



NGU

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE

SKRIFTER 104



GiN

GRUNNVANN I NORGE

Grunnvannsanlegg EDB-basert drift og fjernkontroll

GIN-VEILEDER nr.: **10**

Norges geologiske undersøkelse
Miljøverndepartementet



NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE

Leiv Eirikssons vei 39, Trondheim.

Postadresse:
Boks 3006, Lade
N-7002 Trondheim
Telefon (07) 90 40 11

Adm.dir.: dr.philos. *Knut S. Heier*

Publikasjoner

NGU utgir publikasjonsseriene Skrifter, Bulletin og Special Publications. De to siste er i hovedsak engelskspråklige, og omfatter vitenskapelige arbeider innenfor norsk geologi. Skrifter er en norskspråklig serie, som først og fremst har tatt opp beskrivelser til berggrunnskart og kvartærgeologiske kart. Videre inneholder serien artikler om teknisk/økonomisk geologi, og generell geologi, geokjemi og geofysikk som grunnlag for arealplanlegging og -forvaltning.

Skrifter skal ha som intensjon å presentere geofaglig stoff på en slik måte at det forstås av ikke-geofaglige målgrupper.

REDAKTØR: Siv.ing. *Helge Hugdahl*, Norges geologiske undersøkelse

UTGIVER: Norges geologiske undersøkelse

MANUSKRIPTER: Retningslinjer for forberedelse av manuskripter til Skrifter fås ved henvendelse til redaktøren.

SKRIFTER 104: GiN VEILEDER NR. 10

GiN veilederne er utarbeidet av Norges geologiske undersøkelse i samarbeid med Miljøverndepartementet.

EDB-basert drift og fjernkontroll tas stadig mer i bruk for bl.a. grunnvannsverk. Veileder nr. 10 redegjør for de viktigste forutsetningene for utforming av EDB-baserte løsninger. Prinsippene kan med små tillegninger også anvendes på annen vannforsyning.

Veilederen henvender seg primært til planleggere av grunnvannsverk, men kan med utbytte leses også av øvrige personer som faglig eller administrativt arbeider med vannforsyning.

Stoffet er tilrettelagt av Knut Ellingsen (NGU).

GRUNNVANNS- ANLEGG EDB-BASERT DRIFT- OG FJERNKONTROLL

Utarbeidet av

Roar Finsrud, Østlandskonsult A/S

INNHOOLD

| | |
|--|----|
| 1. SAMMENDRAG | 3 |
| 2. DRIFT OG KONTROLL AV GRUNNVANNSANLEGG | 4 |
| Erfaringer | |
| 3. PROSESSKONTROLL/PROSESSTYRING | 5 |
| 4. FJERNKONTROLL | 7 |
| 5. PRIMÆRSIDE / FJERNKONTROLLSIDE | 9 |
| 6. PROGRAM | 10 |
| 7. DRIFTSDATA | 11 |
| Driftsdataberegninger | |
| Styringsdata | |
| 8. PRESENTERING / BRUK AV BILDER | 15 |
| Oversiktsbilder | |
| Vannmengder (eksempel på utskrift) | |
| 9. MANN - MASKINKOMMUNIKASJON | 18 |
| 10. VAKTORDNINGER | 19 |

1 SAMMENDRAG

Ved etablering av grunnvannsanlegg bør man allerede på planleggingsstadiet vurdere bruken av EDB-baserte system, både når det gjelder intern driftskontroll og fjernkontroll.

I begrepet "kontroll" ligger også grunnlaget for:

- *Overvåking*
- *Styring*
- *Regulering*

Alle som blir berørt av at ny teknologi tas i bruk må få god informasjon og bli tilstrekkelig motivert.

Det er viktig at blant annet følgende klarlegges:

- *Hva skal styres, overvåkes, kontrolleres?*
- *Hvilken informasjon skal lagres, presenteres, og hvordan?*
- *Hva skal dataene brukes til?*
- *Krav til nøyaktighet?*
- *Hvor ofte skal det innhentes måleverdier (loggefrekvens)?*
- *Kostnad i forhold til nytte av et EDB-basert system?*
- *m.m.*

Et ufravikelig krav må være at:

Leveranser av utstyr og program må være tilpasset grunnvannsanleggets oppbygging og virkemåte.

Hensikten med veilederen er å gjøre planleggere av grunnvannsanlegg kjent med de viktigste forutsetningene for utforming av EDB-løsningene. Det gis derfor en generell informasjon om:

- *Prosesstyring*
- *Tilrettelegging for fjernkontroll*
- *Eksempler på driftsdata (spesielle program)*
- *Eksempler på presentasjon av data m.m.*

2 DRIFT OG KONTROLL AV GRUNNVANNSANLEGG

Det er ofte enkelt å drifte grunnvannsanlegg, særlig der vannkvaliteten er jevn og god.

Uansett driftsform er det flere alternativ for kontroll, f.eks.:

- *Anleggene kontrolleres ved besøk.*
- *I tillegg til at anleggene kontrolleres ved besøk, benyttes et system der varsling sendes til vakthavende via f.eks. telefon eller personsøker. Alarmgrenser innstilles i tilknytning til målerne.*
- *EDB-baserte løsninger der det er mulig å følge driften uten at anleggene besøkes.*

Noen av fordelene ved EDB-baserte system er:

- *Prosessbilder av anleggene kan presenteres på en skjerm der f.eks. sanntidsmåleverdier vises (også grafisk, f.eks. grunnvannsnivåer).*
- *Måleverdier kan bearbeides og presenteres som trendkurver.*
- *Flere registreringer sett i sammenheng kan fortelle om en tilstand.*
- *Stor regnekapasitet gjør det mulig å erstatte dyrt måleutstyr.*
- *Rask varsling av tilstandsendringer gir et godt grunnlag for forebyggende vedlikehold.*
- *Lagring og bearbeiding av statistisk materiale gir grunnlag for riktig prioritering av utbedring og fornyelse.*
- *Fjernkontroll sammen med informasjon om grunnvannsanleggene gir et godt grunnlag for FDV (Forvaltning, Drift og Vedlikehold).*
- *Lagret informasjon kan presenteres i nyttige rapporter.*

Relativt enkle registreringer sammen med god presentering gir grunnlag for fjernkontroll. På den måten begrenses behovet for besøk ved anleggene.

Aktuelle parametre:

- *Tid*
- *Nivåer i brønner, peilerør og basseng*
- *Temperatur*
- *Mengde vann*
- *Mengde kjemikalier*
- *Driftsparametre*
- *o.l.*

I denne veilederen er det bare EDB-baserte løsninger som omtales.

Erfaringer

Som nevnt gir riktig bruk av EDB-teknologi mange fordeler. Det meldes imidlertid også om negative erfaringer, men disse skyldes blant annet:

- *For dårlig forberedelse (forarbeide) og motivasjon.*
- *Det er i for liten grad tatt hensyn til stedlige forhold.*
- *For dårlig sikring av utstyr der det lett oppstår feil.*

3 PROSESSKONTROLL / PROSESSTYRING

Med prosesskontroll menes et system som sørger for at forutbestemte grenser ikke overskrides. (Et system for måling, styring og regulering).

Grenseverdier overvåkes av forskjellige sensorer, og for grunnvannsanlegg er det aktuelt med måling av:

- *Tid*
- *Mengde*
- *Nivå*
- *Kvalitetsparametre, f.eks.:*
 - *Oksygen*
 - *pH*
 - *Klorrest*
 - *Ledningsevne*
 - *Temperatur*
- *Andre parametre*

Målte verdier benyttes som grunnlag for pumpestyring, kjemikaliedosering, lufttilførsel m.m. Alle målinger registreres i sann tid.

Det benyttes intelligente PLS (Programmerbar Logisk Styring) hvor det er innebygget lagringsmuligheter, beregningsprosessor, pumpestyringsenheter, regulatorer m.m.

På bakgrunn av den informasjon som kommer fra sensorer beregnes grunnlaget for regulering og styring.

Som eksempel illustreres i fig. 1 prinsippet for pH-justering med f.eks. soda:

Sodaløsningen har en forutbestemt styrke, og det doseres i forhold til vannmengden fra brønnene. Etter dosering skal pH være i f.eks. området 7,8 - 8,6. Hvis innstilte grenseverdier overstiges endres doseringen (dvs. overstyres fra pH-måler).

Nås innstilte alarmgrenser gis det varsel.

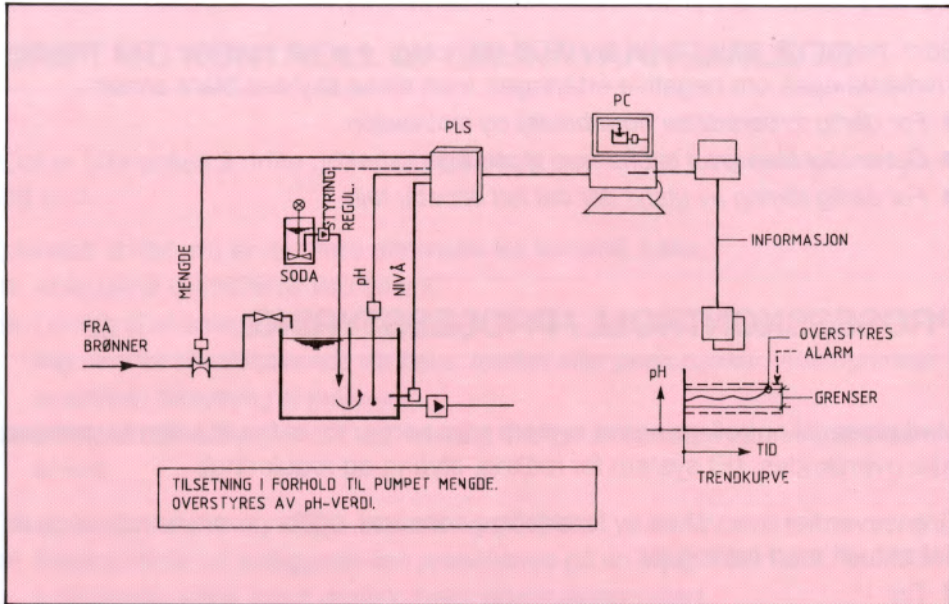


Fig. 1.
Prinsippet for registrering / styring / regulering i forbindelse med pH-justering.

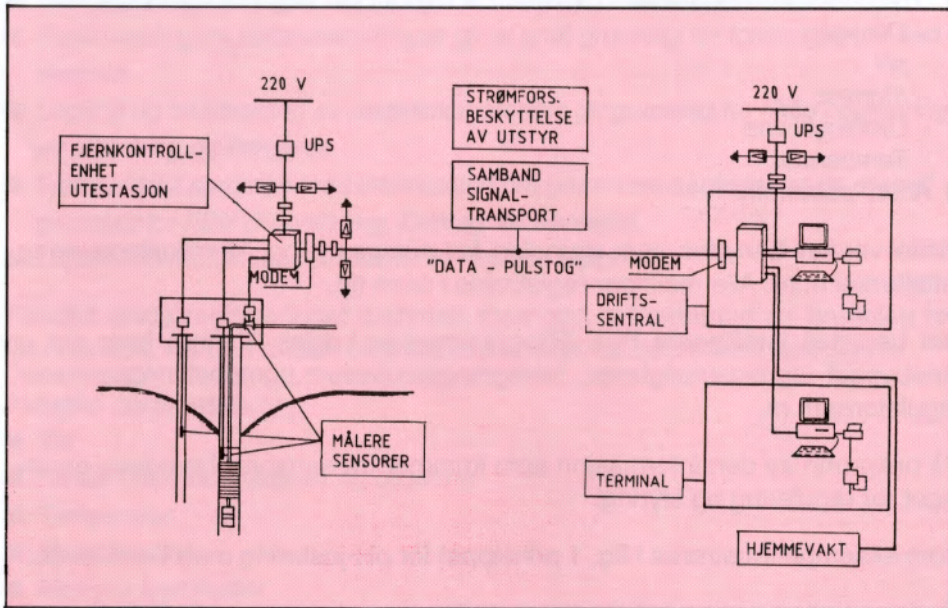


Fig. 2.
Prinsippet for fjernkontroll av grunnvannsbrønner.

Bilde av prosessen kan vises på skjerm der også øyeblikksverdier legges inn. Alle måleverdier lagres, og skal kunne presenteres som trendkurver (f.eks. middel timeverdier).

Lagret informasjon skal også være til hjelp ved endringer/utbedringer.

Endring av grenseverdier, start/stopp av pumper o.l. kan dirigeres fra PC-tastaturet. Det finnes ulike system for mann/maskinkommunikasjon, og det er viktig at løsningen er mest mulig brukervennlig (se avsnitt side 18).

4 FJERNKONTROLL

Med fjernkontroll menes overvåking av ett eller flere anlegg fra et sentralt sted.

Prinsippet for fjernkontroll av grunnvannsbrønner illustreres i fig. 2.

Følgende enheter inngår:

- *Sensorer (målere)*
- *Fjernkontrollenhet (utestasjon)*
- *Samband*
- *Driftssentral med utstyr som:*
 - *Signalbehandler*
 - *PC*
 - *Printer / Plotter*
- *Terminal(er)*
- *Hjemmevaktløsning*

For å kunne overføre direkte målte verdier (eller verdier som beregnes i utestasjoner) over ett trådpar, må verdiene MODULERES til et "data-pulstog". Når signalet kommer fram til datamaskinen blir det DEMODULERT til numeriske verdier som lagres i datamaskinen. MODEM står for MODulere / DEMo-dulere. På samme måte kan styringssignal gå motsatt veg f.eks. for start/stopp av pumper.

Signaloverføring foregår ofte på egne eller Televerkets linjer, og det er bestemte regler for den hastighet som tillates.

Ta tidlig kontakt med Televerket for å klarlegge muligheter og begrensninger.

Det er en forutsetning at signalene fra utestasjonene blir forstått av utstyret i driftssentralen (samme protokoll, eller populært sagt samme "språk").

Det er viktig å være klar over at utstyr fra en leverandør ikke uten videre kan benyttes sammen med utstyret fra en annen.

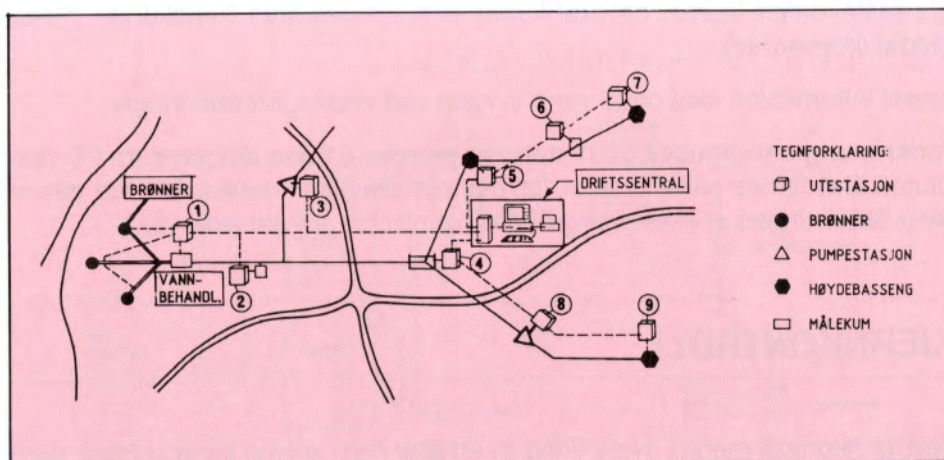


Fig. 3.
Fjernkontroll av et komplett vannanlegg.

Til driftssentralen kan det knyttes terminaler som får tilgang til informasjonen som ligger der. Det kan også benyttes bærbare PC i tilknytning til hjemmeverkt (se avsnitt side 19).

Reservestrømforsyning (benevnes UPS) samt beskyttelse mot overspenninger må også tillegges stor vekt. Gode løsninger vil gi store besparelser ved at ømtålig utstyr ikke ødelegges.

Et komplett anlegg for fjernkontroll av et vannanlegg der vannkilden er grunnvann, illustreres i fig. 3.

Totalt er det 9 utestasjoner. (Det er en felles utestasjon for prosess og fjernkontroll som dekker brønner og behandlingsanlegg).

Når fjernkontroll etableres fås et system for å sende - motta - bearbeide og presentere måleverdier. Forholdene legges derfor tilrette for også å overvåke grunnvannsmagasinet. Det er sensormulighetene som vil være avgjørende.

Et totalt opplegg for fjernkontroll må omfatte både vann- og avløpsanlegg. Etappevis utbygging må baseres på en hovedplan som dekker framtidige forhold.

5 PRIMÆRSIDE / FJERNKONTROLL

For drift av vannanleggene er det som tidligere nevnt behov for målinger. Målingene danner grunnlaget for forskjellige driftsfunksjoner som start/stopp av pumper, ventildirigering, dosering m.m.

Alle installasjoner som trengs for den interne driften benevnes PRIMÆRSIDEN. Utstyr for å sende informasjon til og fra driftssentralen benevnes FJERNKONTROLLSIDEN.

Prinsippet illustreres i fig. 4.

En viktig regel er at:

Anlegget skal kunne drives (opereres) uten kontakt med driftssentralen.

Når grunnvannsanlegg etableres må primærsiden tilrettelegges for fjernkontroll. Det er viktig å være klar over at mange leverandører nå har PLS med nødvendige funksjoner også for fjernkontroll.

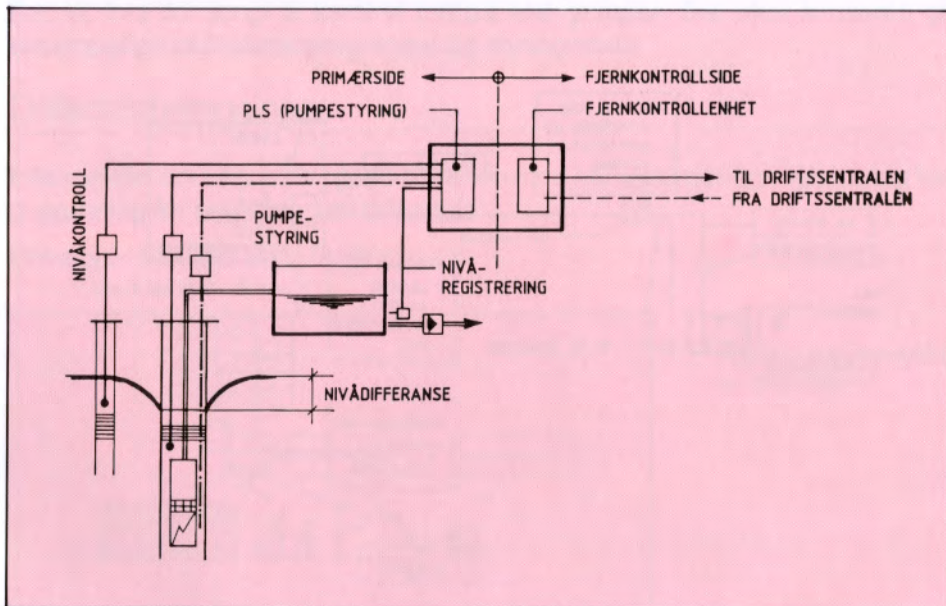


Fig. 4.
Primærside / fjernkontrollside.

6 PROGRAM

Det er programmene som blir avgjørende for nytten av databasert driftskontroll/fjernkontroll.

I fig. 5 illustreres bruken av en sensor (gir målesignal) sammen med forskjellige program.

- Trykket/nivået registreres kontinuerlig og gjøres om til et mA-signal (trykket gjøres om til milliampere i en oversetter/transmitter). 4 mA kan da være laveste, mens 20 mA er høyeste vannstand.

I utestasjonen er det utstyr som programmeres til å utnytte målesignalet, f.eks.:

- For styring av pumper
- For utregning av verdier (digitalisering) for overføring til driftssentralen.

I driftssentralen er det program som bestemmer hvordan informasjonen skal lagres, og hvordan presentasjonen skal foregå.

Det bør legges ned et stort arbeid i å beskrive det som ønskes av drifts- og fjernkontrollanlegget, samt grunnlaget for de program som ønskes levert.

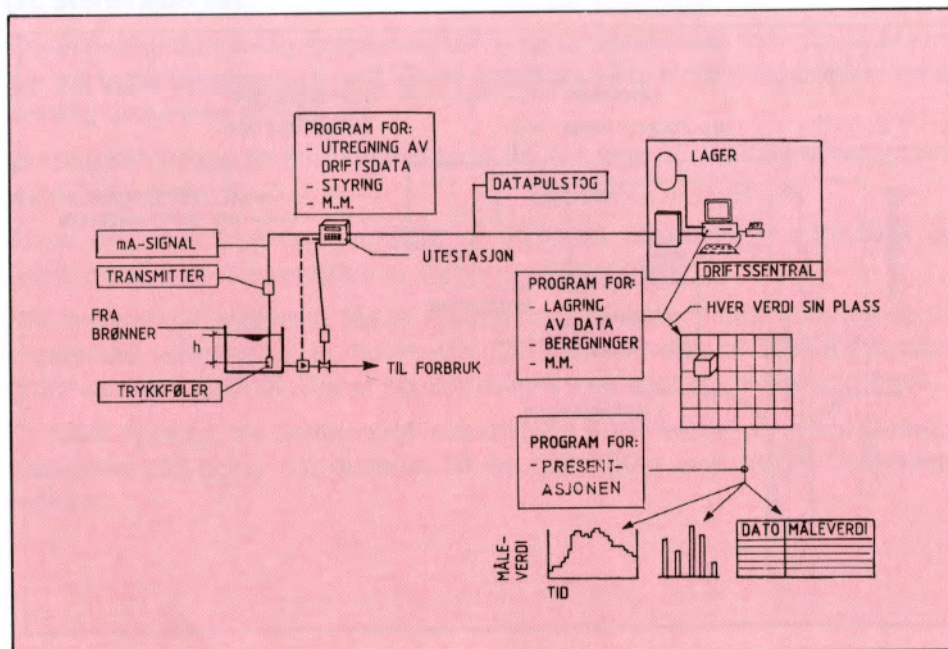


Fig. 5.
Forskjellige program.

7 DRIFTSDATA

Med driftsdata menes i denne forbindelse informasjon som trengs for drift, utbedring og nyanlegg.

Det må settes store krav til påliteligheten, og sensorene er av avgjørende betydning.

Driftsdata fås i prinsippet ved:

- Direkte målinger
- Beregninger basert på målinger og konstanter

Det er hensiktsmessig å dele dataene i følgende grupper:

- Målerverdier(sensordata) (Grunnlag for trendkurver)
- Statistiske data (Grunnlag for ny utbygging)
- Driftsdataberegninger (Erstatter målere)
- Styringsdata (Grunnlag for optimal drift)
- Simuleringsdata (For å forutsi hendelser)
- Ekspertsystem (Aktiv analyse av erfaringsdata, vil gi grunnlag for hjelp til å finne riktige løsninger)

Det vil føre for langt å komme inn på alle grupper. Det skal imidlertid gis eksempel på driftsdataberegninger og styringsdata.

Driftsdataberegninger

Informasjon om vannanleggene sammen med hensiktsmessig registrering kan gi grunnlag for beregning av driftsdata.

Prinsippet blir som vist i fig. 6.

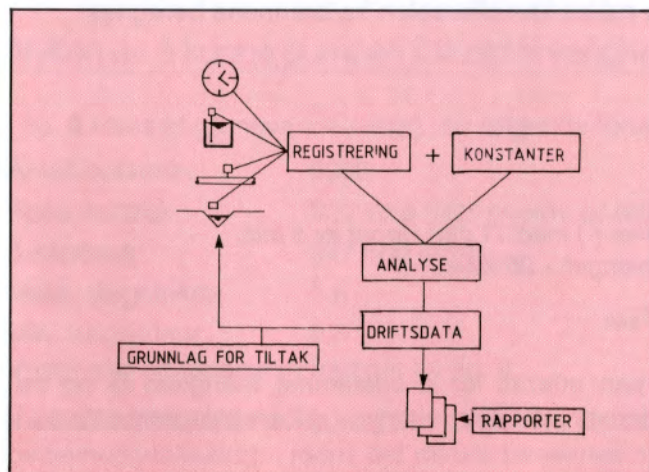


Fig. 6.
Prinsipp ved beregning av driftsdata.

Ved å registrere f.eks. nivået i et basseng vil nivåendring pr. tidsenhet være et mål for mengden til/fra bassenget (se fig.7).

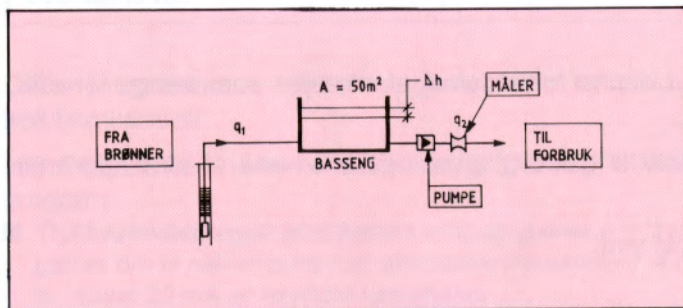


Fig. 7.

Beregning av vannmengden inn og ut av basseng.

Hvis det ikke er utpumping fra bassenget beregnes tilførselen fra brønnen (q_1) etter formelen:

$$q_1 = \frac{A \times \Delta h}{T \times 60} \text{ l/sek.}$$

A = Bassengareal i m^2

h = Nivåendring i mm på tiden T

T = Tiden i minutter

Eksempel:

- Bassengareal $50 m^2$
- Ingen utpumping
- Nivået stiger 60 mm på 3 min.

$$q_1 = \frac{50 \times 60}{3 \times 60} = 16,7 \text{ l/sek.}$$

Hvis utpumpet mengde q_2 måles kan tilførselen fra brønnene beregnes:

$$q_1 = q_2 \pm \frac{A \times \Delta h}{T \times 60} \text{ l/sek.}$$

Eksempel:

- Nivået i bassenget synker (-) med 11 mm i løpet av 5 min.
- Målt mengde ut av bassenget = 26 l/sek.

$$q_1 = 26 - \frac{50 \times 11}{5 \times 60} = 24,2 \text{ l/sek.}$$

Tilsvarende beregninger kan utføres for å bestemme mengden til og fra høydebasseng. Metoden krever ikke ekstrautstyr, og beregningene utføres i utestasjonene.

Styringsdata

Ved å benytte flere pumper med forskjellig kapasitet (eventuelt turtallsregulering) kan pumpingen tilpasses døgnforbruket.

I fig. 8 illustreres at utpumpet mengde baseres på registrert forbruk siste døgn. Nivået i høydebassenget benyttes til overstyring.

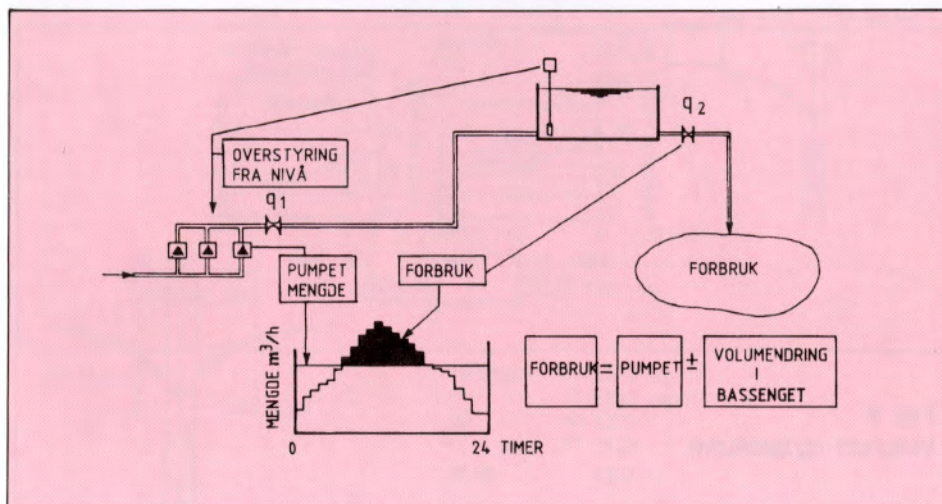


Fig. 8.
Pumpet mengde baseres på forbruket siste døgn.

$$\text{Innstilt pumpemengde} = \frac{\text{Sum av timeverdier i 24 timer}}{24} \text{ m}^3/\text{time}$$

Metoden gir gode driftsforhold, og riktig bruk av utjevningvolumet.

Nytten av å kunne pumpe i forhold til varighetskurven

I fig. 9 vises et grunnvannsanlegg der følgende forutsetninger gjelder:

| | |
|--|---------------------------------------|
| Antall personer | 5000 |
| Spes. forbruk | 300 l/p.d. (liter pr. pers. pr. døgn) |
| Årsforbruk | 547.500 m ³ /år |
| Maks. døgnfaktor | 1,6 |
| Min. døgnfaktor | 0,6 |
| Varighets- og tapskurve framgår av fig. 9. | |

Vannforbruket varierer fra døgn til døgn. Største døgnforbruk i løpet av året benevnes maks.døgn, mens det minste benevnes min. døgn.

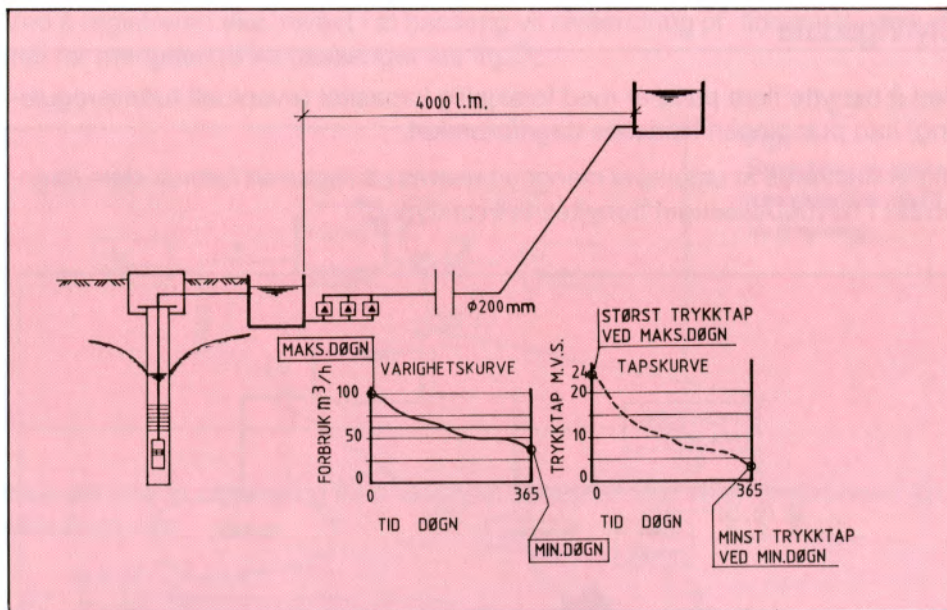


Fig. 9.
Varighets- og tapskurve.

En kurve der alle døgnforbruk i løpet av ett år legges etter hverandre i forhold til størrelse benevnes VARIGHETSKURVE.

Trykktapet når vann pumpes gjennom en ledning øker med kvadratet av hastigheten. Tapet varierer derfor mye i forhold til mengden.

Ved mindre vannanlegg er det vanlig å pumpe maks.døgn forbruk uansett virkelig forbruk. På den måten brukes mye ekstra energi i forhold til pumping ut fra behovet.

I eksemplet fig. 9 spares ca. **kr. 10.400,-** pr. år i energikostnader hvis pumpingen tilpasses forbruket (energipris 40 øre/kWh, virkningsgrad 70%).

Energikostnad for å overvinne trykktapet blir:

| | |
|--------------------------------------|---------------------|
| Pumper som gir maks. døgn | Kr. 20.800,- pr. år |
| Pumping i forhold til varighetskurve | Kr. 10.400,- pr. år |
| Årlig besparelse | Kr. 10.400,- pr. år |
| Nåverdi (Realrente 7% og 20 år) | Kr. 110.000,- |

8 PRESENTERING / BRUK AV BILDER

I fig. 10 illustreres hvordan bildet av et grunnvannsanlegg tas fram på skjermen i driftssentralen.

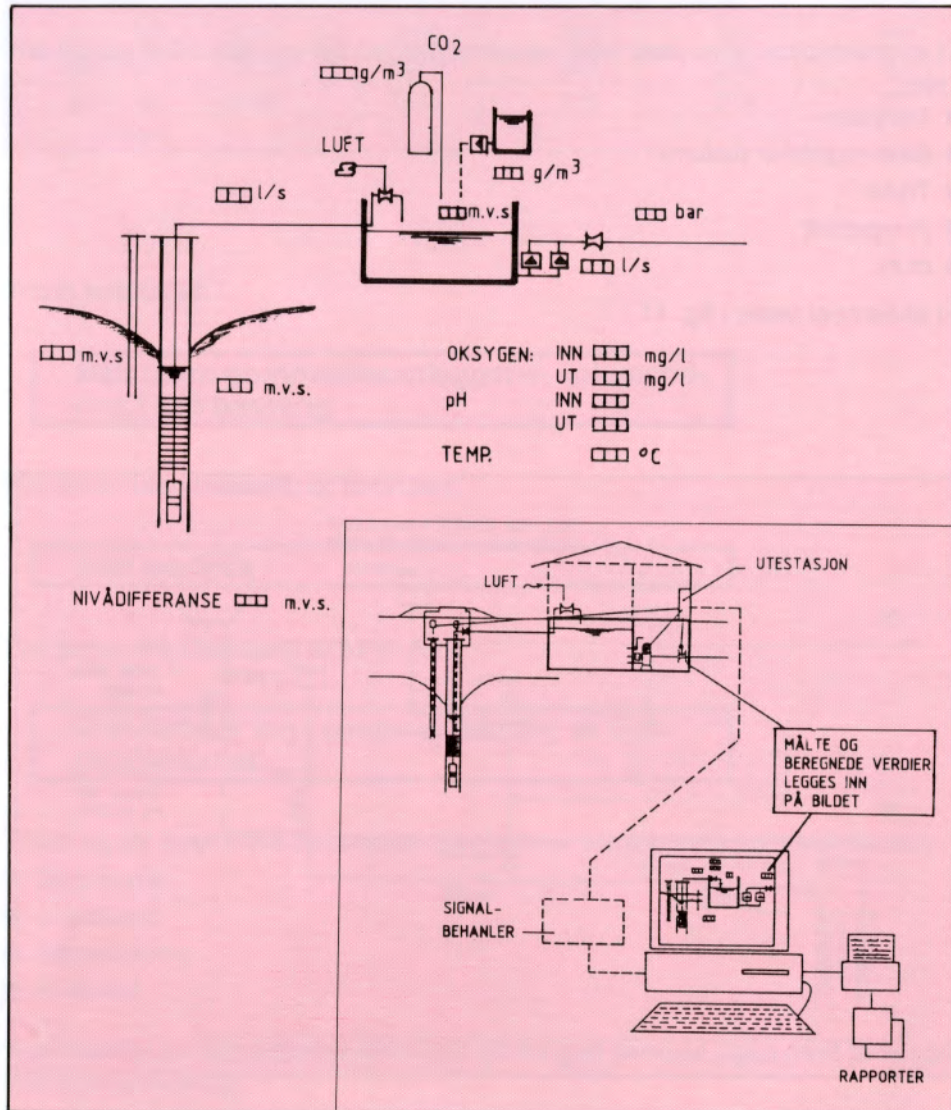


Fig. 10.
 Informasjon legges inn på bilder.

Grunnbildene som i størst mulig grad ligner de virkelige anleggene, ligger lagret i datamaskinen, og tas fram meget raskt. Registrerte og beregnede verdier legges inn på bildet (nivå i brønner, peilerør og basseng, kjemiske parametre m.fl.)

Feilvarsling og annen informasjon gir driftsoperatøren en følelse av å være på anlegget når bildet er på skjermen.

Oversiktsbilder

Et oversiktsbilde som viser hele vannforsyningen gir en rask informasjon om f.eks.:

- Mengder
- Bassengnivåer (volum)
- Trykk
- Pumpedrift
- m.m.

Et eksempel vises i fig. 11.

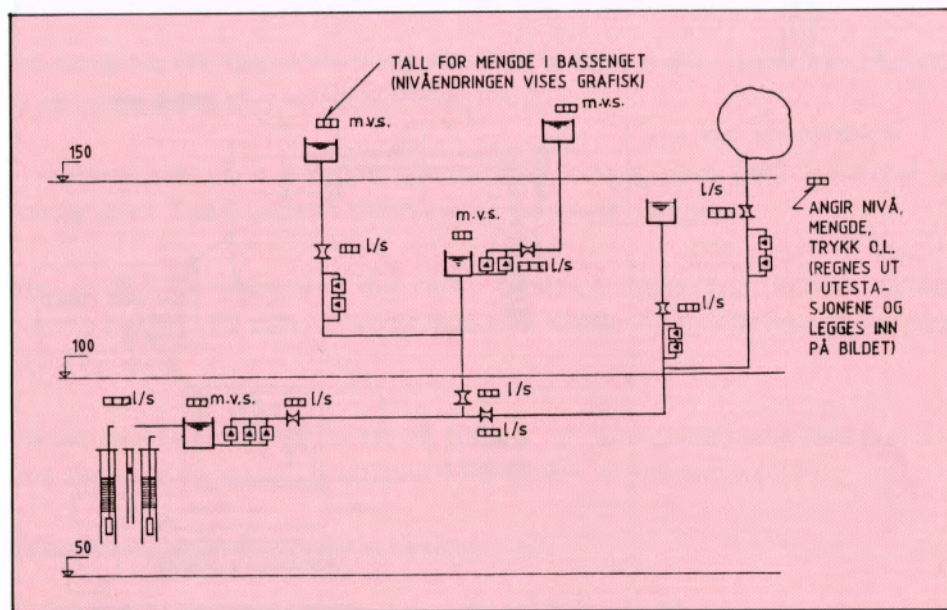


Fig. 11

Eksempel på oversiktsbilde.

Vannmengder (eksempel på utskrift)

Total mengde og mengden for hvert forbruksområde (sone) kan måles/beregnes til samme tid hvert døgn og presenteres i f.eks. en tabell.

| Dato | Døgnforbruk m ³ /døgn | | | | |
|----------|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | Totalt | Sone 1 | Sone 2 | Sone 3 | Sone 4 |
| 01.01.91 | 2340 | 1540 | 383 | 223 | 188 |
| 02.01.91 | 2218 | 1501 | 348 | 216 | 158 |
| 03.01.91 | 2302 | 1532 | 372 | 219 | 172 |
| osv. | | | | | |

Totalt forbruk er:

Målt ut fra grunnvannsanlegget +- volumendring i alle basseng

For soner uten basseng er forbruket:

Målt mengde

For soner med basseng er forbruket:

Målt forbruk inn i sonen +- endring av bassengvolumet.

Totalt og for hver sone bør middel timeforbruk presenteres som trendkurver:

- Døgnkurve
- Ukeskurve
- Månedskurve
- Årskurve

Trendkurver av det virkelige forbruket gir en god oversikt også med tanke på lekkasjeovervåking.

I fig. 12 illustreres utdrag av en ukeskurve.

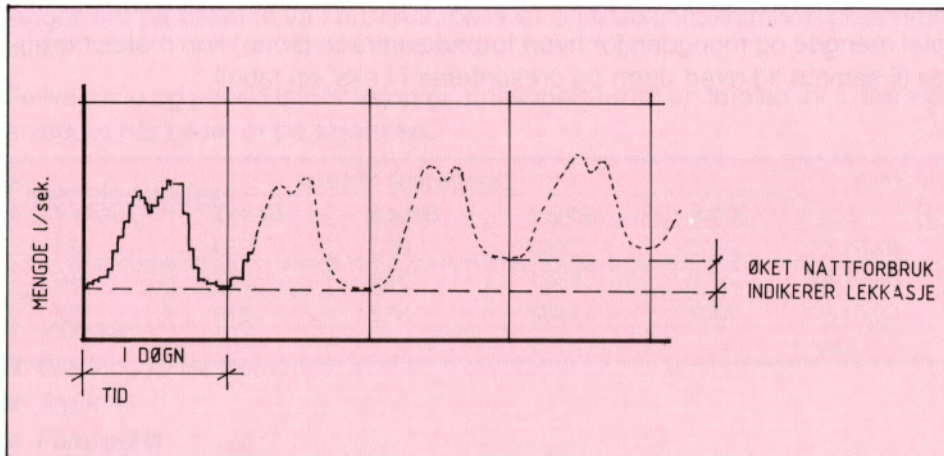


Fig. 12.
Trendkurve som viser vannforbruk.

9 MANN - MASKINKOMMUNIKASJON

Med uttrykket mann - maskinkommunikasjon menes blant annet:

- *Hvordan informasjonen tas frem og presenteres.*
- *Hvordan styring av komponenter foregår.*
- *Hvordan tilbakemeldinger presenteres osv.*

Utforming av opplegg for mann - maskin kommunikasjon vil i stor grad påvirke brukervennligheten for hele systemet.

I fig. 13 illustreres to forskjellige løsninger:

- *Menybasert*
- *Bruk av pekefunksjoner.*

Det kan også legges inn midlertidige menyer på et bilde der det stilles spørsmål om ønsket informasjon.

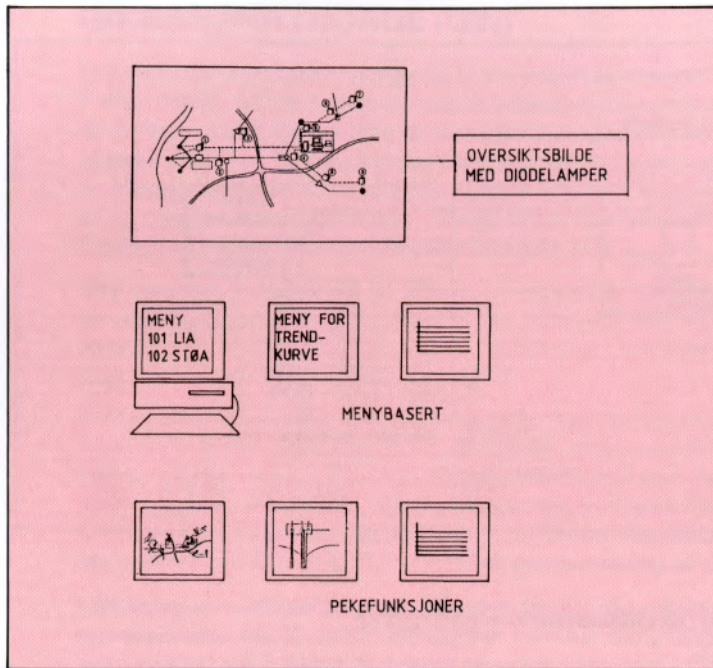


Fig. 13.
Eksempel på mann-
-maskinkommuni-
-kasjon.

10 VAKTORDNINGER

Databasert drift- og fjernkontroll åpner nye muligheter for vaktordninger i og med at informasjon om anleggene samles i driftssentraler.

Varsling til driftsoperatørene som er på vakt kan foregå på forskjellig måte. Noen eksempler illustreres i fig. 14.

Alarmer må prioriteres slik at f.eks. hjemmevakt varsles bare hvis situasjonen er slik at det kreves umiddelbare tiltak.

Antall alarmnivåer må baseres på praktisk erfaring. Det vanlige har vært 2-3 nivåer (A, B og C-alarm).

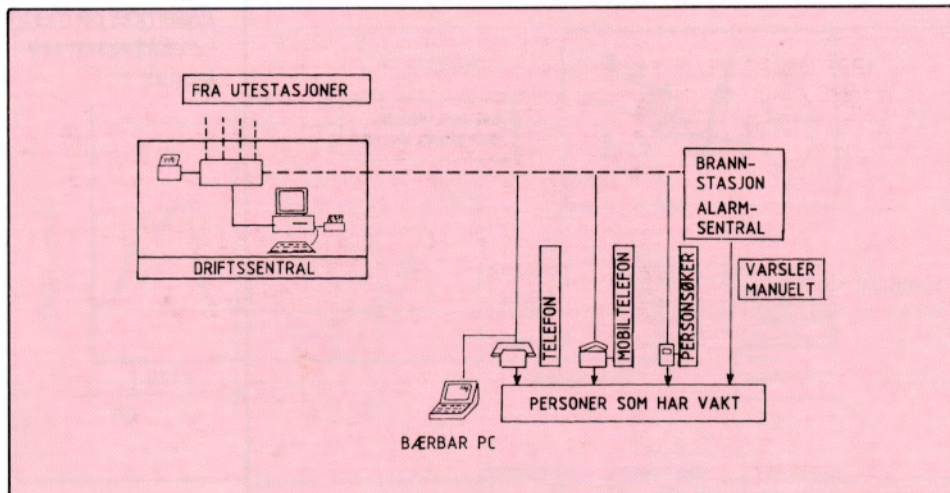


Fig. 14.
Eksempler på varsling når driftssentralen er ubemannet.

GRUNNVANN I NORGE (GiN)

Programmet Grunnvann i Norge (GIN) ble initiert av Miljøverndepartementet (MD) i 1989. I 1991 overlot MD ansvaret for videre engasjement i programmet til Statens Forurensningstilsyn (SFT). GiN er idag et samarbeidsprogram mellom Norges geologiske undersøkelse (NGU) og SFT for å fremme økt bruk og bedre vern av grunnvann. Det finansieres av Næringsdepartementet v/NGU, Statens Forurensningstilsyn, Kommunaldepartementet og Landbruksdepartementet. I tillegg bidrar Universitetet i Bergen, Sogn og Fjordane Distriktshøgskule, Telemark Distriktshøgskule m.fl.

GiN omfatter metodeutvikling, oversiktskartlegging, registrering og vurdering av grunnvannsforekomster og forurensningstrusler, i tillegg til informasjonstiltak overfor kommuner og fylkeskommuner. Kontaktpersoner for programmet finnes i fylkeskommunene og de fleste av landets kommuner.

Programmet har en sentral programgruppe med representanter fra SFT (seksjonsleder Oddvar Lindholm, leder, og overingeniør Tor Johannessen), Vassdragsvesenet (sjefingeniør Øystein Aars), Statens Institutt For Folkehelse (seksjonsleder Truls Krogh), Sør-Trøndelag fylkeskommune (avdelingsingeniør Gleny Foslie), Kommunenes Sentralforbund (teknisk sjef Einar Melheim) og Geofuturum a/s (siv.agr. Svein Ole Åstebøl). NGU har ansvaret for koordinering og praktisk gjennomføring av programmet.

GiN ledes av sjefingeniør Knut Ellingsen (NGU). En referansegruppe er opprettet med representanter fra 12 andre institusjoner som har tilknytning til grunnvann. Program- og referansegruppe i tillegg til fylkesansvarlige geologer i GiN og noen enkeltpersoner fungerer som fast høringsinstans for veilederne.

Tidligere utgitte GiN-veiledere:

1. Grunnvann fra hovedplan til prøvepumping
2. Grunnvann i arealplanleggingen
3. Grunnvannsundersøkelser i løsmasser
4. Grunnvann: Planlegging - Økonomi
5. Grunnvannsanlegg - Eksempler
6. Grunnvatn i fjell til spreidd busetnad

Planlegges utgitt høsten 1991:

7. Grunnvannsbeskyttelse
8. Grunnvannsforekomster i Norge
9. Grunnvann. Anbud og nedsetting av brønn
10. Grunnvannsanlegg - EDB-basert drift og fjernkontroll
11. Grunnvann. Kunstig infiltrasjon
12. Grunnvannskvalitet. Noen problemer og tiltak
13. Grunnvann. Kontroll, vedlikehold og rehabilitering av brønn