

0-  
86040

1921

ARKIV  
EKSEMPLAR

0-86040

# Test av Danfoss oksygenmåler

# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

**Hovedkontor**

Postboks 333  
0314 Oslo 3  
Telefon (02) 23 52 80

**Sørlandsavdelingen**

Grooseveien 36  
4890 Grimstad  
Telefon (041) 43 033

**Østlandsavdelingen**

Rute 866  
2312 Ottestad  
Telefon (065) 76 752

**Vestlandsavdelingen**

Breiviken 2  
5035 Bergen - Sandviken  
Telefon (05) 25 97 00

Prosjektnr.:	0-86040
Undernummer:	
Løpenummer:	1921
Begrenset distribusjon:	

Rapportens tittel: TEST AV DANFOSS OKSYGENMÅLER	Dato: November 1986
	Prosjektnummer: 0-86040
Forfatter (e):  Tor Sukke	Faggruppe: Metodeutvikling
	Geografisk område: Østlandet
	Antall sider (inkl. bilag):

Oppdragsgiver: DANFOSS NORGE A/S	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
-------------------------------------	----------------------------------

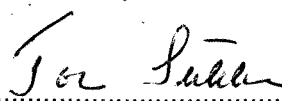
**Ekstrakt:**

Instrumentet er testet i laboratoriet og i felten. Testingen er utført med sikte på at instrumentet skal anvendes til kontinuerlig måling i sjøvann.

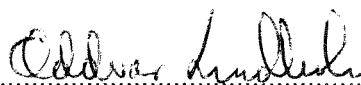
<b>4 emneord, norske:</b>
1. Oksygenmåling
2. Fiskeoppdrett
3.
4.

<b>4 emneord, engelske:</b>
1. Oxygen measuring
2. Fish farming
3.
4.

Prosjektleder:

  
.....  
Tor Sukke

For administrasjonen:

  
.....  
Oddvar Lindholm

ISBN 82-577-1146-2

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING  
OSLO

0-86040

TEST AV DANFOSS OKSYGENMÅLER

Oslo, november 1986

Prosjektleder: Tor Sukke

## INNHOLDSFORTEGNELSE

1. INNLEDNING
2. SAMMENDRAG OG KONKLUSJON
3. BESKRIVELSE AV INSTRUMENTET
4. LABORATORIETESTER
5. FELTTESTER

## 1. INNLEDNING

Etter avtale med DANFOSS NORGE A/S fikk NIVA i januar 1986 i oppdrag å teste firmaets oksygenmåler type EMC0. Instrumentet har vært brukt på avløpsrensaneanlegg i lengre tid, men firmaet ønsket å få instrumentet testet med sikte på bruk i sjøvann, hvor erfaringen var mindre.

TESTING av instrumentet vil si at instrumentets ydelse prøves ut, under kontrollerte betingelser.

Prøveprogrammet er lagt opp på grunnlag av lang erfaring med feltinstrumentering, og slik at alle forhold som har betydning for instrumentets ydelse skal bli prøvet.

Instrumentet er først blitt prøvet på laboratoriet og er siden blitt brukt i felten, sammen med et PC basert datainnsamlingssystem.

Feltmålingene er utført på NIVA's MARIN FORSKNINGSSTASJON SOLBERGSTRAND.

## 2. SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Følgende laboratorietester er utført:

- variasjon av nettspenning
- innstillingstid ved konstant temperatur
- innstillingstid ved temperaturendring
- nøyaktighet ved varierende temperatur
- skalautslag versus utgangssignal
- luftkalibrering
- vannkalibrering
- variasjon av vannstrømmens hastighet
- miljøtest av transmitteren

### Felttester

Feltprøvingen ble utført i sjøvann. Etter en innledende prøveperiode ble målinger utført sammenhengende i en periode på 4 uker. Oksygen og temperatur er registrert hvert 5`te minutt. Instrumentet er kalibrert hver uke. Kalibreringen er utført v.h.a. et annet instrument,<sup>1</sup> som er kalibrert på stedet. Det er også tatt kontrollprøver som er analysert på laboratoriet. (Winkler analyse.) Dataene er innsamlet og behandlet med et PC basert datasystem.

### KONKLUSJON

INSTRUMENTET HAR FUNGERT GODT UNDER PRØVINGEN OG HAR GITT NØYAKTIGE MÅLINGER UNDER VEKSLLENDE MILJØFORHOLD. DET HAR VIST SEG EGNET TIL PROSESSMÅLING I SJØVANN. (F.EKS. FISKEOPPDRETT.)

<sup>1</sup> YSI mod.57.

### 3. DANFOSS OKSYGENMÅLER

Polarografiske elektroder for oksygenmåling er bl.a. beskrevet av CLARK 1953, E.FØYEN 1955, TØDT 1958 og MACKERETH 1964. De elektroder som nå anvendes, er hovedsakelig av CLARK eller MACKERETH typen. I begge tilfeller benyttes en membrandekket elektrode, men mens CLARK elektroden påtrykkes den polarografiske spenningen, er MACKERETH elektroden selvgenererende. DANFOSS OKSYGENMÅLER type EMCO har en elektrode av CLARK typen.

Ved konstant temperatur er strømmen gjennom den polarografiske elektroden tilnærmet proporsjonal med oksygenets partialtrykk. For å få avlesning i ppm, korrigerer instrumentet for membranets temperaturfølsomhet, løslighetens avhengighet av temperaturen og skalerer avlesningen i ppm. Instrumentet har ikke automatisk korreksjon for saltinnhold, og avlesningen må derfor korrigeres ved sjøvannsmålinger.

Transmitteren (elektronikken) leveres i en sprutsikker utførelse og har galvanisk isolert utgang. Isolert utgang er ofte nødvendig for prosessmålinger. Avlesningen er på et viserinstrument. En digital avlesning kunne være en fordel. Transmitteren "plugges" inn i boksen, noe som gjør den servicevennlig.

Sensoren leveres med en elektrodeinnsats som skiftes ut når elektroden blir dårlig. Dette letter arbeidet med vedlikehold av elektroden, noe som ofte er det svake punkt ved kontinuerlige oksygenmålinger. Den kan leveres med et flottørrangement som sikrer at elektroden når den er montert i overflaten, følger vannstandsvariasjonene.

#### 4. LABORORIETESTER

Av praktiske grunner er laboratorietestene utført med ferskvann. Da sensoren egentlig reagerer på oksygenets partialtrykk, vil instrumentet vise samme verdi i sjøvann som i ferskvann. (Målinger i sjøvann må korrigeres for å få dem i ppm.) Da det ikke er oppgitt trykkområde for sensoren, er den ikke blitt trykkprøvet.

Det er kjent at andre gasser enn oksygen (b.a. hydrogensulfid) kan passere membranet i elektroden og lage interferens. Dette er heller ikke prøvet.

##### Variasjon av nettspenning.

Nettspenningen ble variert mellom +10% og -15% av nominell spenning, mens instrumentet var innstilt på F.S. (Full skala). Utgangssignalet varierte mindre enn 0.1 mA. (0-20mA F.S.)

##### Innstillingstid ved konstant temperatur.

Elektroden ble innstilt ved metning ved 25<sup>0</sup>C og satt i "nulløsning" (ca. 3% Natrium sulfitt), uten røring. Innstillingstiden var ca. 1/2 minutt til 0.1 ppm. Etter 5 minutter viste instrumentet 0.01 ppm. Elektroden stilte seg inn raskt og hadde liten "nullstrøm".

##### Innstillingstid ved temperaturendring.

Instrumentet ble innstilt med vann mettet ved 5.0<sup>0</sup>C og testet med vann mettet ved 20.0<sup>0</sup>C. (Vannhastighet ca. 30cm/s.) Innstillingstiden var ca. 25 minutter til 99% av endeverdien og ca. 35 minutter til riktig innstilt verdi. Innstillingstiden ved temperaturendring må derfor taes hensyn til hvis det er hurtige endringer av vannprøvens temperatur. (F.eks. ved svitsjing av vannstrømmen, eller ved kalibrering av instrumentet.)

##### Nøyaktighet ved varierende temperatur.

Instrumentet ble innstilt med mettet vann ved 5.0<sup>0</sup>C/749 mm Hg = 12.27 ppm /100% og testet med vann mettet ved 20.0<sup>0</sup>C = 8.95 ppm. Instrumentet viste da 8.8 ppm/99.0%. Vannhastighet ca. 30 cm/s. Nøyaktigheten av ppm måleområdene er testet på 3 punkter, noe som er tilstrekkelig etter vanlig instrumentpraksis. Testen er utført med en elektrode som har vært i bruk ca. 8 uker før testen er utført.



### Skalautslag versus utgangssignal.

F.S på instrumentet gav 20.0 mA utgangssignal. 12 ppm (8mA) gav 8.06 mA ut. Utgangssignalet vil være mer lineært enn avlesningen på viserinstrumentet; derfor bør kalibrering gjøres ut fra avlest verdi på eventuelt registrerende utstyr. Instrumentets forskjellige skalaområder stemte overens innen viserinstrumentets nøyaktighet. (Klasse 1.5)

### Luftkalibrering.

Instrumentet ble først kalibrert i vann mettet ved 5.5<sup>0</sup>C. Elektroden ble så satt i luft like over vannflaten (Danfoss metode) ved en temperatur på ca.22.5<sup>0</sup>C. Avlesningen stabiliserte seg etter ca. 2 timer på 8.25 ppm. Ved et lufttrykk på 750mm Hg og 100% R.F.(relativ fuktighet) skulle instrumentet vist 8.53 ppm. Luftkalibrering (uten spesialutstyr) er lett å utføre, og er tilstrekkelig nøyaktig til mange formål. Ved stor forskjell på luft- og vanntemperaturen må elektroden få tiltrekkelig tid til å stabilisere seg. Det må korrigeres for R.F. hvis den ikke er 100%.

### Vannkalibrering.

Laboratorietestene er utført med vann mettet med luft. For testene er det brukt spesialutstyr, men kalibrering i vann kan lett utføres også i felten.(Se felttester.) Denne kalibreringsmetoden er lett å utføre og gir normalt best nøyaktighet. Alternativt kan det kalibreres ved hjelp av Winkler analyse, eller ved hjelp av et annet instrument som igjen er kalibrert med en av de nevnte metoder.

### Variasjon av vannstrømmens hastighet.

Polarografiske elektroder vil forbruke oksygen. Vannstrømmens hastighet forbi elektroden må derfor være tilstrekkelig til at det er likevekt mellom oksygenets partialtrykk på begge sider av membranet. Elektroden er testet ved forskjellige hastigheter på vannstrømmen. Ved ca.5 cm/sek. var det tydelig reduksjon i avleste verdier. Ved en hastighet på ca.20 cm/sek. var utslaget 99 % av maksimum. Hvis vannets hastighet blir altfor stor må det regnes med at målingene blir ustabile p.g.a. "flagring" av membranet. Hvis vannhastigheten er for liten, kan det eventuelt kompenseres for dette ved kalibreringen.

Miljøtest av transmitteren.

En vesentlig del av feilene som oppstår med instrumentering for måling i vann, er forårsaket av miljøpåvirkninger. Transmitteren er beregnet for montering utendørs og er derfor testet ved lav temperatur ( $-28^{\circ}\text{C}$ ) og høy relativ fuktighet. Transmitteren og elektroden er først stabilisert ved romtemperatur. Det viste da  $9.1 \text{ ppm}$  ved  $21.3^{\circ}\text{C}$ . Transmitteren ble utsatt for  $-28^{\circ}\text{C}$  i 6 timer og utgangstrømmen ble avlest. Det viste fremdeles  $9.1 \text{ ppm} \pm 0.1 \text{ ppm}$ . Transmitteren ble oppservert mens den ble oppvarmet til romtemperatur. Under oppvarmingen var det til dels kraftig dugging på instrumentet men utgangssignalet var fremdeles stabilt. ( $\pm 0.1 \text{ ppm}$ )

## 5. FELTTESTER.

### Oksygenmåling i sjøvann.

Oksygenmåling i sjøvann skiller seg endel fra måling i ferskvann. Begroing på elektroden krever hyppigere rensing. P.g.a sjøvannets høye ledningsevne stilles det større krav til at elektroden er elektrisk isolert fra vannet, og det er en fordel med et utgangssignal som er galvanisk adskilt fra jord, hvis oksygenmåleren skal koples sammen med registreringsutstyr o.l. Oksygenmålerene har heller ikke automatisk kompensasjon for salinitet, slik at direkte avlesning i ppm bare er mulig med konstant salinitet. Hvis oksygenmåleren koples til en PC sammen med en salinitetsmåler, er direkte avlesning i ppm mulig. I praktisk bruk f.eks. av oppdrettere kan det være praktisk å lese av % metning istedenfor ppm. Dermed er det ikke behov for salinitetskompensasjon. Vann som brukes til fiskeoppdrett har vanligvis ikke stor overmetning, men under spesielle forhold er det målt oksygenmetning på 200-300 %. Instrumentets skala går bare til 100% så det ville være en fordel med et måleområde til. Instrumentet kan imidlertid måle over 100% ved å redusere instrumentets utslag med kalibreringsknappen.

### Forsøksbetingelsene.

Feltemålingene er utført på NIVA's MARIN FORSKNINGSSTASJON SOLBERGSTRAND. Sensoren er montert i den medfølgende flottørarm slik at målingene skjer ca. 14 cm under overflaten. Vannets hastighet forbi elektroden er satt til ca. 20 cm/s (bølger) med en mindre strømsetter. Bassenget som feltemålingene er utført i er på 25m<sup>3</sup>, er "under åpen himmel" og er utstyrt med tidevannssimulator og bølgegenerator. Vannet pumpes inn fra 1 meters dyp. Oppholdstiden i bassenget er på 2.5 time. I bassenget er det etablert et organismsamfunn på ca. 30 av de vanligste strandorganismene i området. Oksygentransmitteren er plassert innendørs og er koplet til sensoren med en ca. 50m lang kabel. Transmitteren ble koplet til et PC basert datainnsamlingssystem. Oksygeninnhold og temperatur ble registrert hvert 5 min. Etter en innledende prøveperiode ble det målt sammenhengende i 4 uker. Hver uke i testperioden er sensoren rensert og kalibrert, og saliniteten er målt. Det er også tatt noen kontrollprøver av vannet i bassenget og av kalibreringsvannet. Prøvene er analysert på NIVA's laboratorium. Dataene fra feltemålingene er bearbeidet med en PC og er plottet ut i perioder på en uke hver. Kalibrering av oksygenmåleren er utført ved hjelp av et annet instrument som igjen er kalibrert i luftmettet vann, ved omtrent samme temperatur som i bassenget. Instrumentene er innstilt på den verdi i ppm som det ville vært uten saltinnhold i vannet. Bruk av et annet instrument til kalibreringen (transferstandard), har den fordel at kalibreringen kan skje direkte i målemediet uten at elektroden flyttes. Til kalibreringen er det brukt vann direkte fra bassenget. Dette kan gjøres da instrumentets avlesning er uavhengig av saliniteten.

### Innledende feltemålinger.

Instrumentet ble montert og endel målinger utført ved månedsskiftet juni/juli 86. Regulære feltemålinger startet i september 86.

### Start av felttesting.

De kontinuerlige målingene ble startet 11/9 86. Kalibreringsinstrumentet er først kalibrert i vann mettet med luft. 12.2°C/755 mm Hg=10.65 ppm. (Ikke korrigeret saltinnhold.) Så er oksygeninnholdet i bassenget målt med kalibreringsinstrumentet og testinstrumentet tilslutt justert til samme verdi.

Felttest 1. uke. Se dataplott Danfoss.5.

Fra 11.09.86 kl.13.28 til 18.09.86 kl.10.55.

Kalibrert 18.09.86:

Kal.ins. viste: 12.3 ppm<sup>2</sup>/12.1<sup>0</sup>C  
 Test ins.viste: 12.41 ppm<sup>2</sup>/12.27<sup>0</sup>C før rens av elektroden.  
 " 12.40 ppm<sup>2</sup>/12.31<sup>0</sup>C etter rens av elektroden.  
 Avvik: +0.11 ppm<sup>2</sup>

Kontrollprøver 18.09.86:

Målt basseng: 12.0 ppm<sup>2</sup>/11.7<sup>0</sup>C/26.7<sup>0</sup>/<sub>00</sub> salt = 7.11 ml/l  
 Prøver analysert: 7.03/6.98 ml/l = 109% metning.  
 Avvik: +0.11 ml/l

Standardvann: 10.8<sup>0</sup>C/766mm Hg/26.7<sup>0</sup>/<sub>00</sub> salt= 6.59 ml/l  
 Prøver analysert: 6.72/6.74 ml/l  
 Avvik: -0.14 ml/l

Felttest 2.uke. Se dataplott Danfoss.6.

Fra 18.09.86 kl.13.52 til 25.09.86 kl.11.02.

Kalibrert 25.09.86:

Kal.ins. viste: 12.2 ppm<sup>2</sup>/10.8<sup>0</sup>C  
 Test ins. viste: 12.4 ppm<sup>2</sup>/10.8<sup>0</sup>C før rens av elektroden.  
 " Samme verdi etter rens av elektroden.  
 Avvik: +0.2 ppm<sup>2</sup>

Kontrollprøver 25.09.86.

Målt basseng: 12.6 ppm<sup>2</sup>/11.1<sup>0</sup>C/28.1<sup>0</sup>/<sub>00</sub> salt=7.40 ml/l  
 Prøver analysert: 7.22/7.26 ml/l=112% metning.  
 Avvik: +0.16 ml/l

Standardvann: 10.2<sup>0</sup>C/762mm Hg/28.1<sup>0</sup>/<sub>00</sub> salt = 6.60 ml/l  
 Prøver analysert: 6.43/6.45 ml/l  
 Avvik: + 0.16 ml/l

<sup>2</sup> ppm avlest på instrumentene. Ikke korrigert for salinitet.

Felttest 3. uke. Se dataplott Danfoss.7.

Fra 25.09.86 kl.14.10 til 3.10.86 kl.11.10 (s.tid)

Kalibrert 3.10.86:

Kal.ins.viste:	12.2 ppm <sup>2</sup> /11.1 <sup>0</sup> C
Test ins. viste:	12.08 ppm <sup>2</sup> /11.8 <sup>0</sup> C før rens av elektroden.
"	Samme verdi etter rens av elektroden.
Avvik:	<u>-0.12 ppm<sup>2</sup></u>

Felttest 4. uke. Se dataplott Danfoss.8.

Fra 3.10.86 kl.13.00 til 10.10.86

Kalibrert 10.10.86:

Kal.ins. viste:	10.7 ppm <sup>2</sup> /10.7 <sup>0</sup> C
Test ins.viste:	10.61 ppm <sup>2</sup> /10.79 <sup>0</sup> C
Avvik:	<u>-0.09 ppm<sup>2</sup></u>

Kontroll av testinstrumentet etter 8 ukers drift.

Kalibrert 11.11.86

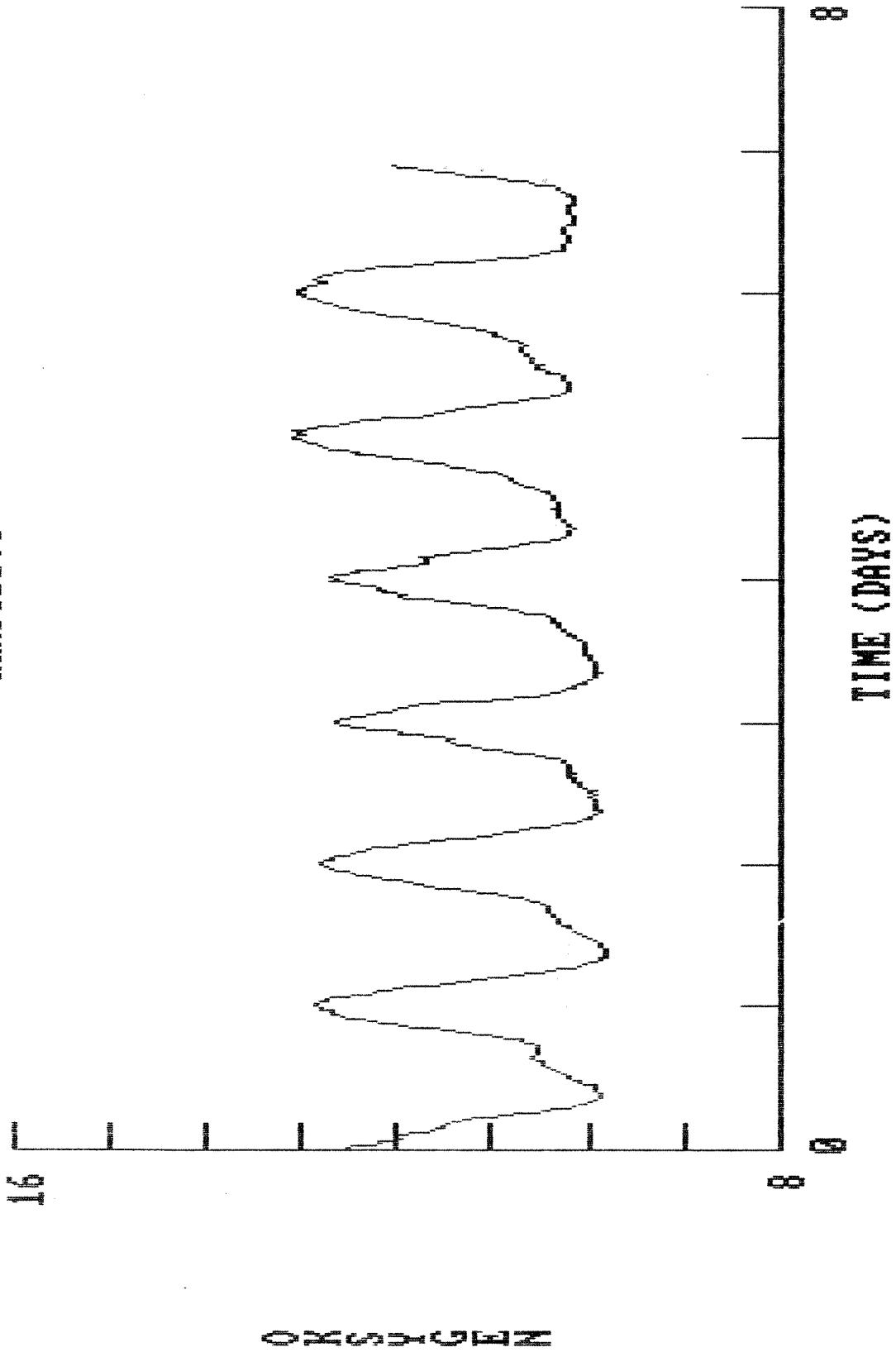
Kal.ins.viste:	11.45 ppm <sup>2</sup>
Test ins. viste:	11.3 ppm <sup>2</sup> (Avlest viserinstrument.)

Det ble målt isolasjonsmotstand mellom elektrodene og vannet.  
Den var > 30 mΩ.

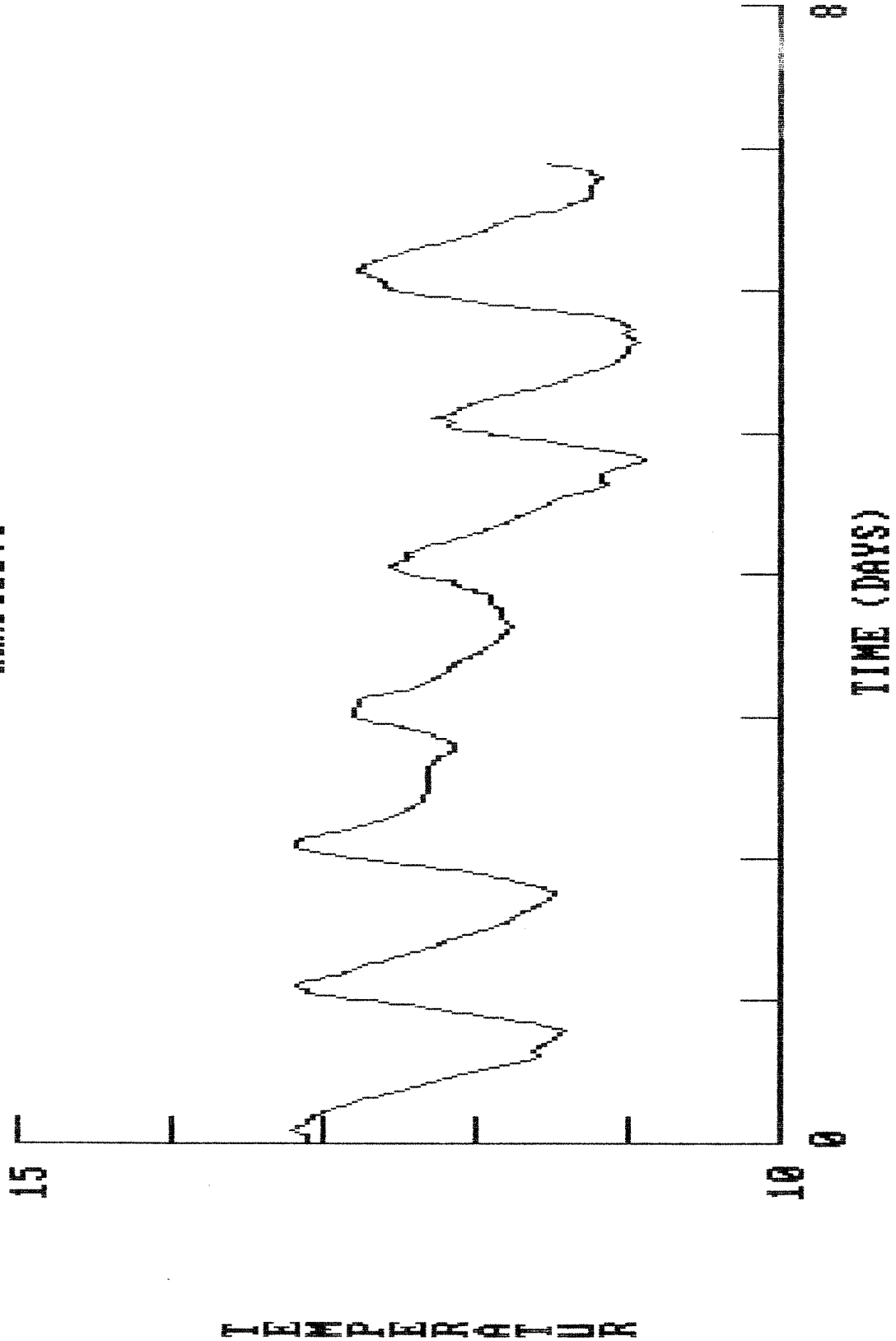
Kommentarer til feltmålingene.

Det var hele tiden god overenstemmelse mellom målingene fra testinstrumentet og kontrollinstrumentet. Omregnet til ml/l var avviket i størrelseorden 0.1 ml/l. Kravene til vedlikehold av elektroden ved vanlige vanntemperaturer var små. Hvis vanntemperaturen er høy (20<sup>0</sup>C), kan det være nødvendig med ukentlig ettersyn av elektroden. Instrumentet er godt galvanisk skilt fra nettet, så selv med 50 m. elektrodekabel og tilkoplede datautstyr var det ingen problemer med elektrisk støy. Det hadde vært ønskelig med et høyere måleområde for % metning. (Se avsnittet kalibrering.) Det kunne også være en fordel med en "hurtigkopling", (istedenfor gjenger) for feste av elektroden. Instrumentet virker forøvrig gjennomtenkt og godt egnet til feltbruk.

danfoss.5

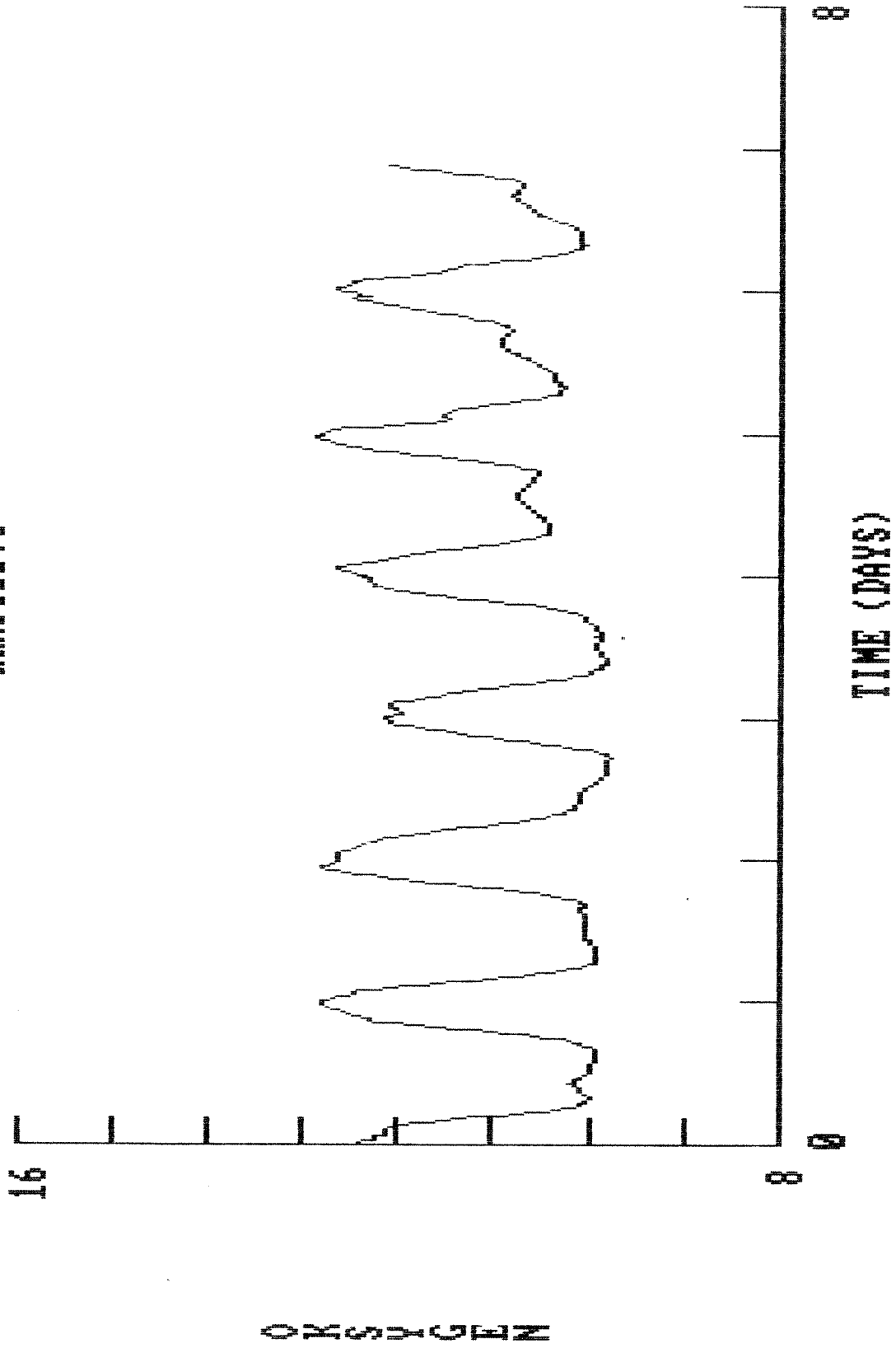


danfoss.5

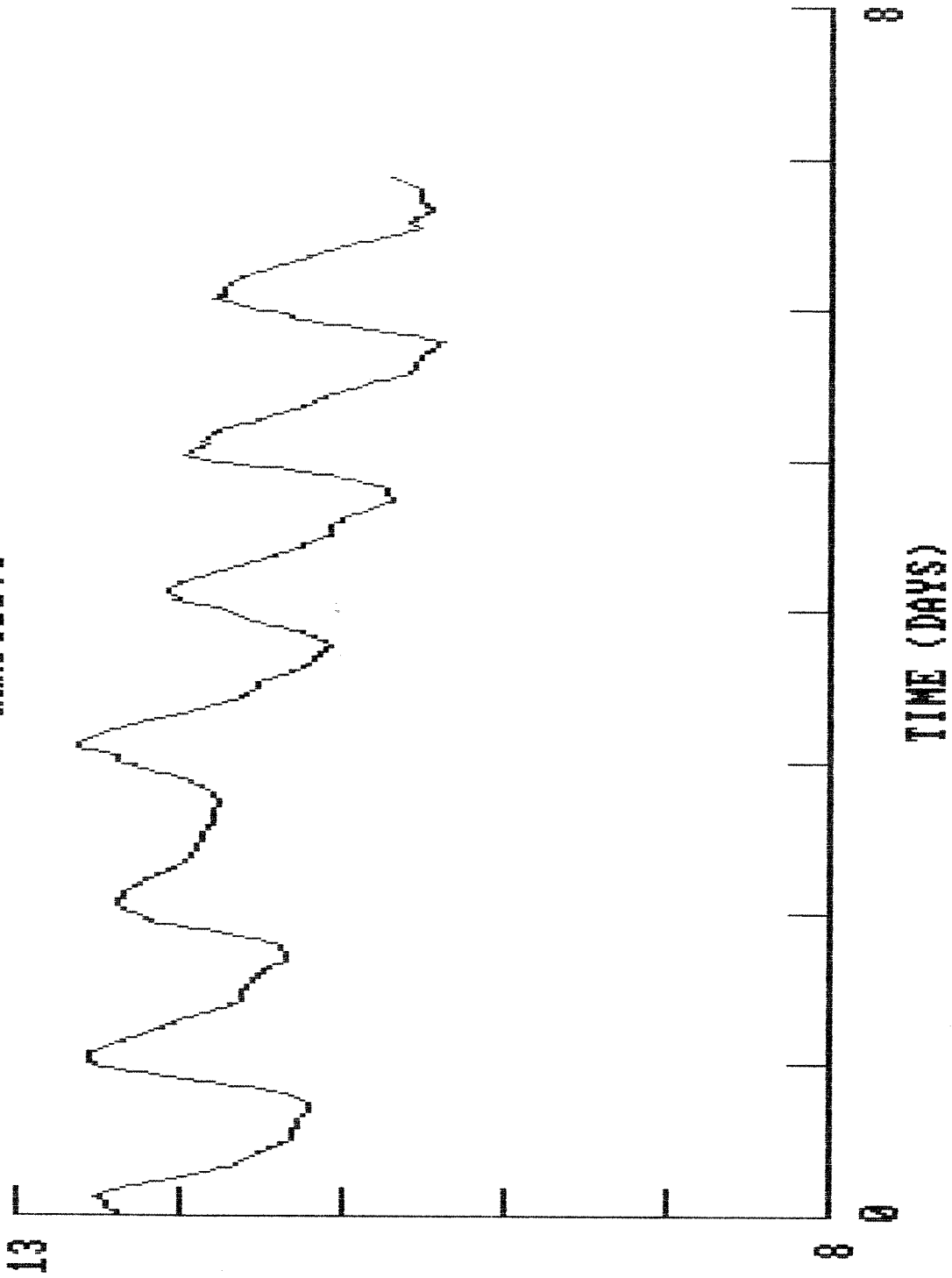




danfoss.6

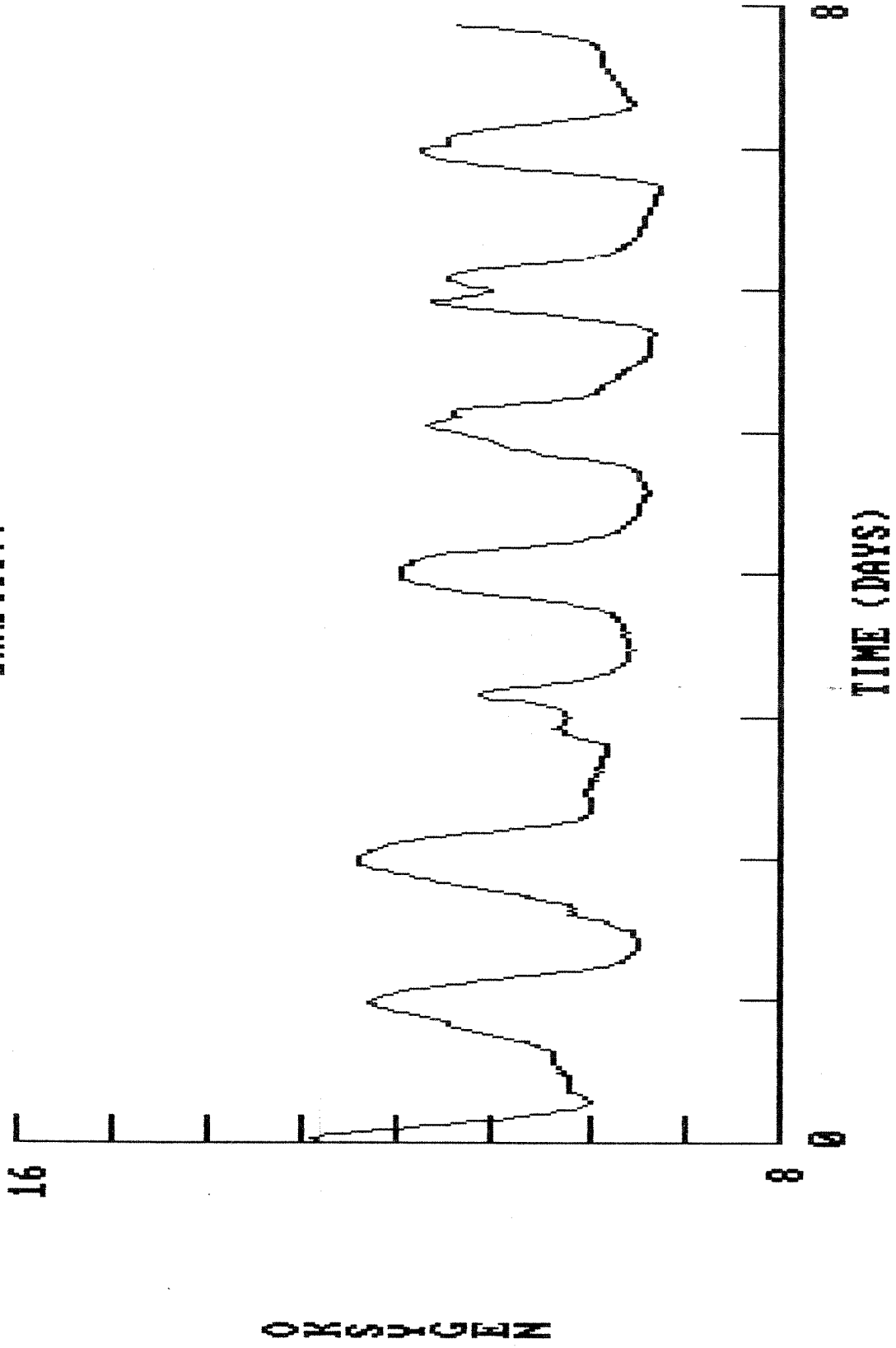


danfoss.6

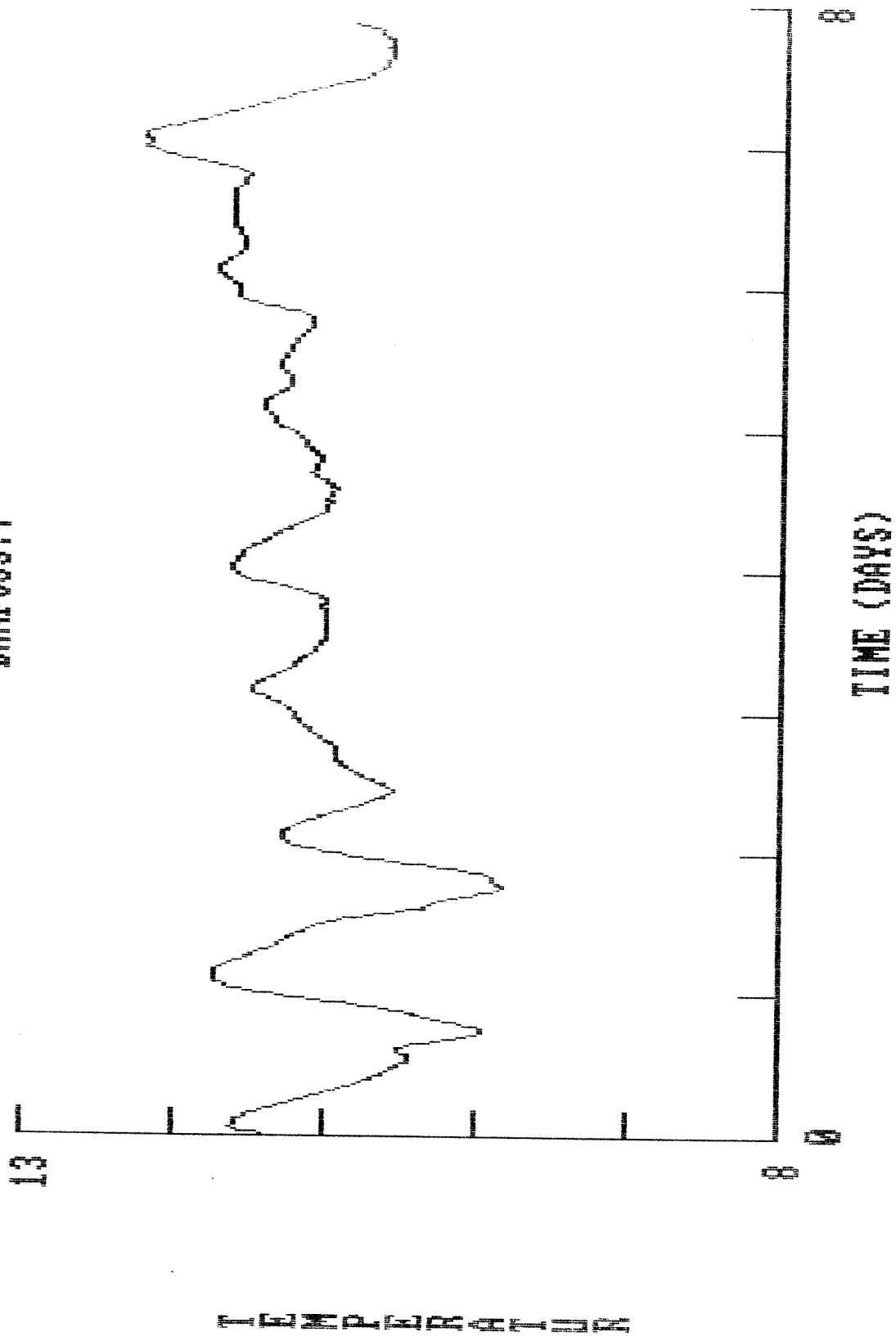


TEMPERATURE

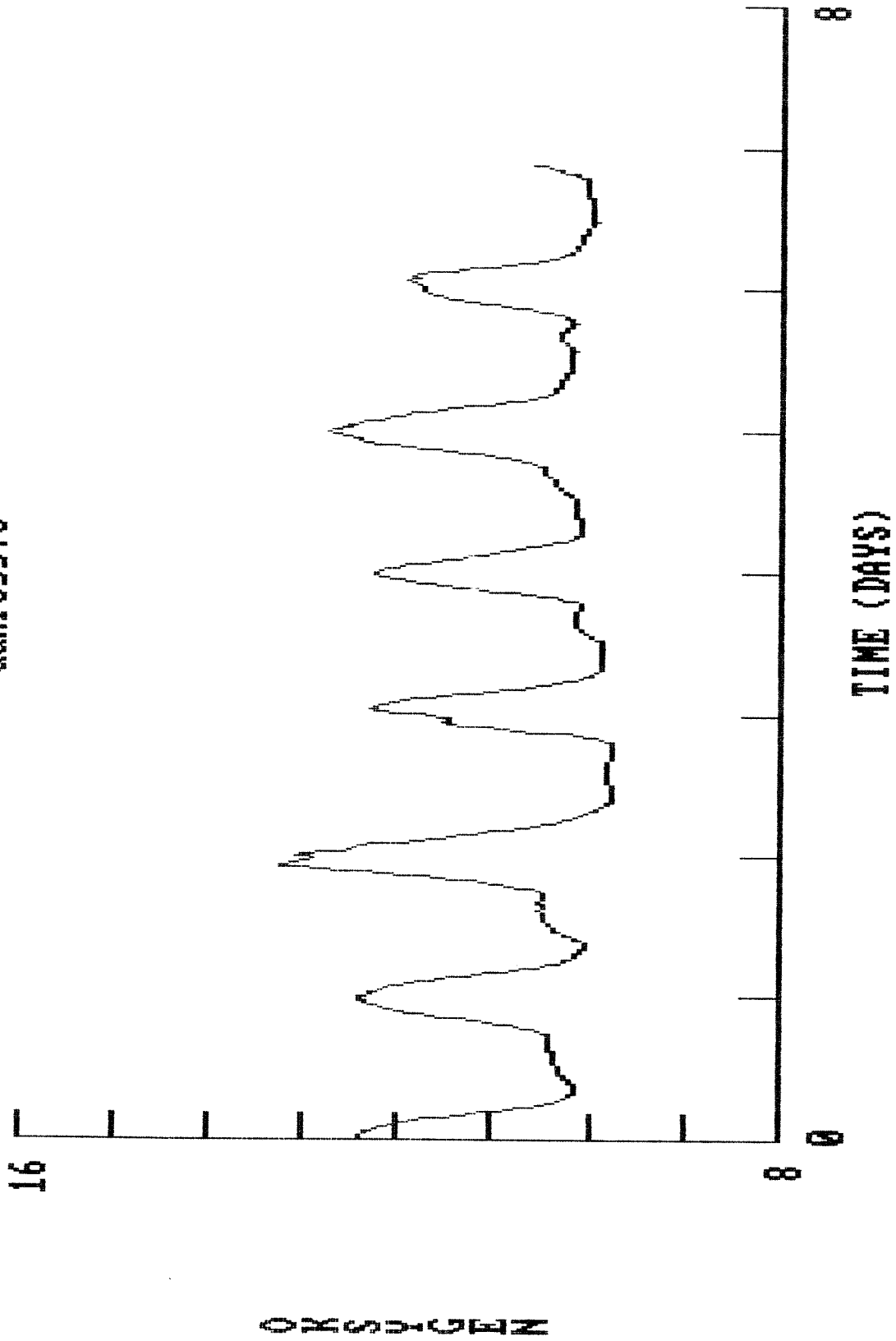
DANFOSS.7



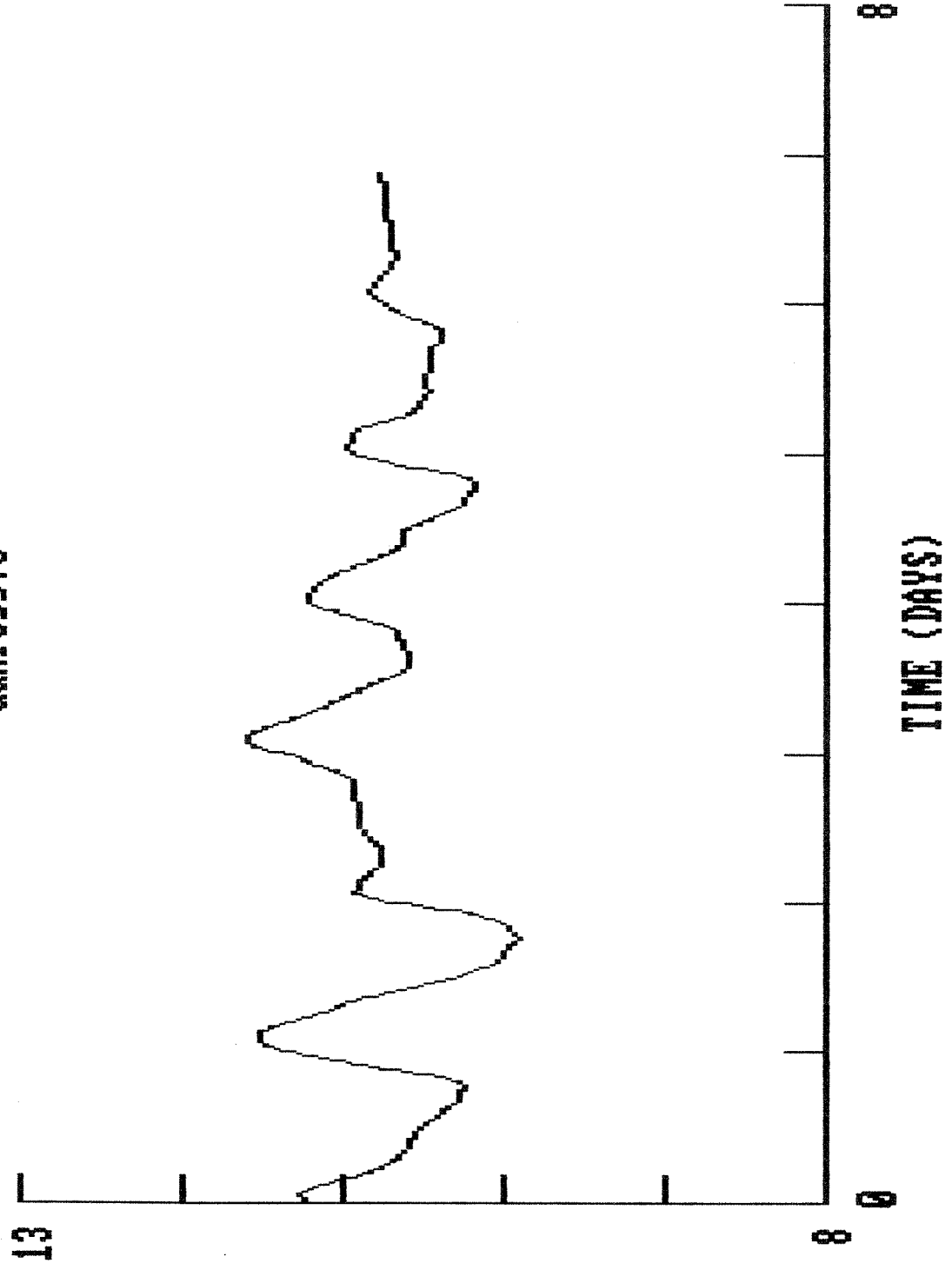
DANFOSS.7



danfoss.8



danfoss.8



TEMPERATURE

TIME (DAYS)