



(12) **PATENT**

(11) **341906**

(13) **B1**

NORGE

(19) NO

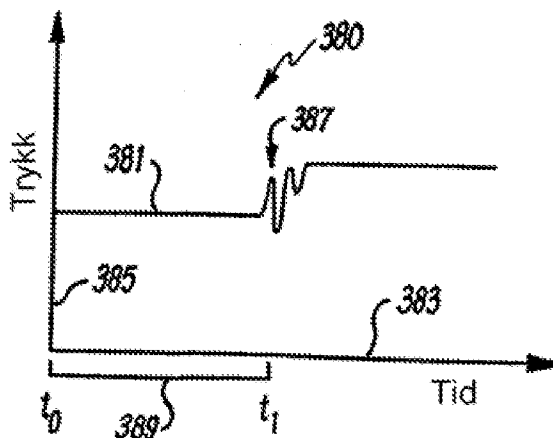
(51) Int Cl.

G01M 3/28 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20076549	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2006.05.30 PCT/GB2006/001979
(22)	Inng.dag	2007.12.20	(85)	Videreføringsdag	2007.12.20
(24)	Løpedag	2006.05.30	(30)	Prioritet	2005.05.27, GB, 0510766.9
(41)	Alm.tilgj	2008.02.27			
(45)	Meddelt	2018.02.19			
(73)	Innehaver	Seal-Tite LLC, 500 Deer Cross Drive, US-LA70447 MADISONVILLE, USA			
(72)	Oppfinner	Ian McEwan, 18 Greenmore Gardens, GB-AB244JF ABDERDEEN, Storbritannia Nicholas Ryan, Waulkmill, GB-AB526XD CULSAMOND, NEAR INSCH, Storbritannia			
(74)	Fullmektig	Murgitroyd & Company, Mannerheimsvägen 12 B, 5tr, FI-00100 HELSINGFORS, Finland			
(54)	Benevnelse	Utleddning av informasjon om lekkasjer fra rør			
(56)	Anførte publikasjoner	WO 01/86191 A1			
(57)	Sammendrag				

En fremgangsmåte og system for å ulede informasjon om fluidlekkasje er beskrevet. En flerhet av forseglende elementer introduseres til rørledningen ved en lokasjon oppstrøms for lekkasjen, og minst noen av de forseglende elementene trekkes mot lekkasjen for å forårsake en forseglende hendelse som reduserer fluidlekkasje. En trykkendring forårsaket av den forseglende hendelsen detekteres og tiden som tilknyttet tidsdata anvendes for å utlede informasjon om lekkasjen. I én utførelsesform utledes informasjon om lekkasjelokasjon. I en alternativ utførelsesform anvendes trykktransient informasjon for å ulede informasjon om lekkasjestørrelse.



UTLEDNING AV INFORMASJON OM LEKKASJE FRA RØR

Den foreliggende oppfinnelsen vedrører en fremgangsmåte og system for å utlede informasjon om lekkasjer fra rør. Spesielt vedrører oppfinnelsen en fremgangsmåte og system for bestemmelse av lokasjonen for en lekkasje i et rør. I et annet aspekt 5 vedrører oppfinnelsen en fremgangsmåte for å bestemme størrelsen på en lekkasje. Oppfinnelsen tilveiebringer en fremgangsmåte som er egnet for fjernstyrt lokalisering av en lekkasje i et fluidbærende trangt borerør, strømningsrør eller annet egnet trykksatt fluidsystem. Fremgangsmåten kan også anvendes til 10 småborede trykkanaler av ikke-sirkulært tverrsnitt.

Rørledninger gjør det lettere med transport i og over områder, terrenger eller lokasjoner hvor manuell transport er ineffektiv, eller ganske enkelt ikke er mulig å få til. Under slike omstendigheter blir rørledninger eller rørledningsnettverk typisk bygget under bakkens overflate eller, for eksempel under sjøbunnen, hvor de ofte 15 strekker seg over flere kilometer. Installasjon av rørledningsnettverk er en tidkrevende og kostbar prosess, og følgelig er de generelt konstruert for å driftes som permanente installasjoner. I oljeindustrien brukes ofte rørledninger som legges under sjøbunnen for å transportere fluidhydrokarboner fra en produserende plattform til en raffineriterminal på land.

Rørledningssystemer, spesielt de som er installert i krevende miljøer, er mottakelig for skade over tid og krever vedlikehold. Ofte vil lekkasjer oppstå, som fører til tap av fluidene som transporteres i rørledningen, og som gir skade på miljøet og tap av potensiell inntekt for operatørene. Vedlikehold og ordentlig installasjon er 20 signifikante emner.

I offshore-rørledninger er det signifikante kostnader knyttet til reparasjon av en lekkasje. Kostnadene kan reduseres ved å bestemme hvor den skadede seksjonen av røret er lokalisert før reparasjonene utføres. Dette minimerer enhver utgraving eller annen forberedelse som er påkrevd i nærheten av rørledningen før reparasjonene utføres. Informasjon om lekkasjelokasjon er også viktig for å forstå sviktmodiene 25 ved trinnene etter kommisjon, som hjelper til i å forhindre rørledningssvikt ved fremtidig drift. 30

Eksisterende teknikker som brukes for å bestemme lokasjonen av lekkasje og for å reparere lekkasje i rørledninger har begrensninger. Tradisjonelle fremgangsmåter bruker ofte anordninger som settes ut i rørledningen og aktivt skanner rørledningen for lekkasje. I noen tilfeller kan dette kreve nedstengning av noen

5 deler av rørledningsnettverket for å tilveiebringe tilgang.

Mer nylig har passive fremgangsmåter blitt utviklet, så som å sette ut en kapsel med en sensor inn i fluidet som allerede strømmer i rørledningen. EP 1137921 viser et slikt system, hvor kapselen tilføres strømmingen og føler trykkdifferensialer ettersom den fraktes sammen med strømmen. Avvikende trykkdata oppnådd nær

10 lekkasjen tilveiebringer nyttig informasjon vedrørende lekkasjelokasjonen. Data overføres til en datamaskin, for eksempel fjernoverføring ved anvendelse av trådløse kommunikasjonsmidler, eller lokalt ved å kople en datamaskin til en kapsel etter å ha tatt opp kapselen. I dokumenter WO 01/86191 og WO 03/093713, er bruken av tilsvarende kapsler som har merkede forseglingselementer vist. Disse

15 kapslene lokaliserer lekkasjen og frigjør deretter elementene inn til fluidet nær lekkasjen for å forsegle lekkasjen.

Teknikker som anvender mobile kapsler kan være problematiske i visse typer rørledninger. Spesielt, offshore-rørledninger som strekker seg over lange avstander på dypt vann gjør det vanskelig å kommunisere og overføre data på en vellykket

20 måte fra kapselen til en datamaskin på overflaten. I rørledninger med trang boring, kan kapseldimensjonen være for liten til at kapselen lett kan hentes opp igjen til overflaten for manuell nedlasting av data til en datamaskin. Videre kan kravet om komplekse tekniske løsninger ved anvendelse av avanserte materialer for anvendelsen av kapselsystemer i rørledninger med ekstreme dimensjoner være

25 uoverstigelig dyre.

Dokumentene WO 01/86191 og WO03/093713 tilveiebringer løsninger på forsegling av lekkasjer i slike fluidbærende rørledninger for forsegling uten at det er nødvendig å bygge kapsler for først å lokalisere lekkasjen. I disse fremgangsmåtene tilføres forseglende elementer inn i den fluidbærende rørledningen, blir suspendert

30 i fluidet ved hjelp av deres densitet og størrelse, og fraktes til lekkasjen ved å følge den naturlige strømmingen av fluidet og trykkgradientene som skjer i rørledningsfluidet som følge av lekkasjen. Forseglende elementer dannes ifølge

rørledningsdimensjonene og beskaffenheten for fluidet som strømmer i rørledningen. US3851521 og US5388445 kan være nyttig for forståelsen av oppfinnelsen og dens forhold til teknikkens stilling.

5 Disse lekkasjeforseglende løsningene har blitt brukt med vellykket resultat i umbilical-rørledninger, som typisk strekker seg flere titalls kilometer i offshore-miljø, for eksempel for å tilveiebringe fluid til eller fra sjøbunnsinstallasjoner. Imidlertid er kun de tradisjonelle teknikkene, så som ved anvendelse av kapsler med sensorer, tilgjengelig for å lokalisere lekkasjene i rørledningene. Alternativ fremgangsmåte for å lokalisere lekkasjer i slike umbilical-rørledninger har ikke vært
10 tilgjengelig på grunn av deres utilgjengelighet og dimensjoner som gjør dem egnet for anvendelse av eksisterende deteksjonsteknikker.

Det er ett mål ved et aspekt ved den foreliggende oppfinnelsen å dempe, eller i det minste forebygge, mangler og svakheter ved tidligere teknikker for å lokalisere lekkasjer i fluidbærende rørledninger.

15 Det er et annet mål ved et aspekt ved den foreliggende oppfinnelsen å tilveiebringe en fremgangsmåte og system for fjerndeteksjon av lokasjonen for en lekkasje i en fluidbærende rørledning.

Et videre mål ved et aspekt ved oppfinnelsen er å tilveiebringe en fremgangsmåte for å bestemme størrelsen av en lekkasje i et rør.

20 Andre mål og formål med oppfinnelsen vil bli klart ut fra å lese den følgende beskrivelsen.

Ifølge et første aspekt av oppfinnelsen er det tilveiebrakt en fremgangsmåte for å bestemme lokasjonen av en fluidlekkasje i en rørledning, fremgangsmåten omfatter trinnene av å:

- 25
- introdusere en flerhet av forseglende elementer inn i rørledningen ved en første lokasjon oppstrøms for lekkasjen, minst noen av de forseglende elementene trekkes ned mot lekkasjen for å gi en forseglende hendelse som reduserer fluidlekkasje fra lekkasjen;
 - detektere en trykkendring på grunn av den forseglende hendelsen;

30

 - anvende tidsdata knyttet til trykkendringen for å utlede informasjon om lekkasjelokasjonen.

Fortrinnsvis omfatter fremgangsmåten videre det ytterligere trinnet av å måle tiden mellom introduksjonen av de forseglende elementene i rørledningen og trykkendringen. Mer foretrukket omfatter fremgangsmåten videre det ytterligere trinnet av å anvende strømningshastighet for fluid i rørledningen for å kalkulere en

5 avstand mellom den første lokasjonen og lekkasjelokasjonen.

Eventuelt detekteres trykkendringen ved anvendelse av en enkelt trykktransduser plassert i rørledningen. Eventuelt detekteres trykkendringen ved anvendelse av en flerhet av trykktransdusere plassert i rørledningen.

Fortrinnsvis omfatter fremgangsmåten trinnene av å måle strømningshastighet for fluidet i rørledningen. Mer foretrukket omfatter fremgangsmåten videre trinnene av å kalkulere lekkasjelokasjonen ved anvendelse av tiden for introduksjon av de forseglende elementene, tiden for trykkendringen og strømningshastigheten for fluidet.

10

Eventuelt er trykkendringen en endring av stasjonært tilstandstrykket for fluidet i rørledningen. Eventuelt er trykkendringen en transient trykkendring for fluidet i

15 rørledningen.

I én utførelsesform er den detekterte trykkendringen en kombinasjon av en endring av stasjonært tilstandstrykk av fluidet i rørledningen og en transient trykkendring av fluidet i rørledningen.

20 Fortrinnsvis omfatter fremgangsmåten videre trinnene av å:

- detektere et første signal på grunn av en trykktransient forårsaket av den forseglende hendelsen;
- detektere et andre signal på grunn av en trykktransient forårsaket av den forseglende hendelsen;

25 - utlede informasjon om lekkasjelokasjon ved anvendelse av trykkdata knyttet til de første og andre signalene.

Fortrinnsvis detekteres det første signalet av en første trykktransduser ved en lokasjon som er oppstrøms for lekkasjen. Det andre signalet detekteres med en andre trykktransduser ved en lokasjon som er nedstrøms for lekkasjen.

Fortrinnsvis utledes informasjon om lekkasjens lokasjon fra en karakteristisk trykktransient hastighet i fluidet, tiden for deteksjon av trykktransienter ved den første og andre transduseren, og lokasjonen til den første og andre transduseren.

5 Fortrinnsvis er det første signalet en primær trykktransient detektert av en trykktransduser, og det andre signalet er en reflektert trykktransient som er detektert av trykktransduseren.

Fortrinnsvis omfatter fremgangsmåte det ytterligere trinnet av å måle en karakteristisk trykktransient hastighet i fluidet ved å generere en trykktransient ved en kjent lokasjon og tid, og detektere et resulterende signal ved en trykktransduser.

10 Fortrinnsvis omfatter fremgangsmåten de ytterligere trinnene av å måle amplituden for en trykktransient forårsaket av den forseglende hendelsen, og utlede informasjon om lekkasjestørrelse fra den målte amplituden.

Ifølge et andre aspekt ved den foreliggende oppfinnelsen er det tilveiebrakt et system for å utlede lokasjonen av en fluidlekkasje i en rørledning, systemet omfatter:

- en flerhet av forseglende elementer;
- et innløp for å tillate en flerhet av forseglende elementer som skal introduseres i en rørledning ved en første lokasjon som er oppstrøms for lekkasjen, minst noen av de forseglende elementene trekkes ned mot lekkasjen for å forårsake en forseglende hendelse som reduserer fluidlekkasje fra lekkasjen;
- midler for å detektere en trykkendring på grunn av den forseglende hendelsen;
- 25 - midler for å utlede informasjon om lekkasjelokasjon fra tidsdata knyttet til trykkendringen.

Fortrinnsvis er midlene for å detektere en trykkendring en enkel trykktransduser plassert i rørledningen. Fortrinnsvis er den enkle trykktransduseren lokalisert oppstrøms for lekkasjen.

Mer foretrukket, midlet for å detektere en trykkendring omfatter en første trykktransduser lokalisert oppstrøms for lekkasjen og en andre trykktransduser lokalisert nedstrøms for lekkasjen.

5 Fortrinnsvis omfatter systemet videre midler for å måle strømningshastigheten for fluid i rørledningen, fortrinnsvis omfatter systemet videre midler for å generere en trykktransient i rørledningen ved en kjent tid og lokasjon.

Ifølge et tredje aspekt ved den foreliggende oppfinnelsen er det tilveiebrakt en fremgangsmåte for å bestemme størrelsen på en fluidlekkasje i en rørledning, fremgangsmåten omfatter trinnene av å:

- 10
- introdusere en flerhet av forseglende elementer til rørledningen ved en første lokasjon oppstrøms for lekkasjen, minst noen av de forseglende elementene trekkes mot lekkasjen for å gi en forseglende hendelse som reduserer fluidlekkasje fra lokasjonen;
- 15
- detektere et trykktransient signal forårsaket av den forseglende hendelsen;
 - måle en amplitude av trykktransientsignalet;
 - utlede informasjon om lekkasjestørrelse fra amplituden av det trykktransiente signalet.

20 Fortrinnsvis omfatter fremgangsmåten det ytterligere trinnet av å bestemme lekkasjelokasjon i samsvar med fremgangsmåten av det første aspektet ved oppfinnelsen.

Ifølge et fjerde aspekt ved oppfinnelsen er det tilveiebrakt et system for å bestemme størrelsen på en fluidlekkasje i en rørledning. Systemet omfatter:

- 25
- et innløp for å tillate en flerhet av forseglende elementer å bli introdusert inn i en rørledning ved en første lokasjon oppstrøms for lekkasjen, minst noen av de forseglende elementene trekkes mot lekkasjen for å forårsake en forseglende hendelse som reduserer fluidlekkasje fra lekkasjen;
 - midler for å detektere et trykktransient signal på grunn av den forseglende hendelsen;

- midler for å måle amplituden for det trykktransiente signalet; og
- midler for å utlede informasjon om lekkasjestørrelse fra amplituden av det trykktransiente signalet.

Eventuelt er rørledningen av det første, andre, tredje eller fjerde aspektet ved oppfinnelsen en del av en installasjon som anvendes i produksjonen av hydrokarboner. Rørledningen kan være en offshore-rørledning. Rørledningen kan være en trangboret rørledning så som en umbilical.

Det vil nå bli beskrevet, kun ved hjelp av eksempel, utførelsesformer av oppfinnelsen med henvisning til de følgende tegningene, hvor

10 Figur 1A er en snittbetragtning av en rørledning som inneholder en lekkasje og et innløp for et forseglende element i samsvar med en utførelsesform av oppfinnelsen;

 Figur 1B er en snittbetragtning av en rørledning som har en forseglet lekkasje i samsvar med utførelsesformen i figur 1A;

15 Figur 1C er en graf av en stasjonærtilstandstrykkrespons med tid, i samsvar med utførelsesformen av figur 1A.

 Figur 2A er en snittbetragtning av en rørledning som har en forseglet lekkasje og resulterende trykktransienter, i samsvar med en utførelsesform av oppfinnelsen;

20 Figur 2B er en graf av trykkresponser med tid som detaljerer ut trykktransientankomster, i samsvar med utførelsesformen av figur 2A;

 Figur 3 er en graf av trykkresponser som kombinerer trykktransienter og stasjonærtilstandsendringer, i samsvar med en utførelsesform av oppfinnelsen;

25 Figur 4A er en snittbetragtning av en rørledning med trykktransienter på grunn av en lekkasje, i samsvar med en utførelsesform av oppfinnelsen;

 Figur 4B er en graf av trykkresponsen med tid, som detaljerer ut trykktransientankomster i samsvar med utførelsesformen av figur 4A;

 Figur 5A er en skjematisk representasjon av liten skala testtrigg i samsvar med den foreliggende oppfinnelsen;

30 Figur 5B er en skjematisk representasjon av en storskala testtrigg i samsvar med den foreliggende oppfinnelsen;

Figur 6 er en graf av trykktransientresponser i samsvar med den foreliggende utførelsesformen av figur 5A;

Figur 7A er en graf av trykkresponser i samsvar med utførelsesformen av oppfinnelsen beskrevet i figur 5B;

5 Figur 7B er en graf av prosesserte trykktransientresponser i samsvar med utførelsesformen av figur 5B;

Figur 8A er en skjematisk representasjon av rørledning som genererer reflekterte trykktransienter i samsvar med en utførelsesform av oppfinnelsen;

10 Figur 8B er en graf av trykkresponser som inkluderer reflekterte trykktransiente responser i samsvar med utførelsesformen av figur 8A.

Figur 9 er en graf av trykkresponser i samsvar med en utførelsesform av oppfinnelsen;

Figur 10 er en grafisk representasjon av trykktransientresponser i samsvar med en utførelsesform av oppfinnelsen;

15 Figur 11 er en graf som relaterer transient størrelse for lekkasjeområdet i samsvar med utførelsesformer av den foreliggende oppfinnelsen;

Figur 12 er en skjematisk representasjon av et praktisk oppsett for lokasjon for rørledningslekkasjer i samsvar med en utførelsesform av oppfinnelsen.

20 Først med henvisning til figurene 1A, 1B og 1C er det skjematisk vist en første utførelsesform av den foreliggende oppfinnelsen, hvor den tidsbestemte frigivelsen av forseglende elementer og forsegling av en lekkasje anvendes for å bestemme lokasjonen av en lekkasje i en rørledning. Med spesifikk henvisning til figur 1A er det generelt billedgjort ved 300 en rørledning 303 med en lekkasje 309 og forseglende elementinnløp 301. Innløpet 301 til rørledningen 303 som bærer fluid

25 305 tilveiebringes for å forsegle elementet 307 å bil introdusert inn i og suspendert i strømmingen av fluid 305 gjennom rørledningen 303. Rørledningen 303 inneholder en lekkasje 309, som eksponerer fluidet 305 som strømmer gjennom rørledningen 303 til omgivelsestrykket 311 utenfor rørledningen 303. Generelt er omgivelsestrykket 311 og fluidtrykket i rørledningen forskjellige, som gir opphav til

30 en trykkgradient i rørledningsfluidet 305, som øker mot lekkasjens lokasjon. De forseglende elementene fraktes nedstrøm med strømmen langs trykkgradienten til lekkasjens lokasjon. Lekkasjen 309 lokaliseres ved en tilfeldig avstand 311 fra

innløpet for det forseglende elementet 301. Trykket for rørledningsfluidet 305 måles ved anvendelse av trykktransdusere 315 montert på rørledningen 303.

Figur 1B viser rørledningen 303 etter at de forseglende elementene 307 har reist med strømmingen nedstrøms og en trykkresistent forsegling 317 dannes ved lokasjonen for lekkasjen 309 av figur 1A. Ved dette trinnet føres de forseglende elementene 307 som ikke brukes til forsegling av lekkasjen nedstrøms gjennom røret 303.

I denne utførelsesformen av oppfinnelsen blir tiden t_0 , ved hvilken de forseglende elementene 307 frigjøres inn til rørledningen, registrert mens trykket overvåkes ved transdusere 315. Figur 1C er et strekdiagram som billedgjør trykket som målt ved én av transduserene 315 ved forskjellig trinn i den forseglende prosessen som beskrevet i utførelsesformen av figurer 1A og 1B. Grafen 320 har abscisseaksen 321 som tid og ordinataksen 323 som trykk. Sporet 325 representerer trykkvariasjonen med tid, fra den tiden som de forseglende elementene 307 tilføres til fluidet 305 til etter at lekkasjen 309 har blitt forseglet ved 317. Ved forsegling reagerer nedstrømsutstyr på den økede strømmingen ved en øking av tilbaketrykk, og denne trykkendringen reflekteres gjennom hele rørledningen. Den tiden som trykkøkningen 327 skjer ved tilsvarende den tiden som de forseglende elementene 307 forsegler lekkasjen 309 med og benevnes t_1 . Tiden som brukes for de forseglende elementene å gå fra innløpet 301 til lekkasjelokasjonen, ved hvilket den forsegles er $t_1 - t_0$, og kan relateres til dimensjonen 329.

For å kalkulere avstanden til lekkasjen 309 fra innløpet 301, er det påkrevd med kunnskap om strømningshastigheten i rørledningen 3 for å estimere transienttiden for de forseglende elementene. Den gjennomsnittlige strømningshastigheten tilveiebringer en tilnærming for hastigheten til de forseglende elementene 307 som reiser med strømmingen fra innløpet 301 til lekkasjen 309. Et estimat av den gjennomsnittlige strømningshastigheten (v) kan avledes fra strømningshastigheten (Q) og rørledningsdiameteren (D) ved anvendelse av den følgende ligningen:

$$Q = v \times \pi D^2 / 4$$

Tiden 329, hvor trykket øker ved i grafen 320 ved 327, tas for å tilsvare den tiden som brukes for de forseglende elementene 307 å gå fra innløpet 301 til lekkasjen 309. Et estimat av avstanden 313 til lekkasjen oppnås ved å multiplisere den

gjennomsnittlige strømningshastigheten med tiden $t_1 - t_0$ 329 påkrevd for de forseglende elementene 307 for å ankomme lekkasjens lokasjon. Under visse omstendigheter kan et mer raffinert estimat av avstanden 313 oppnås ved å introdusere en faktor for å ta hensyn til enhver forskjell mellom den
5 gjennomsnittlige strømningshastigheten og hastigheten for de forseglende elementene. I denne utførelsesformen estimeres strømningshastigheten fra de historiske dataene eller driftsparameterne for rørledningen, eller eksisterende on-line målsystemer. Imidlertid, i et alternativt arrangement, kan systemet tilveiebringes med en måleanordning for strømningshastighet lokalisert innenfor
10 rørledningen.

I praktiske tester ved anvendelse av ovenforstående fremgangsmåte, gjentatte målinger foreslår at bestemmelse av lekkasjeposisjonen er mulig ved anvendelse av en transduser 315, innenfor 10 % av den virkelige avstanden 313 mellom innløpet 301 og lekkasjen 309. Anvendelse av et antall transdusere 315 for å registrere
15 trykkendringer kan hjelpe til å redusere statistisk uvisshet knyttet til målingene, for eksempel ved å anvende teknikker som gir gjennomsnittsverdier over en rekke transdusere.

Den ovenfor beskrevne utførelsesformen detaljerer ut bestemmelse av posisjonen for en lekkasje fra forsegling av lekkasjen ved anvendelse av forseglende elementer
20 som passivt anbringes ved lekkasjen av fluidstrømningen i rørledningen. Denne fremgangsmåten krever kun én trykktransduser lokalisert langs rørledningen for å måle trykk, tidsmålende apparatur, og en kunnskap om en rørledningsstrømningshastighet. Utstyrets enkelhet og oppsett påkrevd for å bestemme lekkasjelokasjonen gjør dette til en svært kostnadseffektiv
25 fremgangsmåte.

Figur 2 A billedgjør skjematisk en andre utførelsesform av den foreliggende oppfinnelsen, implementert i rørledningen av utførelsesformen av figurene 1A til 1C. Figur 2B er en graf av den tilsvarende trykkresponsen ved 340. I figur 2A er rørledningen 303 vist etter introduksjon av de forseglende elementene 307 og etter
30 at en forsegling 317 av lekkasjen 309 har skjedd, som i utførelsesformen av figur 1B. I dette tilfellet produserer imidlertid den forseglende hendelsen transiente trykkbølger 331, som registreres som trykkvariasjoner på transduserene 315.

Størrelsen på transienten (Δp) er gitt ved:

$$\Delta p = -\rho \Delta V c$$

hvor

ρ er densiteten for fluidet

5 ΔV er trinnendringen i hastigheten i rørledningen på grunn av forsegling av lekkasjen

c er lydhastigheten i fluidet

Fortrinnsvis, for at en transient skal genereres, vil et enkelt forseglingselement tilveiebringe en nesten øyeblikkelig forsegling av lekkasjen. For lineære eller større
10 lekkasjer (for eksempel sprekker eller sveisefeil) kan flere forseglende elementer virke sammen for å forsegle lekkasjen. I dette tilfellet, for at en enkel transient skal genereres, må den kombinerte forseglende virkningen finne sted innenfor et tidsintervall ΔT , slik at ΔT er mindre enn $2L/c$, hvor L er linjelengden og c er lydhastigheten i fluidet.

15 Grafen 340 av figur 2B billedgjør denne trykktransiente variasjonen. Sporet 341 indikerer trykkvariasjonen med tid og ved tiden 349 etter introduksjon av de forseglende elementene 307 observeres trykktransienten 331 som en distinkt trykkpuls 347.

Kalkulasjonen av lekkasjelokasjonen utføres på en tilsvarende måte i ovenstående
20 utførelsesform av figurene 1A til 1C. Imidlertid, i dette tilfellet anvendes tiden for den transiente trykkendringen 347, observert i trykkmålingene 341, som tiden for ankomst ved lekkasjen til de forseglende elementene. Denne fremgangsmåten er fordelaktig i situasjoner hvor stasjonærtilstandsendringen i trykk, som beskrevet i ovenstående utførelsesform, er vanskelig å detektere.

25 Det bør forstås at en trykkendring på grunn av økning i stasjonærtilstandsending i trykk og trykktransienter oppstår i rørledningsfluidet på grunn av en enkelt forseglende hendelse. Figur 3 er en graf av trykkresponsen målt ved én av transduserene 315 av ovenstående utførelsesformer, hvor sporet 381 indikerer effekten av både stasjonærtilstandsøkning i trykk og trykktransienter på grunn av
30 forseglingen av lekkasjen. Den kombinerte trykkehendelsen 387 skjer ved tiden 389 etter introduksjon av de forseglende elementene 307. Lekkasjelokasjon kalkuleres

som ovenfor, ved anvendelse av tiden 389 for å representere tiden for de forseglende elementene 307 for å gå fra innløpspunktet 301 til lekkasjen 309.

Ved anvendelse av det kombinerte trykksignalet tilgjengelig fra trykktransientene og stasjonært tilstandstrykkendringen tilveiebringes en klarere indikasjon av tiden for forseglingen, og derfor kan lekkasjelokasjonen estimeres med større nøyaktighet. Videre, de kombinerte effektene kan hjelpe til i å diagnostisere en forseglende hendelse, spesielt i rørledninger med signifikant omgivelsesstøy.

Figurer 4A og 4B viser skjematisk en ytterligere utførelsesform av den foreliggende oppfinnelsen, hvor trykktransienter anvendes for å bestemme en lekkasjelokasjon i forhold til målepunktene. Denne fremgangsmåten av å bestemme krever ikke bestemmelse av eller estimering av hastigheten av eller avstanden tilbakelagt av de forseglende elementene som strømmer til lekkasjen.

Med henvisning til figur 4A, er en seksjon av rørledning 359 med fluid 354 som strømmer gjennom den generelt billedgjort ved 350. Rørledningen 350 vises etter dannelse av en forsegling 358 av en lekkasje som har introdusert det forseglende elementet 356 til fluidstrømningen, på en måte som tilsvarer de ovenforbeskrevne utførelsesformene. En trykktransient bølge 352 genereres som respons på forsegling av lekkasjen i rørledningen 359 og fraktes vekk oppstrøms og nedstrøms fra lekkasjelokasjonen. Langs rørledningen 358 er det montert en oppstrømstransduser 355, lokalisert oppstrøms for lekkasjelokasjonen og en nedstrømstransduser 357 lokalisert nedstrøms for lekkasjelokasjonen for overvåking av fluidtrykk i rørledningen. I dette tilfellet er transduserene 355 og 357 konfigurert for å ha en oppløsning som er passende for å detektere de trykktransiente variasjonene 352 med tid. Avstanden 353 fra oppstrømstransduseren 355 til lekkasjen og avstanden 351 fra nedstrømstransduseren 357 til lekkasjen er indikativ for lekkasjelokasjon, ettersom posisjonene for transduserene langs rørledningen er kjente.

I figur 4 B er en graf av trykkvariasjonen med tid målt ved transduserene generelt billedgjort ved 360. Trykkvariasjon med tid målt ved oppstrømstransduseren 355 er representert ved sporet 365 og trykkvariasjon ved tiden målt ved nedstrømstransduseren 357 er representert ved sporet 367 til grafen 360. Ankomst av trykktransienten 352 ved oppstrømstransduseren 355 er indikert ved avviket

371 til trykksporet 367. En tidsdifferanse Δt , 373, bestemmes fra ankomsttidene, t_1 og t_2 , til transienten ved oppstrøms- og nedstrømstransduserene.

I denne utførelsesformen krever kalkulasjon av lekkasjelokasjon ved avendelse av informasjon om ankomsttid bestemmelse av hastigheten som transientene propagerer gjennom fluidet med i rørledningen. Teoretisk går trykktransientene 5 352 på grunn av den forseglende hendelsen fra lekkasjelokasjonen til transduseren ved en karakteristisk hastighet for trykkbølgene av røret og fluidsyste- Den karakteristiske hastigheten for trykkbølger av røret og fluidsyste- bestemmes ved å tilveiebringe et trykksignal til fluidet, for eksempel ved å lukke og åpne en 10 ventil i strømmen, og måle tiden som signalet bruker til å gå en viss avstand, for eksempel mellom to trykktransdusere. Den karakteristiske hastigheten tillater at avstander kalkuleres fra tidsforskjeller.

Tidsforskjellen 373 mellom ankomsttid, t_1 og t_2 , ved oppstrøms- og nedstrømstransdusere 355 og 357, dividert med den karakteristiske hastigheten, 15 tilsvarer forskjellen mellom avstandene til de to transduserene fra lekkasjen. For eksempel, skulle lekkasjen være lokalisert ved nøyaktig halvveis mellom de to transduserene, skulle transientene ankomme ved hver transduser, samtidig, og avstandsforskjellen er 0. Avstanden 353 benevnt A, er gitt ved formelen:

$$A = \frac{1}{2} \times [(A+B) - (v_{ch} \times \Delta t)],$$

20 hvor den karakteristiske hastigheten er v_{ch} , Δt er tidsdifferansen mellom ankomsttiden for transientene ved nedstrøms og oppstrømstransdusere, B er avstanden fra lekkasjen til nedstrømstransduseren og $(A + B)$ er avstanden mellom oppstrøms- og nedstrømstransduseren. Avstanden 353, eller A, bestemmer posisjonen for lekkasjen i forhold til posisjonen for oppstrømstransduseren 355.

25 Påliteligheten ved praktisering av denne fremgangsmåten ble undersøkt ved å utføre tester ved anvendelse av litenskala - og storskala - laboratoriefasiliteter, vist skjematisk i henholdsvis figurer 5A og 5B.

Litenskala testrigg 1 omfatter en rørledning, gjennom hvilken vann tilføres ved én ende av testrørledningen 19 og dreneres ut ved en andre fjerne ende av 30 rørledningen 3. Vanntilførselen 19, ledes gjennom rørledningen fra den første nære enden til den andre fjerne enden ved et trykk, som genereres ved å lokalisere vanntilførselen 15 meter over hovedseksjonen av rørledningen 3. I hovedseksjonen

4 av rørledningen er det tilveiebrakt en testseksjon 7 av rør inneholdende et hull med liten diameter for en simulering av lekkasjen av et trykksatt fluid i rørledningen til atmosfæren. Testseksjonen 7 er byttbar med de forskjellige seksjonene som har forskjellig størrelse på lekkasjene.

5 Ved hver ende av testseksjonen 7 måles trykket av fluidet innenfor rørledningen ved en oppstrøms trykktransduser 5 og en nedstrøms trykktransduser 9. En elevert endeseksjon nær utløpet 21 tilveiebringer et potensial, mot hvilket trykk kan genereres i rør 3.

10 Storskala testtrigg 31 omfatter en oppstrømslinjedel 36 spolet opp på en trommel 39, en testseksjon 33 som har et hull for å etterligne en lekkasje og en nedstrømsledningsdel 38 spolet på en trommel 40. Seksjonen 33 er lokalisert og koplet mellom oppstrøms- og nedstrømslinjene 36 og 38, og er vekselvis festet som i litenskala oppsett 1 av figur 5A, og tillater testing for forskjellige lekkasjestørrelser å bli utført. I storskalsystemet 31 anvendes en pumpe 41 for å pumpe fluid
15 gjennom linjen ved høyt trykk. Rørledningsfluid genereres mot et tilbaketrykk knyttet til linjene spolet på tromlene 39 og 40. Trykk overvåkes av tre trykktransduser, en oppstrømstransduser 35, en nedstrømstrykktransduser 37 og i tillegg en transduser ved lekkasjelokasjonen i testseksjonen 33.

20 Under tester blir trykk kontinuerlig overvåket ved trykktransduserene oppstrøms og nedstrøms for testseksjonen, og dessuten ved testlokasjonen for tilfelle av storskالاتester. Hullene i testseksjonene forsegles og trykkvariasjoner observeres og registreres. Registrering av trykket i rørledningen utføres ved å kople trykktransduseren til en datalogger, som igjen mater inn i en datamaskin som tillater analyse av multikanalstrykkdata. Prøvetakingshyppigheten for dataloggeren
25 og transduserene 7 er høy, for eksempel 1 til 5 kHz, for å oppnå god oppløsning. Ettersom lekkasjene i testseksjonen forsegles, registreres resulterende trykkendringer ved transduserene tilsvarende.

I testene utført ved anvendelse av systemene 5A og 5B registreres trykksignaler som en funksjon av tid ved rørledningens trykktransduser.

30 I figur 6 er en graf av trykkspor, generelt billedgjort ved 51, som oppstår fra tester utført ved anvendelse av litenskalatestrigg av figur 5A. Grafen 51 omfatter en ordinatakse 55 tilsvarende trykk, og en absisiseakse 53 tilsvarende tid. Et første

trykkspor 57 beskriver trykkvariasjonen ved tiden, målt ved en trykktransduser 40 fot oppstrøms for en lekkasje i testseksjonen 7 i figur 5A. Ett andre trykkspor 59 beskriver trykkvariasjonen med tiden, målt ved en trykktransduser plassert 1 fot nedstrøms for lekkasjen av testseksjonen 7 av figur 5A.

5 Trykksporene 57 og 59 viser både skarpe trykkøkninger 61 og 63, oppstrøms og nedstrøms for lekkasjen. Disse to hendelsene målt ved transduserene, tilsvarer ankomst av trykktransienter ved oppstrøms- og nedstrømstransduserene 5 og 9 som genereres på grunn av lekkasjelukking ved forseglingsøyeblikket. Den skarpe trykkøkningen 61 ved transduseren 9 nedstrøms for lekkasjen ved et tidligere
10 tidspunkt enn den tilsvarende trykkøkningen 63 ved transduseren 5 oppstrøms for lekkasjen, indikerer at trykktransienten først ankom ved nedstrømstransduseren. En tidsforskjell 65 på omtrent 10 millisekunder er opplagt mellom ankomsten av transienten for oppstrøms- og nedstrømstransduserne 5 og 9, og tillater en utledning av lekkasjelokasjonen. Tilsvarende tester ble utført på storskalasystemet, som
15 beskrevet i figur 5B. Resultatet fra testene utført med systemet konfigurert med oppstrømstrykktransduseren plassert 100 fot (omtrent 30 meter) oppstrøms for lekkasjen og nedstrømstransduseren plassert 900 fot (omtrent 274 meter) nedstrøms for lekkasjen er billedgjort i figurene 7A, 7B og 7C.

Figur 7A billedgjør generelt ved 71 en graf av trykkresponser oppstrøms, nedstrøms
20 og ved lekkasjelokasjonen for storskalariggforsegling på et hull på 1 mm i en rustfri stålørledning på 3/8 tomme (omtrent 19 mm). Grafens ordinatakse 75 er trykk og abscisseaksen er tid. I grafen 71 representerer trykksporet 77 trykkvariasjonen med tid målt ved transduseren lokalisert 100 fot oppstrøms for lekkasjen, sporet 79 representerer trykkvariasjonen med tid målt ved trykktransduseren 900 fot
25 nedstrøms for lekkasjen og sporet 81 representerer trykkvariasjonen med tid målt ved en trykktransduser plassert ved lekkasjelokasjonen.

Hvert av sporene har tre karakteristiske seksjoner. For det første er en tidlig del 85 karakterisert ved et gjentakende pulstog av konsistent størrelse på grunn av virkningen fra en stempelpumpe. En andre hendelsesdel 87 av sporene er
30 karakterisert ved økende amplituder i forhold til den økende tidligdelen 85, og for det tredje en sen seksjon 83 av grafen 71 er karakterisert ved et varierende pulstog som oscillerer omkring en jevnt økende trykkgradient. Hendelsesdelen 87 oppstår

fra trykktransientankomstene ved transduserene 37 som respons på lekkasjeforseglingshendelsen.

Den samlede oscillatoriske oppførselen ved trykkvariasjonen med tid detektert på alle spor, er et resultat av pumpetyperen 41 som anvendes for å trykksette fluidet gjennom testtriggen 31. Den forutsigbare beskaffenheten av denne oscillasjonen gjør det mulig for den å bli filtrert ut ved anvendelse av dataprosesseringsteknikker, og hjelper til i å isolere endringene i trykkrespons tilsvarende trykktransienthendelsen alene.

I figur 7B er datasettet av figur 7A vist etter å ha blitt utsatt for dataprosesseringstrinn. Etter prosessering blir transienttrykkvariasjonene på grunn av lekkasjeforseglingen som ble målt ved transduserene oppstrøms 99 for lekkasjen, ved lekkasjelokasjonen 97 og nedstrøms 101 for lekkasjen, godt definert sammenlignet med hendelsesdelen 87 av figur 7A som viser rådataene. Sporene tillater eksakte tidspunkter for ankomst av transienten ved transduserene som da lett kan bestemmes.

Fremgangsmåten av storskalasystemtester ble gjentatt for forseglingen av en 0,3 mm lekkasje. Kalkulasjon av lekkasjens lokasjon ble utført på identisk måte. I dette tilfellet kunne lekkasjen lokaliseres til mellom 107 (omtrent 32 meter) og 137 fot (omtrent 42 meter). Forbedringen i nøyaktigheten er et resultat av å være i stand til å opprettholde et høyere trykk før forsegling av lekkasjen og derfor var det mulig å oppnå mindre avvik i verdiene for den karakteristiske hastigheten for trykktransienten i røret før og etter forsegling.

Praktiske tester indikerer at lekkasjelokasjon ved anvendelse av denne fremgangsmåten av trykktransienter kan være nøyaktig innenfor en satt avstand bestemt av prøvetakingshyppigheten for transduserene. Et eksempel på dette ville være en prøvetakingshyppighet på 1 kHz anvendt for å lokalisere en lekkasje til innenfor en avstand på 5,6 meter, uavhengig av rørledningens lengde. Denne fremgangsmåten kan derfor tilveiebringe en mer nøyaktig indikasjon av lekkasjelokasjonen langs rørledningen, sammenlignet med den enkle tidtakingen av forseglingselementene til lekkasjen i utførelsesformene beskrevet ovenfor.

Figur 8A og 8B viser skjematisk en ytterligere utførelsesform av oppfinnelsen, hvor lekkasjeposisjonen detekteres ved anvendelse av trykktransiente responser målt

ved en enkelt transduser plassert langs en rørledning. I figur 8A, har en rørledning 403 en lekkasjeforsegling 417 dannet ved forseglende elementer 415 tilført fluid 401 i rørledningen. I respons på forseglingen genereres primære trykktransiente bølger 407, som propagerer gjennom fluidet oppstrøms og nedstrøms ved en karakteristisk hastighet. Ved nedstrømsenden av rørledningen 403 er det en fast grense 411. Denne grensen har den virkningen av å reflektere de primære trykktransientene 407 som kommer frem til grensen 411 tilbake oppstrøms som reflekterte trykktransienter 409. Slike variasjoner av de primære og reflekterte trykktransientene 407 og 409 måles ved en trykktransduser 405 montert på rørledningen oppstrøms for lekkasjelokasjonen. Registrert informasjon ved trykktransduseren 405 anvendes for å bestemme lokasjonen for lekkasjen i forhold til transduseren ved å kalkulere avstanden 413.

Figur 8B er en graf 420 av trykkvariasjon med tid, som målt ved transduseren 405. Et spor 421 indikerer ankomsttiden for den primære trykktransienten ved avviket 427 og den reflekterte trykktransienten ved avviket 429 til sporet 421. Tidsdifferansen 431 mellom ankomstene er diagnostiske for avstanden tilbakelagt, og fra dette bestemmes lekkasjelokasjonen.

I denne utførelsesformen utføres bestemmelsen av avstanden 413 og lekkasjelokasjonen, som i ovenstående utførelsesform av figur 4A og 4B, ved anvendelse av tidsforskjellen i ankomst mellom den primære og reflekterte trykktransienten. I dette tilfellet er posisjonen for transduseren 405 kjent, sammen med avstanden fra transduseren til den reflekterende grensen 411. Avstanden 413 fra transduseren 405 til lekkasjelokasjonen, benevnt A, er gitt ved formelen:

$$A = \frac{1}{2} \times [2 \times (A+B) - (v_{ch} \times \Delta t)],$$

hvor den karakteristiske hastigheten er v_{ch} , Δt er tidsforskjellen mellom ankomsttidspunktet for primære og reflekterte transiente oppstrømstransduser, B er avstanden fra lekkasjen til den reflekterende grensen og $2 \times (A + B)$ er avstanden fra oppstrømstransduseren til den reflekterende grensen og tilbake til oppstrømstransduseren.

I figur 9 er en graf av trykkvariasjon med tid målt ved en nedstrømstransduser, en oppstrømstransduser og en transduser plassert ved lekkasjen. Oppstrøms for lekkasjen er en andre transienthendelse 201 opplagt, som er et resultat av den

reflekterte transienten. Dette demonstrerer at informasjon vedrørende reflekterte transienter kan observeres i registreringer om trykkvariasjon, og kan på en nyttig måte tolkes og prosesseres fra støyen.

5 Fremgangsmåten ved denne utførelsesformen gjør det mulig å bestemme lokasjonen av en lekkasje ved kun å anvende én trykktransduser. Dette tillater at lekkasjelokasjon utføres ved anvendelse av enkelt utstyr.

10 I en forlengelse av trykktransiente fremgangsmåter i utførelsesformene av figurer 4A og 4B, og av figurer 8A og 8B, utføres transient analyse for å bestemme størrelsen på lekkasjene i rørledningene. Med henvisning til figur 10 er det generelt billedgjort ved 450 en skjematisk graf av trykkresponser. Grafen 450 omfatter abscissen 451 som tid og ordinataksen 453 som trykk. Trykkvariasjon med tid indikeres med sporene 455 og 457, som begge indikerer trykktransiente hendelser 459 og 461. Sporene kan oppstå fra forskjellige lekkasjeforseglende hendelser. I denne utførelsesformen måles amplitudene 463 og 465 for trykktransientavvikene 15 459 og 461 som en del av analyseprosessen.

Amplitudene 463 og 465 er knyttet til lekkasjestørrelse gjennom empiriske relasjoner. Generelt påvirkes størrelsene av transientene ved trykkkontrasten mellom lekkasjen og det omgivende miljø ved lekkasjelokasjonen. Store trykkgradienter gir en større transientrespons ved forsegling. Fluidstrømning 20 gjennom rørledningen som har lekkasje med mindre størrelse kan ha slike gradienter. Større lekkasjer hindrer at høyt trykk opprettholdes i rørledningen.

Resultater fra praktiske tester har hjulpet til i å etablere empiriske relasjoner mellom lekkasjestørrelse og transient størrelse.

25 Generelt billedgjort i grafen ved 261 i figur 11, er transiente størrelser korrelerte med lekkasjeområdet. Punkter 243 for litenskala-testdata er merket som diamanter, hvormed punkter 245 for storskala-testdata er merket som trekanter. Det er en eksponensialtilpasning 267 og 269 for storskala- og litenskalatestene. Likheten mellom tilpasningene viser at det er en predikerbar relasjon mellom transiente størrelse og lekkasjeområdet for forskjellige skalerte systemer. Således kan 30 lekkasjestørrelse bestemmes fra transient størrelse. I dette tilfellet skaleres lekkasjeområdet med rørledningsområdet for å tillate sammenligning av data mellom lekkasjer av forskjellig størrelse på umbilical.

Analyse av størrelsen på trykktransienter, i tillegg til å måle ankomsttidspunktene og trykkvariasjonene av transientene, tilveiebringer ytterligere informasjon som vedrører størrelsene på lekkasjene på rørledningen. Ved ganske enkelt å fjerntilføre forseglende elementer, forsegle lekkasjen, måle trykktransienten på grunn av

5 lekkasjen, og analysere størrelsen og ankomsttidene ved forskjellige transdusere, tillater fremgangsmåten å bestemme posisjonen for lekkasjen i rørledningen sammen med et estimat av lekkasjestørrelsen. Dette tilveiebringer klare kostnadsfordeler ettersom flere informasjonsdeler oppnås fra en enkel praktisk operasjon og oppsett.

10 Under bruk kan fremgangsmåtene ved utførelsesformene av oppfinnelsene anvendes sammen. I figur 12 er det, generelt vist ved 211, et praktisk oppsett ved anvendelse av fremgangsmåten av ovenstående utførelsesformer. I dette tilfellet er det en beholder 219 og en undervannsenhet 221 som hviler på havbunnen 225, koplet til en umbilicalledning 213. Montert på umilicalledningen 213 er

15 trykktransdusere 217 og 215. Fluid pumpes gjennom umbilicalledningen fra beholderen til havbunnsenheten 221 og trykkmålinger gjøres kontinuerlig ved trykktransduserene oppstrøms 217 og nedstrøms for sikting av muligheten for en lekkasje 227. Ved forekomst av en lekkasje i rørledningen et sted mellom transduserene, ved en spesifikt kjent tid, tilføres et antall forseglende elementer inn

20 i rørledningen for å forsegle lekkasjen 227. Ettersom lekkasjen forsegles, observeres trykkendringer ved transduserene 217 og 227. Trykkendringene innenfor umbilicalledningen 213 måles som en økning i stasjonærtilstandstrykk, ettersom trykk bygger opp mot de begrensende materialkarakteristikkene av systemet 211. Alternativt er de målte trykkendringene transiente endringer på grunn av det

25 forseglende elementet i seg selv. Tidspunktet hvor disse endringene skjer tillater bestemmelse av avstanden som de forseglende elementene tilbakelegger fra lekkasjen. Dette tilveiebringer et første estimat av lekkasjelokasjonen.

For det andre kan en trykktransient i rørledningen 213 som går oppstrøms og nedstrøms fra lekkasjelokasjonen, og kan måles ved oppstrøms- og

30 nedstrømstrykktransdusere 217 og 215. Ved anvendelse av forskjellen i ankomsttider for trykktransientene ved oppstrøms- og nedstrømstransduserene 217 og 215, utføres en andre kalkulasjon av lekkasjelokasjonen. Nøyaktighet er

gjenstand for å ha tilgjengelig data når det gjelder lydets karakteristiske hastighet i rørledningfluidsystemet 211.

5 Til slutt kan reflekterte transienter fra forseglingshendelsen overvåkes ved trykktransdusere 217 og 215 og tilveiebringe ytterligere begrensninger på lekkasjelokasjonen. I det tilfellet at én av trykktransduserene slutter å virke, eller av andre driftsgrunner, tilveiebringer systemet 211 for lekkasjedeteksjon ved anvendelse av kun en trykktransduser registrerende data med hensyn til reflekterte og ikke-reflekterte trykktransienter.

10 Nøye etteranalyse av tilegnelsen av de trykktransiente amplitudene utføres. Et referansesett av relasjoner for transient størrelse mot lekkasjestørrelse for systemer med tilsvarende trykk og skalering som system 211 anvendes deretter for å estimere lekkasjestørrelsen, og forstå beskaffenheten og den fysiske størrelsen for lekkasjen. De trykktransiente bølgeene vil svekkes ettersom de går vekk fra lekkasjelokasjonen, og gir en reduksjon i transiente amplituder mot store avstander fra lekkasjen. Denne effekten tas det hensyn til i kalkulasjon av lekkasjestørrelse.

15 Et antall særtrekk kan introduseres til det praktiske oppsettet 211 som bidrar til en forbedret ytelse, og mangesidighet av lekkasjedeteksjonsmetoder. Spesielt kan det monteres to trykktransdusere til rørledningen oppstrøms for lekkasjen, som sammen gjør mulig med deteksjon av propageringsretningen for de trykktransiente bølgeene. Disse dataene kan anvendes for å gjøre rede for interferenseffekter og refleksjon av de transiente signalene.

20 I tillegg, for å nøyaktig kunne bestemme den karakteristiske hastighetene av trykktransienter og hastigheter og hastigheten for fluidstrømning, kan det for eksempel tilveiebringes et system som omfatter pumpe ved toppen av rørledningen for å tilveiebringe et gjentakende trykktransient signal til rørledningen, sammen med en strømningshastighetsmåler og måleinstrumenter så som strømning- og trykktransdusere. Et slikt system kan brukes på en feltplass for testing og bestemme karakteristikkene til systemet for fluid-rørledningen, før og etter forsegling av en lekkasje. Anvendelse av pumpesystemet under lekkasjeforeseglingen og

30 lekkasjelokasjonen tilveiebringer for deteksjonen av en transient etter signalprosessering.

Videre konstrueres måleutstyr for å passe sammen med eksisterende systemer som anvendes i industrien og trykktransienter kan dekodes ved anvendelse av kjente systemer for slam-puls telemetri, eller tilsvarende systemer.

5 En ytterligere forseglende elementinjeksjon og opphentingssystem er også fordelaktig for holde fluidet i rørledningen fritt for kontaminanter og minimere eksponering for forseglende elementer til miljøet rundt rørledningen, så som sjøvannet.

10 Ved å kombinere fremgangsmåte for å lokalisere lekkasjen i rørledningen beskrevet i utførelsesformene ovenfor, kan lokasjon av en lekkasje utføres med en høy nøyaktighetsgrad. Muligheten av en innebygd redundant tilveiebringer et antall fordeler og fremgangsmåter for å bestemme lekkasjeposisjonen med alternative midler, dersom det skulle være nødvendig å gjøre det. Dette er en ønskelig karakteristikk av et system og fremgangsmåte for anvendelse når det arbeides i krevende omgivelser. Videre støtter systemet en fremgangsmåte for

15 fjernreparasjon, lokalisering, og størrelsebestemmelse av en lekkasje i en umbilical-ledning eller rørledning i en enkelprosess, som sparer tid, arbeid og utgifter. Spesielt gir fremgangsmåten signifikante besparinger i driftsnetid.

Et antall forbedringer eller modifikasjoner kan gjøres på utførelsesformene beskrevet her, uten å avvike fra omfanget av de foreliggende kraven.

20

KRAV

1. En fremgangsmåte for bestemmelse av lokasjonen for en fluidlekkasje (309) i en rørledning (303, 359, 403, 213), karakterisert ved at fremgangsmåten omfatter trinnene av å:
 - 5 - introdusere en flerhet av forseglende elementer (307, 356, 415) inn i rørledningen ved en første lokasjon oppstrøms for lekkasjen, minst ett av de forseglende elementene trekkes mot lekkasjen for å forårsake en forseglende hendelse som reduserer fluidlekkasje fra lekkasjen;
 - detektere en trykkendring på grunn av den forseglende hendelsen;
 - 10 - anvende tidsdata (329, 347, 413) knyttet til trykkendringen for å utlede informasjon om lekkasjelokasjon.
2. Fremgangsmåte ifølge krav 1, omfattende det ytterligere trinnet av å måle tiden mellom introduksjonen av de forseglende elementene til rørledningen og trykkendringen.
15
3. Fremgangsmåte ifølge krav 2, omfattende det ytterligere trinnet av å anvende strømningshastighet (Q) for fluid i rørledningen for å beregne en avstand mellom den første lokasjonen og lekkasjelokasjonen.
20
4. Fremgangsmåte ifølge ethvert av de foregående krav, hvori trykkendringen detekteres ved anvendelse av en enkelt trykktransduser (315, 355, 40, 409), lokalisert i rørledningen.
- 25 5. Fremgangsmåte ifølge ethvert av de foregående krav, hvori trykkendringen detekteres ved anvendelse av en flerhet av trykktransdusere lokalisert i rørledningen.
- 30 6. Fremgangsmåte ifølge ethvert av de foregående krav, videre omfattende trinnet av å måle strømningshastighet for fluidet i rørledningen.

7. Fremgangsmåte ifølge ethvert av de foregående krav, videre omfattende trinnet av å kalkulere lekkasjelokasjonen ved anvendelse av introduksjonstiden for de forseglende elementene, tiden for trykkendringen, og strømningshastigheten for fluidet.
- 5
8. Fremgangsmåte ifølge ethvert av de foregående krav, hvori trykkendringen er en endring av stasjonært tilstandstrykk for fluidet i rørledningen.
9. Fremgangsmåte ifølge ethvert av de foregående krav 1 til 7, hvori trykkendringen er en transient trykkendring for fluidet i rørledningen.
- 10
10. Fremgangsmåte ifølge ethvert av kravene 1 til 7, hvori den detekterte trykkendringen er en kombinasjon av en endring i stasjonært tilstandstrykk for fluidet i rørledningen og en transient trykkendring for fluidet i rørledningen.
- 15
11. Fremgangsmåte ifølge krav 9 eller 10, videre omfattende trinnene av å:
- detektere et første signal på grunn av en trykktransient forårsaket av den forseglende hendelsen;
 - detektere et andre signal på grunn av en trykktransient forårsaket av den forseglende hendelsen;
- 20
- utlede informasjon om lekkasjelokasjon ved anvendelse av tidsdata knyttet til de første og andre signalene.
12. Fremgangsmåte ifølge krav 11, hvori det første signalet detekteres med en første trykktransduser ved en lokasjon oppstrøms for lekkasjen, og det andre signalet detekteres av et trykktransduser ved en lokasjon nedstrøms for lekkasjen.
- 25
13. Fremgangsmåte ifølge krav 12, hvori informasjon om lekkasjelokasjon utledes fra en karakteristisk trykktransient hastighet i fluidet, deteksjonstiden for trykktransienter ved den første og andre transduseren, og lokasjonen for den første og andre transduseren.
- 30

14. Fremgangsmåte ifølge krav 11, hvori det første signalet er en primær trykktransient detektert av en trykktransduser, og det andre signalet er en reflektert trykktransient, detektert av trykktransduseren.
- 5 15. Fremgangsmåte ifølge ethvert av de foregående krav omfattende det ytterligere trinnet av å måle en karakteristisk trykktransienthastighet i fluidet ved å generere en trykktransient ved en kjent lokasjon og tid, og detektere et resulterende signal ved en trykktransduser.
- 10 16. Fremgangsmåte ifølge ethvert av de foregående krav, omfattende de ytterligere trinnene av å måle amplituden av en trykktransient forårsaket av den forseglende hendelsen, og utlede informasjon om lekkasjestørrelse fra den målte amplituden.
- 15 17. System for å utlede lokasjonen for en fluidlekkasje i en rørledning, karakterisert ved at systemet omfatter:
- en flerhet av forseglende elementer (307, 356, 415);
 - et innløp (301) for å tillate flerheten av forseglende elementer og bli introdusert til en rørledning ved en første lokasjon oppstrøms for lekkasjen, minst
- 20 noen av de forseglende elementer trekkes mot lekkasjen for å forårsake en forseglende hendelse som reduserer fluidlekkasje fra lekkasjen;
- midler (315, 355, 405, 409, 217, 215) for å detektere en trykkendring på grunn av den forseglende hendelsen;
 - midler for å utlede informasjonen om lekkasjelokasjonen fra tidsdata
- 25 knyttet til trykkendringen.
18. System ifølge krav 17, hvori midlene for detektering av en trykkendring er en enkelt trykktransduser (405) lokalisert av rørledningen.
- 30 19. System ifølge krav 18, hvori den enkelte trykktransduseren er lokalisert oppstrøms for lekkasjen.

20. System ifølge krav 17, hvori midlene for detektering av en trykkendring omfatter en første trykktransduser lokalisert oppstrøms for lekkasjen og en andre trykktransduser lokalisert nedstrøms for lekkasjen.

5 21. System ifølge ethvert av kravene 17 til 20, videre omfattende midler for å måle strømningshastigheten for fluid i rørledningen.

22. System ifølge ethvert av kravene 17 til 21, videre omfattende midler for å generere en trykktransient i rørledningen ved en kjent tid og lokasjon.

10

23. Fremgangsmåte for å bestemme størrelsen på en fluidlekkasje i en rørledning, karakterisert ved at fremgangsmåten omfatter trinnene av å:

15 - introdusere en flerhet av forseglende elementer (307, 356, 415) til rørledningen ved en første lokasjon oppstrøms for lekkasjen, minst noen av de forseglende elementene trekkes mot lekkasjen for å forårsake en forseglende hendelse som reduserer fluidlekkasje fra lekkasjen;

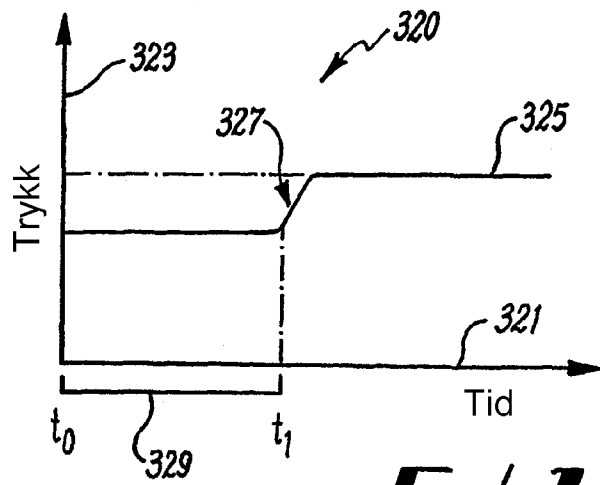
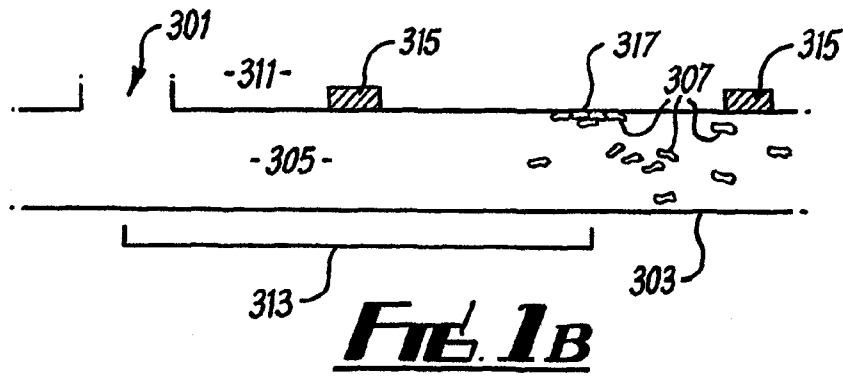
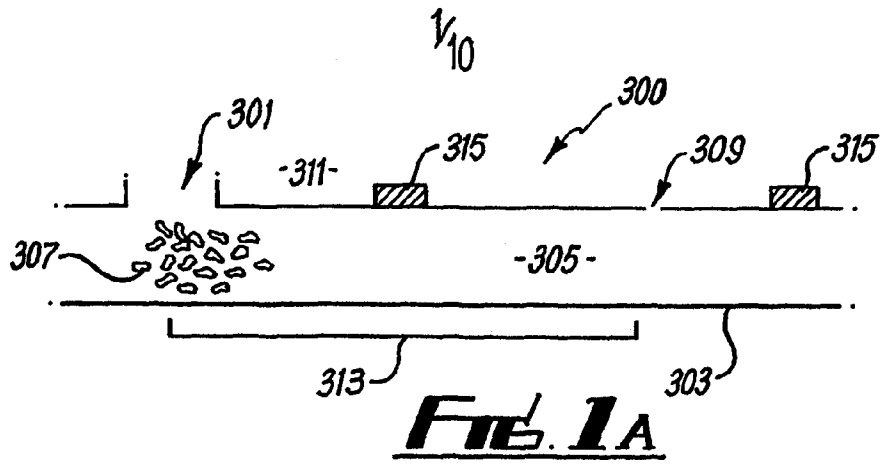
- detektere et trykktransient signal forårsaket av den forseglende hendelsen;

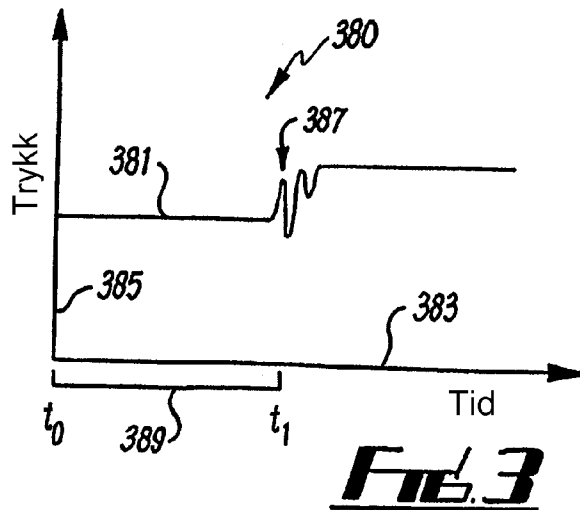
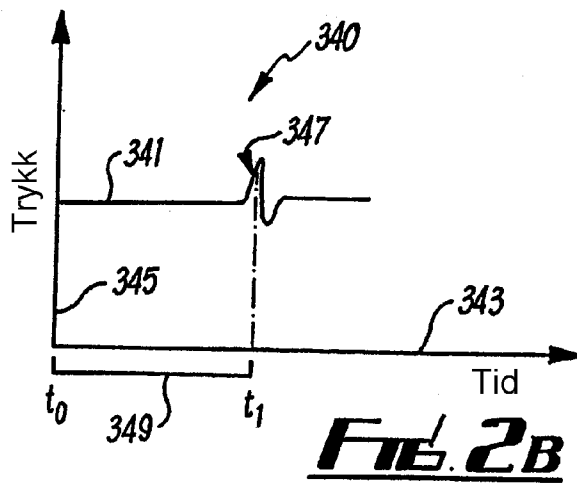
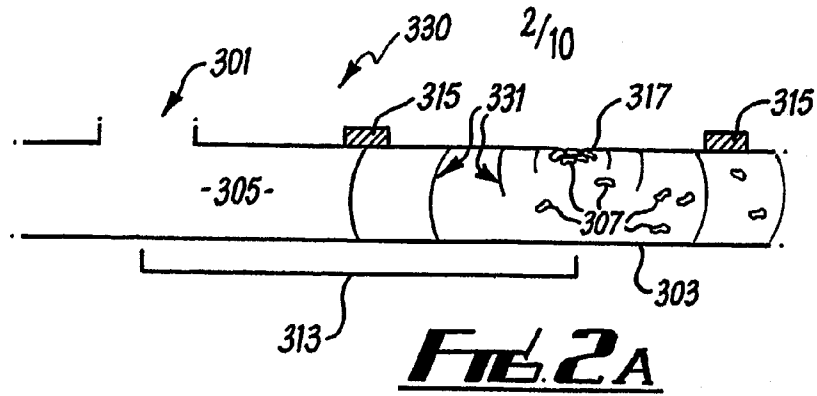
- måle en amplitude av det trykktransiente signalet;

20 - utlede informasjon om lekkasjestørrelse fra amplituden av det trykktransiente signalet.

24. Fremgangsmåte ifølge krav 23, omfattende det ytterligere trinnet av å bestemme lekkasjelokasjon i samsvar med fremgangsmåten av ethvert av kravene 1 til 16.

25





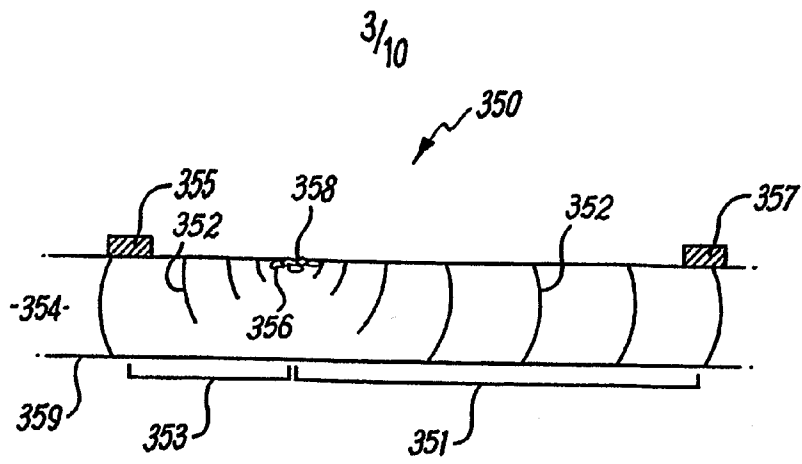


FIG. 4A

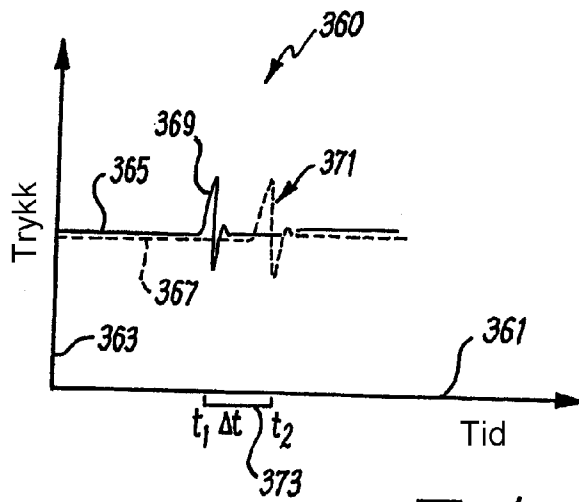
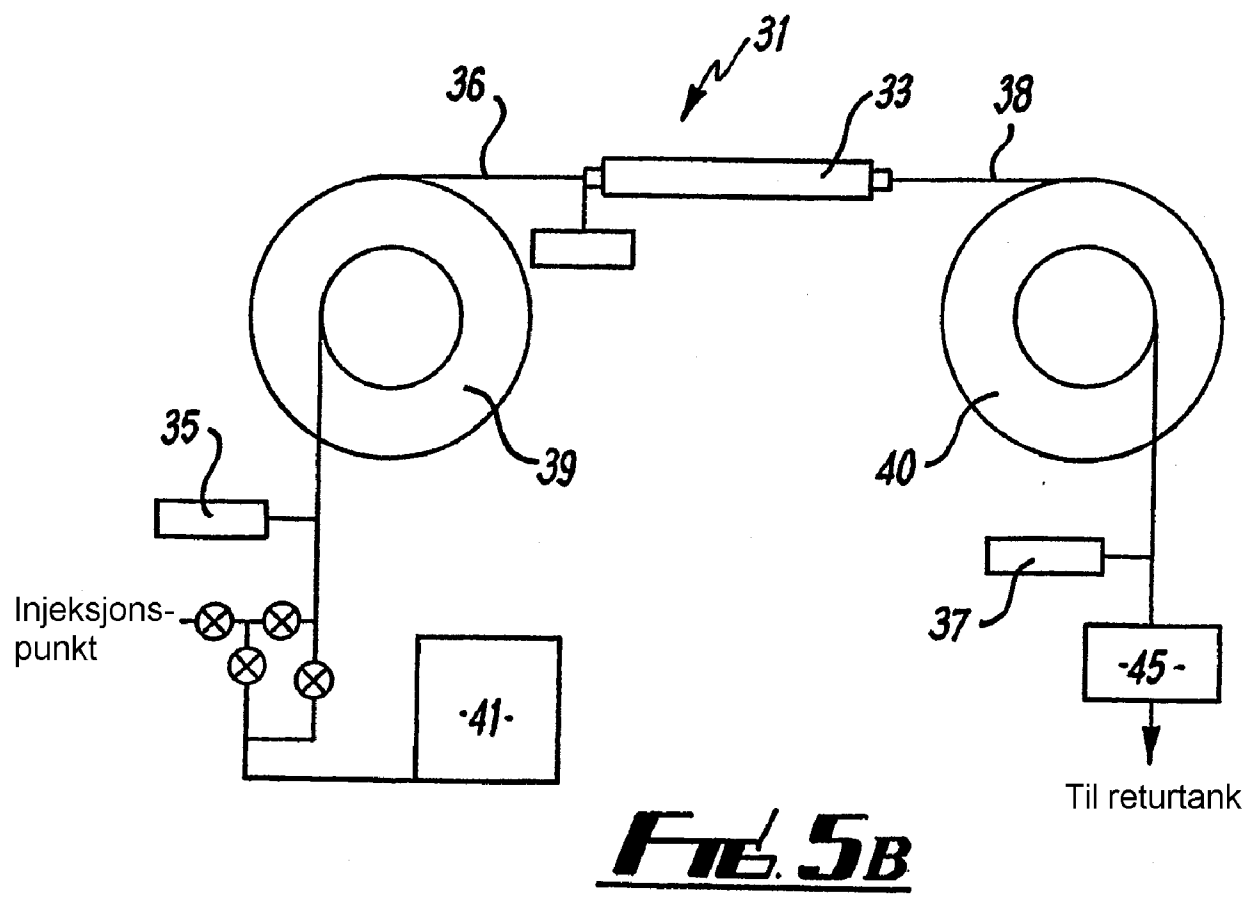
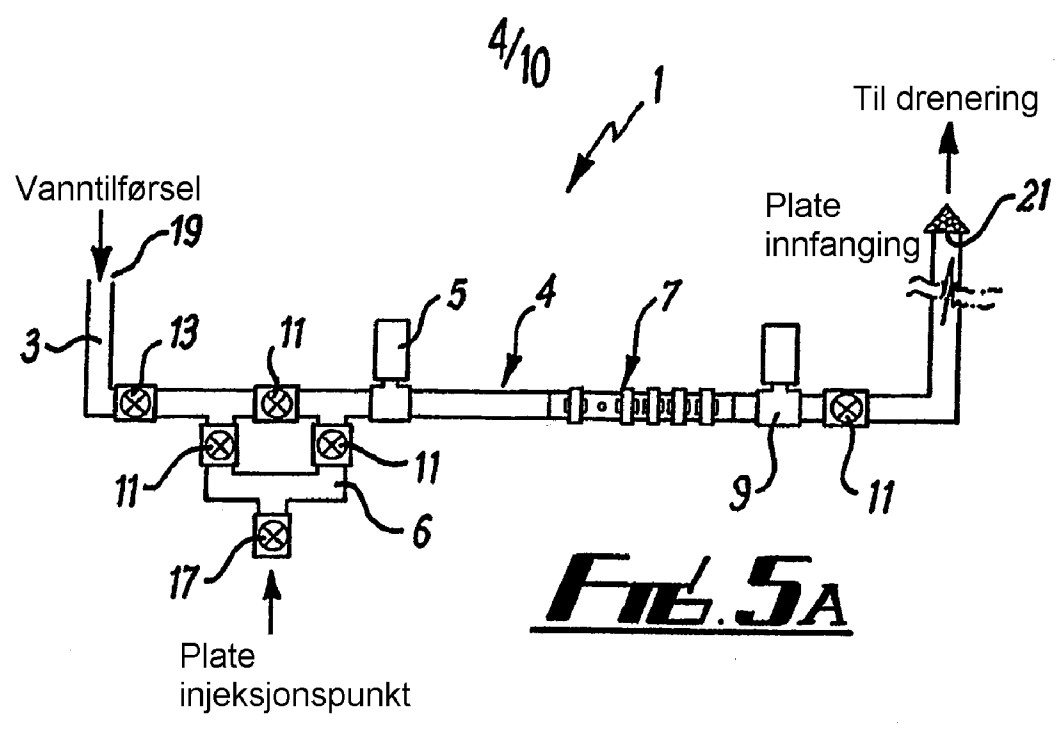


FIG. 4B



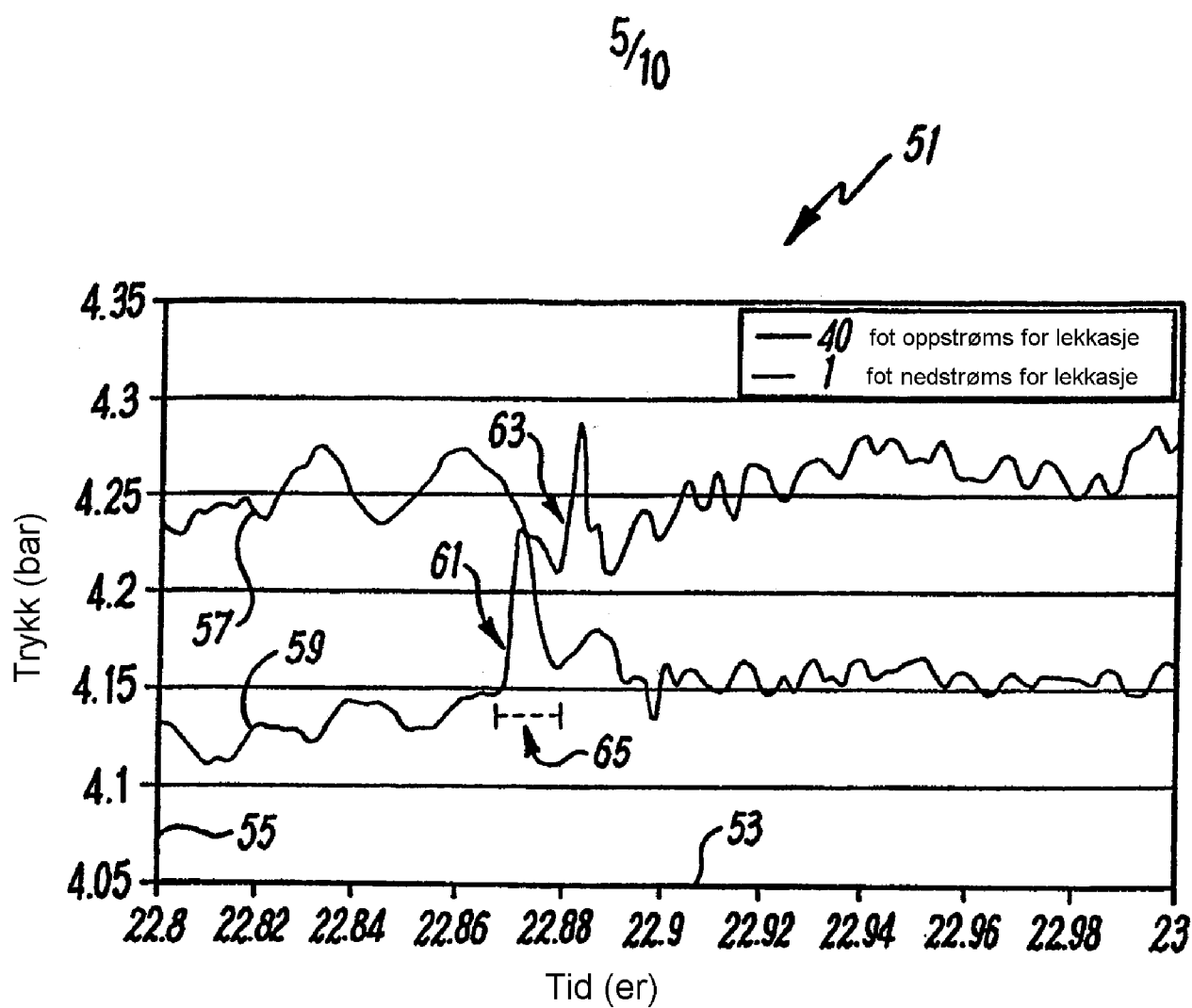
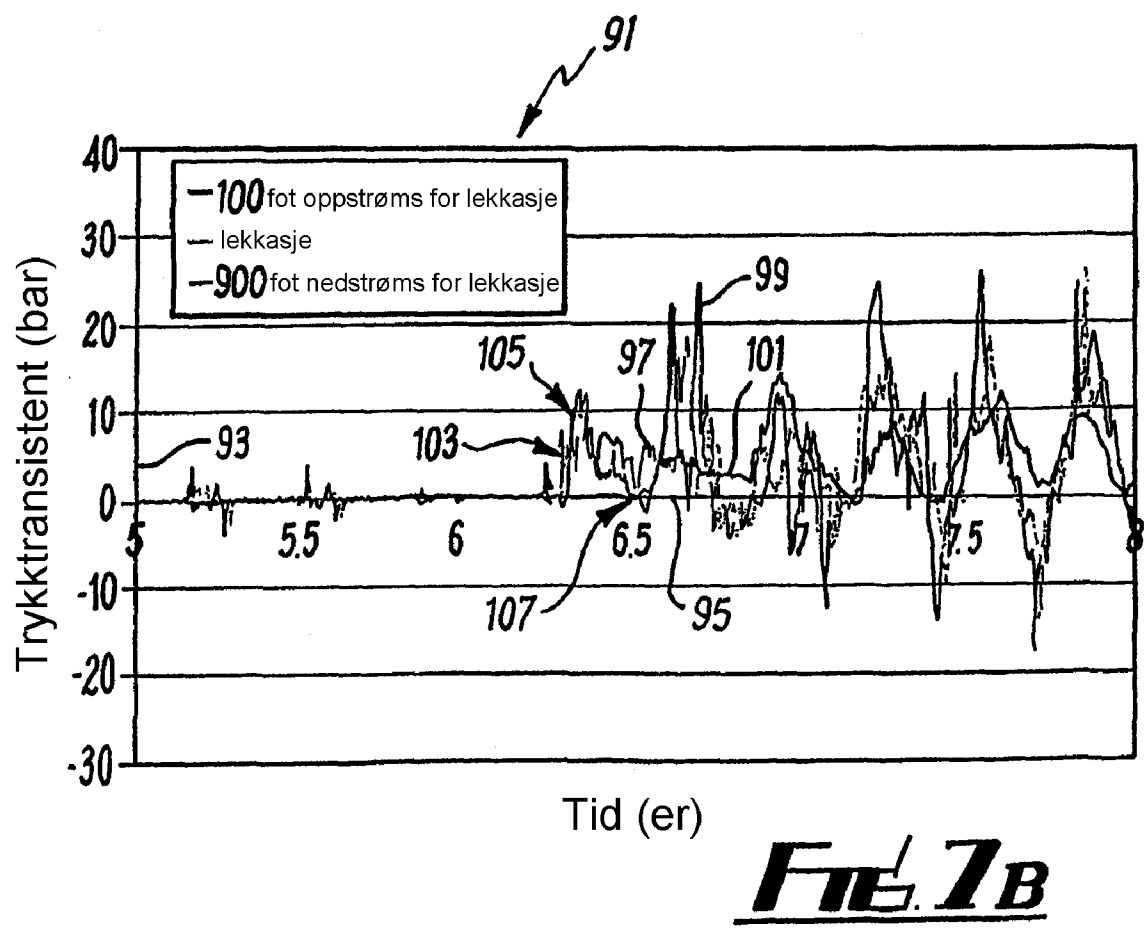
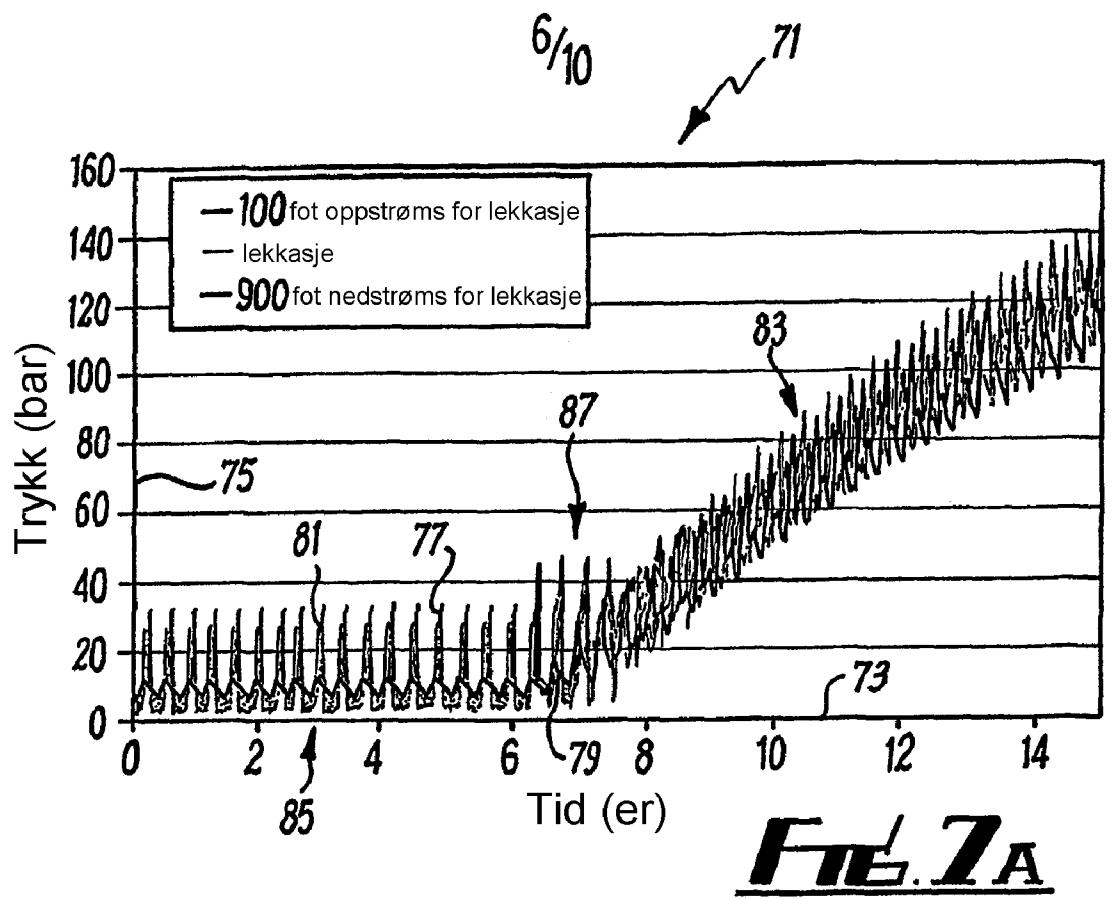
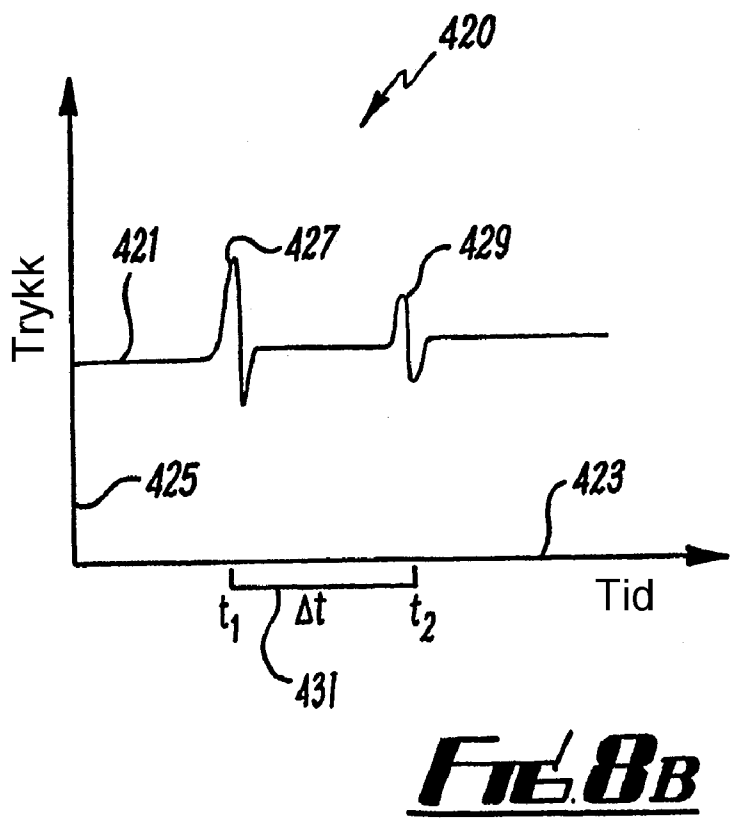
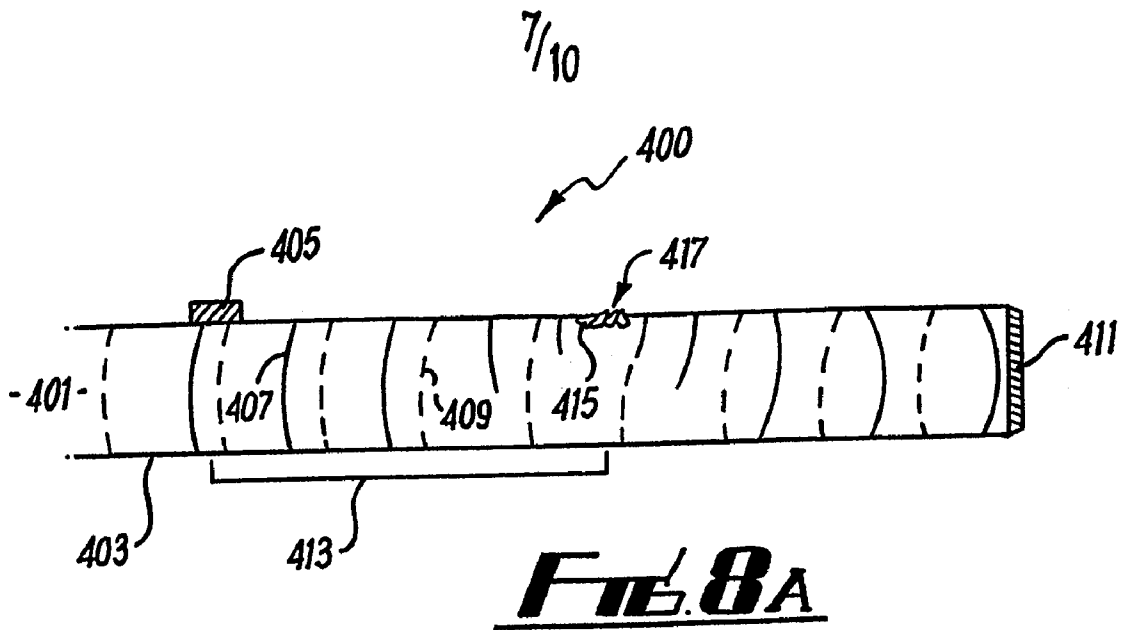


FIG. 6





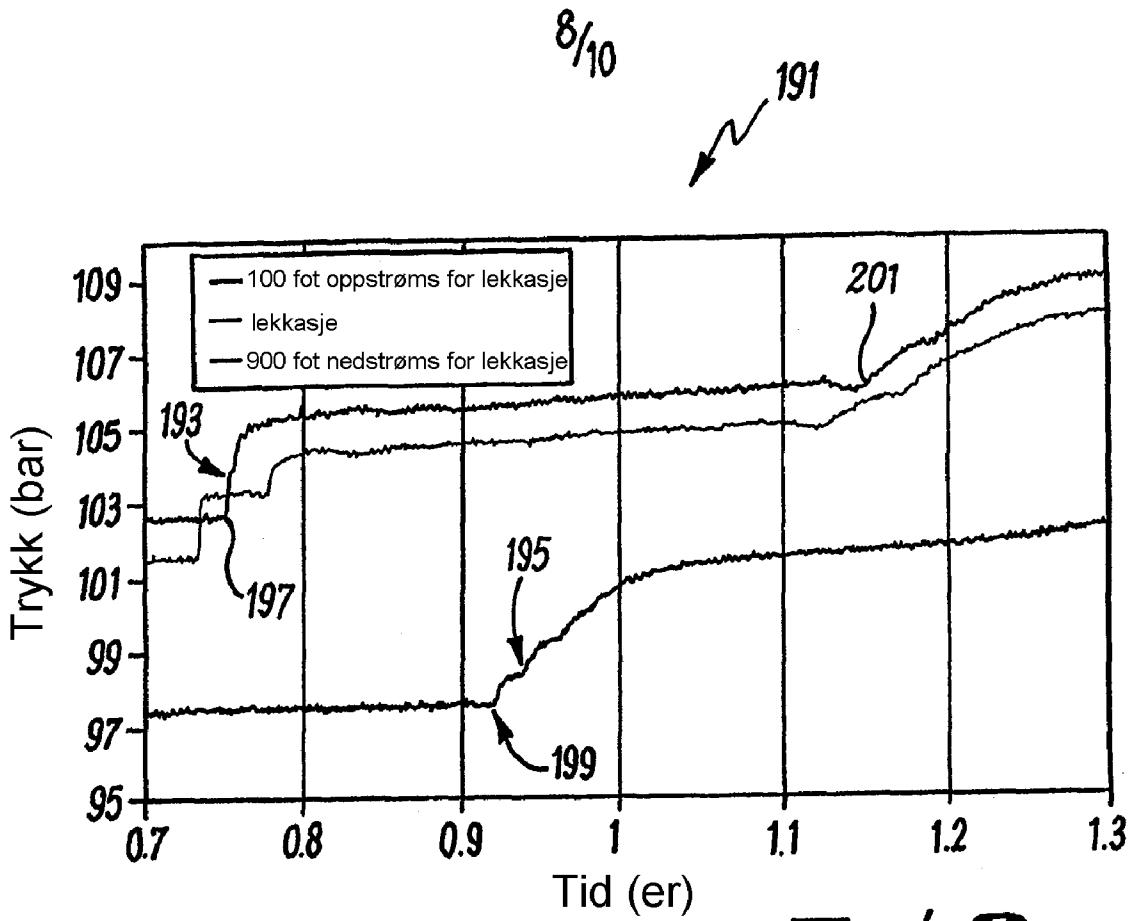


FIG. 9

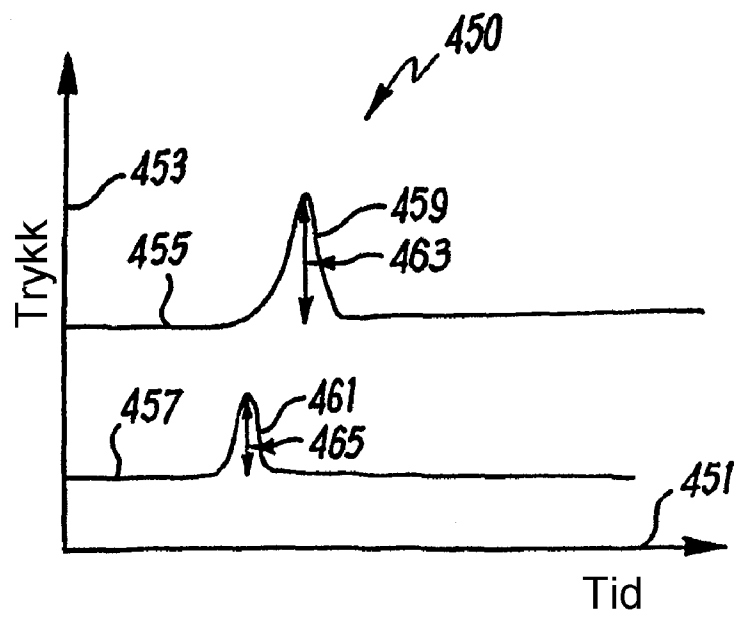


FIG. 10

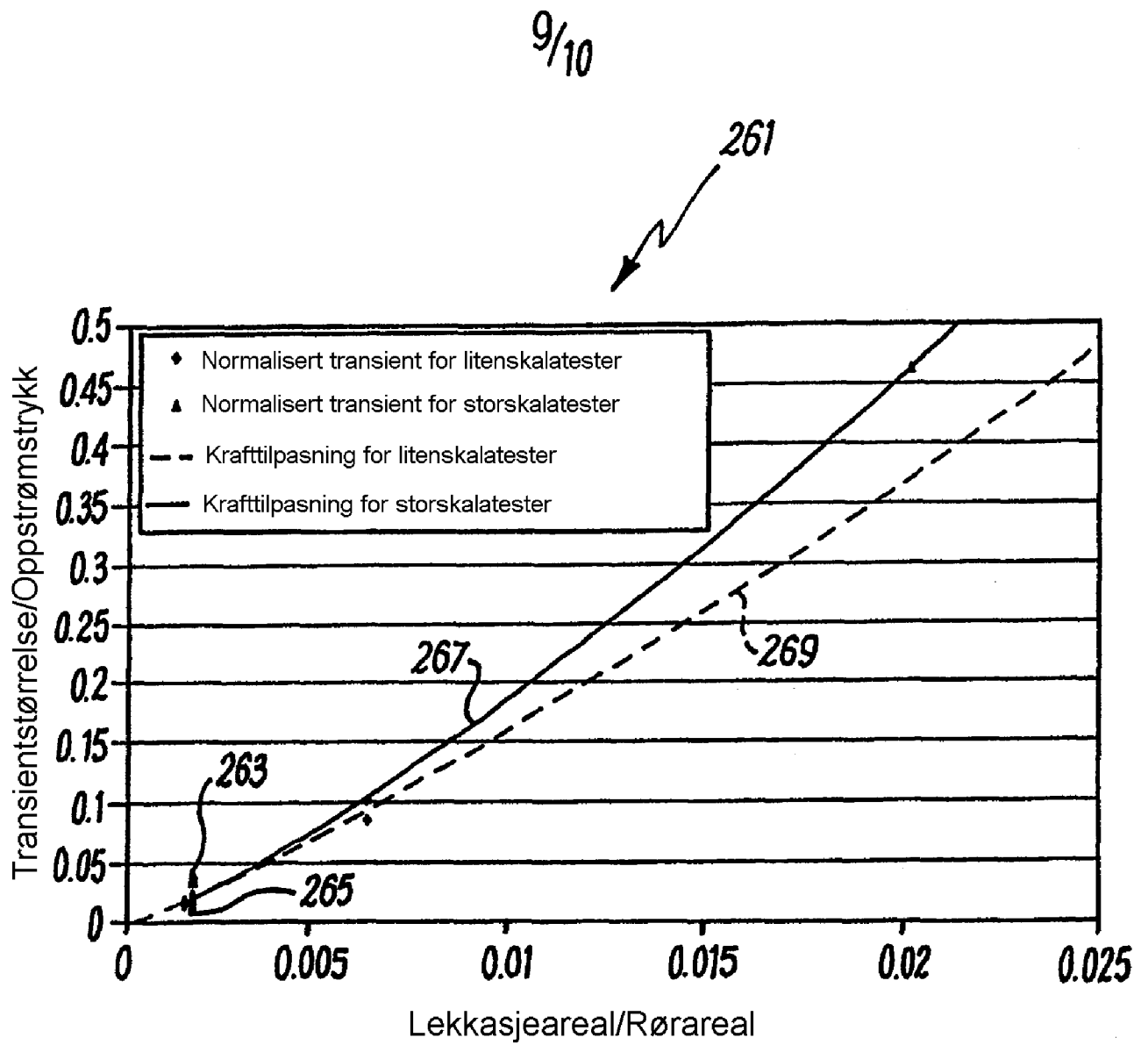


FIG. 11

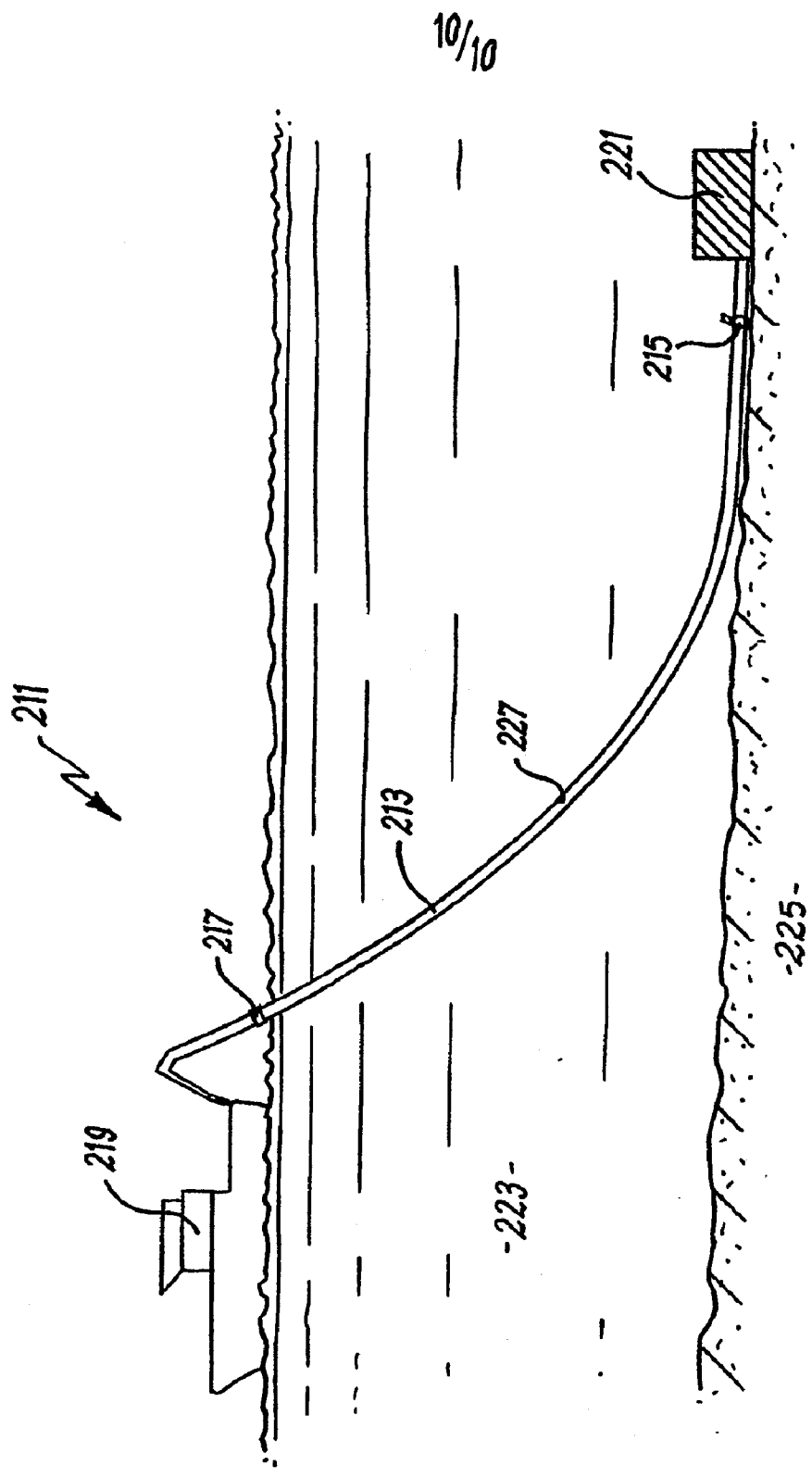


FIG. 12