

NGU Rapport 92.177

Utpøving av en utstyrspakke for  
kontinuerlig overvåking av  
vannkvalitet

Rapport nr. 92.177		ISSN 0800-3416		Gradering: Åpen	
Tittel: <b>UTPRØVING AV EN UTSTYRSPAKKE FOR KONTINUERLIG OVERVÅKING AV VANNKVALITET</b>					
Forfatter: Gaute Storrø			Oppdragsgiver: Norsk Hydrologisk Komite (NHK)		
Fylke:			Kommune:		
Kartbladnavn (M=1:250.000)			Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)		
Forekomstens navn og koordinater:			Sidetall: 25		Pris: 65,-
			Kartbilag:		
Feltarbeid utført: mai-sept. 1991		Rapportdato: 10.04.92		Prosjektnr.: 63.2306.06	
				Ansvarlig: <i>Roy Tou O'Hara</i>	
Sammendrag:					
<p>Det er gjennomført utprøving av en utstyrspakke for kontinuerlig overvåking av vannkjemi. Utstyret består av vannmengdemåler, vannprøvetaker, vannkvalitetsovervåker og datalogger. <b>Vannmengdemåleren (PULSMAG V)</b> er godt egnet for bruk i denne type overvåking, i første rekke p.g.a. konstruksjonen uten bevegelige deler og dermed høy driftssikkerhet. Den har analog signalutgang som er et krav i denne sammenheng.</p> <p><b>Vannprøvetakeren (AQUASAMPLER PRT20)</b> er en meget anvendelig, og i gitte situasjoner nødvendig (bl.a. for forurensningsovervåking), tilleggsutrustning til den utprøvde utstyrspakke.</p> <p><b>Vannkvalitetsovervåkeren (YSI-3560)</b> er godt egnet for kontinuerlig overvåking av vannkjemi. Enkelte tekniske løsninger kan forbedres, men dette er ikke kritisk.</p> <p><b>Loggeren (SQUIRREL 1200)</b> er meget godt egnet for lagring av data fra kontinuerlig kjemisk overvåking. Enkel betjening og stor fleksibilitet m.h.t. signalinnganger er blant de fremste fortrinn. Loggeren kan kobles opp mot ethvert måleinstrument som har analog signalutgang.</p> <p>Samlet gir utstyrspakken en overvåkingsutrustning med stor fleksibilitet både når det gjelder teknisk installasjon og overvåkingsparametre. Tømming, behandling og permanent lagring av innsamlede data kan foregå v.h.a. PC knyttet direkte til loggeren eller via telefonmodem, radiosamband eller satelitt.</p>					
Emneord: Hydrogeologi		Vannkjemi		Fagrapport	

**INNHOLDSFORTEGNELSE**

		<b>SIDE</b>
1	INNLEDNING	3
2	BAKGRUNN FOR PROSJEKT 63.2306.06	3
3	BAKGRUNN FOR NHK-PROSJEKT 9/90	3
4	BESKRIVELSE AV UTSTYRSPAKKEN	4
	4.1 Vannmengdemåler	4
	4.2 Vannprøvetaker	5
	4.3 Vannkvalitetsovervåking	6
	4.4 Datalogger	7
	4.5 Behandling og permanent lagring av data	7
5	RESULTATER	8
	5.1 Vannmengdemåler	8
	5.2 Vannprøvetaker	9
	5.3 Vannkvalitetsovervåking	9
	5.4 Datalogger	10
	5.5 Behandling og permanent lagring av data	10
6	VURDERING AV UTSTYR UTFRA KVALITET AV DATA	11
7	SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	13

FIGURER 1-10

VEDLEGG 1

## **1 INNLEDNING**

I forbindelse med NGU-prosjekt 63.2306.06, "Salt industrivann", er det gjennomført utprøving av en utstyrspakke for kontinuerlig overvåking av vannkvalitet. Rapporten beskriver de erfaringer som er samlet under denne utprøvingen. Utprøvingen er støttet av Norsk hydrologisk komite (NHK) gjennom NHK-prosjekt 9/90, "Overvåking av deponier".

## **2 BAKGRUNN FOR PROSJEKT 63.2306.06, "Salt industrivann"**

Undersøkelsene ved Akvaforsk, Sunndalsøra, er et ledd i et større prosjekt for å klarlegge mulighetene for å utnytte salt grunnvann innen akvakultur. To brønner er etablert i strandsonen på Litledalselvas delta. Totalt brønndyp er 21 meter. Brønnene er prøvepumpet, med maks kapasitet 3 m<sup>3</sup>/min, i hovedsak for å klargjøre salinitetsutviklingen over tid. Ønsket fra Akvaforsk er størst mulig mengder (15-30 m<sup>3</sup>/min) av smittefritt grunnvann med høyest mulig salinitet (> 15 o/oo).

## **3 BAKGRUNN FOR NHK-PROSJEKT 9/90 OG KOBLING MOT 63.2306.06.**

Hovedmålsettingen i prosjektet er å utvikle og utprøve en utstyrspakke for permanent og temporær overvåking av den akvatiske forurensingssituasjonen rundt ett avfallsdeponi. Prosjektet er inne i fase 2, som består av fysisk etablering av målesystem og utprøving av dette. En fant det meget hensiktsmessig å knytte denne utprøvingen til NGU-prosjekt 63.2306.06 "Salt industrivann" utfra følgende forhold:

- I det aktuelle salt-/ferskvannsmiljø på Sunndalsøra vil en kunne finne meget distinkte korttidsvariasjoner i vannkjemien under prøvepumping. En får dermed prøvd ut måleutstyret over et stort måleområde og under raske variasjoner i vannkjemien. Utprøvingen kan også gjennomføres innenfor et begrenset tidsrom.
- Veksling mellom høyvann og lavvann vil innvirke på vannmengden som trekkes ut (pumpens løftehøyde). Registrering av vannmengde gir dermed også et indirekte mål på vannstand. Vannkjemien kan også endres avhengig av flo/fjære.

Dersom utprøvingsfasen skulle legges til et deponi, med overvåking f.eks. av grunnvannsforurensingen, ville en forvente en mye mere stabil situasjon med langsomme og relativt små endringer i vannkjemien over tid. Dette ville kreve en lengre

utprøvningsfase og samtidig gi erfaringer kun over et snevert måleområde.

Deler av utstyrspakken (YSI-3560, Water Quality Monitoring System) er også benyttet under undersøkelse av en avfallsfylling ved Trandum militærleir (NGU-rapp. 91.228). Det er sannsynlig at del 3 av NHK-prosjekt 9/90, d.v.s. langtids (1 år) overvåking av grunnvannskjemi ved et deponi, vil bli gjennomført ved foran omtalte avfallsfylling.

#### 4 BESKRIVELSE AV UTSTYRSPAKKEN

En oversiktsskisse for det anvendte overvåkingsutstyr er vist i fig. 1. Utstyret består av fire hovedenheter, som er beskrevet i det følgende. Det understrekes at noen fullstendig markedsundersøkelse ikke ligger til grunn for de valg som er gjort m.h.t. benyttede instrumenter. Markedet oversvømmes av denne type utstyr, særlig dataloggere og ulike produkt for vannkvalitetsovervåking, trolig som en følge av "miljøbølgen" og data-industriens inntog i denne.

**Produsent-, produkt- og forhandlernavn er i rapporten kun brukt av dokumentasjonshensyn, og innebærer ingen form for anbefaling eller produktgodkjenning fra NGU's side.**

##### 4.1 Vannmengdemåler

For kontinuerlig overvåking av vannmengde ut fra grunnvannsbrønnene er det benyttet en vannmengdemåler med betegnelse "PULSMAG V", levert av firma Endress & Hauser (fig. 2). Dette er en meget avansert utrustning for måling av væskestrøm, med en rekke programmeringsmuligheter, som for såvidt er uinteressante for den aktuelle problemstilling. Argumentene for å velge en slik vannmengdemåler, framfor f.eks. konvensjonelle propellmålere eller flottørmålere, er som følger:

- Måleren har analog signalutgang (4-20 mA) og pulsutgang (telleverk) som kan kobles direkte opp mot datalogger.
- Måleren er et helt åpent rør hvor vannmengde måles av elektroder som sitter i rørveggene, v.h.a. induert strøm. Den inneholder ingen bevegelige deler og en unngår dermed et meget vanlig problem med fastkiling av propell/flottør p.g.a. sandkorn som transporteres med vannet. En får heller ikke målefeil p.g.a. sandslitasje på mekaniske deler.

-Måleren kan leveres, som i dette tilfellet, i rustfritt og syrefast materiale, hvilket vil være et absolutt krav i forurensingssammenheng og ved arbeid f.eks. med sjøvann/brakkvann.

-Måleområdet kan programmeres slik at det i størst mulig grad tilpasses den aktuelle vannføring.

Muligheten for kontinuerlig overføring av måleverdi direkte til datalogger, må betegnes som det viktigste. Ved tolkning av overvåkingsdata viser det seg stadig at en pålitelig og kontinuerlig registrering av vannmengde er av avgjørende betydning. Endringer i vannkjemi inntreffer ofte parallelt med, og er gjerne forårsaket av, endringer i vannmengde. Vannmengdedataene gir også en sikker kontroll av hvorvidt og hvordan det tekniske system med pumper etc. har fungert.

Enhver måler med analog signalutgang kan derfor sies å være anvendelig i et slikt overvåkingssystem. De øvrige punkter berører i første rekke levetid for måleren samt mengden av arbeid som må legges ned i teknisk feilsøking.

Pris for måleren juni 1991 (PULSMAG V, DIM 150 mm, rustfri/syrefast) var kr 23.400,- inkl. mva.

## 4.2 Vannprøvetaker

For rutinemessig uttak av vannprøver, som senere sendes til analyse i laboratorium, er det benyttet en "AQUASAMPLER PRT20" koblet til en "AQUAFRACTOR PRT72" (fig. 3). Produsent er firma Struers i Danmark og norsk forhandler Nerliens Kemiske Tekniske A/S. Sammen utgjør "PRT20" og "PRT72" en konvensjonell karusellprøvetaker, hvor "PRT20" består av prøvetakingspumpe og tidsur mens "PRT72" er en varmeisolert prøveflaskesynder (12 flasker a 1 liter) med kjøleelementer. Mulighet for tidsinnstilling både på tidsur og på den roterende tappekranen i prøveflaskebeholderen gir omfattende muligheter for programmering av prøvetakingsprogram. Prøvetakingen kan om ønskelig styres mengdeproporsjonalt (styrt av vannmengdemåler). Ved utstyrstesting er det valgt å sette opp prøvetakeren slik at den tar en vannprøve pr døgn bestående av 4 delprøver a 200 ml (uttak av delprøver kl 01.30, 02.00, 02.30 og 03.00).

Vannprøvetakeren er en frittstående enhet som kan fungere alene, uavhengig av de andre enhetene i utstyrspakken. Det er to hovedgrunner for at prøvetakeren er koblet opp i den pakke som er utprøvd:

-Vannprøvene er analysert bl.a. på pH og ledningsevne i laboratorium. Dette gir mulighet for å kontrollere de kontinuerlige målinger som er gjort med YSI-3560 (se kap. 4.3).

-De parametre som måles med YSI-3560 (temp., elektrisk ledn.evne, pH, redox.) gir

ingen detaljopplysninger om vannkjemien. I forurensingssammenheng er det oftest spesielle stoffer/ioner man er på utkikk etter. Slike opplysningene må skaffes tilveie ved konvensjonelle laboratorieanalyser. Det er her valgt å undersøke vannprøvene m.h.p. uorganisk kjemisk sammensetning ved NGU's laboratorier (30 kationer (ICAP) og 7 anioner (IC)). Dette gir mulighet for å sammenligne eventuelle endringer i ioneinnhold med endringene i de parametre som er målt med YSI-3560.

I forurensingssammenheng kan detaljanalyser av vannprøvenes organiske innhold være en like naturlig/nødvendig prosedyre.

"AQUASAMPLER PRT20" er nå erstattet av en ny modell "HCV120". Samlet pris for "HCV120" + "PRT72" oktober 1991 var kr 52.800,- inkl. mva.

### 4.3 Vannkvalitets-overvåking

For kontinuerlig overvåking av vannkvalitet er "YSI-3560 Water Quality Monitoring System" benyttet (fig. 4). Produsent er Yellow Spring Instruments, USA og norsk forhandler Nerliens Kemiske Tekniske A/S. Dette systemet består av en gjennomstrømningsbeholder med fire måleelektroder (temperatur, elektrisk ledningsevne, pH og redoxpotensiale) samt en måleenhet for avlesing av måleverdier, kalibrering av sensorer, temperaturjustering etc.

Systemet er en selvstendig enhet som kan benyttes på konvensjonell måte for analyse av enkeltprøver, eller for kontinuerlig måling i gjennomstrømningsbeholderen. Sistnevnte oppsett betegnes gjerne som et "online system", d.v.s. et oppsett hvor målingene utføres i et lukket system, på vann som kommer direkte fra "kilden" uten innblanding av "fremmede" gasser/ioner. Systemet anbefales benyttet i forurensingssammenheng bl.a. ved rensing av undersøkelsesbrønner, d.v.s. for å kontrollere at vann som er påvirket av brønnetableringen pumpes vekk før vannprøve tas ut.

Det finnes en rekke instrumenter på markedet som mer og mindre tilsvarer YSI-utrustningen m.h.t. sensorutvalg. Hovedargumentene for å velge YSI-3560 var:

- Tilsvarende instrument med ferdig utviklet/utprøvd gjennomstrømningsbeholder ble ikke funnet hos de øvrige produsenter/forhandlere som ble kontaktet.
- YSI-3560 har analog signalutgang (mV-signal) som muliggjør direkte overføring av måleverdier til datalogger.
- YSI har lang erfaring med produksjon av feltinstrumenter og et bredt produktutvalg.

Pris for "YSI-3560 WQMS" mai 1991 var kr 50.400,- inkl. mva.

#### 4.4 Datalogger

For lagring av måledata er en "SQUIRREL 1200"-datalogger benyttet (fig. 5). Produsent er firma "GRANT INSTRUMENTS", England og norsk forhandler Meta A/S (Dan Meszansky gruppen). Loggerens funksjon er at den tilordner et "tids-stempel" (år/dag/mnd/time/ min/sek) til hver enkelt måling og gir dem en digital lagring. Brukeren gis anledning til bl.a. å angi hvor ofte målinger skal lagres (minimums intervall=1 sek, maksimums intervall=25 timer), hvorvidt kun enkeltmålinger eller gjennomsnitt over nærmere angitt tidsrom skal lagres og hvorvidt "alarmer" skal utløses ved overskridelse av terskelverdier.

Loggere i "SQUIRREL 1200"-serien kan leveres med en rekke ulike kanaler for signalinngang. Standard er 1 digitalinngang, 2 pulsinnang (telleverk) samt 16 valgfrie kanaler (elektrisk spenning/strøm/motstand, temperatur). Den modellen som er benyttet har betegnelsen 1207 og har 16 kanaler som er valgfrie mellom spenning (V) og strøm (A). Loggeren har RS-232 utgang til PC eller direkte til skriver.

Det finnes en rekke dataloggere på markedet og bakgrunnen for å velge "SQUIRREL" er:

- Loggeren er liten og lett (BxHxD = 18x12x4 cm, vekt 0,5 kg).
- Loggeren har enkel betjening med 3 trykk-knapper og full bruksanvisning på fronten.
- Loggeren har stor fleksibilitet m.h.t. signalinnganger, d.v.s. stort bruksområde.
- PC-programvare for databearbeiding og grafisk presentasjon følger med loggeren.

"Yellow Spring Instruments" og "Grant Instruments" har i fellesskap laget en sammensmelting av "YSI-3560" og "SQUIRREL", d.v.s. en vannkvalitetsmonitor med innebygget logger (YSI/GRANT 3800, fig.6). Slike finnes også i en rekke fabrikater, og har sine klare fordeler bl.a. i kompaktet. Den store fleksibiliteten på logger-siden går da imidlertid tapt.

Pris for "SQUIRREL 1207" juni 1991 var kr 24.000,- inkl. mva.

#### 4.5 Behandling og permanent lagring av data

For bearbeiding, presentasjon og lagring av data er en bærbar PC benyttet. Dette regnes ikke som en permanent del av utstyrspakken, idet det kun benyttes ved tømning av data fra loggeren. Programvaren som følger "SQUIRREL 1200" har betegnelsen "SQUIRRELWISE" og er i hovedsak beregnet for grafisk presentasjon. Dette må anses som en absolutt nødvendig del av et slikt overvåkingssystem, idet grafikk er den eneste



anvendbare presentasjonsform for de store datamengder som samles. Programmet har ellers rutiner for å transformere de lagrede analogverdier (mV, mA) til virkelige måleverdier (pH, temp., ledningsevne, vannmengde o.s.v.). Krav til maskinvare for å kjøre "SQUIRRELWISE" mot skjerm, skriver og plotter er gitt i vedlegg 1.

Tilleggsprogrammet "SQTRANS", som er en transformasjonsrutine mot regneark, forhandles av Mata A/S (Dan Meszansky gruppen). Dette gjør det mulig å ta de innsamlede data inn i regnearkene Lotus 1-2-3 og SuperCalc for datakorreksjoner, statistiske beregninger og eventuell presentasjon i spesialgrafikk.

## **5 RESULTATER**

I det følgende beskrives de tekniske og faglig relaterte erfaringer som er samlet under utprøvingen av utstyrspakken. Hovedenhetene i pakken omtales enkeltvis.

### **5.1 Vannmengdemåler**

Tilsvarende målere er benyttet tidligere ved gjennomføring av NGU-prosjekter (prøvepumping av grunnvannsanlegg) med udelt positive resultater. Det kreves en viss omtanke ved montering av måleren, slik at en med sikkerhet vet at hele målertverrsnittet går fullt med vann og at det ikke er omfattende turbulens i måleren (rettstrekning før og etter måleren). Det oppsto skade på elektronikken i måleren p.g.a. betydelige vibrasjoner i grunnvannspumpen. Vibrasjoner av dette omfang opptrer normalt ikke og skyldes feil i pumpemontering.

Det **konkluderes** med at måleren er godt egnet for bruk i denne type overvåking, i første rekke p.g.a. konstruksjonen uten bevegelige deler og dermed høy driftssikkerhet. Analog signalutgang er også et krav i denne sammenheng. Måleren har innebygget noe mere datateknologi/elektronikk enn det som er påkrevet for denne oppgaven.

### **5.2 Vannprøvetaker**

Det ble registrert teknisk feil ved prøvetakeren i ett tilfelle, hvor dreining av tappekran i prøveflaskebeholderen stoppet opp. Vannprøver ble da over lengre tid fylt til en flaske som etter hvert ble overfylt. Årsaken er ikke klarlagt, men kan være et kort strømbrudd.

Utstyret har ellers vist meget god funksjonalitet.

Ved rutinemessig overvåkingsaktivitet er prøvetakeren ikke en nødvendig del av utstyrspakken. Ved overvåking av spesielle stoffer/ioner vil uttak av vannprøver og analyse i laboratorium være nødvendig.

Utstyret kan brukes som en frittstående enhet drevet av oppladbart batteri (tilleggsutstyr), f.eks for regelmessig uttak av vannprøver fra avløpsbekk fra deponi.

Det **konkluderes** med at vannprøvetakeren er en meget anvendelig, og i gitte situasjoner nødvendig, tilleggsutrustning til den utprøvde utstyrspakke.

### **5.3 Vannkvalitets-overvåking**

"YSI-3560" har som en helhet vist god teknisk funksjonalitet og betryggende målenøyaktighet. Følgende ankepunkter kan nevnes:

-Måleren har innebygget mulighet for automatisk temperatur-korreksjon (ATC) av pH- og ledningsevne-målinger. Utstyret er imidlertid konstruert slik at det må installeres to temperatursonder for at både pH og ledningsevne skal være temperaturjustert samtidig.

-Det utgående analogsignal for ledningsevne er ikke temperaturkompensert.

Ut fra disse forhold har en funnet det hensiktsmessig ikke å bruke ATC-muligheten, men å stille den manuelle kompensasjonen til 25°C. Temperaturkompensasjon kan så gjøres på de lagrede dataene v.h.a. PC-program. Denne løsning er valgt ikke bare ut fra tekniske forhold, men også ut fra at den innlagte, automatiske kompensasjon ikke nødvendigvis er riktig. Særlig for pH er det ingen entydig ligning for temperaturkompensasjon.

pH-elektroden viser noe drift over tid. Dette er imidlertid normalt og recalibrering må utføres regelmessig (ukentlig).

Ved ett tilfelle oppsto det tvil om vann hadde sirkulert i gjennomstrømmingssellen i måleperioden. Ved måleperiodens slutt ble det ikke registrert gjennomstrømming, men måledataene tydet likevel på at gjennomstrømming hadde funnet sted. Ved en senere anledning oppsto pumpestopp. Fra dataene fant en da at ledningsevnen umiddelbart falt til "null". Det ble dermed oppdaget at ledningsevnesensoren fungerer som en kontroll på vanngjennomstrømming. Sensorens elektroder er plassert slik at disse blir tørrlagt når vanntilførselen stopper, og ledningsevnen går da til "null". Det kan likevel være et visst behov for montering av en egen vannmengdemåler for gjennomstrømmingssellen, for å kontrollere at tilstrekkelig vannmengde hele tiden sirkulerer.

Utstyret kan brukes som en frittstående enhet drevet av batteri, f.eks for kontinuerlig overvåking av avløpsbekk fra deponi.

Det **konkluderes** med at "YSI-3560" er et godt egnet system for kontinuerlig overvåking av vannkjemi. Enkelte tekniske løsninger kan forbedres, men dette er ikke kritisk.

#### **5.4 Datalogger**

De fleste av loggerens funksjoner er prøvd ut uten at funksjonssvikt eller svakheter ved den tekniske utforming er avdekket.

Det er valgfritt hvorvidt loggeren kjøres på batteri eller nettstrøm. Den kan derfor kobles opp sammen med de øvrige deler i utstyrspakken uavhengig av tilgang på nettstrøm.

Det **konkluderes** med at loggeren er meget godt egnet for lagring av data fra kontinuerlig kjemisk overvåking.

#### **5.5 Behandling og permanent lagring av data**

Programmet "SQUIRRELWISE" for bearbeiding og presentasjon av innsamlede data er prøvd ut. Programmet er menystyrt og synes å ha en gjennomtenkt struktur. Det inneholder mange menyer, som innledningsvis kan virke noe forvirrende. Det gis ikke anledning til å gå direkte inn på skjermgrafikken for å gjøre endringer, utover det å zoome inn på detaljer, og dette er noe av årsaken til at det blir mange menyer å holde rede på. Kvaliteten på fargegrafikken er god både på skjerm og plotter. Det er ikke funnet funksjonsfeil i programmet.

Tilleggsprogrammet "SQTRANS" er noe uferdig m.h.t. brukervennlig utforming og dokumentasjon, men funksjonsfeil er ikke funnet ved transformering til "Lotus 1-2-3". Gjennom "SQTRANS" åpnes muligheter for å kjøre de innsamlede data gjennom alle de rutiner som ligger inne i tradisjonelle regneark.

Det **konkluderes** med at "SQUIRRELWISE" er et brukervennlig og funksjonelt program for tabularisk og grafisk presentasjon av innsamlede data. "SQTRANS" er et meget nyttig, og i gitte situasjoner nødvendig, tillegg til standardprogrammet.

## 6 VURDERING AV UTSTYR UTFRA KVALITET AV INNSAMLEDE DATA

I figur 7 er det gitt et eksempel på hvordan rådata kan presanteres v.h.a. fargeplotter. Tilsvarende grafikk fås også opp på fargeskjerm. Programmet "SQUIRRELWISE" gir valgmulighet for antall grafer som skal tegnes sammen (min. 1 og max. 4). Ved samkjøring av 4 parametre blir bildet noe rotete og fargeskjerm/plotter er en nødvendighet. Bildet gir imidlertid et greit førstehåndsinntrykk av de innsamlede rådata, og muligheten for senere å kjøre ut separate grafer er tilstede. Den eneste "dataprosessering" som her er gjort i "SQUIRRELWISE" er transformasjon fra analogverdier (mV) til reelle måleverdier (pH, °C, mS/cm, V) samt skalering av y-aksene.

I figur 8 er de samme rådata som i figur 7, transformert til Lotus 1-2-3 v.h.a. programmet "SQTRANS", og videre plottet ut med separat grafikk (Grapher). Det er her valgt en presentasjonsform som gir en noe bedre oversikt, og som fremfor alt ikke betinger bruk av farger. Dataoppløsningen er en avlesning pr 30 min.

Fra figur 8 ser en at vanntemperaturen viser en karakteristisk døgnvariasjon gjennom måleperioden med et maksimum ca kl 16 og et minimum ca kl 06. For de fire første døgnene finner en også en jevn stigning i temperaturnivået. Dette er forårsaket av sol- og luftoppvarming av sugeledningene (svarte plastrør) til pumpene. Den 300 meter lange slangen som frakter vann fra pumpene til overvåkingsenheten, påvirkes av de samme forhold. De fire første døgnene i måleperioden var preget av meget varmt vær med sol fra skyfri himmel. Det femte døgnet var det mere overskyet, med spredte solskinnperioder hvilket gjenspeiles i toppene i temperaturkurven. Det kan her innvendes at måling av temperatur og andre parametre burde vært utført i grunnvannsbrønnene og ikke på oppumpet vann. For den tekniske utprøvingen av utstyrspakken må imidlertid den valgte løsning betegnes som positiv idet den gir en variasjonsbredde i de målte parametre. Dette gir samtidig en mulighet for å kontrollere om måleutstyret fanger opp den innvirkning som temperatursvingningene har på de øvrige parametre (pH, ledningsevne, redox).

Den reelle grunnvannstemperaturen er i hele måleperioden 10-11 °C. En finner at tilførsel av energi til røropplegget fra omgivelsene maksimalt gir en oppvarming på 5-6 °C. En ser videre at temperatursvingningene har en meget klar innvirkning på den elektriske ledningsevnen. For redoxpotensialet og pH er temperaturinnvirkningen minimal, men dog registrerbar. Økt temperatur gir en svak senkning i redox og en svak økning i pH. Teoretisk sett skulle en også for pH forvente en svak reduksjon ved økende temperatur.

Fra brukerhåndboken til "YSI-3560" finner en følgende tall for korreksjon til standard temperatur (25 °C):

Elektrisk ledningsevne: 2%/°C d.v.s.  $LED_{25} = LED_t * (1 + ((25 - t) * 0.02))$

Protonkonsentrasjon: 0.335%/°C d.v.s.  $pH_{25} = pH_t * (1 + ((t - 25) * 0.00335))$

Redoxpotensiale: 1,3 mV/°C d.v.s.  $ROP_{25} = ROP_t + ((t - 25) * 1,3)$

Disse korreksjoner er lagt inn ved hjelp av Lotus 1-2-3 og resultatet er plottet i figur 9. For ledningsevnen gir temperaturkorreksjonen en betydelig utglatting av dataene, og trenden med avtagende ledningsevne, som følge av avtagende saltinnhold, kommer klart frem. Temperaturjusteringen synes også å gi riktige resultater for redoxpotensialet. For pH synes den anvendte korreksjonsligning ikke å være riktig idet de korrigerede data viser større temperaturavhengighet enn de ukorrigerede.

Resultater fra laboratorieanalyse av vannprøver, som er samlet inn med den automatiske prøvetakeren (AQUASAMPLER), er i figur 9 sammenlignet med feltmålingene.

Ledningsevne målt i lab. ligger gjennomgående noe høyere enn feltmålingene mens pH målt i lab. ligger noe lavere enn feltmålingene. Det er et høyt innhold av hydrogensulfid i det aktuelle grunnvannet og ved kontakt med oksygen felles dette ut som svovel. Det er grunn til å tro at noe svovel også felles ut i vannprøveflaskene for så senere å kunne løses opp ved laboratortemperatur. Dette kan gi et noe høyere sulfatinnhold i laboratorieprøvene sammenlignet med in situ tilstand, og dermed høyere ledningsevne og lavere pH. Når en ser på de relative avvik så ligger de for både ledningsevne og pH innenfor rammene på +/- 5%, som anses som akseptabelt for kjemiske analyser i ionefattige løsninger.

Figur 10 gir et eksempel på vannmengdedata samlet inn v.h.a. det gitte overvåkingsutstyr. Vannmengden viser et klart periodisk mønster gjennom døgnet. Topp- og bunn-punkt er sammenfallende med tidspunkt for høy- og lav-vann. Dette er ingen overraskelse idet kapasiteten for den sugepumpe som benyttes for oppumping av grunnvann, er avhengig av løftehøyde. Figuren gir likevel en dokumentasjon på at overvåkingssystemet fanger inn effekten av de ytre miljøfaktorer.

Det **konkluderes** med at den utstyrspakke som er utprøvd gir pålitelige responser på endringer i vannkjemi og ytre miljøbetingelser (temperatur, vannstand etc.). Det synes å være grunnlag for å være noe skeptisk til den muligheten som er lagt inn for automatisk temperatur korreksjon (ATC) av pH. ATC for ledningsevne synes å fungere forsvarlig.

## 7 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Det er gjennomført en utprøving av en utstyrspakke for kontinuerlig overvåking av vannkjemi. Utstyret består av vannmengdemåler, vannprøvetaker, vannkvalitetsovervåker og datalogger.

**Vannmengdemåleren (PULSMAG V)** er godt egnet for bruk i denne type overvåking, i første rekke p.g.a. konstruksjonen uten bevegelige deler og dermed høy driftssikkerhet. Den har analog signalutgang som er et krav i denne sammenheng. Måleren har innebygget noe mere datateknologi/elektronikk enn det som er påkrevet for denne oppgaven.

**Vannprøvetakeren (AQUASAMPLER PRT20)** er en meget anvendelig, og i gitte situasjoner nødvendig (bl.a. for forurensningsovervåking), tilleggsutrustning til den utprøvde utstyrspakke. Utstyret kan brukes som en frittstående enhet drevet av oppladbart batteri (tilleggsutstyr), f.eks for regelmessig uttak av vannprøver fra avløpsbekk fra deponi.

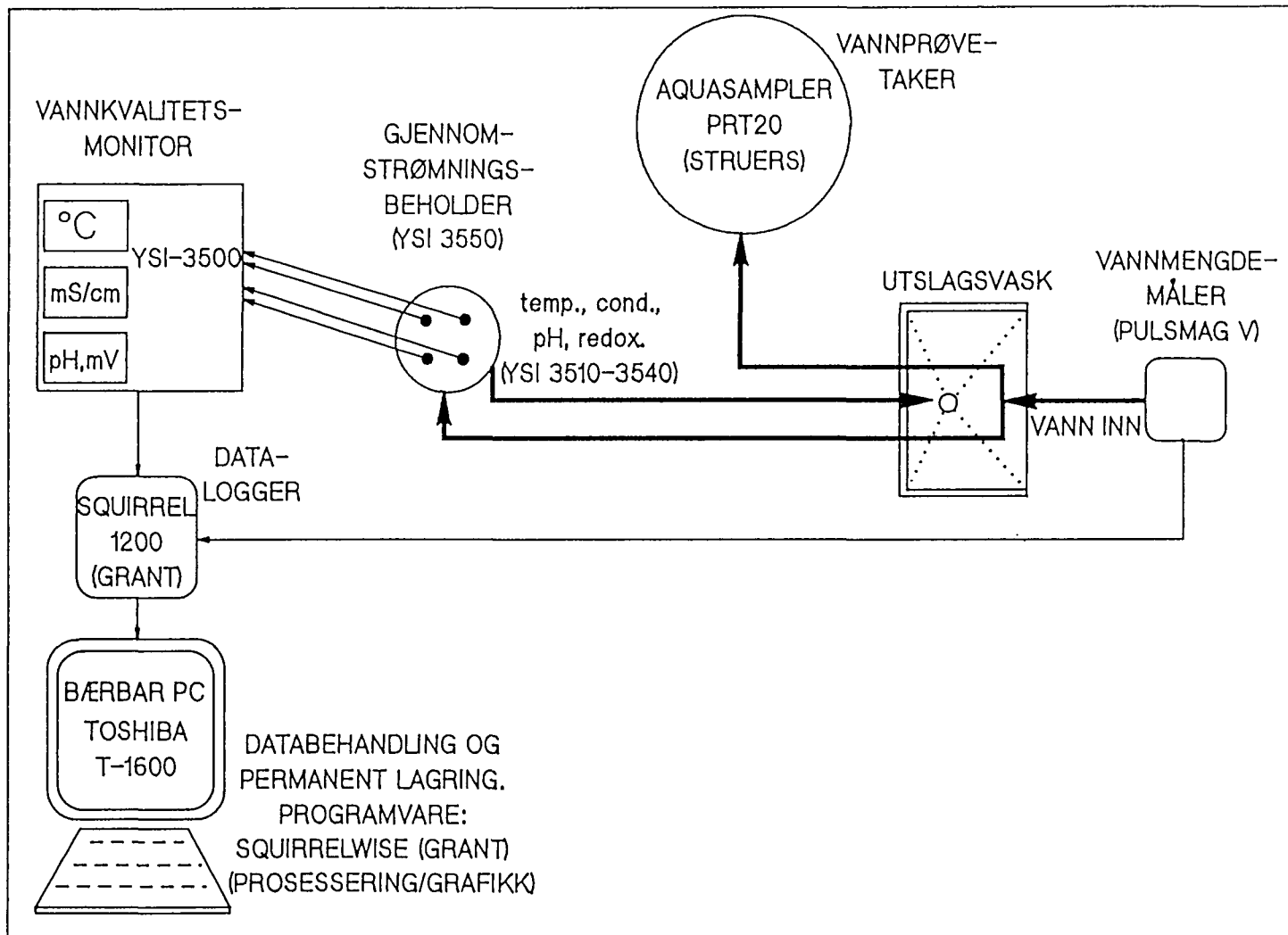
**Vannkvalitetsovervåkeren (YSI-3560)** er godt egnet for kontinuerlig overvåking av vannkjemi. Utstyret kan brukes som en frittstående enhet drevet av batteri, f.eks for kontinuerlig overvåking av avløpsbekk fra deponi. Enkelte tekniske løsninger kan forbedres, men dette er ikke kritisk.

**Loggeren (SQUIRREL 1200)** er meget godt egnet for lagring av data fra kontinuerlig kjemisk overvåking. Enkel betjening og stor fleksibilitet m.h.t. signalinnnganger er blant de fremste fortrinn. Loggeren kan kobles opp mot ethvert måleinstrument/signalgiver som har analog (eller digital) signalutgang. Det er valgfritt hvorvidt loggeren kjøres på batteri eller nettstrøm.

**PC-programmet (SQUIRRELWISE)** er et brukervennlig og funksjonelt program for tabularisk og grafisk presentasjon av innsamlede data. "SQTRANS" er et meget nyttig, og i gitte situasjoner nødvendig, tillegg til standardprogrammet.

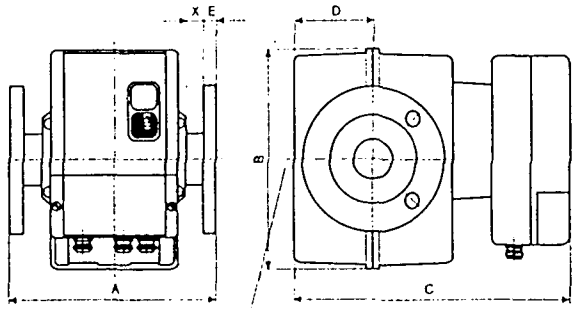
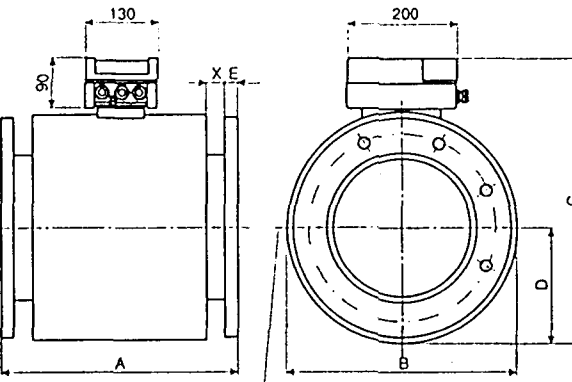
Samlet gir utstyrspakken en overvåkingsutrustning med stor fleksibilitet både når det gjelder teknisk installasjon og overvåkingsparametre. Tømming, behandling og permanent lagring av innsamlede data kan foregå v.h.a. PC knyttet direkte til loggeren eller via telefonmodem, radiosamband eller satelitt.

**FIGURER  
OG  
VEDLEGG**



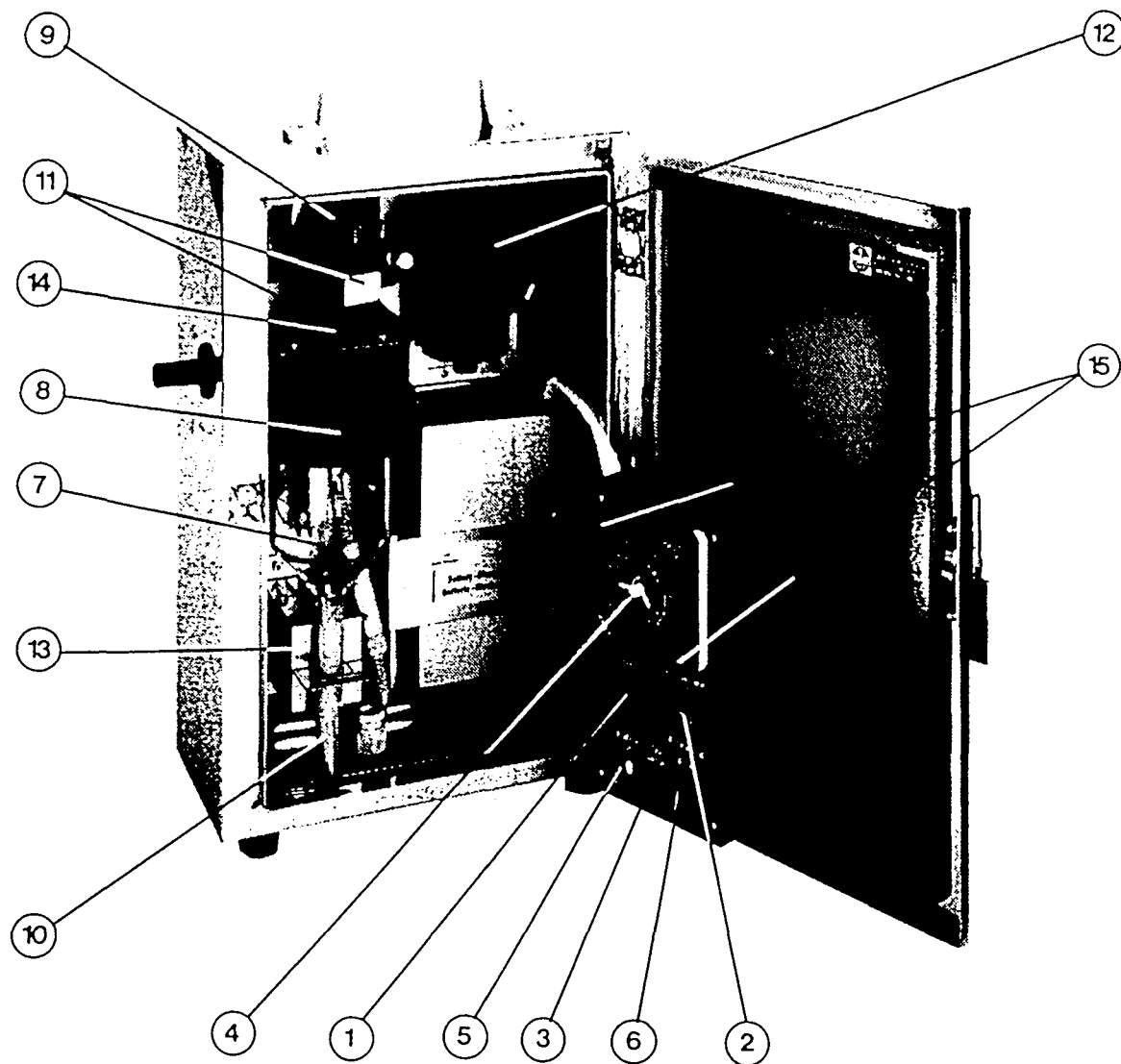
FIGUR 1: Skjematisk skisse av utstyrspakke for kontinuerlig overvåking av vannkvalitet.



Dimensional drawing Pulsmag V compact		DN	PN	A	B	C	D	E	X	PTFE	HR/SR
DN 15 ... 200		15	40	156	205	275	69,5	14	16.4	x	
		20						14.4	x		
Electrode axis		25/ 1"	16	202	248	323	93,5	14	26.4	x	
		32/ 1 1/4"						16	24.2	x	x
		40/ 1 1/2"	16	202	248	323	93,5	16	25.0	x	x
		50/ 2"						16	24.3	x	x
		65/ 2 1/2"	16	272	309	365	114,5	18	22.1	x	x
		80/ 3"						18	23.0	x	x
DN 250 ... 1000		100/ 4"	16	272	309	365	114,5	20	35.05	x	x
		125/ 5"						20	36.0	x	x
Electrode axis		150/ 6"	16	272	309	365	114,5	22	32.6	x	x
		200/ 8"						22	34.0	x	x
		250/ 10"	16	272	309	365	114,5	24	30.4	x	x
		300/ 12"						24	32.0	x	x
		350/ 14"	16	272	309	365	114,5	26	39.2	x	x
		400/ 16"						26	41.0	x	x
		450/ 18"	16	272	309	365	114,5	28	38.1	x	x
		500/ 20"						28	41.0	x	x
		600/ 24"	16	272	309	365	114,5	30	36.0	x	x
		800/ 30"						30	39.0	x	x
		1000/ 40"	16	272	309	365	114,5	32	28.0	x	x
		1250/ 50"						32	33.0	x	x
cable glands PG 11		1500/ 60"	10	450	424	531	212,0	34	30.0	x	x
Counterflanges with connecting dimensions according to DIN 2501		2000/ 80"						34	33.0	x	x
Note: For higher pressure stages the face to face dimensions may change Dimensions A valid for DIN and ANSI Dimensions X and E may change for ANSI		2500/ 100"	10	450	424	531	212,0	36	47.5	x	x
		3000/ 120"						36	49.0	x	x
		4000/ 160"	10	690	688	800	344,0	38	45.5	x	x
		5000/ 200"						38	47.0	x	x
		6000/ 240"	10	690	688	800	344,0	40	41.5	x	x
		8000/ 320"						40	42.5	x	x
		10000/ 400"	10	1100	1033	1149	516,5	48	78.0	x	x
		12000/ 480"						48	73.0	x	x
		15000/ 600"	10	1200	1133	1249	566,5	57	88.0	x	x
		20000/ 800"						57	88.0	x	x

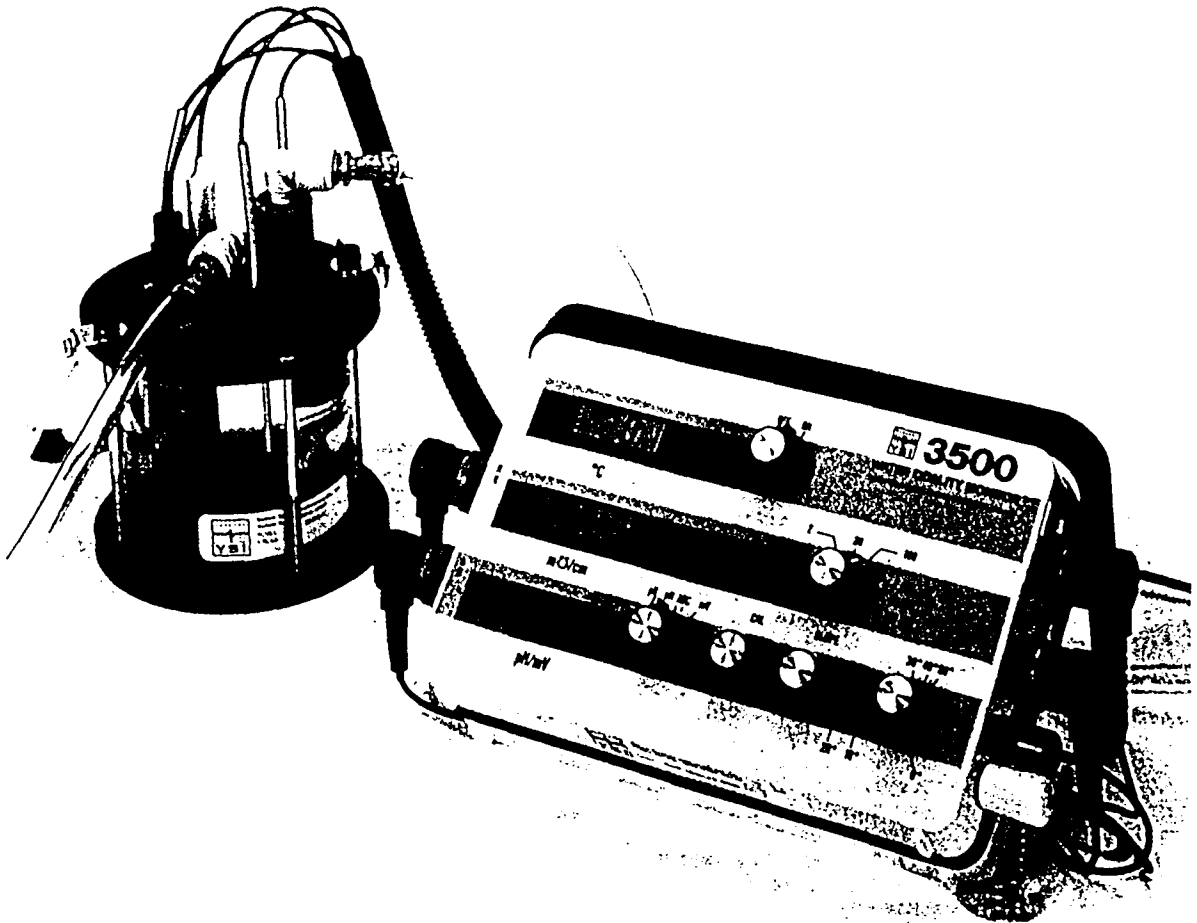
FIGUR 2: Tekniske data for vannmengdemåler "PULSMAG V".

- |                              |                             |
|------------------------------|-----------------------------|
| 1. Hovedstrømbryter          | 8. Innstilling av målevolum |
| 2. Tidsintervall (1-99 min.) | 9. Sensor-rør               |
| 3. Enkeltprøvetaking         | 10. Utløpsslange            |
| 4. Tidsur (1 uke)            | 11. Magnetventil            |
| 5. Kontrollampe              | 12. Membranpumpe            |
| 6. Hovedsikring              | 13. Utløpsmagnet            |
| 7. 200 ml målekammer         | 14. Omløp til sensor-rør    |



FIGUR 3: Tegning av vannprøvetaker "AQUASAMPLER PRT20". Prøveflaskesylander (PRT72) monteres under prøvetakeren.

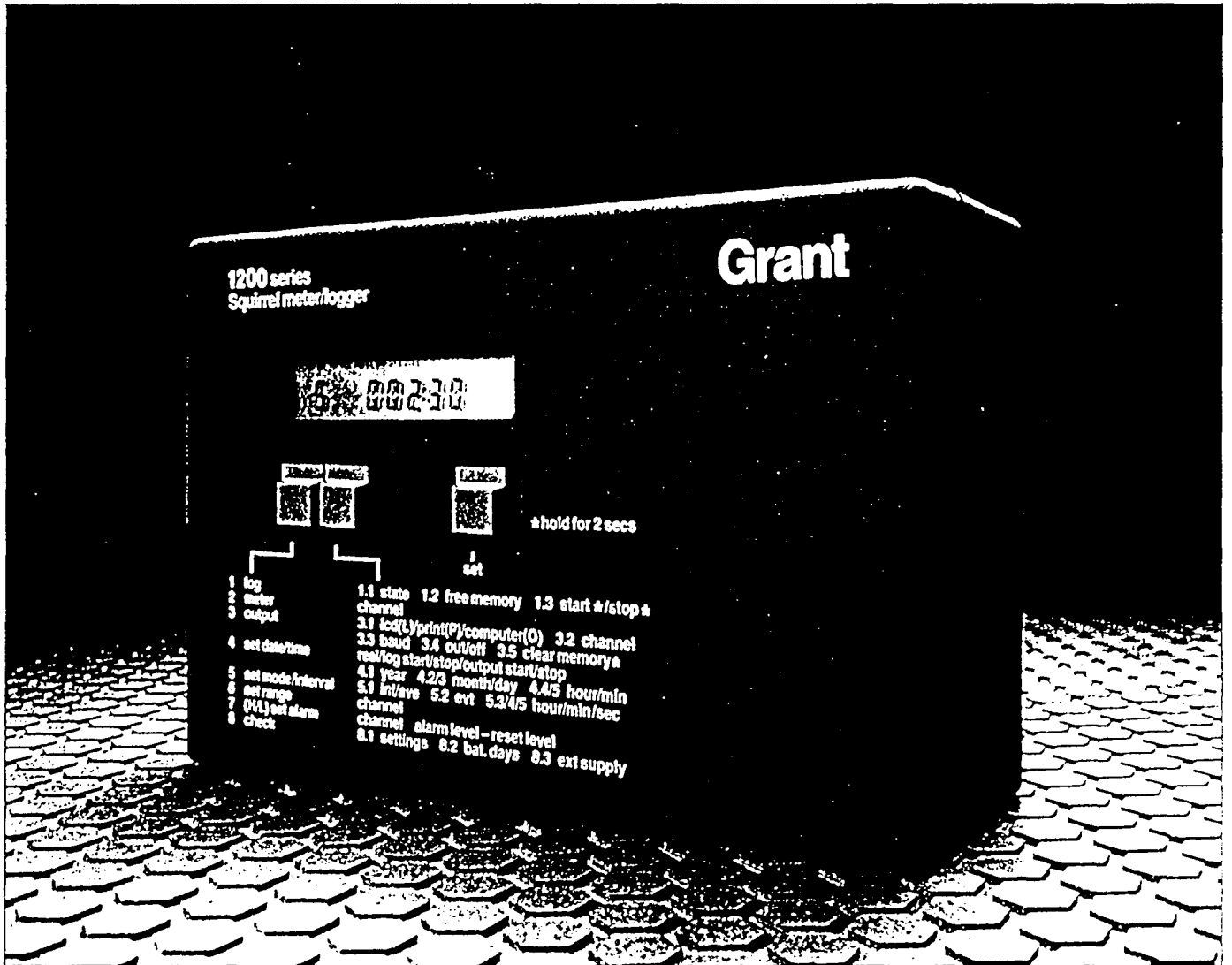
# YSI MODEL 3560 WATER QUALITY MONITORING SYSTEM INSTRUCTIONS



**YSI Incorporated**

Yellow Springs Instrument Co., Inc., Yellow Springs, Ohio 45387 USA • Phone 513 767-7241 • 800 343-HELP • Fax 513 767-9353 • Telex 205437

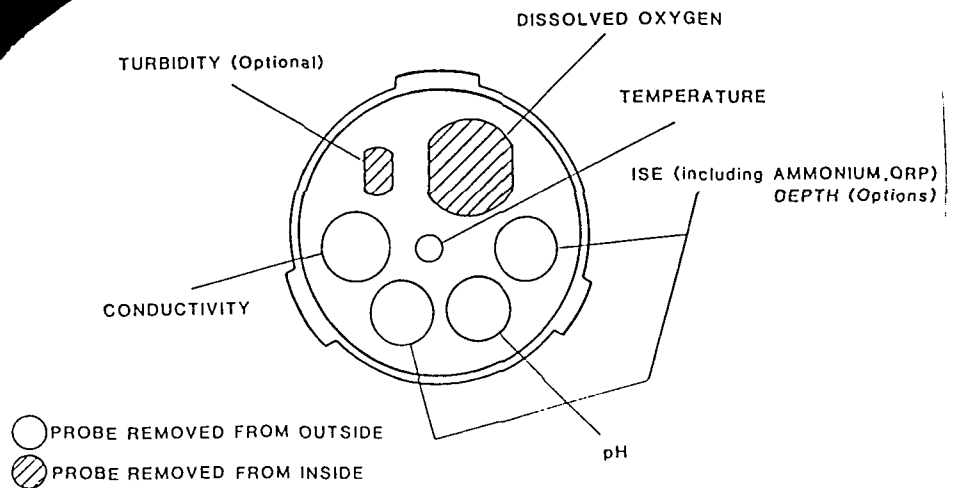
FIGUR 4: "YSI-3560 Water Quality Monitoring System".



FIGUR 5: Datalogger "SQUIRREL 1200". BxHxD = 18x12x4 cm, vekt 0,5 kg.

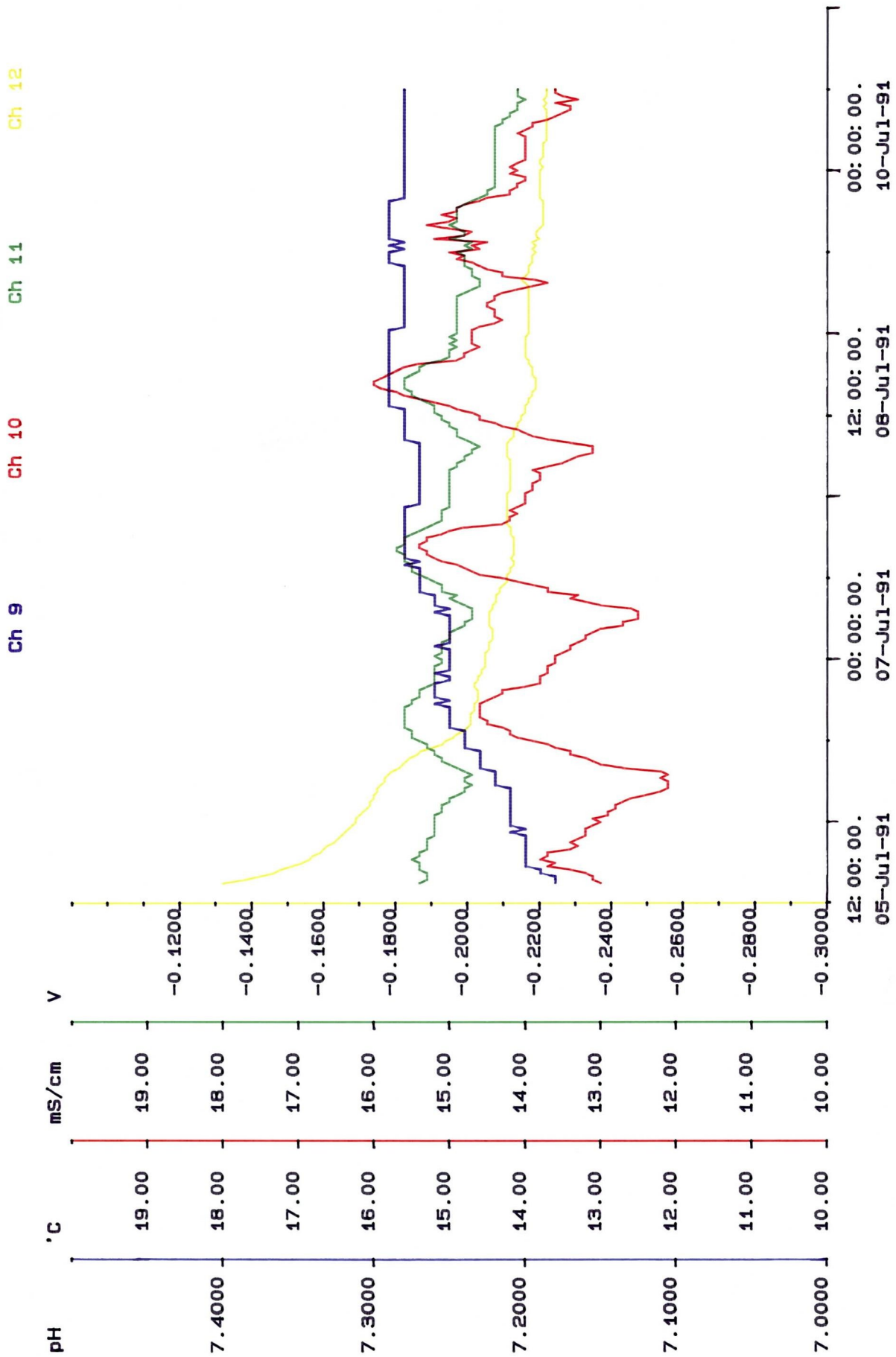


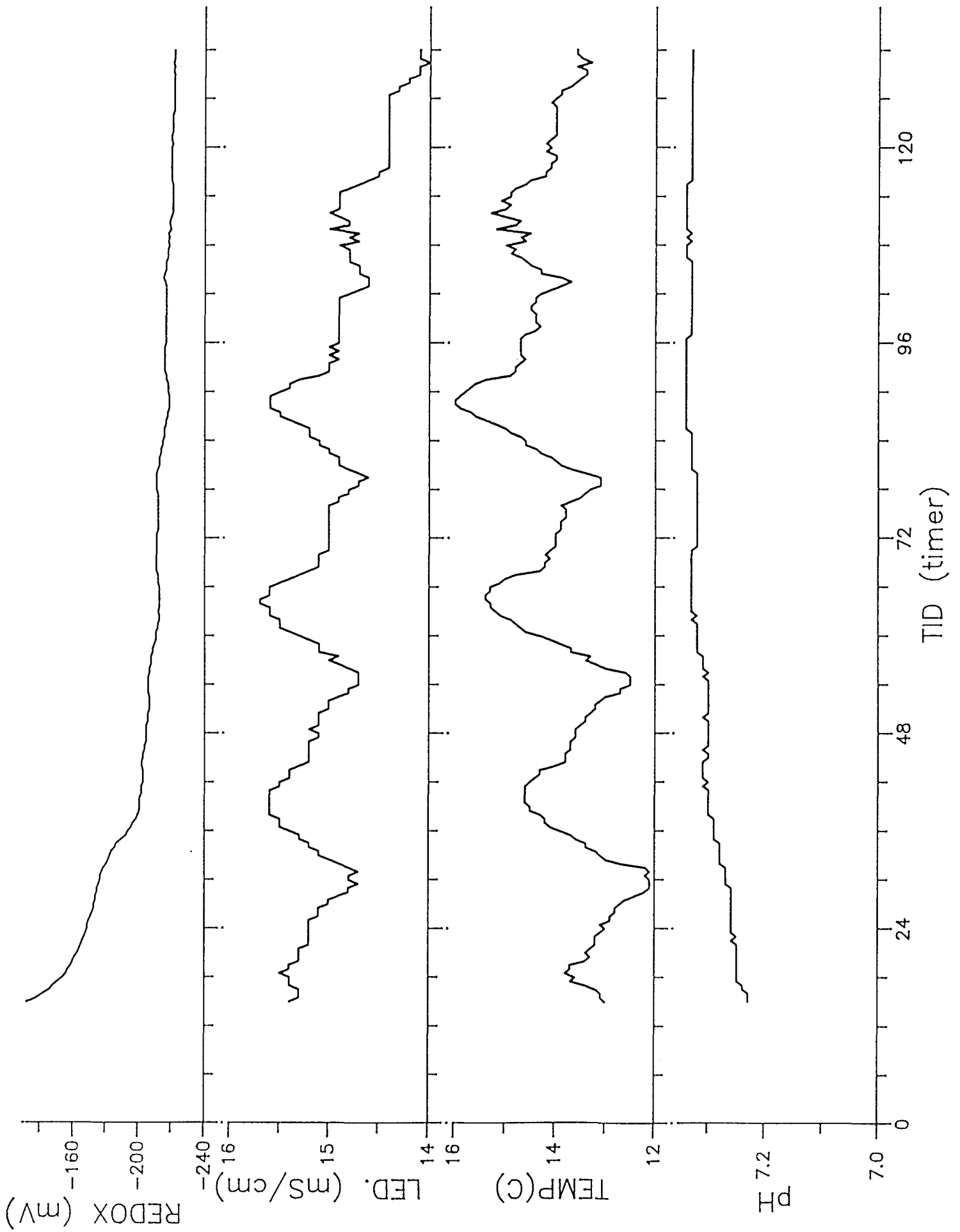
END SECTION OF SONDE  
SHOWING POSITION OF PROBES



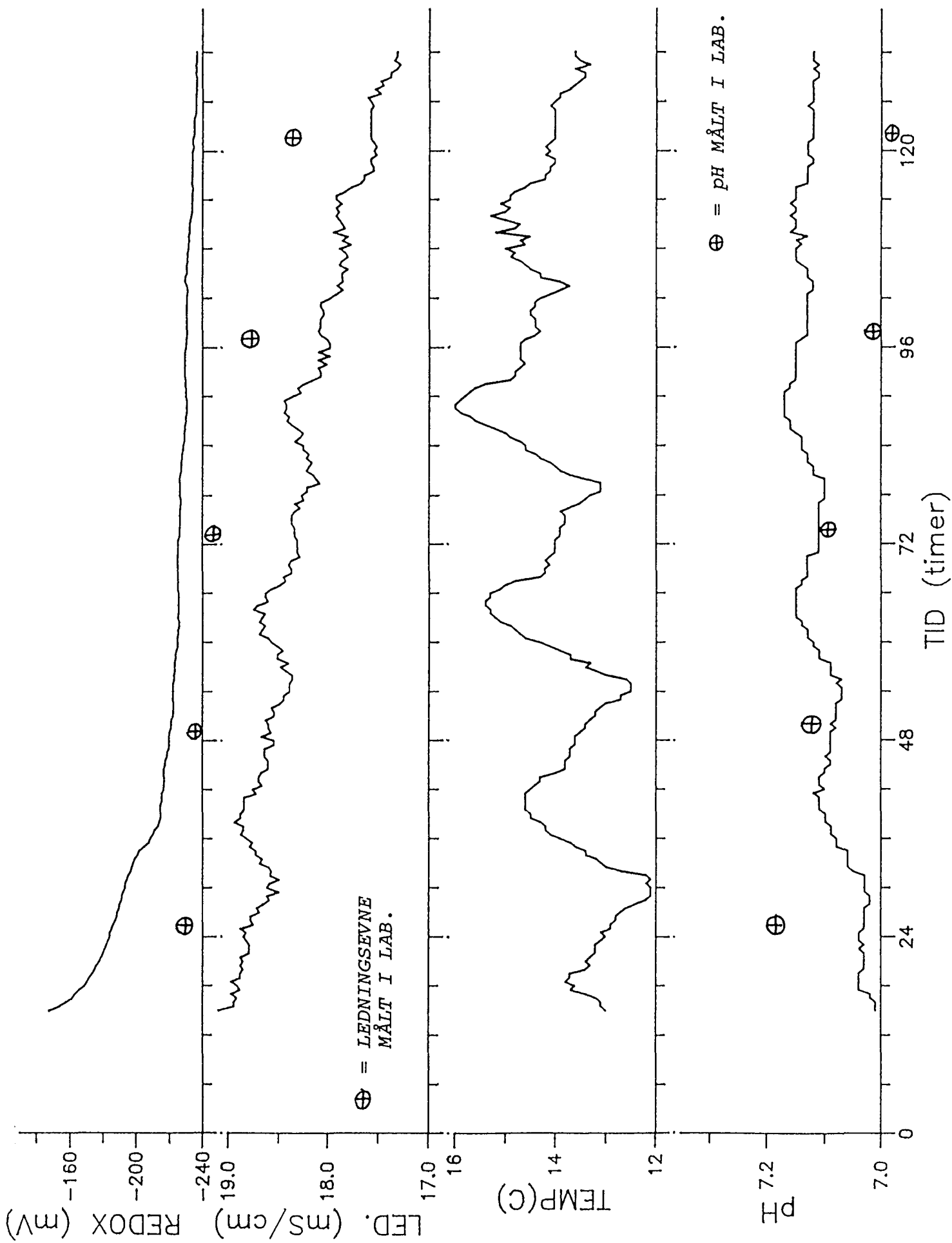
FIGUR 6: "YSI/GRANT 3800 Water Quality Logger".

FIGUR 7: Eksempel på fargeplott av rådata fra datalogger "SQUIRREL 1200", plottet med "SQUIRRELWISE".



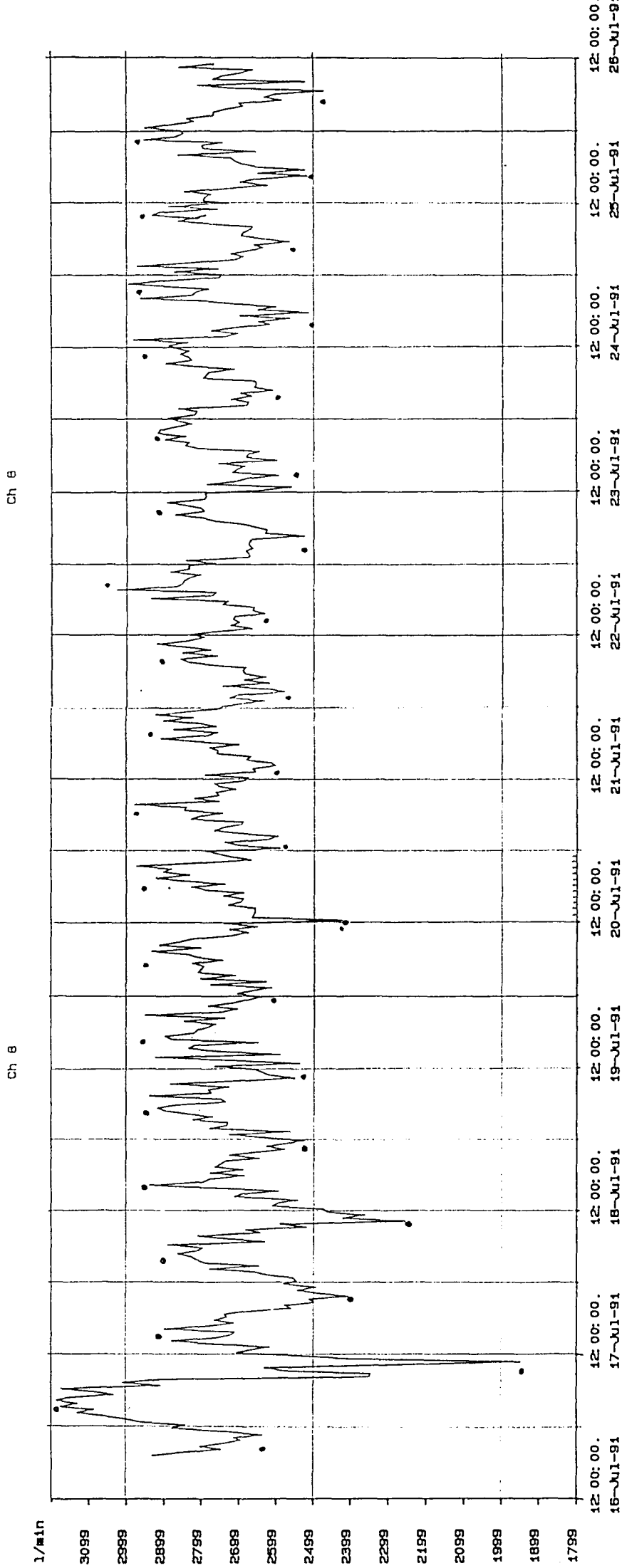


FIGUR 8: De samme rådata som i fig. 7, transformert til Lotus 1-2-3 (SQTRANS), og plottet med egen grafikk (Grapher).



FIGUR 9: Rådata fra fig. 8 korrigert til standard temperatur (25 °C). Korreksjon er utført i Lotus 1-2-3.





FIGUR 10: Eksempel på vannmengdedata fra "PULSMAG V". Prikker angir tidspunkt for høyvann/lavvann fra tidevannstabeller.

## *VEDLEGG 1: Krav til maskinvare for dataprogrammet SQUIRRELWISE.*

### Appendix 1 System requirements.

Squirrelwise will run on any truly IBM PC compatible computer, with the following minimum requirements:

- 1) one RS232 serial port
- 2) one Centronics parallel printer port
- 3) VGA graphics adapter with monochrome or colour monitor  
or EGA graphics adapter with monochrome or colour monitor  
or CGA graphics adapter with monochrome or colour monitor  
or Hercules graphics card with monochrome monitor
- 4) 512K system RAM (random access memory)
- 5) one floppy disk drive (5.25 inch or 3.5 inch)
- 6) DOS V3.0 or later

In addition to the computer the following items are also required:

- 7) Epson FX-80 compatible printer, with Centronics parallel interface, using continuous paper  
or a Grant GP006 printer/plotter

The following items are also supported and will enhance Squirrelwise operation if available:

- 8) Hard disk drive
- 9) Hewlett Packard HP7470, or compatible, colour plotter with serial RS232 interface  
or Grant GP006 printer/plotter

NOTE: A hard disk will be needed to analyse large data files of approximately 88,000 individual readings or more.