

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
OSLO

0-82011

KALIBRERING OG JUSTERING AV VANNFØRINGSMÅLERE

Brekke, mai 1982

Prosjektleder:

Kim Wedum

Medarbeider:

May Rostad

Buskerud fylkeskommune

For administrasjonen:

John Erik Samdal

Lars N. Overrein

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse: Brekke 23 52 80
Postboks 333, Blindern Gaustadalleen 46 69 60
Oslo 3 Kjeller 71 47 59

Rapportnummer: 0-82011
Undernummer:
Løpenummer: 1371
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Kalibrering og justering av vannføringsmålere VA 5/82	Dato: 11. mai 1982
Forfatter(e): Kim Wedum	Prosjektnummer: 0-82011
	Faggruppe: VA-teknikk
	Geografisk område: Norge
	Antall sider (inkl. bilag): 43

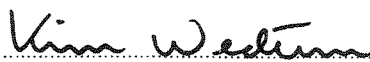
Oppdragsgiver: Buskerud fylkeskommune	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
--	----------------------------------

Ekstrakt: Rapporten er utformet som en håndbok og gir en rekke praktiske råd vedrørende kalibrering og justering av vannføringsmålere på avløpsrenseanlegg.
--


4 emneord, norske:
1. Vannføringsmåling
2. Renseanlegg
3. Kalibrering
4. VA 5/82

4 emneord, engelske:
1. Flow measuring
2. Wastewater treatment plants
3. Calibration
4.

Prosjektleder:

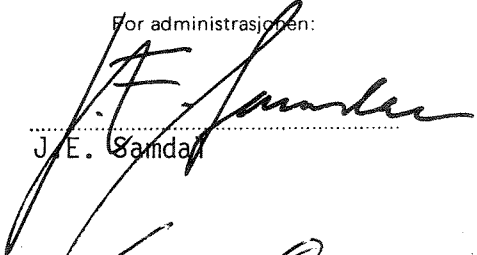

Kim Wedum


Seksjonsleder:


Egil Gjessing

ISBN 82-577-0483-0

For administrasjonen:


J.E. Sandal


Lars N. Overrein

F O R O R D

Dette prosjektet er finansiert av Buskerud fylkeskommune, og er gjennomført av Norsk institutt for vannforskning i samarbeid med fylkeskommunen.

Det rettes takk til ing May Rostad i Buskerud fylkeskommune og driftsoperatørene ved Sætre og Egge avløpsrenseanlegg for godt samarbeid.

Brekke, mai 1982

Kim Wedum

INNHOLD

	Side
FORORD	2
FIGURER - TABELLER	4
1. INNLEDNING	5
1.1 Bakgrunn	5
1.2 Målsetting	5
1.3 Gjennomføring	5
2. GENERELT OM UTSTYR FOR MÅLING AV VANNFØRING	6
2.1 Måleutstyrets oppbygging	6
2.2 Definisjon av kalibrering og justering	7
3. MÅLEDELEN	8
3.1 Generell vurdering av utstyret	8
3.2 Bedring av strømningsforholdene	9
3.3 Klargjøring	12
3.4 Kalibrering	12
3.4.1 Bruk av pumper	14
3.4.2 Bruk av overløp og basseng	17
3.4.3 Bruk av sporstoff	18
3.5 Justering	19
3.6 Vedlikehold	19
4. NIVAMALEREN	20
4.1 Generell vurdering av måleren	20
4.2 Nivåmålerens måleområde	21
4.3 Klargjøring	23
4.4 Kalibrering og justering	23
4.5 Vedlikehold	26
5. ØVRIG INSTRUMENTERING	27
5.1 Generell vurdering	27
5.2 Kalibrering og justering	27
5.3 Vedlikehold	29
REFERANSER	30
VEDLEGG 1. Resultater fra Egge renseanlegg i Lier kommune	31
VEDLEGG 2. Resultater fra Sætre renseanlegg i Hurum kommune	37

FIGURER

Figur nr		Side
1	Prinsippskisse av vanlig måleutstyr	6
2	Utforming og plassering av overløpsskjær	9
3	Eksempel på utforming av energidreper/ strømningsretter	10
4	Bedring av strømningsforholdene og reduksjon av skumdannelse ved endring av utløpet til innløpspartiet	11
5	Målerenne med egen brønn for nivåmåling	11
6	Eksempel på vannføringskurve for rektangu- lært overløp. Sætre renseanlegg	14
7	Kalibreringsmålinger med pumper	15
8	Rørforbindelse ved store avstander mellom pumpeslange og måleled	16
9	Bevegelse av pumpeslangen under kalibrer- ingsmålingene	17
10	Prinsipp for bruk av overløp og basseng	17
11	Prinsipp for bruk av sporstoff. Jevn dosering	18
12	Montering av plastkopper i innløpspartiet for måling av nivået ved store vannføringer	22
13	Eksempel på kalibrering av ekkolodd	24
14	Eksempel på kalibrering av boblerørsmåler	25
15	Måling av målesignal ved kalibrering og justering og nivåmåler	26
16	Kalibrering og justering ved hjelp av multi- meter	28
17	Kobling av multimeter ved måling og sending av signaler	29

TABELLER

Tabell nr		
1	Eksempel på måleresultater. Sætre renseanlegg	13

1. INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Vannføringsmålinger er blant de mest sentrale målinger som foretas på et avløpsrenseanlegg. Målingene styrer viktige operasjoner som kjemikaliedo-
sering, prøvetaking samt vann- og slampumper, og brukes også til beregning av hydraulisk belastning og forurensningsmengder inn og ut av anlegget. I tillegg brukes målingene til beregning av kommunale avløpsavgifter, og til beregning av økonomisk oppgjør mellom kommuner som har gått sammen om et interkommunalt renseanlegg.

Vannføringsmålingene inngår videre som et viktig datagrunnlag ved dimensjonering og utvikling av nye anlegg, enhetprosesser og systemer, samt ved valg og vurdering av rehabiliterings- og saneringstiltak. Målingene får således betydning for drift og planlegging av både renseanlegg og ledningsnett.

Undersøkelser har vist at vannføringsmålingene ofte er usikre, og gjerne heftet med betydelige målefeil. Store målefeil gjør beregningsgrunnlaget usikkert, og kan føre til en ineffektiv drift av renseanlegget.

1.2 Målsetting

Det finnes liten informasjon om hvordan vannføringsmålere kan kalibreres, og om hvordan målefeil kan reduseres eller elimineres. Målsettingen med dette prosjektet har vært å utarbeide en håndbok for kalibrering og justering av vannføringsmålere. Håndboken skulle utformes som en praktisk "kokebok", beregnet først og fremst på ingeniører i kommuner og fylkeskommuner, men den skulle også være tilgjengelig for driftsoperatører.

1.3 Gjennomføring

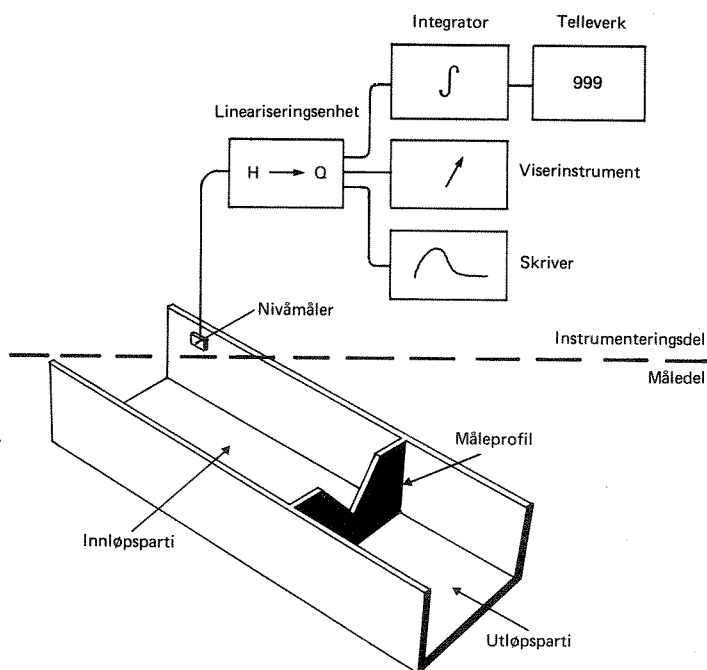
Håndboken er basert på undersøkelser på Sætre renseanlegg i Hurum og Egge renseanlegg i Lier, samt på erfaringer fra tidligere undersøkelser. Ing.

May Rostad i Buskerud fylkeskommune har vært med på undersøkelsen, og fylkeskommunen har stilt utstyr og instrumenter til rådighet.

2. GENERELT OM UTSTYR FOR MÅLING AV VANNFØRING

2.1 Måleutstyrets oppbygging

Det finnes et rikt utvalg av utstyr for måling av vannføring. En håndbok som dette kan ikke ta mål av seg til å dekke samtlige utstyrstyper, men må begrense seg til å berøre de mest vanlig typer utstyr. Figur 1 viser en prinsippskisse av vanlig måleutstyr på norske renseanlegg.



Figur 1. Prinsippskisse av vanlig måleutstyr.

Utstyret består av en måledel og instrumenteringsdel. Måledelen består av et innløpsparti, måleprofil og utløpsparti med måleprofilen som den sentrale enhet. I utgangspunktet er det måleprofilen som bestemmer hvordan innløps- og utløpspartiet skal utformes. De mest vanlige måleprofiltyper er skarpkantet V-overløp (som vist på figur 1) rektangulært overløp, Parshallrenne, venturirenne og Palmer-Bowlus-renne.

I måledelen skapes en entydig sammenheng mellom nivå og vannføring (vannføringskurve). Vannføringen kan dermed måles indirekte med en nivåmåler, som er en av de sentrale enheter i instrumenteringsdelen. Vannføringskurven bygger på en helt spesiell utforming av innløpsparti, måleprofil og utløpsparti, og er derfor karakteristisk for målestedet. På figur 1 er nivåmåleren tegnet som et ekkolodd, mens andre vanlige nivåmålere er boblerør, trykkføler og limnigraf (flottør).

Lineariseringsenheten følger etter nivåmåleren, og er også en viktig enhet. Her omformes nivåproporsjonale signaler fra nivåmåleren til signaler som er proporsjonale med vannføringen. Signalomformingen skjer etter en vannføringskurve som er karakteristisk for måledelen.

Vannføringsproporsjonale signaler fra lineariseringsenheten går til en integrator som summerer vannføringen over tid, og videre til et telleverk som angir de vannmengder (m^3) som passerer målestedet. Det går også signaler fra lineariseringsenheten til viserinstrument og skriver som angir momentanvannføringen.

Måleutstyret på alle renseanlegg vil ikke være så omfattende som vist i figur 1. Tross dette og tross de mange ulike utstyrstyper vil framgangsmåten ved kalibrering og justering stort sett være den samme.

2.2 Definisjon av kalibrering og justering

Kalibrering av vannføringsmålere vil si å kartlegge målefeil ved hjelp av måleutstyr som er langt mer nøyaktig enn det som kalibreres. Kalibreringen i seg selv vil ikke bedre målenøyaktigheten, men vil bare avsløre hvor unøyaktige målingene er.

Justering innebærer at man bedrer målenøyaktigheten ved å korrigere måleutstyret for de avvik som kartlegges ved kalibreringen.

3. MALEDELEN

3.1 Generell vurdering av utstyret

Plassering og utforming av måledelen er grunnleggende for målenøyaktigheten. Måledelen må oppfylle visse minimumskrav til plassering og utforming for at måleforholdene skal bli gode, og det har liten hensikt å kalibrere og justere måledelen før disse krav er imøtekommet.

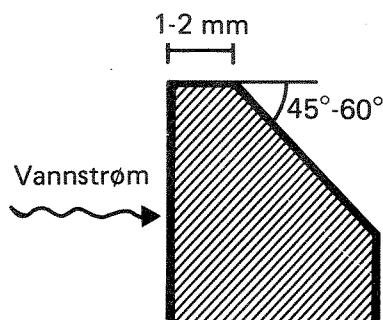
Urenset avløpsvann inneholder en del filler og papir som uhindret passerer målerenner, men som vil kunne henge seg på overløpsskjær og forårsake store målefeil. Måleprofilen må derfor vurderes i forhold til vannkvaliteten. Dersom målingene foretas på innløpet til renseanlegg, bør eventuelle skarpkantete overløp byttes ut med målerenner. På utløpet derimot kan overløp og målerenner brukes om hverandre.

Strømningshastigheten i innløpspartiet bør være så liten som mulig. Dette er spesielt viktig for skarpkantete overløp, hvor strømningshastigheten ikke bør være større enn 10 cm/s ved middelvannføringen og 20 cm/s ved maksimal vannføring. For målerenner må alltid hastigheten være underkritisk (strømmende). Strømningshastigheten reduseres ved å øke bredden og dybden (bare overløp) i innløpspartiet.

For skarpkantete overløp er det viktig at avstanden fra overløpsskjæret ned til vannspeilet i utløpspartiet er stor nok til at vannstrålen gjennom skjæret alltid er luftet. I motsatt fall bør overløpsskjæret heves. For målerenner er det viktig at nivået i utløpspartiet til en hver tid er så lavt at det oppstår et markant vannstandssprang gjennom målerennen. Ved null vannføring bør det ikke stå vann i innløps- eller utløpspartiet.

Vannføringen i overløp og målerenner måles indirekte ved å måle nivået (oppstuingen) et stykke ovenfor måleprofilen. Liten oppstuing gir dårlig målenøyaktighet. Oppstuingen bør være rundt 10 cm ved middelvannføringen. For overløp kan dette oppnås ved en reduksjon av vinkelen (V-overløp) eller bredden (rektangulære overløp) på overløpet. For målerenner vil et ønske eller krav om større oppstuing medføre at rennen må byttes ut med en mindre type, eller at den byttes ut med et skarpkantet overløp.

Overløpsskjæret i V-overløp og rektangulære overløp bør utformes som vist på figur 2. Skjærets bredde bør være 1-2 mm. Er bredden større enn 2 mm bør skjæret avtrappes med en vinkel på minst 45° og helst 60° . Man må påse at overløpet plasseres slik at avtrappingen blir på luftsiden.

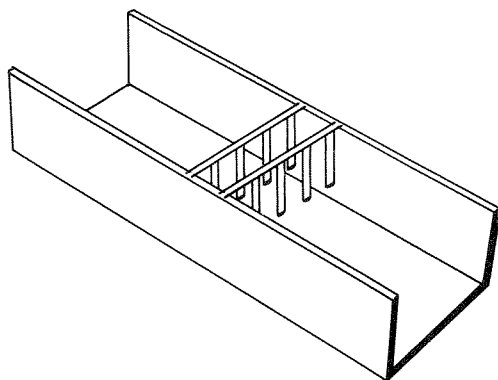


Figur 2. Utforming og plassering av overløpsskjær.

Målenøyaktigheten beror i stor grad på vedlikeholdet av måleutstyret. Man kan ikke forevente at driftsoperatøren skal vedlikeholde utstyret tilfredsstillende dersom arbeidsforholdene på målestedet er dårlige. Gode arbeidsforhold innebærer bl.a. at man enkelt og med færrest mulige hjelpemidler kan komme til målestedet, og at det er nok plass til at en voksen person kan måle opp innløpsparti, måleprofil og utløpsparti uten å innta særs ubehagelige arbeidsstillinger. Dersom arbeidsforholdene er dårlige, må man vurdere om målestedet skal bygges om eller flyttes.

3.2 Bedring av strømningsforholdene

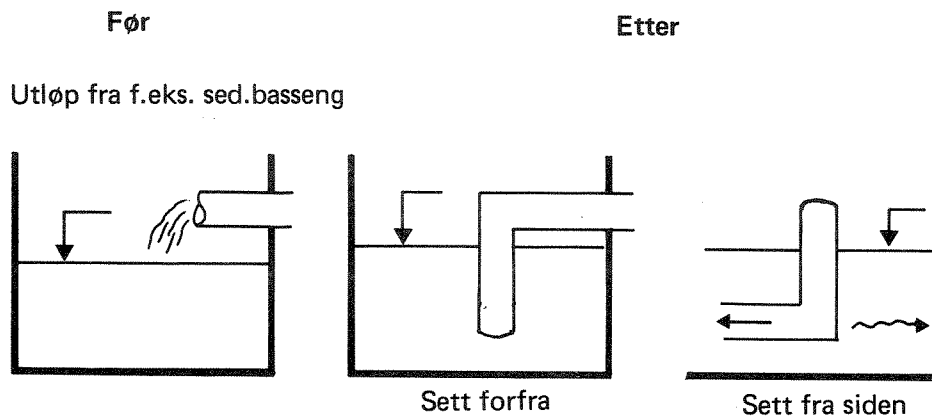
For alle typer måleprofiler og spesielt for skarpkantete overløp er det viktig at strømningsforholdene er rolige i innløpspartiet. Urolige strømningsforhold kan dempes enten ved å gjøre innløpspartiet bredere og dypere, og/eller ved å drepe strømningsenergien. Denne energien drepes ved installering av energidreper eller strømningsretter som vist på figur 3.



Figur 3. Eksempel på utforming av energidreper/strømningsretter.

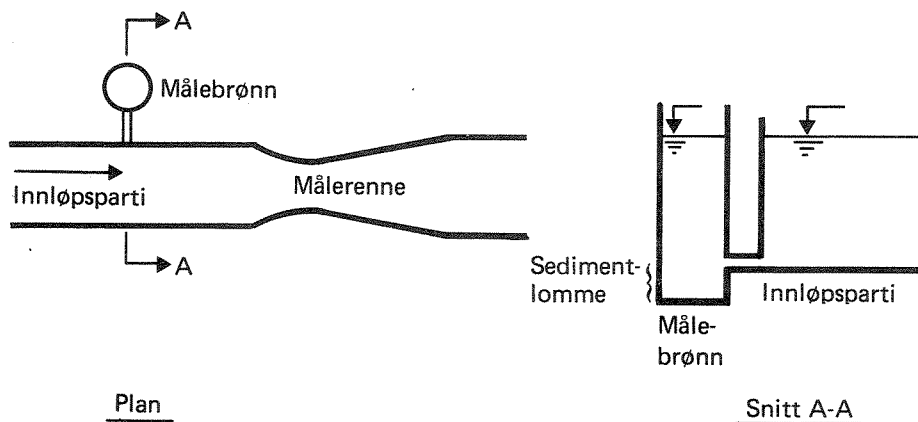
Energidreperen består av to rader fastmonterte staver i tre eller metall som står ned i vannstrømmen. Stavene er plassert slik at de danner hjørner i en likesidet trekant (sett ovenfra). Det bør være noen cm klaring mellom stavene og bunn i innløpspartiet. Dersom det er mye filler, papir o.l. i vannet kan stavene byttes ut med betongfylte plastrør på 15-30 kg som henges i en lenke eller metallstreng. Opphenget vil tillate at rørene svinger unna for filler og større partikler.

Dersom utløpet fra f.eks. sedimenteringsbassenget munner ut høyt over vannspeilet i innløpspartiet, kan det oppstå urolige strømningsforhold i tillegg til sjenerende skumdannelse. Dette problem kan løses ved å forlenge utløpsrøret slik at det munner ut under vannspeilet, se figur 4. Munningen på utløpsrøret bør peke mot strømningsretningen.



Figur 4. Bedring av strømningsforholdene og reduksjon av skumdannelse ved endring av utløpet til innløpspartiet.

I noen tilfeller vil det fremdeles være bølger på overflaten og urolige strømningsforhold selv etter installering av energidreper og endring av utløpet til innløpspartiet. Dette problem kan løses ved å måle nivået (oppstuingen) i en brønn ved siden av innløpspartiet, se figur 5. Det tynne røret mellom innløpsparti og målebrønn vil dempe bølgene og gi rolig vannspeil i brønnen.



Figur 5. Målerenne med egen brønn for nivåmåling.

3.3 Klargjøring

Man må etablere reproduserbare måleforhold før kalibrering kan gjennomføres. Dette innebærer at feilkilder som forandres over tid elimineres.

Måledelen er kontinuerlig utsatt for sedimentering og begroing som påvirker strømningsforholdene og dermed også målenøyaktigheten. Sedimenter og belegg må derfor fjernes før kalibrering. Dette gjøres ved å tørrlegge måledelen og fjerne sedimenter og belegg med børste eller skrubb som ikke er så stiv at den riper i utstyret. Måledelen spyles deretter ren. Rust fjernes med stålbørste, og angrepne felter smøres inn med silikon, voks eller olje.

Det er vesentlig at både innløpsparti og måleprofil rengjøres. Utløpspartiet kan også med fordel rengjøres, men rengjøringen her er ikke kritisk for måleforholdene. Det er spesielt viktig at overløpsplatene rengjøres godt på vannsiden, og at belegg og partikler fjernes fra selve overløpskjæret.

Variierende vannstrømmer som dekanteringsvann fra slamfortykker, rejektivann fra slamavvanning, taknedløp o.l. bør flyttes fra innløpspartiet til utløpspartiet.

Lekkasjer i innløpspartiet og rundt overløp eller målerenne må tettes.

3.4 Kalibrering

Kalibrering av overløp og målerenner gjennomføres ved at kjente vannføringer ledes gjennom måleprofilet, mens nivået (oppstuingen) kontrollmåles der nivåmåleutstyret skal plasseres. På grunnlag av målingene utarbeides en vannføringskurve for målestedet. Avvik mellom denne kurve og standardkurver for måleprofilet skyldes at måledelen har en annen utforming enn den som standardkurven bygger på.

Kalibreringen blir mer nøyaktig jo flere målinger den bygger på. Antall nødvendige kalibreringsmålinger vil dermed variere med kravet til nøyak-

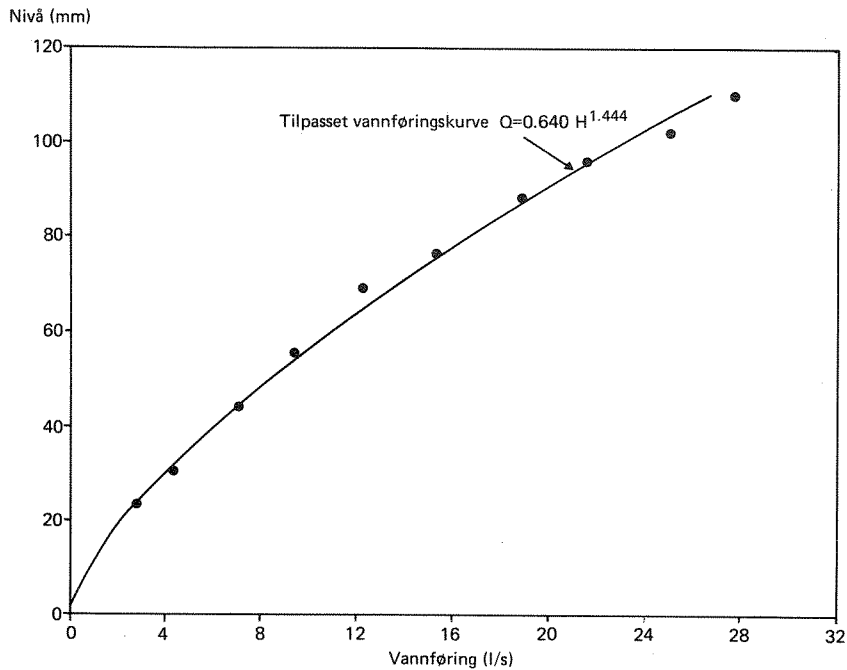
tighet, men bør ikke være mindre enn ti. Målingene fordeles noenlunde jevnt over hele måleområdet, men de bør ligge noe tettere i området omkring middelvannføringen.

Nivået kontrollmåles når vannføringen gjennom måledelen er stabil. Det bør foretas minst tre kontrollmålinger av nivået for hver enkelt vannføring. Målingene foretas med tommestokk eller bedre med en fastmontert gradert peilestav. Nivået måles mest nøyaktig ved å måle avstanden fra et høydefastmerke ned til vannflaten.

På grunnlag av målingene kan man tegne opp vannføringskurven for målestedet, og deretter justere for eventuelle avvik fra standardkurven. Eksempel på måleresultater og opptegning av vannføringskurve er vist i tabell 1 og på figur 6.

Tabell 1. Eksempel på måleresultater. Sætre renseanlegg.

		Kalibreringsmåling										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Vannføring [l/s]	0	2.75	4.30	7.05	9.40	12.15	15.30	18.80	21.55	25.00	27.75	
Nivå [mm]	0	23	30	44	55	69	76	87	96	102	110	



Figur 6. Eksempel på vannføringskurve for rektangulært overløp. Sætre renseanlegg.

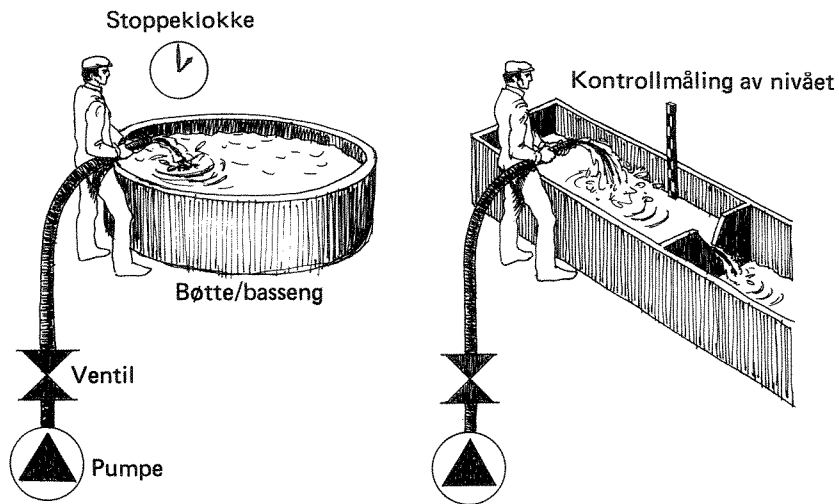
Det er selvsagt viktig at de vannføringer som ledes gjennom måledelen kan bestemmes med stor nøyaktighet. Nedenfor er det angitt noen metoder som kan brukes.

3.4.1 Bruk av pumper

Pumper kan brukes til å kalibrere måledelen ved små og middelstore vannføringer. Framgangsmåten er skissert i figur 7.

Trinn 1. Pumpekapasiteten bestemmes med bøtte og stoppeklokke

Trinn 2. Kjent vannføring pumpes gjennom måledelen mens nivået kontrollmåles



Figur 7. Kalibreringsmålinger med pumper.

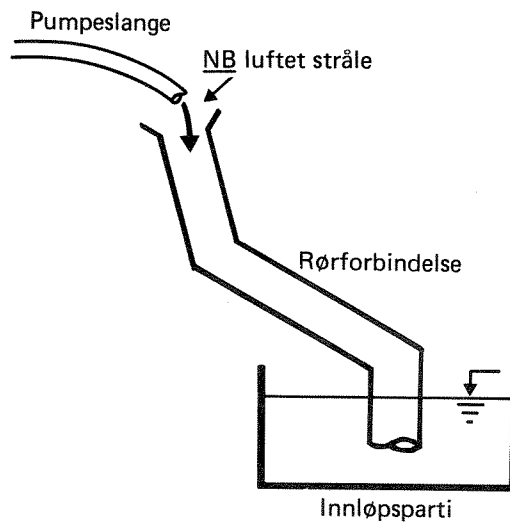
Vanntilførselen til målestedet kuttes ut før kalibrering. Deretter pumpes vann gjennom måledelen fra et basseng, helst et sedimenteringsbasseng. Vannføringen er dermed lik pumpekapasiteten, som bestemmes nøyaktig ved bøtte/stoppeklokkemålinger. Nivået kontrollmåles når måleforholdene (vannføringen) er stabil. Framgangsmåten gjentas for forskjellige pumpekapasiteter, som varieres etter ønske ved hjelp av en ventil. Det er fullt mulig å bruke flere pumper samtidig.

Hver pumpekapasitet (vannføring) bestemmes ved minst tre bøtte/stoppeklokkemålinger. Dersom målingenes standardavvik er større enn 1 prosent, økes antall målinger til denne grense er underskredet. Pumpen skal ikke stanses mellom målingene. Som bøtte kan man bruke 200 l oljefat, pumpe-sumper eller et basseng i renseanlegget. Bøttens eller bassengets volum bør utnyttes fullt ut for å få lengst mulige pumpetider. Pumpetider under ti sekunder bør unngås. Det er en fordel om bøtten, eller bassenget graderes slik at det er enkelt å lese av volumet hver gang det måles.

Pumpekapasiteten påvirkes av løftehøyden. Man må derfor påse at det basseng som det pumpes fra, får tilførsel av vann slik at nivået ikke synker.

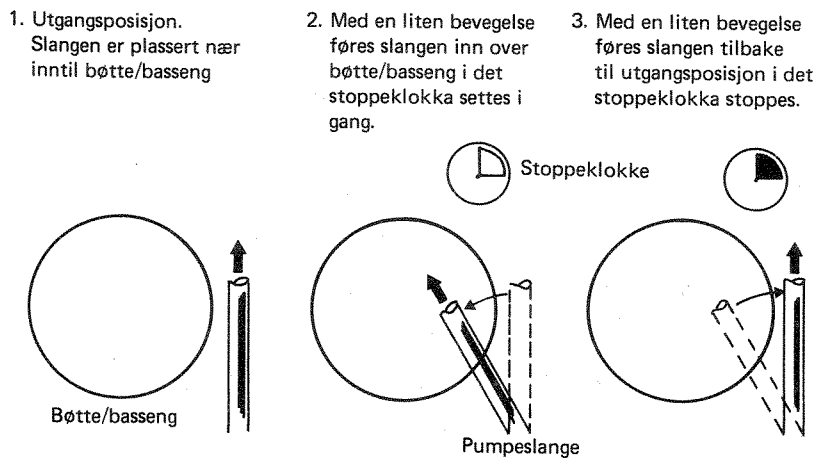
Et lavere nivå vil medføre økt løftehøyde og dermed redusert pumpekapasitet. Dette problem blir mindre om pumpen pumper vann tilbake til bassenget, (rundpumping), i tiden mellom kalibreringsmålingene.

Det er også viktig at pumpe slangens leie hele tiden er uforandret. Dette må det tas hensyn til ved valg av sted for bølge/stoppeklokkemålingene. Når disse målingene er gjennomført skal pumpen kunne pumpe vann til måledelen uten at slangene legges om. Dette medfører av og til et praktisk problem som kan løses ved at vannet pumpes til måledelen via et rør. Vannstrålen inn i røret må i så fall være luftet, se figur 8.



Figur 8. Rørforbindelse ved store avstander mellom pumpe slang og måledel.

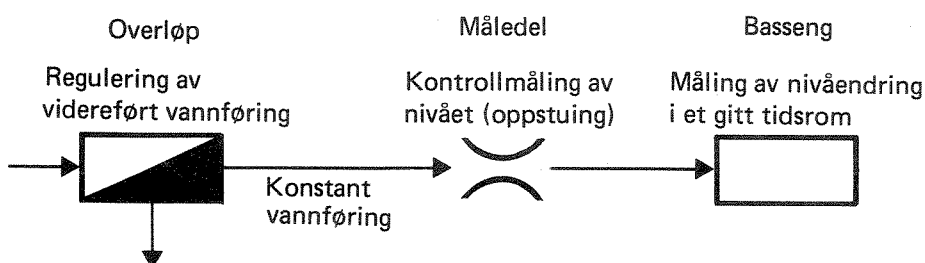
Man må også påse at pumpe slangens plasseres slik at den med en liten bevegelse kan føres inn over eller utenfor bøtten eller bassenget når pumpekapasiteten skal bestemmes, se figur 9.



Figur 9. Bevegelse av pumpeslangen under kalibreringsmålingene.

3.4.2 Bruk av overløp og basseng

Denne metode bygger også på bøtte/stoppeklokkemålinger, og er egnet først og fremst på større anlegg der målestedet er på innløpssiden. Metoden forutsetter at vannføringen gjennom måledelen kan reguleres og holdes konstant ved hjelp av overløp e.l. Nedstrøms måledelen føres vannstrømmen til et nedtappet basseng med kjent overflate. Først innstilles overløpet slik at vannføringen gjennom måledelen blir som ønsket. På et tidspunkt da vannføringen gjennom måledelen er stabil (kan kontrolleres ved manuelle nivåmålinger) måles nivået i bassenget samtidig som stoppeklokken startes. Etter en tid måles igjen nivået i bassenget samtidig som klokken stoppes. I perioden måles nivået (oppstuingen) i måledelen fortløpende etter samme metode som beskrevet på side 13. Prinsippet er vist på figur 10.



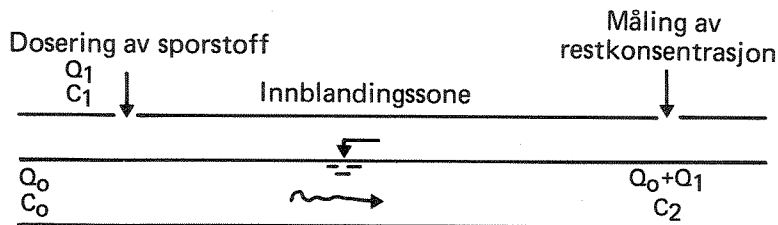
Figur 10. Prinsipp for bruk av overløp og basseng.

Vannføringen gjennom måledelen forutsettes å være konstant i det målte tidsrom, og blir lik volumendring i bassenget dividert på målt tid. For å redusere feilkildene er det viktig å bruke en stor del av bassengets volum slik at måleperioden blir lengst mulig.

Det foretas minst tre parallelle målinger for hver vannføring, dvs for hver innstilling av overløpet. Vannføringen gjennom måledelen varieres ved å endre overløpets innstilling. Vannføringene bør dekke hele måleområdet.

3.4.3 Bruk av sporstoff

Bruk av sporstoff kan være et alternativ til kalibrering med pumper, først og fremst ved store vannføringer. Metoden går ut på at en kjent mengde sporstoff doseres jevnt til vannstrømmen, mens vannføringen beregnes ut fra fortyningen av sporstoffet. Litium er det mest vanlige sporstoff som brukes til dette formål. Metoden er vist i figur 11.



Figur 11. Prinsipp for bruk av sporstoff. Jevn dosering.

Massebalanse med hensyn på sporstoff gir

$$Q_0 \cdot C_0 + Q_1 \cdot C_1 = (Q_0 + Q_1) \cdot C_2$$

eller

$$Q_0 = Q_1 \frac{C_1 - C_2}{C_2 - C_0}$$

Denne metode krever også at vannføringen gjennom måledelen må kunne reguleres ved hjelp av overløp, strupeluker, pumper etc. Vannføringen må være konstant mens sporstoffet doseres. Metoden brukes derfor først og fremst der målestedet er på innløpet til renseanlegget.

Teorien er enkel, men metoden er i praksis ganske komplisert og stiller omfattende krav til måleutstyr. Metoden krever videre kvalifisert personell og godt innarbeidede arbeidsrutiner, og er best egnet der andre metoder ikke kan brukes. Metoden er detaljert beskrevet i (1).

3.5 Justering

Justering innebærer at vannføringskurven for målestedet korrigeres. Den tidligere vannføringskurve byttes ut med kurven som tegnes opp på grunnlag av kalibreringsmålingene.

Vannføringskurven for målestedet ligger også lagret i lineariseringsenheten. Justering av måledelen vil derfor også innebære at kurven i lineariseringsenheten byttes ut. Dette gjøres vanligvis ved å sende enheten til leverandøren sammen med den nye vannføringskurven.

3.6 Vedlikehold

Vedlikeholdet skal sikre at måleforholdene ikke endres med tiden. En viktig del av vedlikeholdet vil derfor være å fjerne sedimenter og belegg som nevnt under punkt 3.3. På utsatte steder må denne del av vedlikeholdet utføres med relativ stor hyppighet.

På målesteder med skarpkantete overløp, der overløpsplaten kan heves og senkes, er det viktig at platen alltid blir stående i samme stilling.

Undersøkelser har vist at måledelen "setter seg" en tid etter installering. Dette kan bl.a. innebære at vegger og bunn i innløpspartiet eller i målerennen forandrer helningsvinkel, eller at overløpsplaten deformeres pga vanntrykket. Slike forandringer vil påvirke strømningsforholdene og

dermed vannføringskurven. En del av vedlikeholdet vil være å kontrollere om vannføringskurven endres med tiden. Med faste mellomrom kontrolleres kurven ved tre forskjellige vannføringer etter de samme linjer som nevnt under punkt 3.4. Dersom det oppdages større avvik mellom disse målingene og vannføringskurven, må måledelen kalibreres og justeres på nytt.

Vedlikeholdsrutinene vil være avhengig av vannkvalitet, strømningsforhold, måleprofil m.m., og må derfor tilpasses forholdene på det enkelte målested.

Nedenfor er det foreslått rutiner som kan være veiledende inntil behovet for mer eller mindre omfattende rutiner er kartlagt.

- | | |
|------------|--|
| Hver uke | - Fjerne belegg og sedimenter i innløpsparti, måleprofil og utløpsparti. |
| Hver måned | - Fjerne rust i måledelen og smøre rustangrepne flater inn med silikon, voks eller olje. |
| Hvert år | - Kontrollere vannføringskurven og eventuelt kalibrere måledelen. |

4. NIVAMALEREN

4.1 Generell vurdering av måleren

Nivåmålerens plassering i innløpspartiet bør være i samsvar med anbefalinger i brosjyrer og håndbøker. Dette berører målerens plassering både i forhold til såvel vannspeil som måleprofil. Måleren må være lett tilgjengelig.

Det er viktig å påse at ekkolodd skjermes for direkte sollys, fordi lyset påvirker målingene og medfører målefeil. Ved ekkoloddsmålinger er det også viktig at vannflaten er fri for skum.

For boblerørsmålere er det viktig at luftslangene legges med tilnærmet jevnt fall fra kompressor til utløpsrør. Luftslangene må aldri legges med motfall, som kan føre til at kondensvann samles i slangene. Kondensvannet forandrer friksjonen gjennom slangene og vil medføre målefeil. Mange nivåmålere er plassert i fuktig og korrosivt miljø. Målerne bør beskyttes eller flyttes hvis det er fare for instrumenthavari.

4.2 Nivåmålerens måleområde

Det er meget viktig at nivåmåleren har et måleområde som er tilpasset nivåvariasjonene på målestedet. Et unødvendig stort måleområde medfører større måleusikkerhet og er derfor ingen fordel. Måleusikkerheten er avhengig av det høyeste nivå måleren kan måle og ikke det nivået som måles. Regneeksempelet nedenfor belyser ulempene ved av et overdimensjonert måleområde.

På de fleste målesteder er sammenhengen mellom nivå og vannføring noe forenklet gitt ved:

$$Q = C \cdot H^n$$

der

Q = vannføring

C = konstant

H = nivå

n = eksponent, ca 2,5 for V-overløp

ca 1,5 for rektangulære overløp og målerenner.

En usikkerhet i nivåmålingen E_H vil resultere i en usikkerhet i vannføringen E_Q etter ligningen

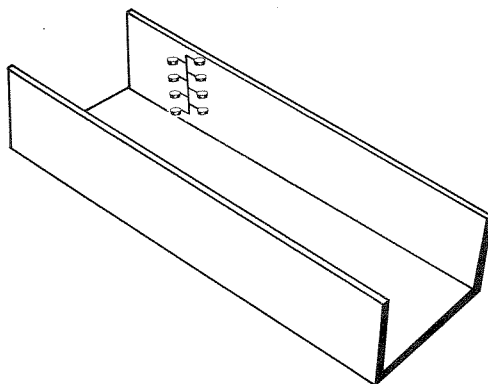
$$E_Q = nE_H$$

Nivåmåleren har et måleområde på 100 cm og en måleusikkerhet på 1 prosent (av 100 cm). Måleren er plassert på et målested med V-overløp, der nivå

tilsvarende middelvannføring og maksimal vannføring er henholdsvis 10 cm og 50 cm. Usikkerheten i måling av middel- og maksimalnivå blir dermed 10 prosent og 2 prosent, mens tilsvarende usikkerhet i vannføringsmålingene blir hele 25 prosent og 5 prosent.

Problemet med overdimensjonerte nivåmålere kan løses enten ved å redusere dimensjonen på måleprofilet slik at oppstuingen blir større, eller ved å bytte måleren ut med en som har et mindre måleområde. Forholdet mellom største nivå som måleren kan måle og nivå tilsvarende middelvannføringen bør ikke være større enn 2 for målesteder med V-overløp, og 3 for målesteder med rektangulære overløp og målerenner. Dette innebærer at største målte vannføring blir ca 5,7 ganger middelvannføringen.

Dersom anbefalingene ovenfor følges, vil nivåmålerens måleområde kunne overskrides i perioder med stor tilrenning. Dette vil igjen medføre at man mister verdifull informasjon om maksimalvannføringer under nedbør og snøsmelting. Dette problem kan løses ved å montere en rekke små plastkopper i forskjellige nivåer i innløpspartiet, se figur 12. Vann i koppene vil avsløre hvor høyt nivået har stått i innløpspartiet, og ved å gå inn på vannføringskurven kan vannføringer beregnes. Koppene tømmes etter inspeksjon.



Figur 12. Montering av plastkopper i innløpspartiet for måling av nivået ved store vannføringer.

4.3 Klargjøring

Spesielt på målesteder med fuktig klima dannes det ofte et belegg på undersiden til ekkoloddets giverkrystall. Belegget påvirker målingene og må fjernes før kalibreringen.

Før kalibrering av boblerørsmålere må luftslangene og spesielt utløpsåpningen rengjøres for belegg og begroing.

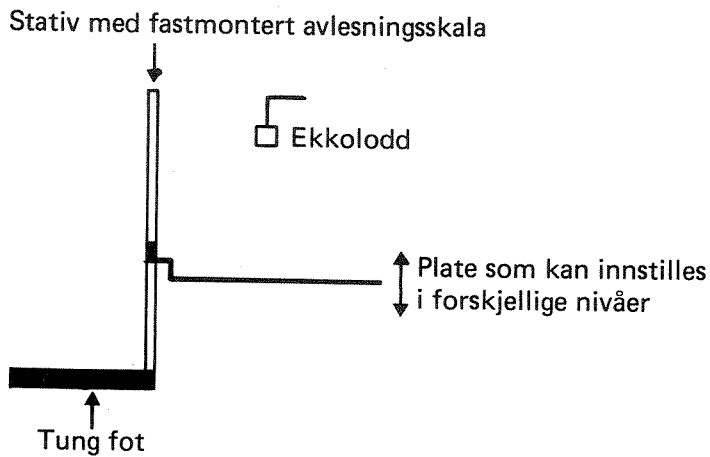
Ekkoloddet og utløpsrøret fra boblerørsmåleren rettes opp slik at de peker rett ned mot vannflaten.

Sedimenter må fjernes fra trykkfølere og flottører må børstes fri for belegg. Flottøren kan med fordel innsettes med maling eller lignende som hindrer begroing.

4.4 Kalibrering og justering

Kalibrering av nivåmåleren bør fortrinnsvis skje på målestedet, dvs uten at måleren fjernes fra sin normale stilling. Mange steder er ikke dette mulig, og måleren må derfor flyttes for å kunne bli kalibrert.

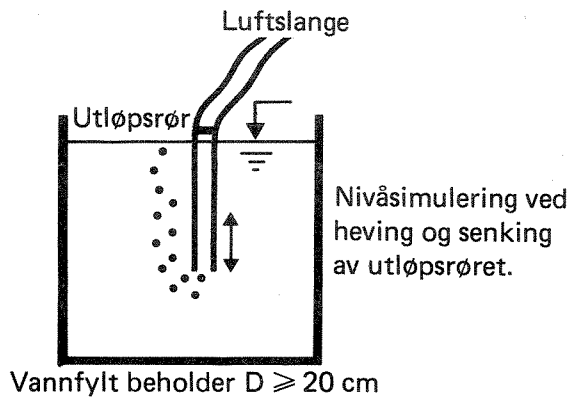
Ekkolodd kan kalibreres ved at nivået simuleres med en plate som plasseres i forskjellige høyder under giverkrystallet, se figur 13.



Figur 13. Eksempel på kalibrering av ekkolodd.

Platen må være så stor at den dekker hele lydkjeglen. Den innstilles først i en høyde tilsvarende nivået ved null vannføring. Man skrur så på justeringskurven for null-nivå (H_{\min}) til måleren eller viserinstrumentet og skriver viser rett verdi. Dersom viserinstrument og skriver brukes som referanse, bør disse enhetene kalibreres og justeres på forhånd. Deretter gjør man det samme for nivået tilsvarende maksimal vannføring (H_{\max}), dvs største vannføring som kan måles. Hele rutinen gjentas dersom man har foretatt justering for H_{\min} , H_{\max} eller begge.

Boblerørsmålere og trykkfølere kan kalibreres på tilsvarende måte ved å senke måleren ned i en vannfylt beholder med diameter på minst 20 cm. Nivåene simuleres ved å heve og senke utløpsrøret i beholderen, se figur 14.

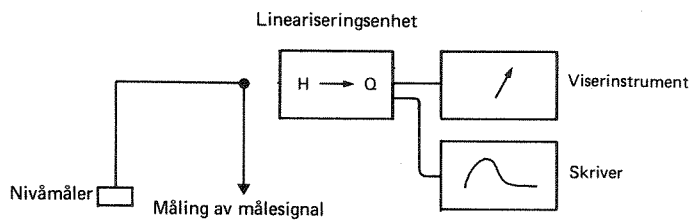


Figur 14. Eksempel på kalibrering av boblerørsmåler.

For både ekkolodd, boblerørsmålere og trykkfølere må nivåsimuleringen utføres med en nøyaktighet på ± 1 mm.

De aller fleste nivåmålere kan bare justeres for et minimum- og et maksimumsnivå. For å kontrollere om måleren måler riktig mellom disse nivåer, kan man simulere nivåer tilsvarende 25 prosent, 50 prosent og 75 prosent av maksimal vannføring. For hvert nivå avleses måleren (evt. viser instrument og skriver) samtidig som nivået kontrollmåles med tomrestokk eller peilestav. Ved hjelp av vannføringskurven og de avleste verdier kan nivåmålefeil avsløres. Dersom man finner vesentlige målefeil, må måleren sendes leverandøren for reparasjon eller justering.

Kalibrering og justering av nivåmåleren blir mer nøyaktig ved å måle signalet fra nivåmåleren direkte vha et multimeter. Multimeteret må være minst 10 ganger mer nøyaktig enn nivåmåleren. Ved denne framgangsmåte frakobles resten av utstyret, og feil og usikkerheter i lineariseringsenhet, viserinstrument og skriver elimineres. Metoden er vist på figur 15.



Figur 15. Måling av målesignal ved kalibrering og justering og nivåmåler.

4.5 Vedlikehold

En sentral del av vedlikeholdet er fjerning av belegg og sedimenter fra nivåmåleren. Spesielt viktig er det at belegg fjernes hyppig i utløpsrøret til boblerørsmåleren.

Innjusteringer av måleren for H_{\min} og H_{\max} må kontrolleres med jevne mellomrom. Kontrollen gjennomføres som beskrevet under punkt 4.4. Med noe lengre mellomrom må man også kontrollere målerens nøyaktighet ved avlesing av instrumentet for tre simulerte nivåer mellom H_{\min} og H_{\max} . Se for øvrig punkt 4.4

Behovet for vedlikehold vil variere fra måler til måler og fra målested til målested. Rutinene nedenfor kan oppfattes som veiledende inntil behovet er nærmere kartlagt.

- | | |
|------------|---|
| Hver uke | - Rengjøre nivåmåler |
| | - Kalibrering og justering for H_{\min} og H_{\max} |
| Hver måned | - Kontroll av nivåmåleren for null vannføring og for vannføringer lik 25 prosent, 50 prosent, 75 prosent og 100 prosent av maksimal vannføring. |

5. ØVRIG INSTRUMENTERING

5.1 Generell vurdering

Før den øvrige instrumentering kalibreres og justeres, må man påse at enhetene er tilpasset hverandre både med hensyn til nøyaktighet og måleområde. Har man forandret måleområdet til nivåmåleren, må man også forandre skalaene i lineariseringsenhet, viserinstrument og skriver, slik at måleområdet i disse enhetene utnyttes fullt ut.

Enhetene bør være plassert slik at de lett kan leses av, og slik at ytre forhold som f.eks. elektrisk støy ikke forstyrrer målesignalene. I fuktig og korrosivt miljø bør enhetene plasseres i et beskyttelsesskap med tethetsgrad lik IP65 eller bedre. Skapet bør ha frontplate i klar plast slik at enhetene kan avleses og inspiseres uten å åpne skapet.

5.2 Kalibrering og justering

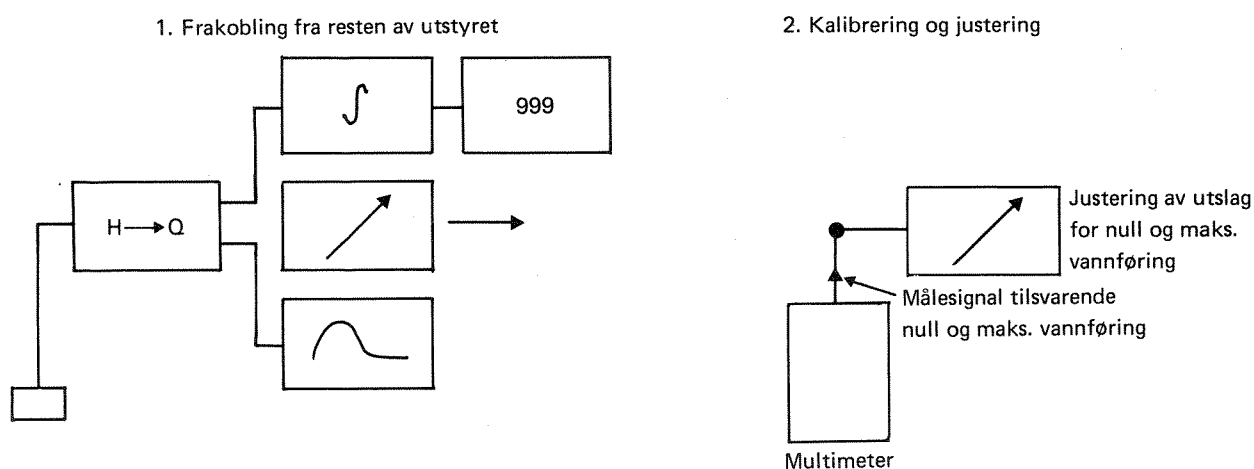
Når nivåmåleren innstilles på minimums- og maksimumsnivået, kan viserinstrument, skriver og lineariseringsenhet justeres for null og maksimal vannføring. Mange enheter kan imidlertid ikke justeres på stedet, men må sendes til leverandøren. Dette gjelder spesielt de fleste typer lineariseringsenheter.

Når nivåmåleren innstilles nøyaktig på nivået tilsvarende null vannføring, justeres enhetene slik at utslagene blir null. Man går så inn på vannføringskurven og finner nivået som tilsvarer maksimal vannføring. Nivåmåleren innstilles nøyaktig på dette nivået, se punkt 4.4, og enhetene justeres slik at utslagene blir lik maksimalvannføringen (eller 100 prosent). Rutinen gjentas dersom det er foretatt minst én justering i en av enhetene.

Metoden ovenfor kan i noen tilfeller ikke avsløre at en målefeil i f.eks. lineariseringsenheten utlignes av en feil i skriveren. Ved hjelp av et multimeter kan man foreta en mer korrekt og nøyaktig kalibrering og

justering av enhetene. Multimeteret må kunne simulere og måle målesignaler gjennom instrumenteringsdelen, og må være ca 10 ganger mer nøyaktig enn enhetene som skal kalibreres og justeres.

Når man skal kalibrere og justere en enhet med et multimeter, kobles enheten først fra resten av utstyret. Kjente målesignaler tilsvarende null og maksimal vannføring sendes så gjennom enheten fra multimeteret. Enheten justeres slik at utslaget samsvarer med målesignalet, se figur 16.



Figur 16. Kalibrering og justering ved hjelp av multimeter.

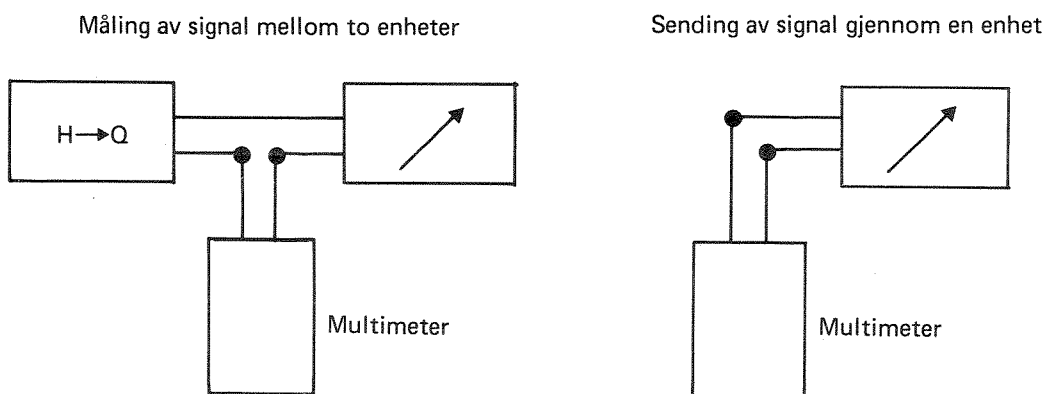
Framgangsmåten ovenfor kan anvendes på alle enheter bortsett fra integrator/telleverk. Som regel kan man ikke selv justere disse enheter, men de kan likevel kontrolleres på en enkel måte. Man kobler enhetene fra resten av utstyret, og sender gjennom et målesignal tilsvarende maksimal vannføring (f.eks. 20 mA) ved hjelp av et multimeter. Telleverket leses av i det stoppeklokken startes. Etter minimum en time leses telleverket av på nytt samtidig som stoppeklokken stoppes. "Sann" vannmengde blir tid multiplisert med vannføring tilsvarende målesignalet, mens målt vannmengde leses av på telleverket. Enhetene må justeres for avvik mellom sann og målt vannmengde.

Multimeteret kan også brukes til å utarbeide mer fullstendige kalibreringskurver for enhetene. For integrator/telleverk kan rutinen ovenfor gjennomføres for målesignaler tilsvarende null vannføring og 25 prosent,

50 prosent og 75 prosent av maksimal vannføring. Måleperioden må minst være en time og alltid så lang at man passerer minst 100 registreringer på telleverket (vanligvis 10 m^3 eller 100 m^3), med unntak for målinger ved null vannføring. For de andre enhetene sender man igjennom signaler tilsvarende hver 10. prosent av måleområdet. Enheten avleses for hvert målesignal og avlesningene sammenlignes på målesignalene. Enhetene må justeres på forhånd.

Bruk av multimeter krever litt mer inngående kunnskaper om utstyret, men ikke mer enn man kan tilegne seg fra leverandørens brosjyrer. I tvilstilfeller bør man alltid rådføre seg med leverandørens fagfolk.

Det er viktig å være klar over hvordan multimeteret skal kobles sammen med enhetene. Figur 17 viser hvordan dette skal gjøres.



Figur 17. Kobling av multimeter ved måling og sending av signaler.

5.3 Vedlikehold

Vedlikeholdet innebærer at målenøyaktighet og justering kontrolleres med jevne mellomrom etter samme fremgangsmåte som beskrevet under punkt 5.2. Videre må man påse at utstyret holdes tørt, samt hindre at det ødelegges

av korrosjon. I vedlikeholdet inngår også kontrollmålinger av utstyret samlet. Disse målingene innebærer at man leser av og måler signalet ut fra hver enhet når kjente vannføringer (3-4) passerer måledelen.

Forslag til veiledende rutiner er gitt nedenfor.

Hver måned - Kalibrere og justere viserinstrument, skriver og integrator/telleverk.

Hvert halvår - Kalibrere og justere lineariseringsenheter.

Hvert år - Kontrollmåle utstyret samlet.

REFERANSER

1. Wedum, K. (1979):
"Bruk av sporstoff".
NIF-kurs: Praktisk vannmengdemåling i kommunalteknisk sammenheng.
Geilo, april 1979.
2. Wedum, K. (1982):
Driftsundersøkelse av vannføringsmålere.
NTNFs Utvalg for drift av renseanlegg. Rapport nr 31/81.

VEDLEGG 1

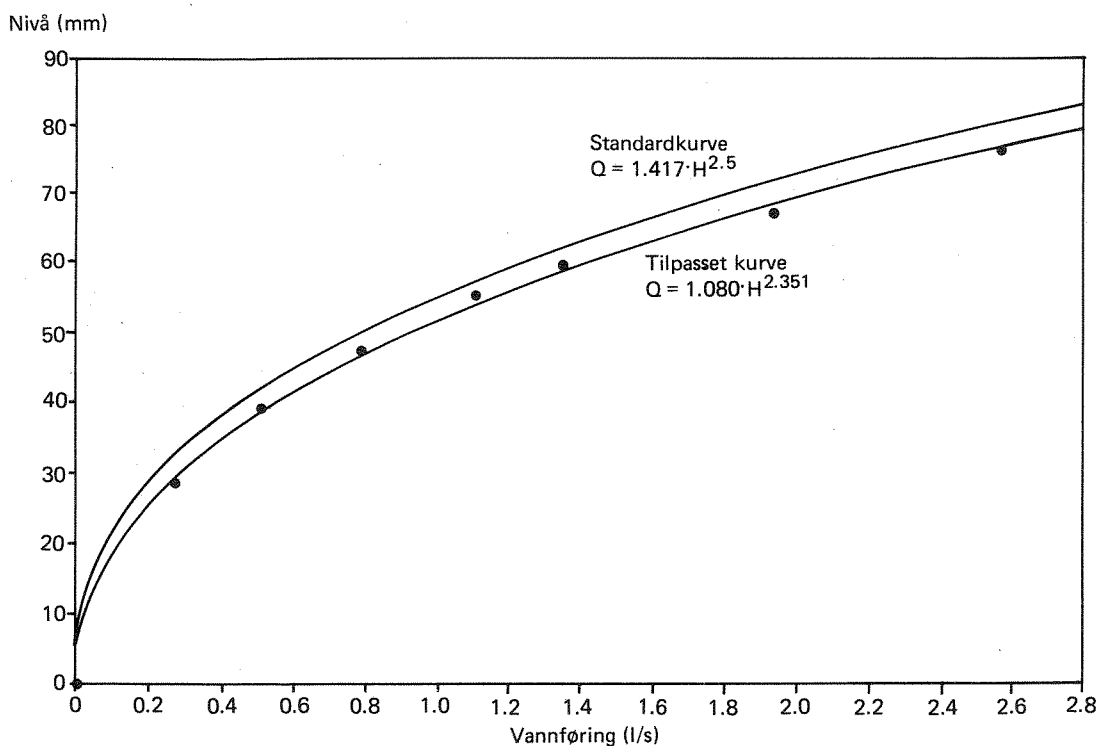
Resultater fra Egge renseanlegg i Lier kommune

1. KALIBRERING OG JUSTERING AV MÅLEDELEN

Tabell V.1 og figur V.1 viser resultater av kalibreringsmålinger for måledelen. Tilpasset vannføringskurve er den kurve som passer best til måleresultatene. Denne kurve er den kalibrerte vannføringskurve for målestedet, og skal erstatte standardkurven som er lagret i lineariseringsenheten. Avviket mellom kurvene skyldes at måledelen har en annen utforming enn den som standardkurven bygger på.

Tabell V.1 Kalibreringsresultater for måledelen.

	Kalibreringsmåling							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Vannføring (l/s)	0	0,271	0,513	0,805	1,150	1,364	1,941	2,569
Nivå (mm)	0	29	39	47	55	59	67	76



Figur V.1 Vannføringskurver. Egge renseanlegg.

2. KALIBRERING OG JUSTERING AV NIVAMÅLEREN

Det er ikke mulig å måle signalet fra nivåmåleren direkte med et multi-meter. Utslaget på viserinstrumentet er derfor brukt som referanse ved kalibreringsmålingene. Kalibreringsmålingene ble foretatt etter at nivåmåleren var justert for minimum og maksimum nivå. Metoden er noe usikker fordi måleusikkerhet i lineariseringsenhet og viserinstrument inngår i måleresultatene. Resultatene er gjengitt i tabell V.2.

Tabell V.2 Kalibreringsresultater for nivåmåleren.

Riktig nivå (mm)	Utslag på viser- instrument (m ³ /h)	Nivå beregnet ut fra utslag på viser- instrument (mm)	Avvik mellom riktig og beregnet nivå (mm)
29	1,0	33	+ 4
39	1,9	42	+ 3
47	2,8	50	+ 3
55	4,05	58	+ 3
59	4,85	62	+ 3
67	6,75	71	+ 4
76	8,9	79	+ 3

Det ser ut til at nivåmåleren måler nivåer som gjennomgående er 3-4 mm for høye. Det jevne avvik kan tyde på at feilen kan skyldes dårlig innjustering av måleren.

3. KALIBRERING OG JUSTERING AV ØVRIG INSTRUMENTERING

Skriveren kunne kalibreres separat med multimeter, men ikke viserinstrument, lineariseringsenhet og integrator/telleverk.

Tabell V.3 viser kalibreringsresultater for skriver (Chino klasse 1,0). Skriveren ble justert ved å flytte skalaen på instrumentet.

Tabell V.3 Kalibreringsresultater for skriver.

Testsignal fra multimeter (mA)	Beregnet utslag pga testsignal (%)	Avlest utslag (%)	Avvik mellom beregnet og avlest utslag (% av maks utslag)
0,000	0	2	+ 2
2,000	10,0	12	+ 2
4,000	20,0	22	+ 2
6,000	30,0	32	+ 2
8,000	40,0	42	+ 2
10,000	50,0	52	+ 2
12,000	60,0	61,5	+ 1,5
14,000	70,0	71	+ 1
16,000	80,0	81	+ 1
18,000	90,0	92	+ 2
19,70	98,5	100	+ 1,5
20,000	100,0	>100	-

4. KONTROLLMÅLINGER AV UTSTYRET SAMLET

Tabell V.4 gjengir resultater av kontrollmålinger av utstyret samlet. Vannføringskurven i lineariseringsenheten var ikke forandret (byttet ut) da målingene ble foretatt.

Tabell V.4 Kontrollmålinger av utstyret samlet.

Kontrollvann- føring (m ³ /h)	Viserinstrument		Skriver	
	Avlest (m ³ /h)	Relativt avvik (%)	Avlest (% av 10 m ³ /h)	Relativt avvik %
0,98	1,0	+ 2,0	11	+ 12,2
1,85	1,9	+ 2,7	21	+ 13,5
2,90	2,8	- 3,4	30	+ 4,5
4,14	4,05	- 2,2	42	+ 1,4
4,91	4,85	- 1,2	47	- 4,3
6,99	6,75	- 3,4	64	- 8,4
9,25	8,9	- 3,8	84	- 9,2

5. KOMMENTARER OG KONKLUSJON

Vannføringskurven for måledelen ligger systematisk under standardkurven. Dette innebærer at man ut fra nivåmålinger vil beregne lavere vannføringer enn de som virkelig passerer målestedet. Det relative avvik mellom virkelig kurve og standardkurven avtar med økende vannføringer, og er under 20 prosent ved middelvannføringen på renseanlegget.

Nivåmåleren måler nivåer som er 3-4 mm for høye, uavhengig av nivået. Denne systematiske feil skyldes trolig at måleren er dårlig justert.

Den systematiske feil i måledelen og i nivåmåleren utligner hverandre. Avleste vannføringer på viserinstrumentet ligger meget nær opp til virkelig vannføring. Avvikene for skriverens del er noe større, men likevel relativt små. De målte vannføringer er for små i nedre del, og for store i øvre del av måleområdet.

Konklusjon

Målenøyaktigheten er god og usedvanlig bra ved vannføringer rundt middelvannføringen. Selv om det er avdekket en del feil, anbefales ingen endringer i utstyret, bortsett fra at vedlikeholdet blir mer regelmessig.

VEDLEGG 2

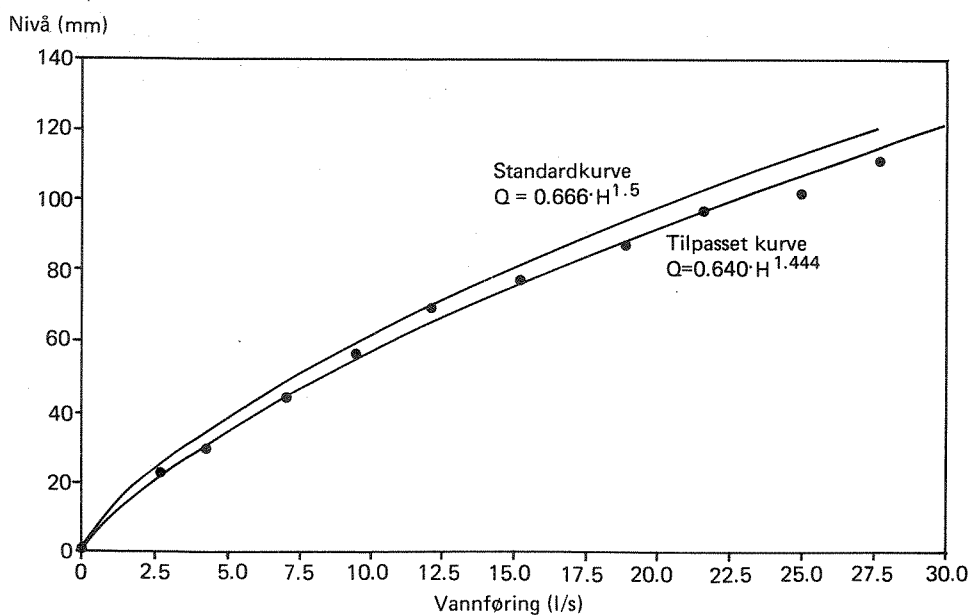
Resultater fra Sætre renseanlegg i Hurum kommune

1. KALIBRERING OG JUSTERING AV MÅLEDELEN

Tabell V.5 og figur V.3 viser resultater av kalibreringsmålinger for måledelen. Tilpasset vannføringskurve er den kurve som passer best til måleresultatene. Den tilpassete vannføringskurven skal erstatte standardkurven som er lagret i lineariseringsenheten. Avviket mellom kurvene er ca 10 prosent, og skyldes at måledelen har en helt annen utforming enn den som standardkurven bygger på.

Tabell V.5 Kalibreringsresultater for måledelen.

	Kalibreringsmåling										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Vannføring (l/s)	0	2,75	4,30	7,05	9,40	12,15	15,30	18,80	21,55	25,00	27,75
Nivå (mm)	0	23	30	44	55	69	76	87	96	102	110



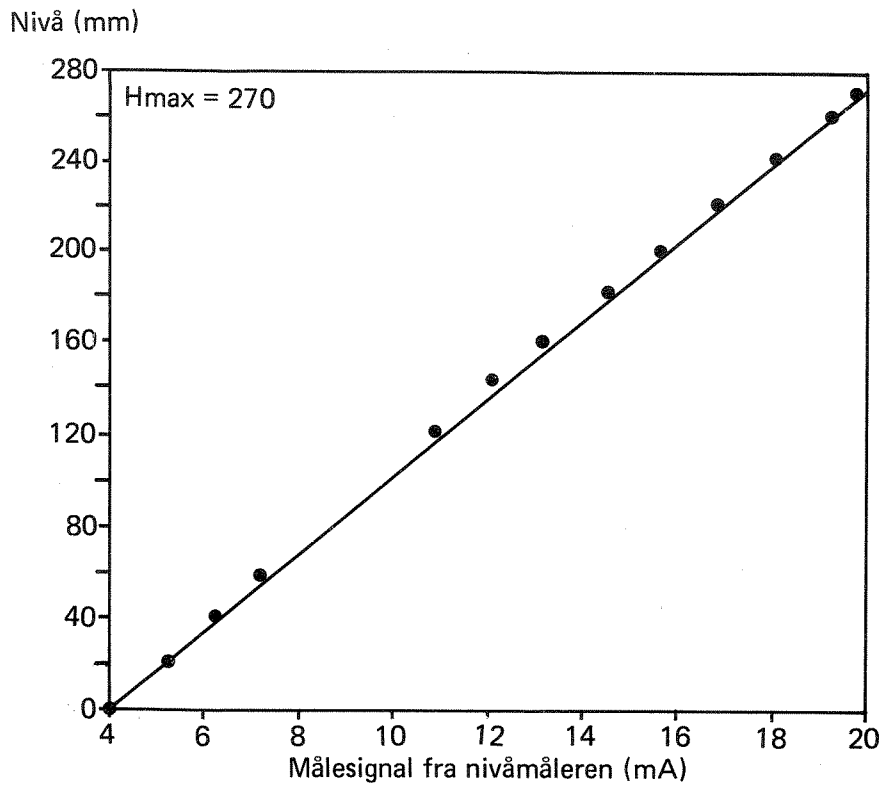
Figur V.3 Vannføringskurver. Sætre renseanlegg.

2. KALIBRERING OG JUSTERING AV NIVÅMÅLEREN

Nivåmåleren var dårlig justert og målte en overløpshøyde på 55 mm (tilsvarende 31 prosent av Q_{maks}) ved null vannføring. Tabell V.6 og figur V.4 viser resultater av kalibreringsmålingen etter måleren var justert. Resultatene viser at justeringen ikke var tilfredsstillende, og at måleren måler nivåer som i gjennomsnitt er 3-4 mm for lave.

Tabell V.6 Kalibreringsresultater for nivåmåleren.

Nivå (mm)	Målesignal (mA)	Nivå beregnet ut fra målesignal (mm)	Avvik mellom be- regnet og målt nivå (mm)
0	4,00	0	0
20	5,19	20	0
40	6,25	38	-2
60	7,23	55	-5
120	10,83	115	-5
142	12,14	137	-5
160	13,21	155	-5
182	14,51	178	-4
201	15,65	197	-4
220	16,28	216	-4
241	18,10	238	-3
259	19,26	258	-1
270	19,78	266	-4



Figur V.4 Kalibreringsmålinger for nivåmåleren.

3. KALIBRERING OG JUSTERING AV ØVRIG INSTRUMENTERING

Viserinstrumentet kunne ikke kalibreres separat med multimeter, men måtte kalibreres sammen med lineariseringsenheten. Skriver er ikke kalibrert. Tabell V.7 viser kalibreringsresultatene.

Tabell V.7 Kalibreringsresultater for lineariseringsenhet og viserinstrument under ett

Testsignal fra multimeter (mA)	Beregnet utslag pga. testsignal (% av Q_{maks})	Avlest utslag (%)	Avvik mellom beregnet og avlest utslag (% av maks. utslag)
4,00	0	0	0
6,00	4,4	3,5	-0,9
8,00	17,5	9,5	-3,0
10,00	22,9	18,0	-4,9
12,00	35,2	31,0	-4,2
14,00	49,2	45,0	-4,2
16,00	64,7	61,5	-3,2
18,00	81,6	80,0	-1,6
20,00	100,0	100,0	0

4. KONTROLLMÅLINGER AV UTSTYRET SAMLET

Kontrollvannføringer ble sendt gjennom måledelen, mens målesignal i instrumenteringsdelen ble målt med multimeter. Resultatene er samlet i tabell V.8. Vannføringskurven i lineariseringsenheten var ikke forandret (byttet ut) da målingene ble foretatt.

Tabell V.8 Kontrollmålinger av utstyret samlet

Kontroll vannføring (m ³ /h)	Avlest målesignal (mA)	Vannføring beregnet ut fra målesignal (m ³ /h)	Avvik mellom kontroll og beregnet vannføring (%)
9,90	5,70	6,91	-30,2
15,48	5,40	8,71	-43,7
25,38	6,15	16,57	-34,7
33,84	6,60	22,03	-34,9
43,74	7,45	33,68	-23,0
55,08	7,85	39,70	-27,9
67,68	8,48	49,84	-26,4
77,58	8,95	57,88	-25,4
90,00	9,35	65,04	-27,7
99,90	10,25	82,12	-17,8

5. KOMMENTARER OG KONKLUSJON

Vannføringskurven for måledelen ligger systematisk under standardkurven. Dette innebærer at man ut fra kurven beregner for lave vannføringer. Det relative avvik mellom virkelig kurve og standardkurven avtar med økende vannføringer, og er i underkant av 15 prosent ved middelvannføringen på renseanlegget.

Nivåmåleren måler nivåer som er 3-4 mm for lave, som sannsynligvis skyldes feil i måleren og ikke dårlig justering.

Lineariseringsenhet og skriver viser for lave verdier bortsett fra helt øverst og nederst i måleområdet. Justering kan eliminere feilene.

Avleste vannføringer på skriveren ligger under virkelig vannføring. Avviket avtar med økende vannføring, og er 30-35 prosent ved middelvannføringen.

Konklusjon

Målenøyaktigheten er ikke tilfredsstillende. Det anbefales at vannføringskurven korrigeres, og at nivåmåler, lineariseringsenhet og skriver sendes leverandøren før justering. Man bør i tillegg vurdere å installere et måleprofil med mindre dimensjon som gir større oppstuing.