



(12) **SØKNAD**

(19) NO

(21) **20130638**

(13) **A1**

NORGE

(51) Int Cl.

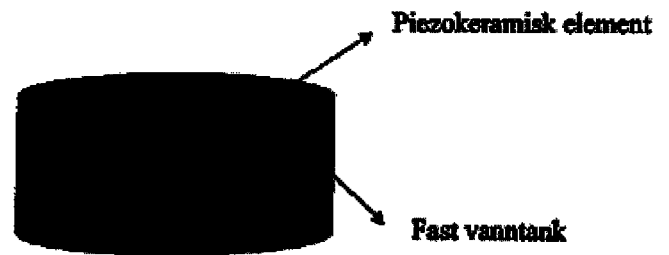
G01N 9/24 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20130638	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr
(22)	Inng.dag	2013.05.06	(85)	Videreføringsdag
(24)	Løpedag	2013.05.06	(30)	Prioritet
(41)	Alm.tilgj	2014.11.07		
(73)	Innehaver	Mecsense AS, Gaustadalléen 21, 0349 OSLO, Norge		
(72)	Oppfinner	Bjarte Sørebo Ellingsen, Gaustadalleen 21, 0349 OSLO, Norge Olav Ellingsen, Gaustadalléen 21, 0349 OSLO, Norge		
(74)	Fullmektig	Zacco Norway AS, Postboks 2003 Vika, 0125 OSLO, Norge		

- (54) **Benevnelse** **Innretning og fremgangsmåte for kontinuerlig deteksjon av endringer i densitet i fluider og faste stoffer så vel som anvendelse av innretningen**
- (57) **Sammendrag**

Foreliggende oppfinnelse vedrører en sensor for kontinuerlig deteksjon av små endringer i densitet i fluider og biologiske fluider, faste stoffer og halvaste stoffer ved anvendelse av en PZT (piezoelektrisk transduser). Oppfinnelsen vedrører videre en fremgangsmåte for kontinuerlig deteksjon av endringer i densitet i fluider eller faste stoffer, så vel som anvendelse av innretningen.



Innretning og fremgangsmåte for kontinuerlig deteksjon av endringer i densitet i fluider og faste stoffer så vel som anvendelse av innretningen.

5 OPPFINNELSENS FELT

Foreliggende oppfinnelse vedrører en sensor for kontinuerlig deteksjon av små endringer i densitet i fluider og biologiske fluider, faste stoffer og halvfast stoffer ved anvendelse av en PZT (piezoelektrisk transduser) transduser. Oppfinnelsen vedrører

10 også en fremgangsmåte for å bestemme små endringer i densitet av fluider og biologiske fluider ved hjelp av en PZT (piezoelektrisk transduser) så vel som anvendelsen av en slik transduser. I forbindelse med foreliggende søknad anvendes PZT transduseren for å registrere de små endringene i densitet som endringen i

15 faseforskyvning mellom det eksiterte pulstøget og dets refleksjon i tillegg til amplitudeforskjellen mellom de to pulstogene – inngående tog og det reflekterte tog.

OPPFINNELSENS BAKGRUNN

20 Densitet, som uttrykkes som relasjonen mellom masse og volum ved formelen $\rho = m/V$ kg/m^3 , bestemmes normalt ved å veie et volum av massen og dividere dette med massen av legemet. For en fast masse kan volumet finnes ved å nedsenke legemet i en væske og måle fortrengningen av væsken.

25 Imidlertid er densiteten av både væsker og legemer avhengig av deres volum ved en fastsatt temperatur. For eksempel har vann en densitet på 1000 kg/m^3 ved 4°C , men ettersom volumet øker ved økende temperatur, blir densiteten mindre enn 1000 kg/m^3 som vist i de følgende beregningene mellom 4 og 10°C :

		Expansion				Difference
		coefficient γ	Volum change of water	Mass	Density	between
$^{\circ}\text{C}$	$T_x^{\circ}\text{C}$	cm^3/K	$V_x = V_o * \gamma * (T_x - T_4) + V_o$	g	$\rho \text{ g/cm}^3$	$T_x \text{ and } 274^{\circ}\text{K}$
						$\Delta\rho \text{ g/cm}^3$
4	274	0,0002	1	1	1,00000000	0
5	275	0,0002	1,0002	1	0,99980004	0,00019996
6	276	0,0002	1,0004	1	0,99960016	0,00039984
7	277	0,0002	1,0006	1	0,99940036	0,00059964
8	278	0,0002	1,0008	1	0,99920064	0,00079936
9	279	0,0002	1,001	1	0,99900100	0,00099900
10	280	0,0002	1,0012	1	0,99880144	0,00119856

Normalt er disse små endringene i densitet neglisjerbare, men i spesielle tilfeller er det av vital betydning å kjenne til endringene i densitet. Et eksempel er å overvåke

5 endringen i kroppsfluider som kan endres ved endringer i de oppløste stoffene i kroppsfluidet. Et slikt oppløst stoff kan være alkohol, et annet kan være glukose og nok et annet tilfelle kan være forbundet med dehydrering, hvilket fører til oppkonsentrering av oppløste stoffer i kroppsfluidet. Ettersom volumet av væskene endres ved endrende temperaturer, overvåker en temperatursensor temperaturen av legemet/væsken og viser

10 densiteten ved den temperaturen hvor målingen blir foretatt. Som et ytterligere eksempel kan det nevnes friske matvarer, så som kjøtt, frukt og så videre. Bakterievekst i friske matvarer vil bevirke en endring i densiteten av matvaren, og foreliggende oppfinnelse vil kunne fungere som en kvalitetskontroll i dette tilfellet. I dag finnes det ingen fremgangsmåte for enkel bestemmelse av små endringer av densitet.

15

SAMMENFATNING AV OPPFINNELSEN

For å løse de ovenfor nevnte tekniske problemene, og for å tilveiebringe de nevnte innretningene, tilveiebringer foreliggende oppfinnelsen en innretning for kontinuerlig

20 deteksjon av små endringer i densitet i fluider og faste stoffer, som omfatter en PZT (piezoelektrisk) transduser som genererer pulstog, en pulstransmitter, signalanalysator og en avlesningsenhet.

Foreliggende oppfinnelse tilveiebringer også en fremgangsmåte for kontinuerlig deteksjon av densitet i fluider og faste stoffer, omfattende påtrykking av et fiksert pulstog ved hjelp av en PZT transduser på overflaten av det aktuelle legemet/væsken og overvåkning av endringen i faseforskyvning og amplituder mellom inngående pulser og reflekterte pulser.

KORT BESKRIVELSE AV TEGNINGENE

- Fig.1 viser et prinsipielt oppsett for innretningen ifølge oppfinnelsen.
- 10 Fig.2 er en graf som viser faseforsinkelse som funksjon av økning i densitetsforskjell.
- Fig. 3 viser et eksempel på et simuleringsoppsett.
- Fig.4 viser et eksempel på en testsensor.
- Fig. 5 er en graf som viser et eksempel på densitet som funksjon av faseforsinkelse ved 20°C.
- 15 Fig. 6 er en graf som viser temperatur som funksjon av faseforsinkelse for en sølvbeholder.
- Fig. 7 er en graf som viser densitet som funksjon av faseforsinkelse for en sølvbeholder.
- Fig. 8 viser en graf som illustrerer temperatur som funksjon av faseforsinkelse for en stålbeholder.
- 20 Fig. 9 viser responssignal etter eksitasjon.

DETALJERT BESKRIVELSE AV OPPFINNELSEN

Ifølge foreliggende oppfinnelse involverer deteksjonen av densitetsendringer
25 deteksjonen og anvendelsen av materialenes piezoelektriske egenskaper.

Nøkkelelementet i teknikken ifølge oppfinnelsen er at når det piezoelektriske elementet er eksitert og når eksitasjonskraften er stoppet opplever det responsspenningen på grunn av den reverse piezoelektriske effekten. Oppfinnerne har funnet at denne responsen
30 inneholder informasjon som er kan skilles fra hverandre for forskjellig densitetsnivåer.

Industrielt kan det være av interesse å vite densiteten av drikkevarer ved en gitt temperatur, så som for eksempel vin og brennevin. Et annet eksempel kan være å overvåke fuktigheten i for eksempel tre, hvor densiteten av treet og vann gir

bulkdensiteten som vil endre seg avhengig av vanninnholdet. Dersom densiteten er påkrevet ved en gitt temperatur, kompenserer en matematisk algoritme for den målte verdien dersom temperaturen er høyere/lavere enn den påkrevde temperaturen.

Algoritmen er basert på følgende:

5

Den generelle formelen for densitet er:

$$\rho_o = m/V_o \text{ kg/m}^3$$

10 hvor m = massen av legemet og V_o er volumet av legemet ved en fastsatt temperatur på t_o .

Når temperaturen øker/avtar fra t_o til t_x , endrer volumet seg i henhold til:

$$V_x = V_o * \gamma * (T_x \pm T_o) * V_o \text{ m}^3$$

hvor γ er ekspansjonskoeffisienten for det aktuelle legemet/væsken og T_x er temperaturen ved målepunktet.

15 Densiteten av den samme massen er da:

$$\rho_x = m/V_x \text{ kg/m}^3$$

Forskjellen i densitet er følgende:

$$\Delta\rho = \rho_o \pm \rho_x \text{ kg/m}^3$$

$$\Delta\rho = m * (1/V_o \pm 1 / ((V_o * \gamma * (T_x - T_o)) + V_o) \text{ kg/m}^3$$

20 Følgende relasjon foreligger mellom ρ_o og ρ_x :

$$\rho_o = \rho_x * V_o / V_x \text{ kg/m}^3$$

Nok en annen anvendelse av oppfinnelsen er å overvåke visse fluider i rør, så som oljerør, hvorved det er mulig kontinuerlig å overvåke den reelle densiteten av oljen ved den aktuelle temperaturen. Dette gjør det mulig å detektere endringer av densiteten forårsaket både av temperaturen og vann- og gassinnholdet i oljen.

25

Et spesialtilfelle innenfor oljeindustrien er å måle densiteten av oljen for å fastslå API kvaliteten. Normalt gjøres dette ved 15,56 °C. Ved å anvende foreliggende oppfinnelse er det mulig å måle densiteten ved en hvilken som helst temperatur ved å ta hensyn til det forøkede volumet (eller reduserte volumet) ved temperaturen.

Hensiktene med oppfinnelsen har vært å finne et enkelt prinsipp som muliggjør kontinuerlig overvåking av endringene i densitet «på stedet» uten å ta en prøve av det aktuelle materialet.

5 Dette oppnås ved å påtrykke et fiksert pulstog generert ved hjelp av en PZT transduser på overflaten av det aktuelle legemet/væsken og overvåke endringen i faseforskyvning og amplitude mellom inngående pulser og reflekterte pulser.

Pulsene kan være sinuspulser, firkantpulser eller trinnpulser. Pulsene kan genereres elektrisk, mekanisk, pneumatisk eller hydraulisk.

10 Som angitt ovenfor vil en mulig anvendelse av foreliggende oppfinnelse være å overvåke små endringer i glukosenivået i et humant legeme. Forskjellige typer sensorer for dette formålet er allerede beskrevet. Følgelig beskriver US 5,119,819 en fremgangsmåte og en apparatur for ikke-invasiv overvåking av endringer i blodglukosekonsentrasjon i en vevsprøve. Den anvendte sensoren baserer seg på målingen av hastighetsendringer av reflektert ultralyd over en fastsatt avstand med 15 frekvenser som nærmer seg 7,5 MHz, og hvor hastighetsendringen skyldes endringer i glukoseinnholdet i blod kombinert med temperaturforskjell. I realiteten er denne fremgangsmåten ikke ikke-invasiv, siden sensoren plasseres på øreflippen med et rør som strekker seg gjennom øreflippen med ultralydsenderen festet på den ene siden derav og en reflektor på den andre siden derav.

20 Formålet med foreliggende oppfinnelse har vært å finne et enkelt prinsipp som kontinuerlig kan overvåke endringene i densitet «på stedet» uten å ta en prøve av det aktuelle objektet.

25 Dette oppnås ved å påtrykke et fiksert pulstog generert ved hjelp av en PTZ transduser på overflaten av det aktuelle legemet/væsken og overvåke endringen i faseforskyvning og amplituder mellom inngående pulser og de reflekterte pulsene.

For å verifisere prinsippet ble det utført en matematisk simulering, som ga resultatene vist i den grafiske fremstillingen vist i figur 2.

Fra figur 2 fremgår det at, selv om den er liten, foreligger det en ikke-linearitet på 2,224% i resultatene; dette kan forklares ved støyen i oppsettet av software.

Tabellen nedenfor viser den beregnede faseforsinkelsen mellom densitetene i området av interesse, idet $999,80 \text{ kg/m}^3$ anses som referanse.

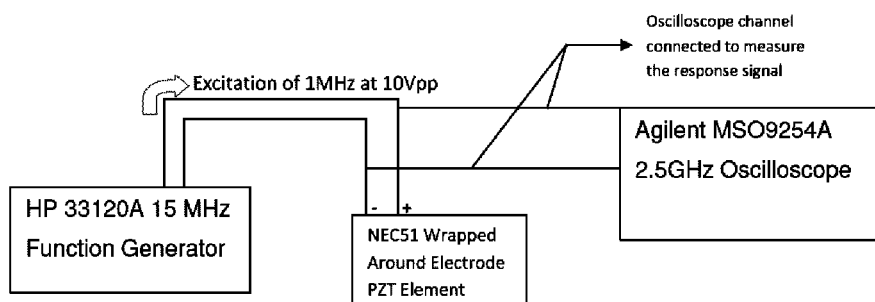
Nr	Densitet (kg/m^3)	Faseforsinkelsesforskjell (ns)
1	999,80 – 999,85	8,27
2	999,80 – 999,90	16,25
3	999,80 – 999,95	24,27
4	999,80 – 1000,00	33,20

Tabell 1. Densitet som funksjon av faseforsinkelsen i ns.

5 Figur 3 viser det prinsipielle oppsettet av modellen.

Etter at modelleringen bekreftet prinsippet, ble en teststruktur konstruert som vist i bildet i figur 4.

Sensoren ble festet til en pulstransmitter og et oscilloskop ble anvendt for å overvåke som vist i det følgende blokkdiagrammet.



10

De følgende instrumentene ble anvendt for det eksperimentelle oppsettet:

Nr.	Utstyr	Detaljer	Beskrivelse
1	Transduser	NCE51 Wrapped around electrode (WAE) 1 MHz	I motsetning til standardtransdusere med to terminaler på

		PZT	to ender ble det anvendt WAE transdusere for å ha god kontakt med vann.
2	Funksjonsgenerator	HP 33120A 15 MHz Function generator	Funksjonsgeneratoren ble anvendt for å tilføre støtene på 1 MHz i 80 cykler ved 10Vpp.
3	Oscilloskop	Agilent MSO925A 2.5 GHz	Dette 20G prøve/s prøvetakingsrate-omfanget til 8 bit oppløsning ble anvendt for å oppfange råresponsen fra transduseren.
4	Kildemåler	Keithly 2410 Source Meter	Denne presisjonskildemåleren ble anvendt for å tilføre stabil strøm til RTD temperatursensoren.
5	Multimeter	Agilent 34410A 6 Digit Precision multimeter	Presisjonsmultimeteret ble anvendt for å observere utgangsspenningen fra temperatursensoren.
6	Temperatursensor	IST Innovative technology PT100	1/10 Din toleranse, Platina RTD sensor ble anvendt med en temperaturkoeffisient på 3850 ppm/°C.
7	Temperaturkontroll	Julabo F34 thermal control pumping station	Denne ble anvendt for å sikre en temperaturstabilitet på $\pm 0,03$ °C
8	Vekt	Mettler Toledo	Denne vekten ble

		PB403-S	anvendt for å oppløse salt i destillert vann med milligram presisjon.
9	Renset vann	18Mohm Rent vann	Vann av høyeste standard ble anvendt for å sikre tilpasningen av ferskvannsdensitet til temperaturkurven.
10	Salt	Natriumklorid	96% rent, laboratoriekvalitet for fremstilling av løsninger med forskjellig densitet.
11	Sølv	Ag925	Vannbeholder fremstilt av 92,5% rent sølv og 7,5% kopper.

Forsøksresultatene er vist i figurene; figur 5 viser grafisk fremstilling av densiteten som funksjon av faseforsinkelsen for oppløsninger, hvor forsøkene ble utført ved en konstant temperatur på 20°C, og inngangsparametrene ble anvendt fra tabell 1. Alle forsøk ble

5 utført i et rent rom, hvor alle forholdsregler ble tatt for å minimere miljøfaktorer.

Resultatene fra den andre undersøkelsen er vist i figurer 6 og 7, hvor endringen i temperatur er avsatt som funksjon av faseforsinkelsen og henholdsvis endringen i temperatur er avsatt som funksjon av faseforsinkelsen. Forsøkene ble utført med vann i en sølvbeholder.

10 Resultatene fra den tredje undersøkelsen, hvor det ble anvendt en beholder av rustfritt stål for vannet, er vist i figur 8. Dette forsøket ble utført for å fastslå effekten forskjellige materialer har på transduseroutput. Resultatene viser at forskjellige materialer ikke har sterk innflytelse på responsen fra PZT.

15 I de resulterende figurene er den illustrerte ikke-lineariteten punktet for maksimalt avvik av de målte data for kurven for lineær tilpasning.

Før den eksperimentelle verifisering av prinsippet ble det utført en test og hvor grafene vist i figur 9 viser forskjellen i faseforsinkelse og amplitude.

Som det fremgår er det en klar faseforskjell mellom kurvene ved forskjellige temperaturer. Videre fremgår det også at det er en klar forskjell i amplituden mellom forskjellige kurver.

Ikke-lineariteten fra den teoretiske lineariteten forårsakes av usikkerhet i forholdet mellom innveid salt og vann.

I alle forsøk ble PZT eksitert i $80 \mu\text{s}$ ved 1MHz frekvens og analysen ble utført på responssignalet i $20 \mu\text{s}$. For eksitasjonen var den anvendte spenningen 10 Vpp, det samme som spenningen anvendt i den matematiske simuleringen.

Oppfinnelsen gjør det mulig å vise utviklingen i densiteten over tid, gjennomsnittlige verdier og hvor raskt densiteten endrer seg i en hvilken som helst retning.

Oppfinnelsen er videre beskrevet i de følgende tegningene.

Figur 1 viser det prinsipielle oppsettet for oppfinnelsen. 1) viser legemet som skal måles, 2) viser PZT transduseren som genererer pulstogene, 3) er pulstransmitteren som sender de elektriske pulsene til PZT transduseren, 4) er kraftinntaket, 5) er signalanalysatoren og 6) er avlesningsenheten som viser resultatene enten som siffer, som grafer eller en kombinasjon av disse. 7) er en temperatursensor som ved hjelp av en matematisk algoritme kompenserer for temperaturen på det målte objektet.

Det skal bemerkes at andre koplingsdiagram kan anvendes med den hensikt å sende et pulstog til PZT transduseren med en mottaker av det reflekterte pulstog med en analysator for faseforskyvningen og forskjellen i amplituden.

Patentkrav

1.

Innretning for kontinuerlig deteksjon av små endringer i densitet i fluider eller faste stoffer, omfattende en PZT (piezoelektrisk) transduser som genererer pulstog, en pulstransmitter, krafttilførsel, signalanalysator og en avlesningsenhet.

2.

Innretning for kontinuerlig deteksjon av små endringer i densitet i fluider eller faste stoffer, hvor de genererte pulsene er sinuspulser, firkantpulser eller trinnpulser.

10

3.

Innretning for kontinuerlig deteksjon av små endringer i densitet i fluider eller faste stoffer, hvor de genererte pulsene er sinuspulser.

15 4.

Fremgangsmåte for kontinuerlig deteksjon av endringer i densitet i fluider eller faste stoffer, omfattende påtrykking av et fikserte pulstog generert ved hjelp av en PTZ transduser på overflaten av det aktuelle legemet/væsken og overvåkning av endringene i faseforskyvning og amplitude mellom inngående pulser og reflekterte pulser.

20

5.

Fremgangsmåte for kontinuerlig deteksjon av endringer i densitet i fluider eller faste stoffer ifølge krav 4, hvor det genererte pulstog er sinuspulser, firkantpulser eller trinnpulser.

25

6.

Fremgangsmåte for kontinuerlig deteksjon av endringer i densitet i fluider eller faste stoffer ifølge krav 4 eller 5, hvor sinuspulser genereres.

30 7.

Anvendelse av en innretning ifølge krav 1, for overvåkning av endringen i densitet av kroppsfluider forårsaket av endringer av oppløste stoffer i nevnte fluid.

8.

Anvendelse ifølge krav 7, hvor den aktuelle kroppsfluidkomponenten er glukose.

5 9.

Anvendelse ifølge krav 7, hvor den aktuelle kroppsfluidkomponenten er alkohol.

10.

10 Anvendelse av en innretning ifølge krav 1, for å overvåke endringen i densitet ved en fastsatt temperatur av drikkevarer, så som vin eller brennevin.

11.

Anvendelse av en innretning ifølge krav 1, for å overvåke endringen i densitet i tre eller treprodukter.

15

12.

Anvendelse av en innretning ifølge krav 1, for å overvåke endringen i densitet i en olje.

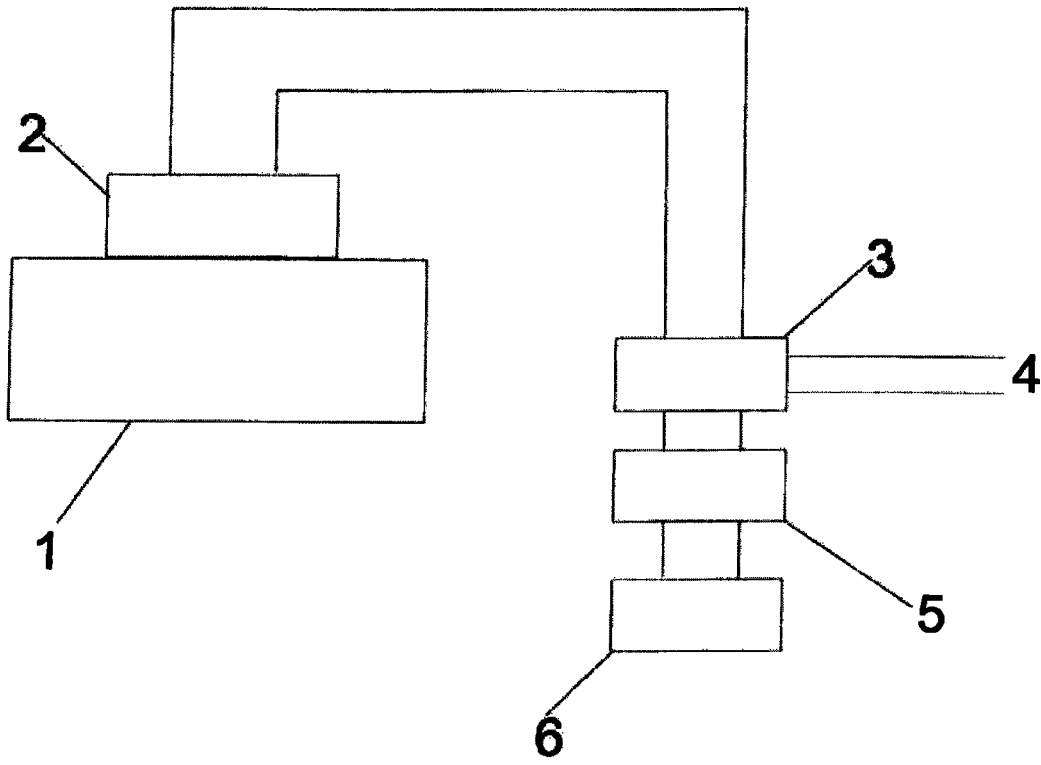
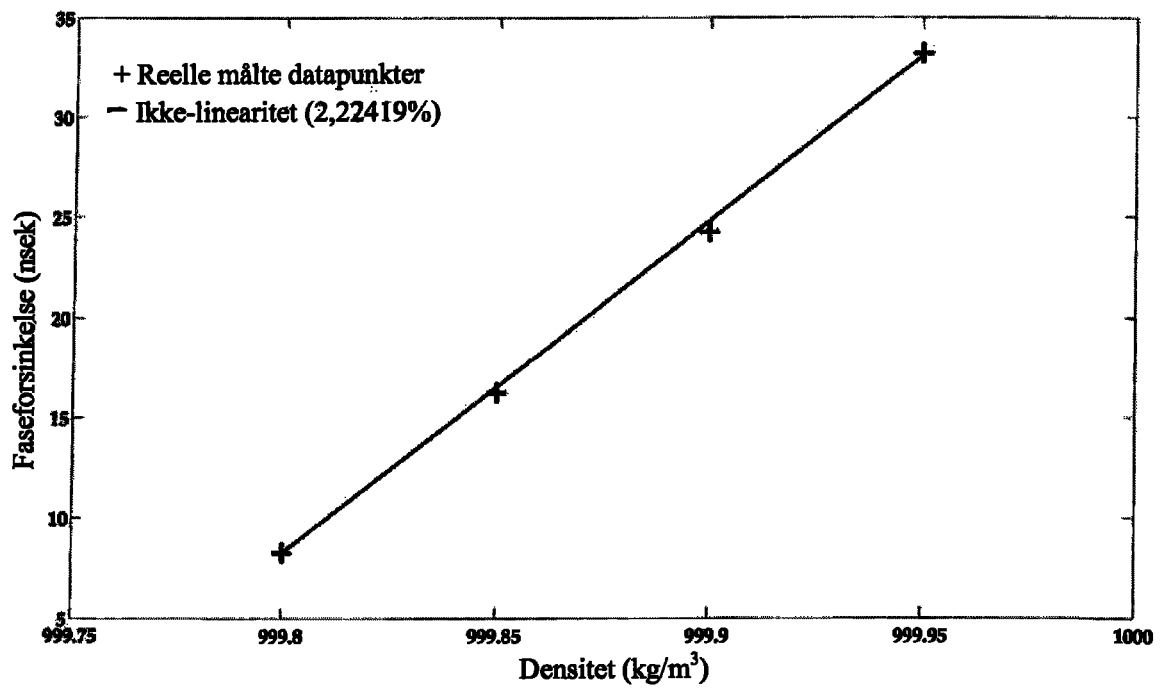


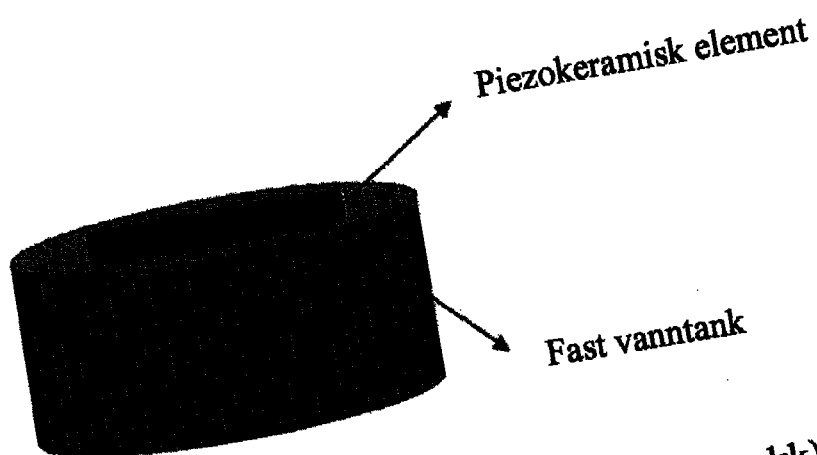
Fig. 1

2/6

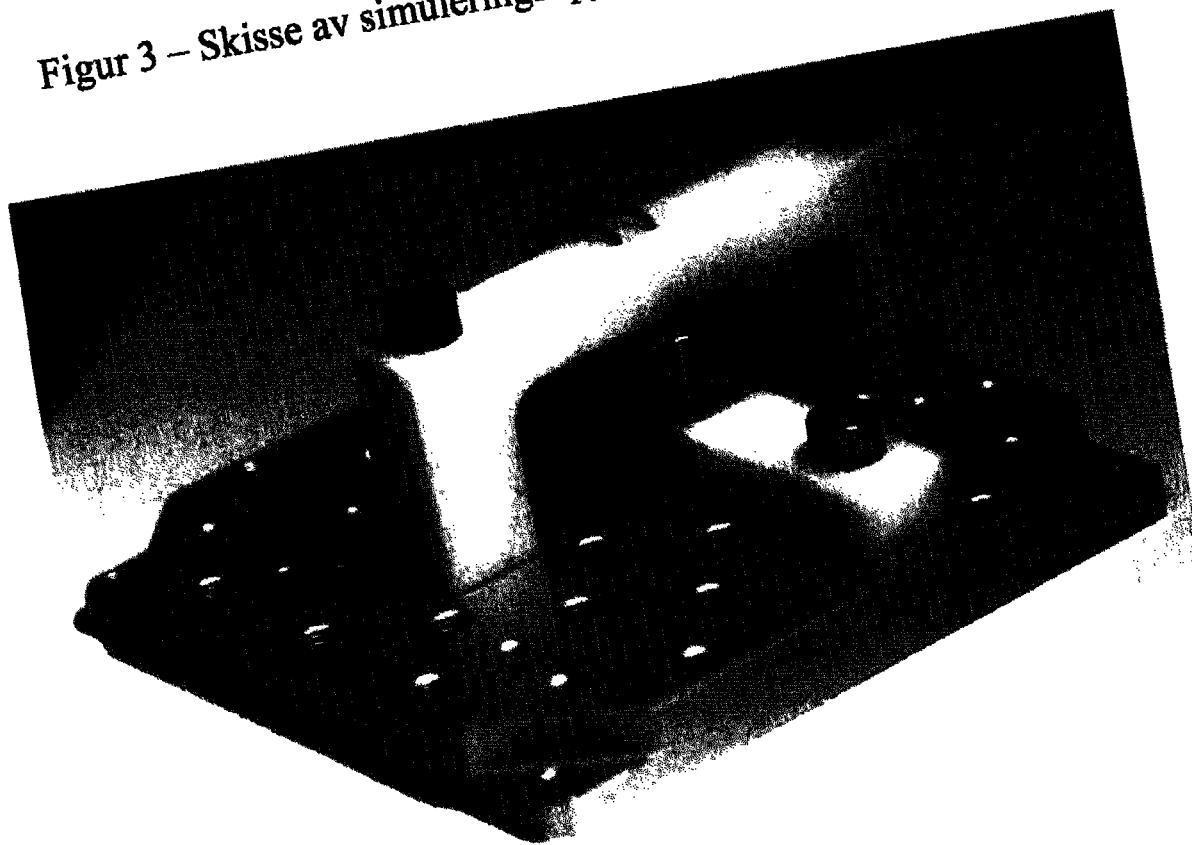


Figur 2 – Faseforsinkelse som funksjon av økning i densitetsforskjell

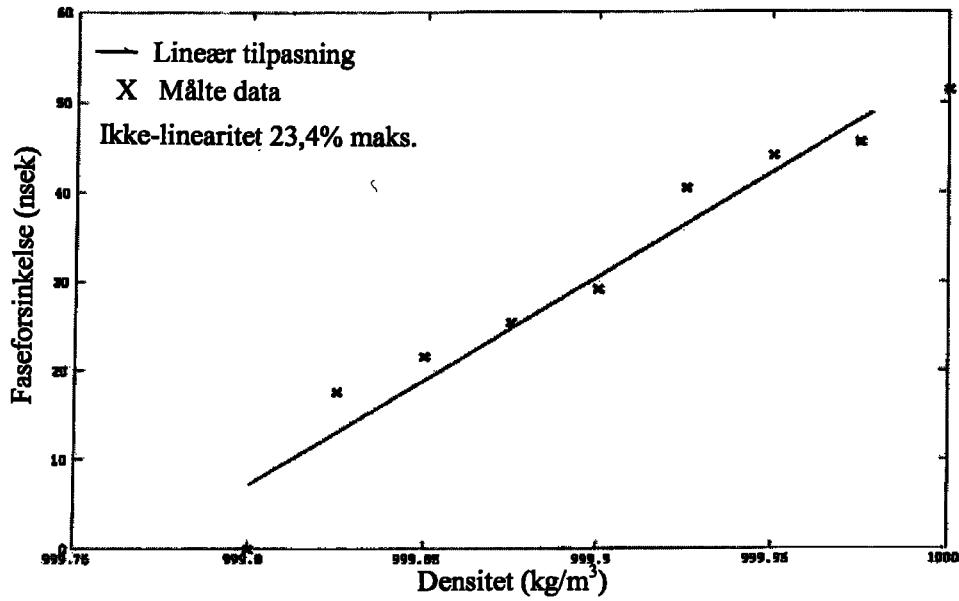
3/b



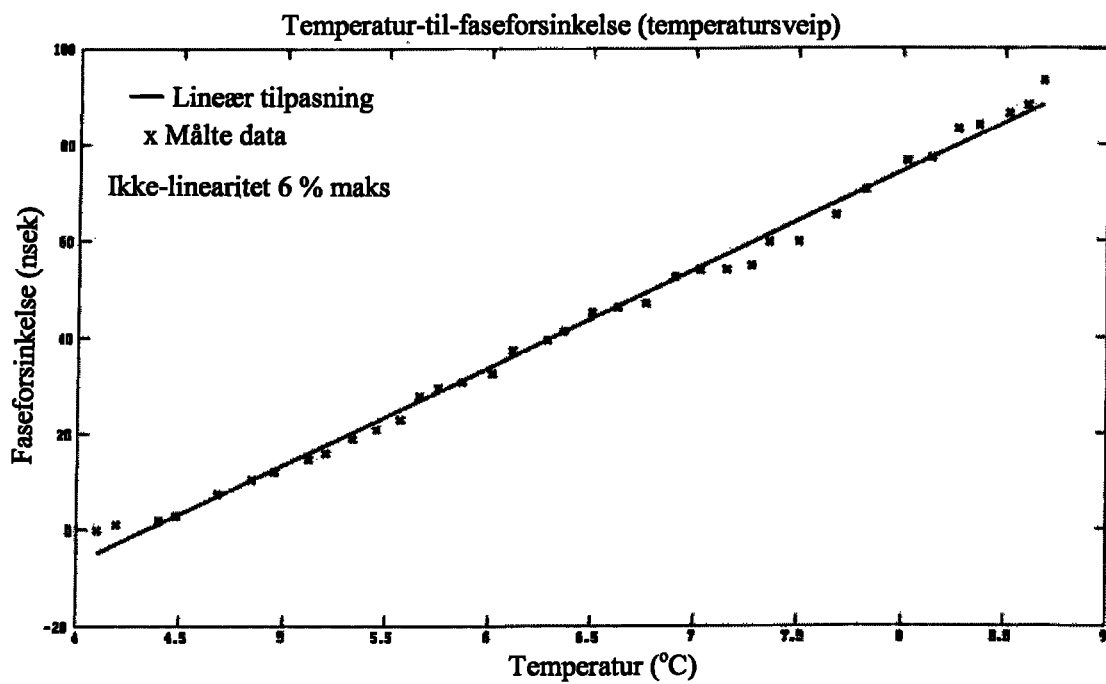
Figur 3 – Skisse av simuleringsoppsett (ikke i målestokk)



Figur 4 – Testsensor

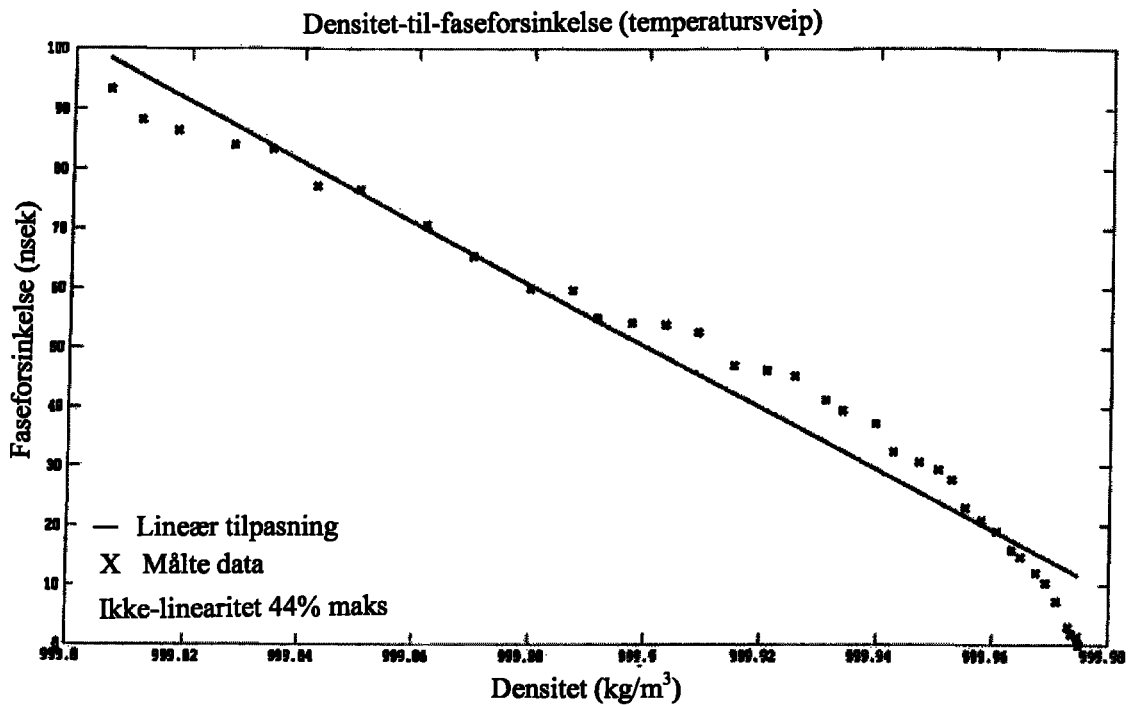


Figur 5 – Densitet som funksjon av faseforsinkelse ved 20°C

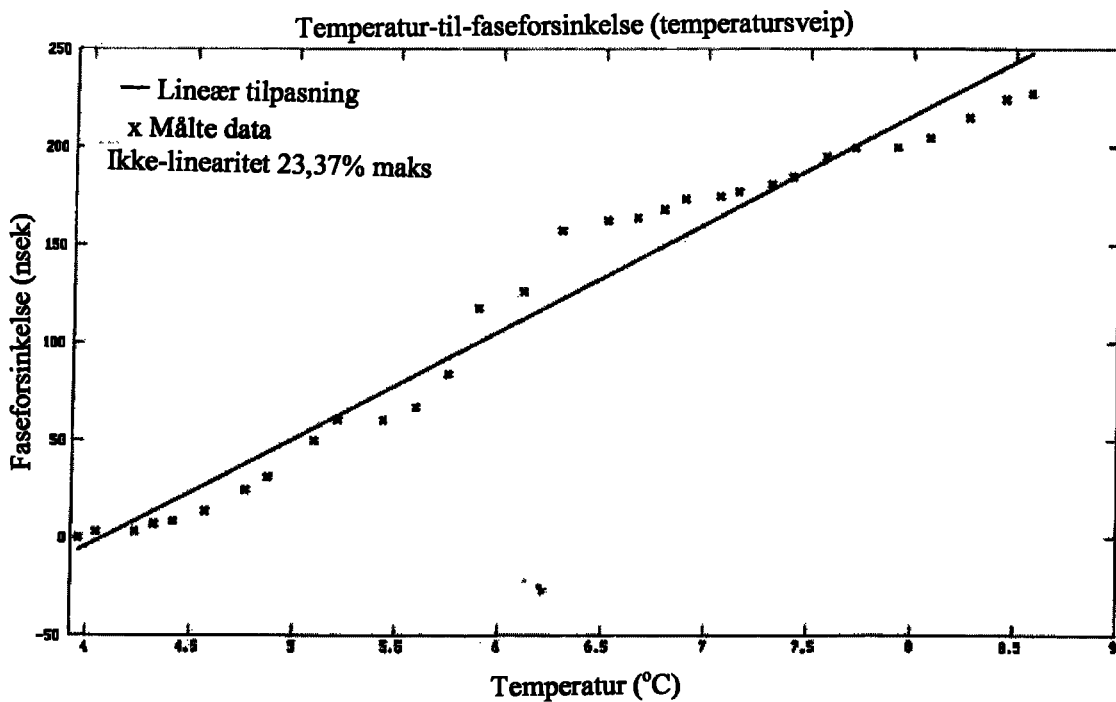


Figur 6 – Temperatur som funksjon av faseforskjell – sølvbeholder

5/6

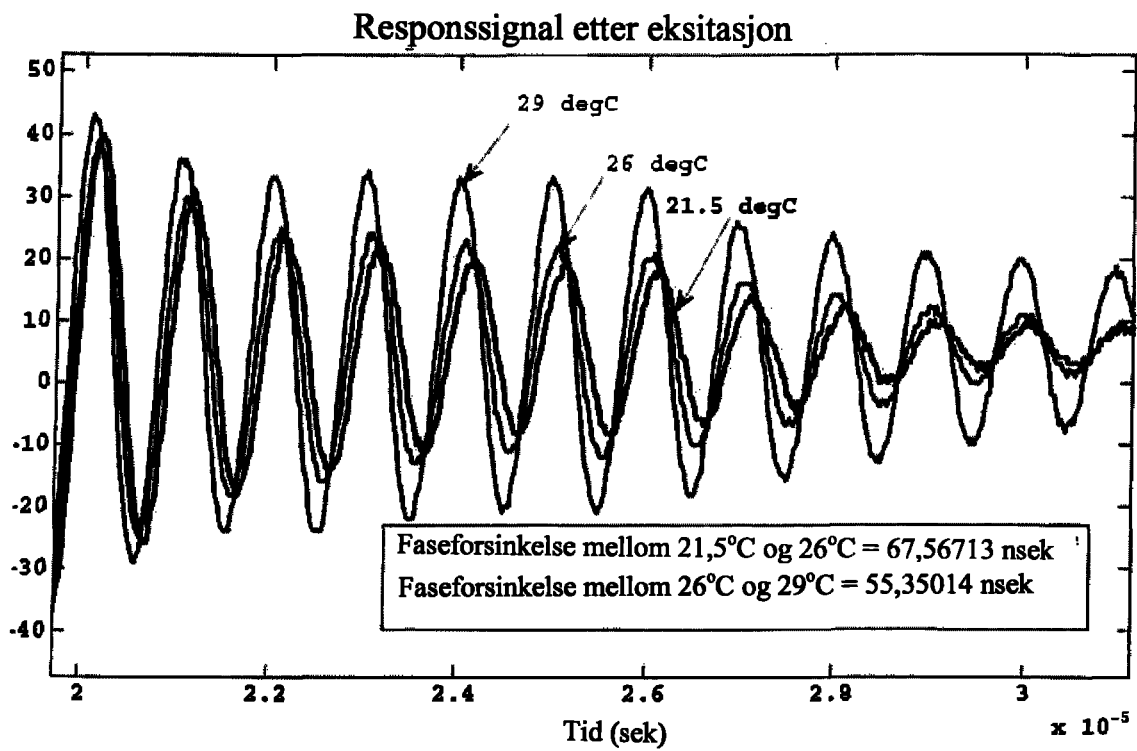


Figur 7 – Densitet som funksjon av faseforsinkelse for sølvbeholder



Figur 8 – Temperatur som funksjon av faseforsinkelse for stålbeholder

6/6



Figur 9 - Forsøksresultater