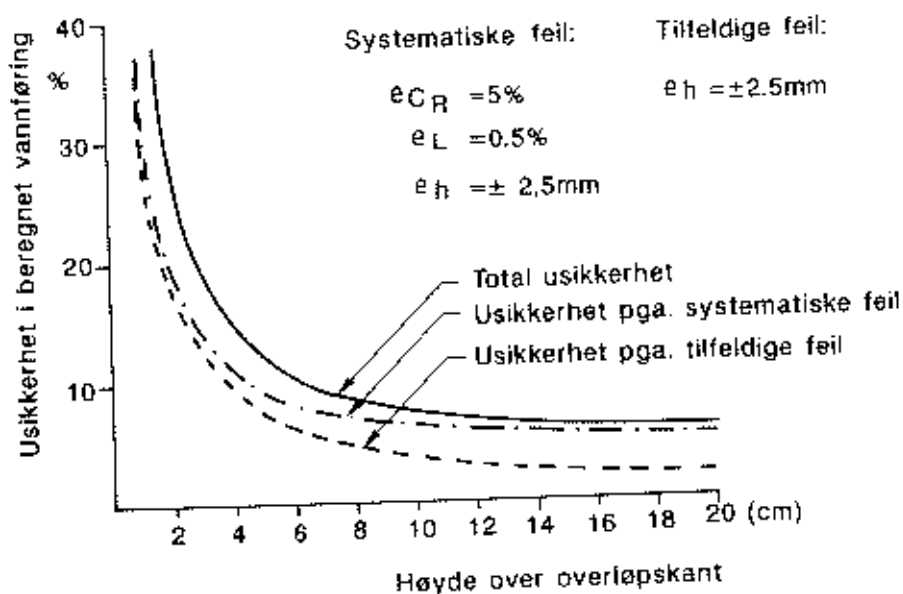
Feil i målt høyde over overløpskanten kan ha årsak i at 0-nivå er feil stilt i forhold til overløpskanten, at det er feil på selve måleutstyret (systematiske feil), eller at det er uroligheter på vannoverflaten (tilfeldige feil), kfr 3.2.1.

For et rektangeloverløp blir måleusikkerhet på grunn av systematiske feil:

$$e_Q = \sqrt{e_{C_R}^2 + e_L^2 + 1,5^2 \cdot e_h^2} \quad (3-12)$$

hvor:  $e_{C_R}$  = usikkerhet i bestemmelse av  $C_R$   
 $e_L$  = usikkerhet i bestemmelse av overløpskantens lengde  
 $e_h$  = usikkerhet i bestemmelse av h

Figur 3.12 viser usikkerhet i beregnet vannføring for et skarpkantedt høyt sideoverløp der  $e_{C_R} = 5\%$ ,  $e_L = 0,5\%$  og  $e_h = \pm 2,5$  mm.



Figur 3.12. Usikkerhet i beregnet vannføring på grunn av systematiske og tilfeldige feil.

For andre overløpssystemer som sentraloverløp og hvirveloverløp er det større usikkerhet knyttet til valg av C-verdi.

### 3.3.11. Vannføring i delfylte rør (skjema K)

Dersom vannføringen ute på avløpsnett skal måles, bør det etableres et definert måleprofil, dvs målerenne, overløp e l. For nærmere beskrivelse av måleprofiler henvises til /7/.

I vårt eksempel er det tatt utgangspunkt i en Palmer Bowlus målerenne. Nivået måles med ekkolodd e l, se /7/. For denne typen målerenne gjelder:

$$Q = \sqrt{g} C_s C_d C_v \cdot b \cdot h^{1.5} \quad (3-14)$$

hvor:  $g$  = tyngdens akslerasjon ( $9,81 \text{ m/s}^2$ )

$C_s, C_d, C_v$  = koeffisienter

$b$  = bunnbredde (m)

$h$  = vannstand i tilløpskanal i forhold til bunn renne (m)

Måling av vannføring er interessant i sammenheng med studier av inn- og utlekking. Det er aktuelt å registrere døgnvariasjoner, sammenheng med nedbør, snøsmelting og grunnvannsendringer.

Variasjoner pga spillvann, nedbør og snøsmelting dekkes ved data for time - døgn - måned og år. I tillegg bør større oppløselighet (ned til 5 min) benyttes for spesielle avrenningsstudier.

Avrenningsvariasjoner pga grunnvannsendringer skjer tregere. Hvis dette er hovedmålet med registreringen, er det tilstrekkelig å presentere data som ukes- eller månedsmidler.

I tillegg bør det beregnes frekvensfordeling- eller varighetskurver basert på time- og døgnmiddelverdier.

#### Nøyaktighet

Usikkerheten i beregnet vannføring for en Palmer Bowlus renne er avhengig av usikkerheten i bestemmelse av de forskjellige koeffisientene, bunnbredde og målt vannstand. Når målereana er kalibrert, er det derfor kun usikkerheten i målt vannstand som har betydning. Da blir usikkerheten i beregnet vannføring 1,5 ganger usikkerheten i målt vannstand.

Dersom det ikke stilles større krav til målnøyaktighet enn 20 - 50%, kan vannføringen beregnes ut fra målt delfylling når ledningen har jevnt fall og strømningsforholdene er gode. En kan da benytte følgende formel:

$$Q = M \cdot A \cdot R^{0.67} \cdot I^{0.5} \quad (3-13)$$

hvor: M = Mannings tall for fylt rør  
 A = strømningsstverrsnitt  
 $R = \frac{A}{P}$  = hydraulisk radius (P = våt omkrets)  
 I = rørets helning

Dette er nærmere beskrevet i "Håndbok i vannføringsmålinger" /7/.

### 3.3.12: Forurensningstransport i ledningsnett (skjema L)

Forurensningstransporten er gitt ved:

$$m = K \cdot V$$

(3-15)

hvor:  $K$  = forurensningskonsentrasjon ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$V$  = vannmengde ( $\text{m}^3/\text{d}$ )

$m$  = forurensningstransport ( $\text{kg}/\text{d}$ )

Målingene av forurensningskonsentrasjon synes å bli mer og mer aktuelt, særlig i sammenheng med næringssaltet fosfor.

Det finnes i dag ingen enkle sensorer for kontinuerlig måling av næringssalter i avløpsvann. Det som finnes er automatisk analyseutstyr for f.eks. ammonium og fosfat. Dette er dyrt utstyr som krever et gunstig miljø og høy grad av vedlikehold/kalibrering.

I forbindelse med måling av forurensningstransport er det derfor fremdeles mest aktuelt at beregningene baserer seg på målt vannføring og manuelle analyser av mengdeprosjonale blandprøver.

I likhet med vannføring bør data for forurenstransport presenteres som time- døgn- måned- og årsmiddelerverdier, og frekvensfordelingskurver beregnes.

Måling av forurensningstransporten er et viktig grunnlag for planlegging av eventuelle saneringstiltak og for optimal styring av pumper og overløp. Den kan gi et bedre dimensjoneringsgrunnlag for renseanlegg, og vil endelig kunne være et viktig hjelpemiddel for utslippskontroll.

### Nøyaktighet

Usikkerhet i beregningene er avhengig av feil i målt vannføring og feil i målt forurensningskonsentrasjon.

Dersom f.eks. total usikkerhet i vannføringsmålingene er  $e_v = 8\%$  og total usikkerhet i bestemmelse av forurensningskonsentrasjon er  $e_k = 10\%$ , blir total usikkerhet i måling av forurensningstransport

$$e_m = \sqrt{e_v^2 + e_k^2} = \sqrt{64 + 100} = 12,8 \%$$

Beregningen forutsetter tilfeldige og/eller mange små systematiske feil. Større systematiske feil behandles særskilt /5/.

### 3.3.13. Kloakkpumpestasjon - tilrenning og pumpekapasitet (skjema M)

---

Målinger i pumpestasjoner kan gi flere typer informasjon inn til driftskontrollanlegget.

- Tilrenning
- Pumpekapasitet
- Virkningsgrad for pumpesystem (skjema C)
- Overløp (skjema J)

Nivåmålingene er grunnlaget for lokal styring av pumpestasjonen, samt alarmerfunksjoner.

Når en kjenner start- og stoppnivå for pumpene, er også magasinvolument i pumpestasjonen kjent. I en stasjon der en pumpe går om gangen gjelder:

$$Q_t = \frac{M}{T_s} \quad (3-16)$$

og 
$$Q_p = \frac{M(T_s + T_g)}{T_s \cdot T_g} \quad (3-17)$$

hvor:  $M$  = magasinvolum (l)  
 $T_s$  = tid pumpen står (s)  
 $T_g$  = tid pumpen går (s)  
 $Q_t$  = tilrenning (l/s)  
 $Q_p$  = pumpekapasitet for en pumpe (l/s)

De statistiske data bør tilsvarende som vannføring og forurensnings-transport presenteres som døgn- måned- og årsaidler, samt som frekvensfordelingskurve.

I sammenheng med spesielle undersøkelser (kalibrering av analyseprogram etc) bør det være mulig å hente inn data med større oppløsning, f eks vannstandsstigning/min når pumpe ikke er i drift.

#### Nøyaktighet

Magasinvolum i pumpestasjonen kan kalibreres mot en kjent vannmengde eller det kan måles opp. Dette må utføres nøyaktig ettersom denne feilen gir samme feil i vannføring.

Størst målesikkerhet ligger i måling av nivåforskjell mellom start og stopp for pumpene. Det er nå mest vanlig at det brukes trykkceller eller ekkolodd som nivåsensorer for pumpestyring.

Usikkerheten i målt nivåforskjell mellom start og stopp av pumpene bør kunne komme ned mot 2,5 cm selv om det er noe bølgeskvalp i sumpen. Nivåforskjellen mellom start og stopp er vanligvis større enn 50 cm. Dvs at usikkerheten i målingene kan bli rundt 5% eller bedre.

Ved start og stopp av pumper med lang ledning og liten godetisk løftehøyde, vil det ta noe tid før stasjonære strømningsforhold er etablert. Dette må sjekkes i hvert enkelt tilfelle. Beregningsmetode er angitt i /14/.

### 3.3.14. Beregning av frostmengde (skjema N)

I forbindelse med en utestasjon vil det normalt være enkelt å etablere en kontinuerlig registrering av utetemperatur.

På bakgrunn av disse registreringene vil en kunne få fram data om temperaturforløp og beregning av frostmengde.

Beregning av frostmengde vil igjen kunne gi informasjon ved lokale vurderinger av teledyp.

Det vil også være aktuelt å plassere termometer i ledningsgrøfter for å skaffe direkte informasjon om frostnedtrengning ved forskjellige grunnforhold og grøfteutførelser.

### 3.3.15. Beregning av lekkasje ved hjelp av trykkmåling

I forbindelse med installasjon av et driftskontrollanlegg vil det være enkelt å få etablert trykkregistreringer på flere steder i vannforsyningsnettet. F.eks. vil det i alle avløpspumpestasjoner være innlagt vann. Dersom en registrerer vanntrykk i tillegg til de andre måleparametrene i avløpspumpestasjonen, vil dette kunne gi verdifull informasjon om trykkforholdene rundt om på nettet.

En slik kontinuerlig overvåking av trykk vil gi en god oversikt over trykkforhold og kan benyttes til å varsle uregelmessigheter på nettet. F.eks. kan store unormale uttappinger/lekkasjer påvises på bakgrunn av denne typen registreringer.

#### 4. Litteraturreferanser

- /1/ Mosevoll, G., Røstad, C., Skybakmoen, S.:  
 "Planlegging av drift, vedlikehold og fornyelse av VA-  
 ledningsnett" 2 utgave  
 Brukerrapport 5B/87, Program for VAR-teknikk  
 ISBN 82-7337-156-5
- /2/ Finsrud, R. et al:  
 "Driftskontroll for VA-anlegg"  
 Brukerrapport 7/87, NINFs Program for VAR-teknikk  
 ISBN 82-7337-158-1
- /3/ Devold, A.:  
 "Hvorfor kjøpe drift-/fjernkontrollanlegg?"  
 Fagtreff Brukerforeningen EDB i VAR-teknikken 1990.
- /4/ Häusler, J., Flatin, A., Muri, S., Thorholfsson, T.:  
 "VALOG, Programsystem for urbanhydrologiske data",  
 Prosjektrapport 77/88, Program for VAR-teknikk  
 ISBN 82-7337-087-9
- /5/ Mosevoll, G.:  
 "Kvalitetssikring ved måling av vannføring og forurensnings-  
 transport"  
 Prosjektrapport 52/86, NINFs Program for VAR-teknikk  
 ISBN 82-7337-058-5
- /6/ Tveit, O.A.:  
 Sensorer og måleutstyr for styring og overvåking av VA-anlegg  
 NORVAR prosjektrapport 18/1991.
- /7/ Mosevoll, G., Wedum, K., Sægrov, S.:  
 "Håndbok i vannføringsmålinger" 2 utg. 1991  
 Statens forurensningstilsyn/Program for VAR-teknikk  
 ISBN 82-595-6443-2

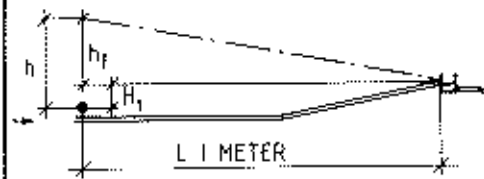
- /8/ Aaby, L.:  
"Overløp med partikkelfjerning"  
Brukerrapport 10/88, NTNFs Program for VAR-teknikk  
ISBN 82-7337-167-0
- /9/ Lyngfeldt, S.:  
Styrning av fløden i avloppssystem  
Raport B:51 Chalmers Tekniska Högskole 1989
- /10/ Fuchs, L., Neuman, A.:  
"Real-time Control of Sewer Systems with methods and  
artificial intelligence"  
IAWPRC, Lausanne 1987, pp 271-276
- /11/ Jacobsen, P.:  
"Aspects of the future main planning test"  
IAWPRC, Lausanne 1987, pp 228 - 245
- /12/ Halvorsen, K.:  
"Prosjektrapport fjernstyring og fjernovervåking av vannverk  
og avløpsanlegg"  
Bardu kommune 1990
- /13/ Westberg, O.:  
"Fjernkontroll av vann- og avløpsnett i Bærum kommune"  
Bærum kommune 1985.
- /14/ Mosevoll, G.:  
"Trykkstøt i pumpeledninger for avløpsvann"  
Prosjektrapport 66/87, NTNFs Program for VAR-teknikk  
ISBN 82-7337-073-9
- /15/ SIHI  
"Basic Principles for the design of centrifugal pump Installa-  
tions"  
1980 SIHI-Halberg, Halbergstr. 1, D 6700 Ludwigshafen

VEDLEGG 1  
Skjema for driftsdataberegninger

## A

## MENGDYR I FYLTE RØR BESTEMMES VED TRYKKMÅLING

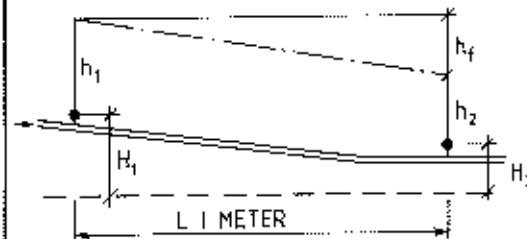
## PRINSIPPSKISSE



$$h_f = |h - H_1|$$

$H_1$  = STATISK HØYDE-  
DIFFERANSE

$h$  = MÅLT TRYKK



$$h_f = (H_1 + h_1) - (H_2 + h_2)$$

$H_1$  OG  $H_2$  = KOTEHØYDER

$h_1$  OG  $h_2$  = MÅLTE TRYKK

## FORMEL

GRUNNFORMEL

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

$h_f$  = TAP I METER

$f$  = FRIKSJONSKOEFFISIENT

$L$  = LEDNINGSLENGDE I METER

$D$  = INNVENDIG DIAMETER I METER

$g$  = GRAVITASJONSKONSTANTEN 9,81 M/SEK<sup>2</sup>

$$Q = 3477 \times D^2 \times \sqrt{\frac{h_f \times D}{f \times L}} \quad \text{L/SEK}$$

DIAMETER	f - VERDI			
	K=0,1	K=0,2	K=0,3	K=0,4
0,2	0,019	0,026	0,031	0,038
0,3	0,017	0,023	0,027	0,033
0,4	0,016	0,021	0,025	0,030
0,5	0,015	0,020	0,024	0,028
0,6	0,015	0,020	0,024	0,028

f - VERDIEN BØR  
KONTROLLERES  
VED FORSØK

Tabellen er basert på vannhastighet ca. 1 m/s

## MÅLEPARAMETRE

- \* TRYKK
- \* SANNTIDSREGISTRERING

## EKSEMPEL

- \* TRYKKLEDNING Ø200 (0,2M) , LENGDE 850 LM
- \* K-VERDI 1,0 (f = 0,031)
- \*  $h_f = 2,1$  M

$$Q = 3477 \times 0,2^2 \times \sqrt{\frac{2,1 \times 0,2}{0,031 \times 850}} = \underline{17,6 \text{ L/SEK}}$$

## PRESENTASJON

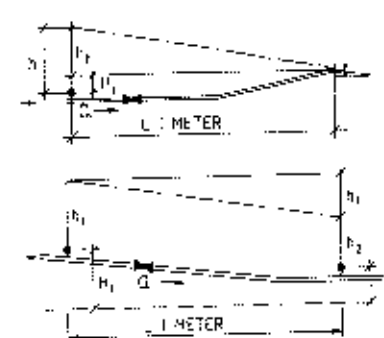
- \* SOM MOMENTANVERDI PÅ SKJERMBILDET
- \* SOM TRENDKURVE: DØGN  
UKE  
MÅNED  
ÅR

## BRUK/NYTT

- \* ERSTATTER MENGDYMÅLER
- \* KONTROLL AV PUMPEKAPASITET
- \* KONTROLL AV ANNEN FORM FOR MENGDEREGISTRERING

## B

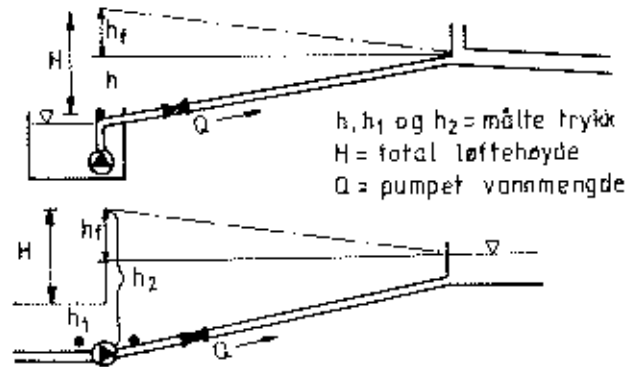
## RUHET I LEDNINGER

PRINSIPPSKISSE	 <p> <math>h_f = H_1 - H_2</math>  <math>H_1</math> - STATISK HØYDE-  DIFFERANSE  <math>h</math> = MÅLT TRYKK  <math>Q</math> = MÅLT VANNFORING  <math>H_1</math> OG <math>H_2</math> = KØTSEHØYDER  <math>h_1</math> OG <math>h_2</math> = MÅLTE TRYKK </p>
FORMLER	$f = \frac{\pi^2 \cdot D^5 \cdot g \cdot h_f}{8 \cdot Q^2 \cdot L}$ $k = \left( \frac{1}{10 \cdot \frac{1}{Z \sqrt{f}}} - \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right) \cdot 3.71 \cdot D$ <p> <math>f</math> = FRIKSJONSKOEFFISIENTEN  <math>D</math> = INNVENDIG LEDNINGSDIAMETER (m)  <math>g</math> = TYNGDENS AKSELERASJON (9.81 m/s<sup>2</sup>)  <math>h_f</math> = FRIKSJONSTAP (m)  <math>Q</math> = VANNMENGDE (m<sup>3</sup>/s)  <math>L</math> = LEDNINGSLENGDE (m)  <math>k</math> = ABSOLUTT RUHET (m)  <math>Re = \frac{V \cdot D}{\nu} =</math> REYNOLDSTALL, <math>V = \frac{4Q}{\pi D^2}</math>  <math>\nu</math> = VANNETS KINEMATISKE VISKOSITET (m<sup>2</sup>/s) </p>
MÅLEPARAMETRE	<ul style="list-style-type: none"> <li>* TRYKK</li> <li>* VANNMENGDE</li> <li>* SANNTID</li> </ul>
EKSEMPEL	<ul style="list-style-type: none"> <li>* <math>\varnothing</math> 200mm LEDNING, <math>L = 1000</math>m</li> <li>* <math>h_f = 3.5</math>m</li> <li>* <math>Q = 21</math> L/S</li> <li><math>f = 0.0307</math>    <math>k = 1.04</math>mm</li> </ul>
PRESENTASJON	<ul style="list-style-type: none"> <li>* SOM MOMENTANVERDI PÅ SKJERM</li> <li>* SOM TRENDKURVE: UKE MÅNED ÅR</li> </ul>
NYTTE	<ul style="list-style-type: none"> <li>* KONTROLL AV LEDNING</li> <li>* GRUNNLAG FOR SPYLERUTINER</li> </ul>

C

## VIRKNINGSGRAD PUMPEANLEGG

## PRINSIPPSKISSE



## FORMEL

$$P = \frac{Q H \cos \varphi}{102 \eta}$$

 $P \cdot \cos \varphi$  = effektforbruk pumpe (kW)

 $\varphi$  = faseforskyvning mellom strøm og spenning

 $H$  = total løftehøyde (m)

 $Q$  = pumpet vannmengde (l/s)

= pumpens virkningsgrad

$$\eta = \frac{Q H \cos \varphi}{102 P}$$

## MÅLEPARAMETRE

- \* TRYKK
- \* EFFEKTFORBRUK
- \* VANNMENGDE
- \* SANNTID

## EKSEMPEL

$$P = 10 \text{ kW}$$

$$Q = 15 \text{ l/s}$$

$$H = 50 \text{ m}$$

$$\eta = \frac{15 \cdot 50 \cdot 0.9}{102 \cdot 10} = 0.67$$

## PRESENTASJON

- \* SOM MOMENTANVERDI PÅ SKJERM
- \* SOM TRENDKURVE: UKE  
MÅNED  
ÅR

## NYTTE

- \* KONTROLL AV PUMPEANLEGG
- \* KAN UT FRA SAMME MÅLEDATA OVERVÅKE  
RUHET I PUMPELEDNING, KFR. SKJEMA B

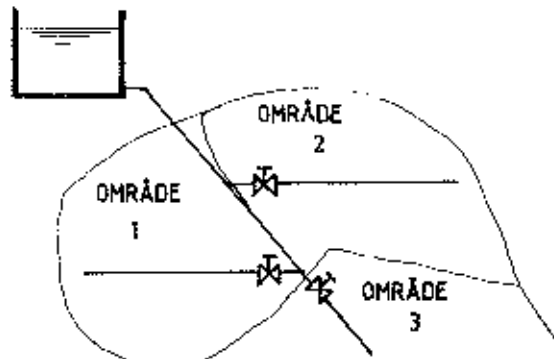
## D

VANNMENGDE INN OG UT AV HØYDEBASSENG	
PRINSIPPSKISSE/ SKJERMBILDE	
FORMEL	<p>DET BENYTTES TID- OG NIVÅREGISTRERING</p> $Q = \frac{A \times h}{T \times 60}$ <p>Q = L/SEK A = BASSENGAREAL M<sup>2</sup> h = NIVÅENDRING I MM ETTER T MIN.</p>
MÅLEPARAMETRE	<ul style="list-style-type: none"> <li>* SANNTLOSREGISTRERING</li> <li>* NIVÅ</li> </ul>
EKSEMPEL	<ul style="list-style-type: none"> <li>* BASSENGAREAL 500 M<sup>2</sup></li> <li>* LOGGETID 20 MIN</li> <li>* NIVÅSENKING -11 MM</li> <li>* UT AV BASSENGET <math>\frac{500 \times 11}{20 \times 60} = \underline{4,6 \text{ L/SEK}}</math></li> </ul>
PRESENTASJON	<p># MOMENTANVERDI OG HVILKEN VEI VANNET GÅR VISES PÅ SKJERMBILDET</p>
BRUK/ NYTTE	<ul style="list-style-type: none"> <li>* LEKKASJEKONTROLL (ALT VANN FRA BASSENGET)</li> <li>* ALARM VED STOR UTTAPNING</li> <li>* BRUK AV BASSENGET</li> <li>* ERSTATTER MENGMÅLER</li> </ul>

## E

## LEKKASJEKONTROLL VED MÅLING FRA HØYDEBASSENG

PROSESSKISSE



FORMEL

$$Q = \frac{A \times h}{T \times 60}$$

Q = L/SEK.  
 A = BASSENGAREAL M<sup>2</sup>  
 h = NIVÅENDRING I MM ETTER  
 T MINUTTER

MÅLE-  
PARAMETRE

- \* NIVÅREGISTRERING
- \* SANNTIDSREGISTRERING

EKSEMPEL

REGISTRERING VED SEKSJONSVIS AVSTENGING

A= 500 M<sup>2</sup>

T= 20 MIN.

OMRÅDE	ANTALL P	HOVED LEDN. KM	VENTILER STENGT	h mm	FORBRUK		
					L/SEK.	L/P.O.	L/S/KM/SEK.
1-2+3	2500	25	INGEN	46			
1	1000	11	2-3	15			
2	800	8	1+3	18			
3	700	6	1-2	15			

PRESEN-  
TASJON

- \* FORBRUK ANGIS SOM:  
 L/PERSON PR.DØGN  
 L/SEK./KM HOVEDLEDNING  
 L/SEK.
- \* TRENDKURVER

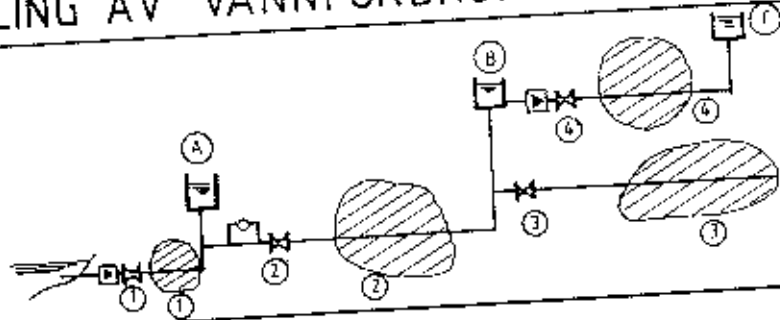
NYTTE

LEKKASJEKONTROLL.

F

# SONEVIS FORDELING AV VANNFORBRUK

PROSESSKISSE



FORMLER

FORBRUK I EN TIDSPERIODE ER

$$\text{MÅLT MENGDE} \div \text{VOLUMENDRING BASSENG}$$

MÅLE -  
PARAMETRE

- \* MENGDE
- \* NIVÅ I BASSENG
- \* SANNTIDSREGISTRERING

EKSEMPEL

DØGNFORBRUK I SONE 1 I PROSESSKISSEN (FRA KL. 12.00 TIL KL. 12.00 NESTE DAG)

$$\text{MÅLT MÅLER 1} \div \text{BASSENGENDRINGER I BASSENG A} = \text{MÅLT I MÅLER 2}$$

DØGNFORBRUK SONE 3

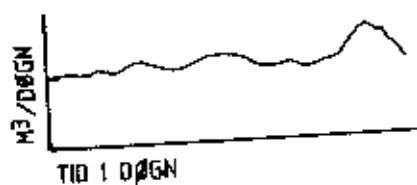
$$\text{MÅLT I MÅLER 3}$$

PRESENTASJON

TABELL OVER DE 10 SISTE DØGN

DATO	MENGDE M <sup>3</sup> /DØGN						
	SONE NR.						
	1	2	3	4	5	6	7
01.07.90	80	316.					
02.07.90	66	350					
03.07.90	94	370					
04.07.90	112	387					
05.07.90	127	412					
d.s.v.	d.s.v.	d.s.v.					

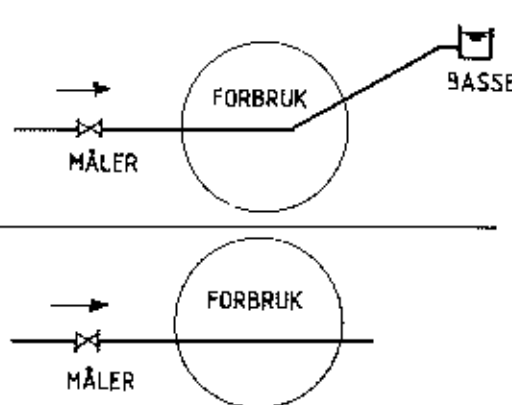
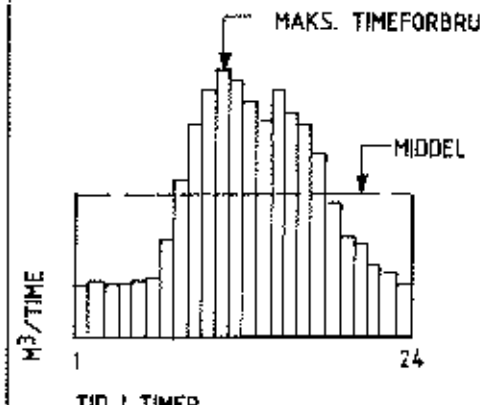
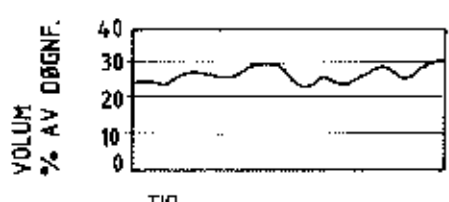
TRENDKURVE FOR HVER SONE:



NYTTE

- \* LEKKASJEØVERVÅKING
- \* GOD ØVERSIKT FOR TILTAKSVURDERING

## G

DØGNUTJEVNING/VARIASJON I VANNFORBRUK																																																			
PROSESSKISSE MED OG UTEN BASSENG	 <p>FORBRUK PR. TIME: * TILFØRSEL ± BASSENGENDRING</p> <p>* TILFØRSEL</p>																																																		
FORMEL	 <p>MAKS. TIMEFORBRUK</p> <p>MIDDEL</p> <p>M<sup>3</sup>/TIME</p> <p>TID I TIMER</p> <p>Q = SUM TIMEFORBRUK I ETT DØGN I M<sup>3</sup></p> <p>V = UTJEVNINGSVOLUM I M<sup>3</sup> (SUM AV TIMEFORBRUK OVER MIDDEL)</p> <p>% = <math>\frac{\text{UTJEVNINGSVOLUM} \times 100}{\text{DØGNFORBRUK}}</math></p>																																																		
MÅLEPARAMETRE	<ul style="list-style-type: none"> <li>* MENGDE</li> <li>* NIVÅ I BASSENG</li> <li>* SANNTIDSREGISTRERING</li> </ul>																																																		
EKSEMPEL	<table border="1" data-bbox="510 1366 1388 1500"> <thead> <tr> <th>TIME</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> <th>11</th> <th>12</th> <th>13</th> <th>14</th> <th>15</th> <th>16</th> <th>17</th> <th>18</th> <th>19</th> <th>20</th> <th>21</th> <th>22</th> <th>23</th> <th>24</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M<sup>3</sup>/TIME</td> <td>15</td> <td>16</td> <td>15</td> <td>15</td> <td>16</td> <td>17</td> <td>20</td> <td>45</td> <td>60</td> <td>70</td> <td>76</td> <td>73</td> <td>67</td> <td>62</td> <td>70</td> <td>63</td> <td>60</td> <td>52</td> <td>38</td> <td>28</td> <td>26</td> <td>20</td> <td>19</td> <td>15</td> </tr> </tbody> </table> <p>SUM TIMEFORBRUK = DØGNFORBRUK = 966 M<sup>3</sup></p> <p>MIDDEFORBRUK M<sup>3</sup>/TIME = <math>\frac{966}{24}</math> = 40,25</p> <p>SUM TIMEFORBRUK OVER MIDDEL (UTJ.VOLUM) = 255,25 M<sup>3</sup></p> <p>UTJ. VOLUM I % AV DØGNFORB. <math>\frac{255,25 \times 100}{966}</math> = 26,42%</p>	TIME	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	M <sup>3</sup> /TIME	15	16	15	15	16	17	20	45	60	70	76	73	67	62	70	63	60	52	38	28	26	20	19	15
TIME	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24																											
M <sup>3</sup> /TIME	15	16	15	15	16	17	20	45	60	70	76	73	67	62	70	63	60	52	38	28	26	20	19	15																											
PRESENTASJON	<p>SOM TRENDKURVE:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* MÅNEDSKURVE</li> <li>* ÅRSKURVE</li> </ul> <p>SOM TABELLVERDI</p>  <p>VOLUM % AV DØGNF.</p> <p>TID</p>																																																		
NYTTE	<ul style="list-style-type: none"> <li>* VURDERING AV UTJEVNINGSVOLUM VED NY UTBYGGING.</li> <li>* OPTIMAL BRUK AV HØYDEBASSENG.</li> </ul>																																																		

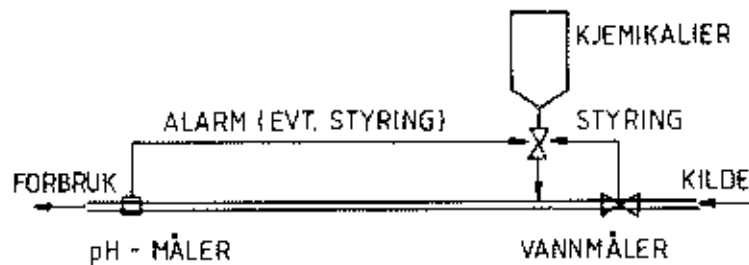
H

UKEUTJEVNING/VARIASJON I VANNFORBRUK																	
PROSESSKISSE	<p>FORBRUK = TILFØRSEL + BASSENG- ENDRING</p> <p>UTEN BASSENG ER FORBRUKET TILFØRT MENGDE</p>																
FORMLER	<p>UKEMIDDEL = <math>\frac{\text{SUM DØGNFORBRUK}}{7}</math></p> <p>VOLUM FOR UKEUTJEVNING SUM AV DØGNFORBRUK OVER UKEMIDDEL</p> <p>UTJEVNINGSVOLUM I % AV UKEFORBRUK: % = <math>\frac{\text{UTJEVNINGSVOLUM} \times 100}{\text{UKEFORBRUK}}</math></p>																
MÅLEPARAMETRE	<ul style="list-style-type: none"> <li>* MENGDE</li> <li>* NIVÅ I BASSENG</li> <li>* SAMTIDSREGISTRERING</li> </ul>																
EKSEMPEL	<p>UKE NR. _____</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DAG</th> <th>MANDAG</th> <th>TIRSDAG</th> <th>ONSDAG</th> <th>TORSDAG</th> <th>FREDAG</th> <th>LØRDAG</th> <th>SØNDAG</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M<sup>3</sup>/DØGN</td> <td>3010</td> <td>3200</td> <td>3112</td> <td>3428</td> <td>3510</td> <td>2630</td> <td>2305</td> </tr> </tbody> </table> <p>SUM DØGNFORBRUK (UKEFORBRUK) = 21195 M<sup>3</sup></p> <p>UKEMIDDEL (MIDDELDØGN) = <math>\frac{21195}{7} = 3028 \text{ M}^3/\text{DØGN}</math></p> <p>SUM DØGNFORBRUK OVER MIDDEL (UKEUTJ.) = 1138 M<sup>3</sup></p> <p>UTJEVNINGSVOLUM I % AV UKEFORBRUK = <math>\frac{1138 \times 100}{21195} = 5,37\%</math></p>	DAG	MANDAG	TIRSDAG	ONSDAG	TORSDAG	FREDAG	LØRDAG	SØNDAG	M <sup>3</sup> /DØGN	3010	3200	3112	3428	3510	2630	2305
DAG	MANDAG	TIRSDAG	ONSDAG	TORSDAG	FREDAG	LØRDAG	SØNDAG										
M <sup>3</sup> /DØGN	3010	3200	3112	3428	3510	2630	2305										
PRESENTERING	<p>SOM TRENDKURVE</p> <p>SOM TABELLVERDI</p>																
NYTTE	<ul style="list-style-type: none"> <li>* VURDERE KAPASITETSØKNING VED UKEUTJEVNING (UKEMIDDEL I STEDEN FOR MAKS. DØGN)</li> <li>* OPTIMAL BRUK AV HØYDEBASSENG</li> </ul>																

## I

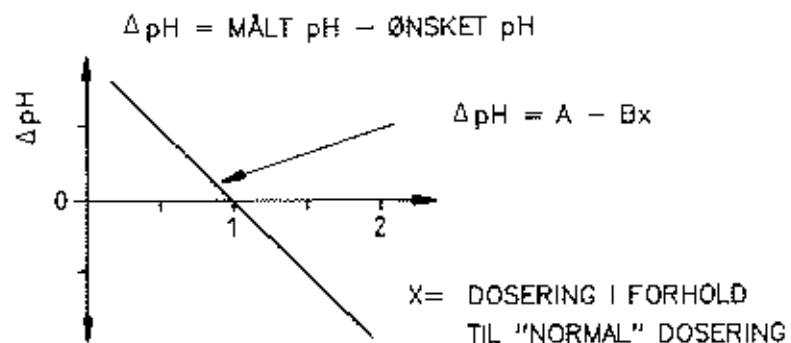
## DOSERING FOR JUSTERING AV VANNKVALITET

## PRINSIPPSKISSE



MENGDEPROPOSJONAL KJEMIKALIEDOSERING  
KAN EVT. OVERSTYRES AV pH-MÅLER PÅ NETTET

## FORMLER



## MÅLEPARAMETRE

- \* pH
- \* VANNMENGDE
- \* SANNTID

## EKSEMPEL

$$\Delta \text{pH} = 2 - 2x$$

$$x = 1 - 1/2 \Delta \text{pH}$$

ØNSKET pH = 8

KLOKKEN	pH	$\Delta \text{pH}$	DOSERINGS-FAKTOR X
12	6.9	-1.1	1.55
14	7.5	-0.5	1.25
16	8.2	0.2	0.9
18	7.8	-0.2	1.1

## PRESENTASJON

- \* MOMENTANVERDI
- \* TRENDKURVER

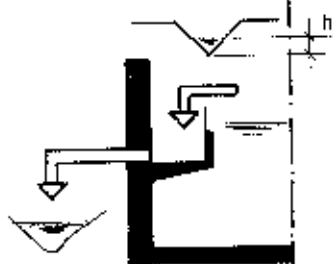
## NYTTE

- \* ALARM
- \* STYRING AV VANNKVALITET

J

## AVLØPSMENGDE I OVERLØP

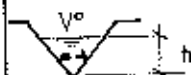
PRINSIPPSKISSE

KJENTE  
OVERLØPS-  
TVERRSNITT

OVERLØPSÅR

FORMLER

FOR V- OVERLØP:



$$q = 1420 \times \operatorname{tg} \frac{v}{2} \times h^{2,5}$$

q = L/SEK.  
v = GRADER  
h = HØYDE I METER

FOR 90° OVERLØP  $q = \underline{\underline{1420 \times h^{2,5}}}$

MÅLE-  
PARAMETRE

- \* NIVÅ
- \* SANNTIDSREGISTRERING
- \* EV. DIGITAL MÅLING FOR Å SE NÅR OVERLØP TRER I DRIFT (F.EKS. NIVÅSTAV, NIVÅVIPPE O.L.)

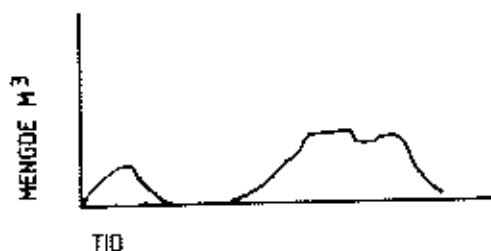
EKSEMPEL

90° OVERLØP  
REGISTRERING HVERT MINUTT  
ETTER AT OVERLØP ER  
I DRIFT

TID ETTER START MIN.	NIVÅ CM	MENNGDE		SUM I OVERLØP M <sup>3</sup>
		L/S	m <sup>3</sup> /h	
1	3	0,22	0,80	0,01
2	6	0,25	4,58	0,09
3	12	7,08	28,08	0,56
4	16	4,54	52,30	1,43
5	10	6,49	16,17	1,70
6	8	2,57	9,25	1,85
7	6	1,25	4,51	1,93
8	4	0,45	1,64	1,96
9	3	0,22	0,80	1,47
10	1	0,01	0,05	1,97

PRESENTA-  
SJON

- \* MOMENTANVERDI
- \* SUM I OVERLØP  
ETTER 0-STILLING
- \* TRENDKURVE



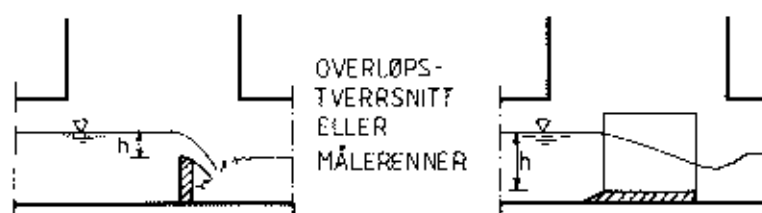
NYTTE

- \* KONTROLL AV OVERLØP
- \* GRUNNLAG FOR TILTAK

## K

## VANNFØRING I DELFYLTE RØR

## PRINSIPPSKISSE



## FORMLER

FOR REKTANGELOVERLØP

$$Q = C \cdot 2/3\sqrt{2g} \cdot L \cdot h^{1.5}$$

 $C_R$  = KOEFFISIENT

g = TYNGDENS AKSELERASJON

L = OVERLØPSKANTENS LENGDE

h = OPPSTUVDING OVER  
OVERLØPSKANT

FOR PB MÅLERENNE

$$Q = C_s \cdot C_d \cdot C_v \cdot b \cdot \sqrt{g} \cdot h^{1.5}$$

 $C_s, C_d, C_v$  = KOEFFISIENTER

b = BUNNBREDDEN

h = OPPSTUVDING OVER  
BUNN RENNE

## MÅLEPARAMETRE

- \* NIVÅ
- \* SANNTID

## EKSEMPEL

Ø 300 mm PALMER BOWLUS MÅLERENNE, TYPE II  
(BUNNBREDDEN 98.9mm, TERSKELHØYDE 19.8mm,  
SIDEHELNING 2:1)

KLOKKEN	NIVÅ cm	MENGDEN	
		l/s	m <sup>3</sup> /s
1205	11.1	9.5	0.570
06	11.3	9.8	
07	11.4	10.0	0.588
08	11.5	10.1	0.600
09	11.3	9.8	0.606
			0.588

## PRESENTASJON

- \* MOMENTANVERDI
- \* TOTAL VANNMENGDE: TIME, DØGN, MÅNED, ÅR
- \* TRENDKURVER

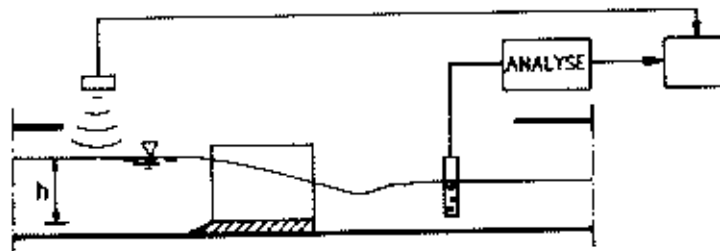
## NYTTE

- \* KONTROLL AV LEDNINGSNETT
- \* DIMENSJONERINGSGRUNNLAG
- \* NØDVENDIG VED BEREGNING AV  
FORURENSNINGSTRANSPORT

## L

## FORURENSNINGSTRANSPORT I LEDNINGSNETT

## PRINSIPPSKISSE



## FORMLER

$$m = K \cdot V$$

$m$  = FORURENSNINGSTRANSPORT (kg/d)

$K$  = FORURENSNINGSKONSENTRASJON (kg/m<sup>3</sup>)

$V$  = VANNMENGDE (m<sup>3</sup>/d)

## MÅLEPARAMETRE

- \* NVA (VANNFØRING)
- \* FORURENSNINGSKONSENTRASJON
- \* SANNTID

## EKSEMPEL

Ø 300mm PALMER BOWLUS MÅLERENNE, TYPE II  
MENGDEPROPORTJONAL PRØVETAKING OG ANALYSE M.H.P.  
FOSFOR

	MAND	TIRSD.	ONSD.	TORSD.	FRED.	LØRD.	SØND.	UKE 43
TOTAL Q(m <sup>3</sup> )	1210	1170	1130	1240	1310	1120	1050	8230
P-KONS. (kg/m <sup>3</sup> )	0.045	0.048	0.054	0.047	0.041	0.055	0.060	
TOTAL P(kg)	54.5	56.2	61.0	58.3	53.7	61.6	63.0	408.3

## PRESENTASJON

\* SOM TRENDKURVE:

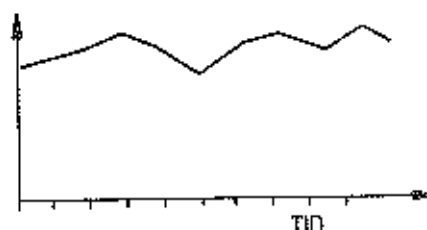
DØGN

UKE

MÅNED

ÅR

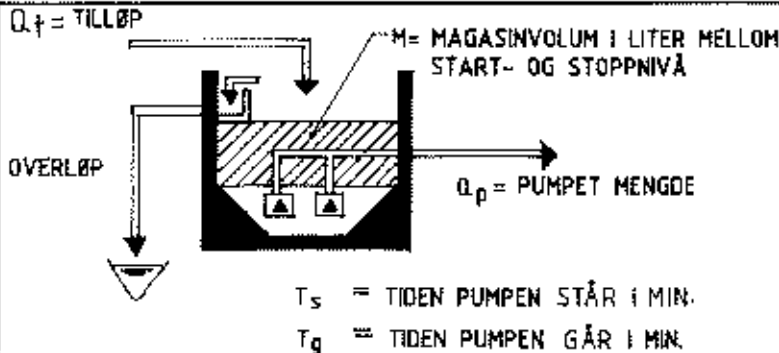
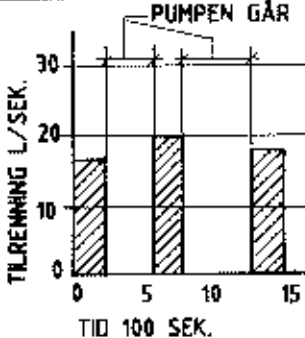
FOSFORPROD.  
PR. PE/DØGN



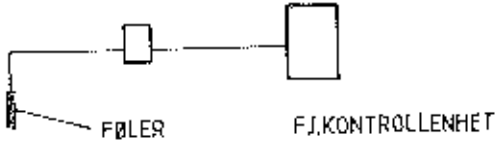
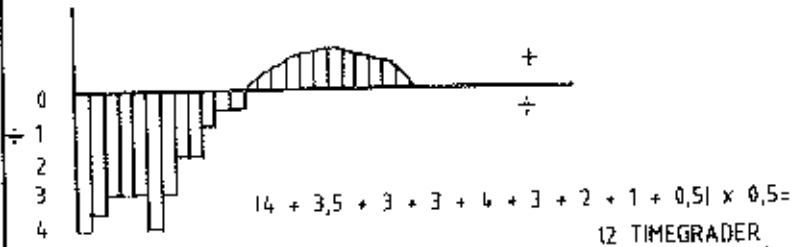
## NYTTE

- \* KONTROLLERE FUNKSJON AVLØPSNETT  
(BEREGNE TILFØRINGSGRAD)
- \* UTSLIPPSKONTROLL

## M

KLOAKKPUMPESTASJON - TILRENNING OG PUMPEKAPASITET	
PROSESSKISSE STASJON FOR TO PUMPER	 <p> <math>Q_t = \text{TILLØP}</math>  <math>M = \text{MAGASINVOLUM I LITER MELLOM START- OG STOPPNIVÅ}</math>  <math>Q_p = \text{PUMPET MENGDE}</math>  <math>T_s = \text{TIDEN PUMPEN STÅR I MIN.}</math>  <math>T_g = \text{TIDEN PUMPEN GÅR I MIN.}</math> </p>
FORMLER	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <math display="block">\text{TILLØP } Q_t = \frac{M \text{ liter}}{T_s \text{ sek.}} \quad \text{L/SEK.}</math> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <math display="block">\text{PUMPEKAP. } Q_p = \frac{M (T_s + T_g)}{T_s \times T_g} \quad \text{L/SEK.}</math> </div> <p>           PUMPET MENGDE KAN OGSÅ BESTEMMES VED TRYKKMÅLING PÅ PUMPELEDNINGEN         </p> <p>           OVERLØPSMENGDE BESTEMMES VED NIVÅ OG TIDSREGISTRERING SAMMEN MED ET KJENT MÅLETVERRSNITT         </p>
MÅLEPAMETRE	<ul style="list-style-type: none"> <li>* NIVÅ</li> <li>* SANNTIDSREGISTRERING</li> </ul>
EKSEMPEL	<div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;"> <p>           - MAGASIN            4000 LITER            - <math>T_s</math>                =    240 SEK.            - <math>T_g</math>                =    372 SEK.         </p> <p> <math>Q_t = \frac{4000 \text{ l}}{240 \text{ sek.}} = 16,7 \text{ l/sek.}</math> </p> <p> <math>Q_p = \frac{4000 (240 + 372)}{240 \times 372} = 27,4 \text{ l/sek.}</math> </p> </div> <div style="flex: 1; text-align: center;">  </div> </div>
PRESENTASJON	<ul style="list-style-type: none"> <li>* SOM TRENDKURVER</li> <li>* MOMENTANVERDI OG SUM MENGDER</li> </ul>
NYTTE	<ul style="list-style-type: none"> <li>* ERSTATTER DYRT MÅLEUTSTYR</li> <li>* OGSÅ OVERLØP KAN BESTEMMES VED NIVÅREGISTRERING</li> </ul>

N

FROSTMENGDE	
PROSESSKISSE	
FORMEL	<ul style="list-style-type: none"> <li>* ALLE PERIODER MED <math>\pm</math> GRADER REGISTRERES</li> <li>* MIDDELTEMP. (<math>\div</math>) HVER 0,5 TIMER</li> </ul> $t_1 \times 0,5 + t_2 \times 0,5 + t_3 \times 0,5 + \dots =$ $(t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_x) \times 0,5 =$
MÅLE-PARAMETRE	<ul style="list-style-type: none"> <li>* TEMPERATUR</li> <li>* SANNTIDSREGISTRERING</li> </ul>
EKSEMPEL	<p>I DAGER MED FØLGENDE TEMP.</p> 
PRESENTERING	<ul style="list-style-type: none"> <li>* SOM TRENDKURVE <math>+</math> OG <math>\div</math></li> <li>* SOM FROSTMENGDE</li> </ul> <p>1991 = 15016 t<sup>-</sup>  1992 = 16318 t<sup>-</sup>  1993 =  o.s.v.</p>
NYTTE	<ul style="list-style-type: none"> <li>* GRUNNLAG FOR VURDERING AV TELEDYP</li> <li>* FØLGE UTVIKLINGEN</li> </ul>

## VEDLEGG 2

### Sanntids styring av avløpssystemer

## SANNTIDS STYRING AV AVLØPSSYSTEMER

### 1. Oversikt

Den mest avanserte utnyttelsen av driftskontrollanlegg er sanntidsstyring. Et avløpssystem er sanntidsstyrt hvis informasjonen om avrenningsprosessen i systemet registreres kontinuerlig, og denne informasjonen brukes til å styre vannføringen under den pågående avrenningsprosessen.

Systemer for sanntidsstyring av avløpssystemer er nå under utvikling i en rekke land. Slike systemer er særlig aktuelle i områder med høy befolkningstetthet og flat topografi, men det kan også pekes på fordeler for mindre byer og noe mer kupert terreng.

Målet med sanntidsstyring er å oppnå bedre funksjon og lavere kostnader, f. eks uttrykt som i /9/:

- Færre kjelleroversvømmelser.
- Redusere antall tilfeller hvor overløpet trer i funksjon.
- Redusere avlastet volum hver gang overløpet trer i funksjon.
- Redusere energikostnadene for pumping.
- Gi en jevnere tilrenning til renseanlegget, og derved bedre drift av anlegget.

På den annen side kan sanntidsstyring også medføre ulemper.

- Ved magasinering kan en få problemer med sedimentert materiale. I ekstreme tilfeller kan magasinvolument bli fylt helt opp.
- "Lagret avløpsvann" kan skape driftsproblemer i renseanleggene.
- Økt vannmengde og/eller endret vannkvalitet inn på renseanlegget kan føre til slamflukt.

Sanntidsstyring synes generelt å være aktuelt for områder som har en eller flere av følgende egenskaper:

- System i områder med liten helning
- Områder med hydraulisk overbelastning
- Områder med kombinertsystem
- System med overdimensjonerte avløpsledninger
- System med mange overløp, hvor noen overløp trer i funksjon ofte, andre ikke
- Områder der avløpsvannet må pumpes
- Områder hvor enheter for behandling av avløpsvann forstyrres av hydrauliske og forureningsmessige sjokkbelastninger
- Områder hvor rapportering om utslippsmengde kreves
- Områder som har avtaler med industri, naboer om å lede/ behandle avløpsvannet, dvs har behov for vannføringsmålinger

## 2. System for sanntidsstyring /9/

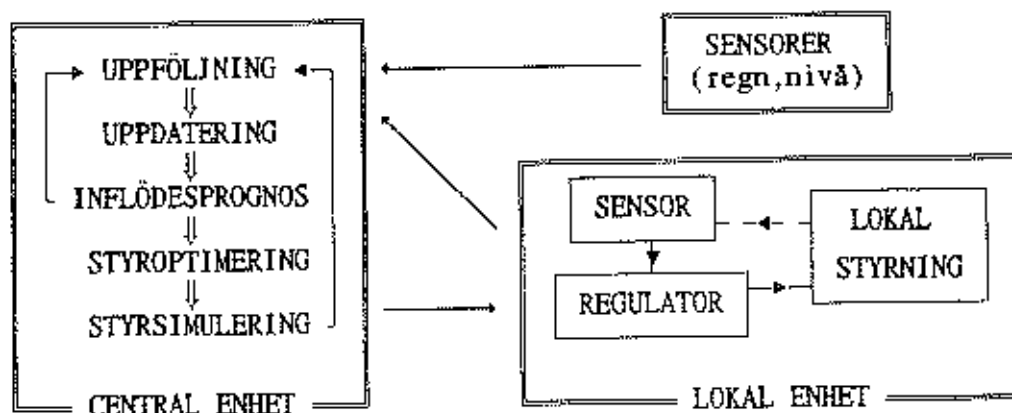
Sanntidsstyring baseres i første rekke på måling av nedbør, avrenning og fyllingsgrad i fordrøyningsbassenger.

Med utgangspunkt i disse kan pumper, ventiler og overløpskanter reguleres.

Systemet kan styres direkte på informasjon fra sensorene. Dette kalles reaktiv styring. Alternativt kan informasjonen fra sensorene behandles slik at styringen er basert på en prognose av hendelsesforløpet. Dette er for eksempel tilfelle hvis en hydraulisk modell anvendes for å bearbeide informasjonen fra sensorene. Denne form for styring kalles prediktiv.

Et system som er direkte basert på målinger, forutsetter at kunnskap om systemets funksjon bygges opp på forhånd. Det er for eksempel nødvendig å kjenne sammenhengen mellom nedbørmengde og overløpsdrift på nettet. Med utgangspunkt i denne kunnskapen kan signaler fra sensorene oversettes direkte til innstillingsverdier for regulatorene.

Et styringsystem som inneholder automatiske prognose- og optimaliseringsrutiner kan bli svært komplisert, som vist på figuren nedenfor.



Figur 1. Oppbygging av system for sanntids styring /9/.

Styringen bygger på en bearbeiding av en prognostisert tidsutvikling i systemet i løpet av en bestemt tidsperiode, styreintervallet  $\Delta t_c$ , som løper fra prognosetilfellet  $t_{c_0}$  til et tidspunkt f eks 30 min senere.

I løpet av denne tidsperioden vil regulatorene være stilt inn på bærverdier som er beregnet på forhånd og som samsvarer med prognose.

Under den pågående styring skjer en oppfølging av hendelsesutviklingen ved at signaler fra sensorer og regulatorer samles i databasen og avstemmes mot de prognostiserte verdiene. Hvis overensstemmelsen er godtakbar, følges den beregnede styrestrategien et nytt tidsintervall, hvor det skjer en ny avstemming. Dersom avviket mellom virkelig og prognostisert tilstand overskrider en bestemt verdi, eller at prognosetiden er utløpt, gjøres en ny styreberegning for følgende prognoseperiode:

- Den nye styreberegningen innledes med en oppdatering av tilstanden i systemet slik at vann-nivåer, regnintensiteter osv i de hydrauliske modellene stemmer med den virkelige situasjonen.

- Ved hjelp av de seneste nedbørsverdiene legges en tilrenningsprognose for den aktuelle prognoseperioden.
- Ved hjelp av denne optimaliseres styringen med optimaliseringsmodellen. Denne baseres på oppstilte styringsbetingelser, og kan resultere i flere styrealternativ.
- Deretter utføres en hydraulisk simulering av styringsalternativene, det beste alternativet velges og ut fra dette gjøres til slutt en bølverdi beregning.

Systemet er nå klart til å styres og overvåkes i en ny prognoseperiode.

### 3. Beregningsverktøy

Sanntids styring basert på prognoser krever flere typer kontroll- og beregningsverktøy, bl a:

- Modell for utarbeidelse av nedbørsprognoser.
- Modell for simulering av hydrauliske forhold.
- Beslutningsalgoritme som reflekterer systemet, dvs muligheter og konsekvenser ved ulike operasjoner.

Beregningsverktøyet settes sammen i to modeller:

- Styringsmodell, som gjennomfører styringen i driftssituasjonen. Denne kan enten være basert på kunstig intelligens (se neste avsnitt) eller program- og optimaliseringsmodell.
- Optimaliseringsmodell, som er en avansert hydraulisk modell av avløpsnett.

## 4. Bruk av "kunstig intelligens"

De fleste systemene for sann tids kontroll, baseres på målinger av nedbør og vannføringer. Fuchs & Neumann /10/ har en annen tilnæringsmåte, i det erfaringer under ulike nedbør- og avrenningsbetingelser registreres og legges inn på en database. Forfatterne hevder at lineær optimalisering krever forenklinger av avrenningsbassenger, grensebetingelser o.l., mens ikke-lineær optimalisering krever for stor datakraft til at dette er realistisk i sann tid. Fuchs & Neumann lanserer følgelig det tredje alternativ "kunstig intelligens", som enkelt består i å etablere en erfaringsdatabase.

Denne databasen deles i "arbeidsminne", "regeldatabase" og "fortolker". Den erfarte virkningen av et tiltak legges som et nytt fakta i arbeidsminnet. Resultater fra f.eks. kostnadsberegninger legges i hendelser. Fortolkeren skaper et sett med tiltak som er anvendelige ut i fra de eksisterende erfaringene.

Dette systemet er testet i Bremen. Det ble valgt et sett med data som et utgangspunkt, og etter fire forsøk der man lærte av det foregående, gav modellen gode resultater. Systemet ble sammenlignet med en vanlig lineær optimaliseringsprosedyre for avløpsnett. De to høyst ulike fremgangsmåtene gav omtrent samme resultat. Erfaringssystemet er trolig mye sikrere enn et system som baseres på usikkerhet i nedbør- og avrenningsprogrammer, i følge forfatterne.

VEDLEGG 3

Resultat fra brukerundersøkelse I  
"Prioritering av driftsdataberegninger"

## Utdrag fra artikkel v/Petersen i VAR-data 3/90

For å få underlag til arbeidet med kravspesifikasjoner for driftsdata-beregninger ble det med økonomisk støtte fra Brukerforeningen for EDB i VAR-teknikken gjennomført en spørreundersøkelse. Spørreundersøkelsen ble sendt ut til anleggseiere, brukere, konsulenter og leverandører. Det kom inn 20 svar. Resultatene er vist i tabellen.

Ulike beregningsoppgaver er listet opp. Rangeringen er foretatt ved at det skulle svares med et poeng for hvert forslag til oppgave.

1 poeng tilsvarte "lite viktig", 2 poeng "middels viktig" og 3 poeng "svært viktig". I tabellen er vist gjennomsnittstall for alle som svarte unntatt leverandørsiden som ikke er tatt med i denne evalueringen. Blant 21 ulike forslag til beregningsoppgaver viser tabellen de 11 som fikk høyeste poengsum (snitt).

Tabell 1. Resultat spørreundersøkelse.

Forslag til beregningsoppgaver	Poeng (snitt)
Overløpsmengde	2,86
Tilrenning til pumpeanlegg med sump (avløp)	2,67
Lekkasjer	2,63
Lekkasjerovervåking	2,63
Vannmengde til/fra høydebasseng	2,56
Dosering for justering av vannkvalitet	2,38
Drift av pumpestasjon med sump (avløp)	2,31
Overvannsmengde	2,27
Drift av pumpestasjon med sump (vann)	2,25
Forurensningstransport i ledningsnett	2,20
Avrenningskoeffisient (behov for fordrøyning og infiltrasjon)	2,20

Spørreundersøkelsen ble utført av forsker Sveinung Sægvog, SINTEF NHL for Brukerforeningen.

## VEDLEGG 4

Resultater fra brukerundersøkelse II

Erfaringer med driftskontrollanlegg

## ERFARINGER MED DRIFTSKONTROLLANLEGG

### Resultater fra brukerundersøkelse

Undersøkelsen omfatter 14 kommuner med installert driftskontrollanlegg. Hensikten var å kartlegge hvordan slike anlegg utnyttes i praksis. Resultatene er vist i etterfølgende tabell. Følgende hovedkonklusjoner kan trekkes.

- Nesten alle kommunene utnytter driftskontrollanlegget til alarmer og meldinger, noe over halvparten til videre driftsoptimalisering.
- Driftskontrollanlegg utnyttes i noe større grad for vann enn for avløp. De viktigste måleparametrene for vann er trykk, vannføring, nivå i høydebasseng og pumpetid. De viktigste måleparametrene for avløp er knyttet til pumpestasjonene (pumpetid, nivå og strøforbruk).
- Målingene brukes både for vann og avløp primært til kontroll av lekkasjer og pumpestasjoner.
- 3/4 av anleggene benytter en tidsoppløsning av måldata på mindre enn 5 minutter.
- Praksis mht bearbeiding av måldata i utestasjoner varierer. De fleste driftskontrollanlegg inneholder system for utvelgelse av data for langtidslagring. De fleste driftskontrollanlegg benytter også hele spekteret av presentasjonsmuligheter (tabeller, kurver/diagrammer og statistikker).

Undersøkelsen kan brukes som et utgangspunkt for en mer detaljert kartlegging av brukererfaringer med hensyn til ulike målinger, databearbeiding (tidsoppløsning, bearbeiding og presentasjon), samt til resultatanvendelse. En slik kartlegging vil innebære besøk til de aktuelle kommunene med gjennomgang av kontrollsystem og intervjuer med implisert personell. Den vil kunne gi et verdifullt korrektiv til videre utvikling og utbygging av driftskontrollanlegg.

## Brukerundersøkelse driftsdataberegninger

Navn på bruker .....

Kontaktperson ..... Tlf .....

1. Har kommunen/det interkommunale selskapet automatisk (EDB basert) driftskontrollanlegg for transportsystemet for vann og avløp (tilrenning, ledningsnett, stasjoner)?

Hvis nei, stopp

Hvis ja, gå videre

14

ja

5

nei

2. Hva brukes driftskontrollanlegget til?

Alarmer

14

Meldinger

12

Driftsoptimalisering

9

3. Hvilke målinger foretas?

Vann

12

Vannføring i fylte rør

11

Trykk i fylte rør

13

Nivå i høydebasseng

11

PH justering

5

Klormengde

6

Strømforbruk pumpeanlegg

6

Pumpetid

8

Annet Spesifiser: Temperatur 1

12

UV transmisjon 3

Trykksil 1



## Avløp

Kontroll av vannføring	8
Beregning av inn- og utlekking	4
Kontroll av overløpsdrift	9
Kontroll av disponibelt fordrøyningsvolum	0
Beregning av tilrenning overvann	3
Beregning av forurensningstransport	1
Beregning av pumpekapasitet	8
Annet      Spesifiser: .....	
.....	
Andre behov: .....	
.....	

## 5. Hvor stor tidsoppløsning av måledata benyttes?

0 - 2 min	7
2 - 5 min	2
5 - 15 min	0
> 15 min	3

## 6. I hvilken grad bearbeides måledata i utestasjon?

Aldri	2
Liten grad	4
Stor grad	1
Alltid	3

## 7. Hva slags programvare benyttes for konvertering av måledata?

Eggenutviklet	1
Spesialbestilt	5
Kommersiell	8

## 8. Finnes system for utvelgelse av data for langtidslagring?

Ja

11

Nei

3

Hvilke data langtidslagres? PH .....

Vannmengde .....

.....

## 9. Hvilken resultatpresentasjon benyttes?

Tabeller

10

Kurver/diagrammer

12

Statistikker (middelerdi, dogn- og ukevariasjoner)

11

Svaret sendes til: SINTEF NHI  
7034 Trondheim  
v/Sveinung Sægrov

Frist 21 mai

## Installerte driftskontrollsystemer

Oversikt over kommuner med installerte VA-driftskontrollsystemer som har svart på rundspørringen:

Inderøy kommune	Magne Farstad	077 53300
HIAS vannverket	Terje Wikstrøm	065 76522
Bærum vann og avløpsverk	Knut W. Helland	02 474756
Ullensaker kommune	Tor Halvorsen	06 971010
Molde kommune	Magne Roaldset	072 19200
Fredrikstad kommune	Jan Gunnar Gunnersen	09 394439
Ulstein kommune	Odd Kåre Wiik	070 12000
Skaun kommune	Tore Sandbæk	07 863016
Lillesand kommune		041 70444
Fiskbekk r.a.	Andersen	041 71557
Lier kommune	Kjell Johansen	03 846900
Bodø kommune	Kyrre Didriksen	081 35000
Sel kommune	Alf Aasteigen	062 31000
Gjerstad kommune	Svein Scherven	041 57200
Skånland kommune	Gunnar Rognø	082 85113

# NORVAR-rapporter

- Rapport nr. 1: Aktuelle metoder for myk start/stopp av store motorer.
- Rapport nr. 2: Betongnedbrytning i kloakkbassenger.
- Rapport nr. 3: Register over industribedrifter tilknyttet offentlig avløpsnett. Forprosjekt for PC-basert registrerings- og rapporteringssystem.
- Rapport nr. 4: Bruk av PC i avløpsanlegg. Eksempel på system for registrering og bearbeidelse av driftsdata.
- Rapport nr. 5: Arbeidsmiljø i kloakkanlegg. Arbeid utført ved HIAS 1982–87.
- Rapport nr. 6: Organisasjons- og bemanningsplan for VAR-anlegg. Eksempel fra VAR-selskapet HIAS.
- Rapport nr. 7: Datasentral og EDB på avløpsrensaneanlegg. Forprosjekt.
- Rapport nr. 8: EDB i VA-sektoren. Samordnet innsats.
- Rapport nr. 9: NORVAR's årsberetning 1988.
- Rapport nr. 10: NORVAR's årsberetning 1989.
- Rapport nr. 11: Forfellingens innflydelse på veksten i et biofilm-anlegg. Forsøk i laboratorieskala ved VEAS.
- Rapport nr. 12: NORVAR's årsberetning 1990.
- Rapport nr. 13: Prosess-styresystemer for VAR-anlegg. Forslag til kravspesifikasjon ut fra VAR-bransjens behov.
- Rapport nr. 13A: Prosess-styresystemer for VAR-anlegg. Funksjonsblokker for avløpsanlegg.
- Rapport nr. 14: Drift av anlegg i VAR-sektoren. Behov for kompetanse og opplæring. anbefaling fra anleggseiere.
- Rapport nr. 15: Driftsovervåking av aktivert-karbonfilter
- Rapport nr. 16: EDB i VAR-teknikken. FDV – kravspesifikasjoner.
- Rapport nr. 17: EDB i VAR-teknikken. Driftskrollanlegg for VA-transportssystemer. Innsamling og bearbeidning av data.