

(12) **SØKNAD**

(11) 20200225

(13) **A1**

(19) NO

(51) Int Cl.

E21B 43/017 (2006.01)

E21B 19/00 (2006.01)

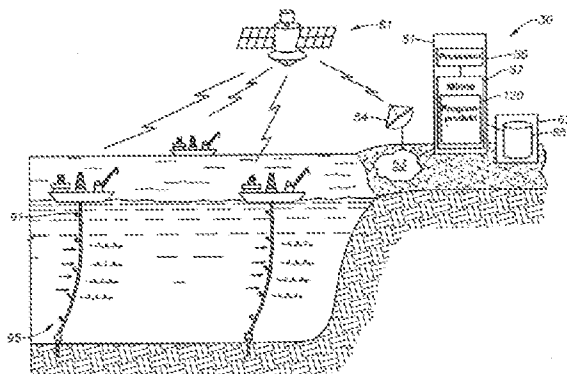
NORGE

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20200225	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2009.02.11 PCT/US2009/033826
(22)	Inng.dag	2020.02.21	(85)	Videreføringsdag	2020.02.21
(24)	Løpedag	2009.02.11	(30)	Prioritet	2008.02.11, US, 12/029,376
(41)	Alm.tilgj	2010.11.08			
(62)	Avdelt fra	20101114, 2010.08.05			
(71)	Innehaver	Vetco Gray Inc., 1077 Northwest Freeway, TX77092 HOUSTON, USA			
(72)	Oppfinner	Amin Radi, c/o General Electric Company, Global Research, One Research Circle, Bldg. K1-3A59, NY12309 NISKAYUNA, USA			
(74)	Fullmektig	BRYN AARFLOT AS, Stortingsgata 8, 0161 OSLO, Norge			

(54)	Benevnelse	System og programprodukt for forvaltning av stigerørs livssyklus, og relaterte metoder
(57)	Sammendrag	

Et system, et programprodukt og en fremgangsmåte for overvåkning og forvaltning av flere marine stigerørdeler er tilveiebragt. Systemet kan omfatte ett eller flere flytende fartøy som hvert har en datamaskin ombord, flere stigerørdeler som skal spores og overvåkes, en stigerørdel-identifiseringsføler anordnet for å identifisere valgte stigerørdeler som blir utplassert for å danne en stigerørstreng, én eller flere stigerørlengde-instrumentmoduler anordnet langs lengden av stigerørstrengen for å tilveiebringe lastdata for stigerørdeler, et sentralisert datavarehus for å lagre identifiserings- og lastdata for stigerørdeler utplassert på flere fjerne fartøysteder, samt en tjener og et programprodukt for livsløpsforvaltning av stigerør innrettet for å overvåke tilstanden til stigerørdeler, sende ut automatiserte driftsvarslinger basert på faktisk bruksinformasjon, opprettholde informasjon om rutinemessig og uforutsett vedlikehold, manipulere og kategorisere stigerørdeler, og automatisk rekonstruere et eksakt stigerørsystem som det faktisk var utplassert for en hvilken som helst gitt bore-/kompleteringsoperasjon.



BAKGRUNN FOR OPPFINNELSEN

1. Oppfinnelsens område

Foreliggende oppfinnelse vedrører systemer for forvaltning av stigerør. Mer spesifikt vedrører foreliggende oppfinnelse et system, et programprodukt og tilhørende fremgangsmåter for overvåkning og forvaltning av flere marine stigerørddeler.

2. Beskrivelse av beslektet teknikk

Et problem som møtes ved offshore operasjoner for boring etter og produksjon av hydrokarbon som utføres fra flytende plattformer eller fartøy er behovet for å etablere en forseglede fluidstrømningsvei mellom hvert borehull eller hver brønn på havbunnen og arbeidsdekket på fartøyet på havoverflaten. Denne forseglede fluidstrømningsveien tilveiebringes typisk av et system av borestigerør. Borestigerør, som anvendes for offshore boring, går fra boreriggen til en utblåsningssikring (BOP – BlowOut Preventer). Tilsvarende går produksjonsstigerør fra og muliggjør kommunikasjon mellom et undervanns brønnhodesystem og det flytende fartøyet.

Et typisk marint borestigerør tillater gjennomføring av borerør som anvendes for å pumpe smørende slam ned brønnen under boreoperasjoner, retur av boreslam som har blitt pumpet gjennom borerøret inn i hovedrøret i stigerøret, sammen med eventuelt medfølgende borespon, og tilveiebringer en forbindelse mellom borefartøyet og brønnen ovenfor BOP-stakken under vann. Borestigerøret kan bli koblet fra brønnen ovenfor BOP-stakken, slik at borefartøyet kan trekke opp stigerøret og midlertidig flytte seg fra borestedet dersom det skulle bli behov for dette (f.eks. under en orkan eller ved funksjonssvikt). BOP-stakken, som sitter igjen på brønnhodet, sørger for innestengning av en levende brønn mens fartøyet ikke er på plass. Når det returnerer, kan fartøyet sette ut stigerøret, koble seg til BOP-stakken og gjenopprette hydrokarbonkommunikasjon med brønnen.

Det marine borestigerøret muliggjør også kontroll av brønnen dersom BOP-stakken må bli utløst (functioned). Dette skjer typisk i forbindelse med boring gjennom en sone med et geologisk fluidtrykk som er betydelig høyere enn det boreslammet kan demme opp for. Under slike hendelser blir utblåsningssikringen utløst, og brønnkontroll gjenopprettes ved å pumpe et slam med passende tetthet

gjennom drepeledningen og etter hvert sirkulere det tilbake til overflaten via strupeledningen. Det marine borestigerøret gjør det også mulig å øke slamsirkuleringshastigheten. Når det er behov for det gjøres dette ved å pumpe ytterligere slam gjennom boosterledningen og føre det inn i stigerørets boring ved BOP-stakken. Dette øker volumet av slam i stigerøret, noe som øker returhastigheten. Det marine borestigerøret muliggjør videre forsyning av hydraulikkfluid til styresystemet for BOP-stakken. Dette fluidet blir tilført gjennom en ekstern hydraulikkledning.

Borestigerøret blir for eksempel typisk installert direkte fra et boretårn på plattformen på fartøyet ved å koble sammen en sekvens av sammenkoblede stigerørlengder. Etter at stigerøret har blitt koblet til brønnhodet på havbunnen, blir stigerøret satt under strekk av oppdriftselementer eller dekksmonterte oppspenningssystemer. Stigerøret blir ført opp, gjennom en åpning i fartøyet, kalt et kjellerdekksgulv ("moon pool"), til driftsutstyr og koblinger i nærheten av et arbeidsgulv på fartøyet. Under boreoperasjoner er borestrengen ført gjennom et borestigerør, idet borestigerøret tjener til å beskytte borestrengen og til å tilveiebringe en returstrømningsvei utenfor borestrengen for borefluider. Tilsvarende blir under produksjonsoperasjoner et produksjonsstigerør anvendt for å tilveiebringe en strømningsvei for transport av olje og gass til arbeidsdekket.

Grunnleggende komponenter i et stigerørsystem inkluderer typisk, fra slamledningen og oppover til overflaten: en hydraulisk brønnhodekonnektor som muliggjør tilkobling til et undervanns brønnhode, en BOP-stakk som anvendes for brønnkontroll, en nedre marin stigerørspakke som muliggjør frakobling og tilkobling av det marine stigerøret ved BOP-stakken, flere lengder av marint stigerør normalt i form av bare og flytende rørlengder som hver er utstyrt med en strupe- og drepeledning, en boosterledning og en hydraulikkledning, og en enderørlengde som er en spesialisert stigerørlengde der utvendige ledninger er terminert og avledet til de aktuelle enhetene på fartøyet. For eksempel er drepeledningen terminert og koblet til slampumpen via en fleksibel høytrykksledning. Komponentene inkluderer også en strekking som tilveiebringer grensesnittet mellom det marine stigerøret og den hydro-pneumatiske stigerør oppspenningsanordningen innrettet for å sørge for motsand mot sideveis laster samtidig som den gir en konstant vertikal strekk, og et teleskopledd som

typisk dannes av to sleidende rør forseglet til hverandre ved hjelp av en elastomer som primært anvendes for å kompensere for bevegelsen av fartøyet samtidig som den gjør det mulig for stigerøroppspenningssystemet å påføre en nær konstant strekk i det marine stigerøret. Komponentene inkluderer også en avleder som
 5 anvendes for å lede bort uønsket gass i det marine stigerøret, en slingrebøyle montert på riggulvet som anvendes under nedsetting og opphenting av det marine stigerøret for å dempe stamp-bevegelsen av fartøyet, og et arbeidsbord (spider) for marine borestigerør som anvendes under tilkobling av hver stigerørseksjon til den neste.

10 Annet mer spesialisert stigerørsutstyr inkluderer en påfyllingsventil konstruert for å hindre kollaps av stigerøret som følge av trykkforskjellen mellom innsiden av stigerøret og vannet rundt, en instrumentutstyrt stigerørlengde som typisk anvendes for å overvåke strekken og bøyningen som følge av miljøpåvirkninger, og som muliggjør justering av toppstrekk og fartøyposisjonering,
 15 hvirvelundertrykkelsesutstyr som bidrar til å undertrykke hvirvelskapte vibrasjoner som typisk opptrer under forhold med høy strøm og lange stigerør, og en nødfrakobling for stigerøret som tilveiebringer et spesialisert stigerørfrakoblingssystem for å hindre katastrofal svikt som typisk inntreffer under forhold der ukorrekt fartøyposisjonering eller ekstreme miljøforhold kan
 20 forekomme.

Under en typisk feltinstallasjon blir de marine stigerørkomponentene enkeltvis løftet fra dekket, koblet til hverandre ved arbeidsbordet og kjørt ned. Stigerørlengder, som utgjør hovedandelen av stigerørstrengens lengde, er tilvirket i lengder som varierer fra 15 meter (50 fot) til 27,5 meter (90 fot). Under
 25 kjøreprosessen blir den delen av stigerørstrengen som er ferdig montert landet på arbeidsbordet. Den neste stigerørlengden blir så plukket opp og plassert over arbeidsbordet, rett over den opphengte stigerørstrengen. De to stigerørseksjonene blir så satt sammen ved hjelp av en mekanisk kobling, el. Den mest vanlige typen for en stigerørlengde har en boltflensutførelse.

30 Marine stigerør blir utsatt for støtlaster så vel som uventede sidelaster, som vil kunne skade følsom elektronikk. Marine stigerør blir også utsatt for omgivelseslaster så vel som fartøyskapte laster. De aktuelle omgivelsesparametrene omfatter blant annet bølgehøyde og -periode, vanndyp,

strøm, vind og tidevann. I undervannsmiljøet kan det hydrostatiske trykket komme opp i 310 bar (4500 psi) i dypvannsområder, og vil sannsynligvis komme opp i 380 bar (5500 psi) i løpet av noen få år, og sjøvannets temperatur kan være så lav som $-1,1^{\circ}\text{C}$ (30°F). Den høye temperaturen til boreslammet vil også kunne påvirke elektronisk utstyr og følerutstyr, spesielt elektronisk utstyr festet direkte til stigerørets (stigerørlengdens) legeme. De fartøyskapte lastene inkluderer den påførte toppstrekket nødvendig for å opprettholde den optimale formen for en stigerørstreng og de som overføres til den marine stigerørstrengen som følge av bevegelse av fartøyet når det utsettes for bølge-, vind- og strømlaster. Den mest kritiske miljølastkomponenten er i alminnelighet strømlasten som påføres direkte på stigerørstrengen. Strømlastene varierer gjerne med vanddypet, men er i alminnelighet mye større nær overflaten.

Noen steder rundt om i verden, så som vestkysten av shetlandsøyene og Mexicogulften, presenterer unike utfordringer som følge av sterke strømmer. I Mexicogulften, for eksempel, skaper en miljøhendelse en sesongmessig kyststrøm ("Loop Current") som beveger seg i et sirkulært mønster som når en diameter på hundredeogseksti kilometer eller mer. Slike kyststrømmer påfører ekstremt store omgivelseslaster på et stigerør, ofte flere uker i strekk. Store strømlaster kan føre til hvirvelavløsning rundt en marin stigerørstreng, som, dersom den opptrer i kombinasjon med en ugunstig stigerørdempning, kan resultere i en voldsom bevegelse av en marin stigerørstreng, typisk på tvers av strømningsretningen. Dette omtales vanligvis som "hvirvelskapt vibrasjon" eller "VIV –Vortex Induced Vibration". Det store utslaget i stigerørets bevegelse under VIV kan føre til høye spenningsnivåer i stigerørstrengen, noe som i sin tur dramatisk reduserer levetiden til de enkelte stigerørlengdene før utmatting. Én enkelt utmatting vil kunne resultere i katastrofal svikt av den marine stigerørstrengen. Verre er det imidlertid at VIV kan forekomme i høyere moder, for eksempel der bare en liten del av stigerørstrengen, muligens hundre meter eller mer under havoverflaten, blir eksitert og utsettes for VIV. Søkeren av oppfinnelsen innser at i et slikt scenario vil ikke en observatør på fartøyet, som ser ned på de synlige delene av stigerørstrengen, se noen tegn til denne vibrasjonen. Heldigvis har det vært få tilfeller av katastrofal stigerørsvikt, og det har vært langt mellom dem.

Et mål eller et sett av mål for både bore- og produksjonsstigerør er å styre spenninger og belastinger på individuelle stigerørseksjoner for å muliggjøre utmattingsanalyse og således gjøre det mulig for operatøren å sette opp en bedre plan for inspeksjon, vedlikehold og utskifting/omrokking av stigerørlengder.

5 Dersom én enkelt stigerørlengde i en stigerørstreng svikter eller på annen måte overstiger en driftsbegrensning som utløser et krav om umiddelbart vedlikehold, vil en hel stigerørstreng kunne måtte trekkes opp og kjøres ned igjen. Ved operasjoner på dypt vann kan det ta to eller flere dager å kjøre ned eller trekke opp et marint stigerør. Gitt den omtrentlige raten på godt over \$500.000 per dag
10 for et femtegenerasjons borefartøy ville et slikt scenario koste operatøren over en million dollar bare for å opprette kommunikasjon med undervannsbrønnen. Dette poenget illustrerer viktigheten av å spare tid under nedkjøring og opphenting av stigerøret. Det illustrerer også viktigheten av tapt tid, og den ledsagende kostnaden, som følge av svikt av en stigerørkomponent. Frem til i dag har det
15 imidlertid ikke eksistert virkningsfulle systemer eller fremgangsmåter for effektiv sporing av stigerørddeler, effektiv sporing av kumulativ spenning eller annen belastning på hver stigerørddel eller nøyaktig bestemmelse eller differensiering av forventede spenningsnivåer mellom fartøyer eller felter for på en korrekt måte å forutsi nødvendig vedlikehold.

20 Søkeren har derfor sett behovet for et system, et programprodukt samt fremgangsmåter for å forvalte stigerørddeler, spesielt stigerørlengder, som kan gi utstyrforvaltere en liste over alle stigerørddelene som er allokeret til hvert fartøy og muliggjøre en ytterligere oppdeling i de stigerørddelene som for tiden er utplassert, befinner seg på dekk eller er ute for vedlikehold, sammen med forventet
25 returtidspunkt, en liste av forestående, planlagte vedlikeholdshendelser, et estimat av hvor mye av levetiden til en gitt stigerørddel som er brukt opp, og et estimat av den totale kumulative levetiden brukt opp av en gitt stigerørddel, sammen med detaljer om de mest ødeleggende hendelsene (f.eks. en bestemt orkan). Videre sees behovet for et system, et programprodukt samt fremgangsmåter for å forvalte
30 stigerørddeler, spesielt stigerørlengder, som inkluderer en sentral database som kan anvendes av felt- og vedlikeholdspersonale for å opprettholde og kommunisere kritisk informasjon vedrørende stigerørddeler, og som kan forbedre både planlegging av rutinemessig vedlikehold og prosessen med å identifisere et

krav om en uforutsett vedlikeholdshendelse. Videre sees behovet for slike systemer, programprodukter og fremgangsmåter som kan tilveiebringe detaljert informasjon om stigerørvedlikeholdshistorie og kritisk/relevant produksjonsinformasjon samt muliggjøre korrekt sporing av stigerørdeler slik at de kan bli flyttet fra ett fartøy til et annet med historien bevart.

Videre sees behovet for slike systemer, programprodukter og fremgangsmåter som kan tilveiebringe et tidsstempel for hver stigerørutplassering for å gjøre det mulig å bestemme hvor, i vannsøylen, hver stigerørdeel var installert under en gitt bore- eller produksjonskampanje, som i sin tur kan gi brukeren informasjon som gjør det mulig å rekonstruere en stigerørstreng fra en hvilken som helst gitt utplassering for med det å analysere stigerørdelenes ytelse og foretrukne plassering. Videre sees behovet for et system, et programprodukt og fremgangsmåter som kan la en bruker på en optimal måte posisjonere en gitt stigerørlengde i en bestemt posisjon (dyp) langs stigerørstrengen, for eksempel basert på hvor mye levetid som er tilgjengelig (gjenstår), for eksempel for å matche stigerørlengder med mye gjenværende levetid med de dypene langs stigerørstrengen som forventes å oppleve høyest spenning.

Enda videre sees behovet for et system, et programprodukt og fremgangsmåter for å forvalte stigerørdeler, spesielt stigerørlengder, som inkluderer anordninger for å styre et stigerørroppspenningssystem for å forlenge levetiden til de forskjellige stigerørdelene og for å styre stigerørs ytelse, for eksempel når det utsettes for hvirvelskapt vibrasjon.

OPPSUMMERING AV OPPFINNELSEN

I lys av det ovennevnte tilveiebringer utførelsesformer av foreliggende oppfinnelse tjenlig et system, et programprodukt og fremgangsmåter for å forvalte stigerørdeler, spesielt stigerørlengder, som kan gi utstyrsforvaltere en liste over alle stigerørdelene som er allokert til hvert fartøy og muliggjøre en ytterligere oppdeling i stigerørdeler som for tiden er utplassert, er på dekk eller er ute for vedlikehold, sammen med forventet returtidspunkt, en liste over forestående, planlagt vedlikehold, et estimat av hvor mye av levetiden til en gitt stigerørdeel som er brukt opp, og et estimat av den totale mengden levetid som er anvendt av en gitt stigerørdeel, sammen med detaljer om de mest ødeleggende hendelsene (f.eks.

en bestemt orkan). Utførelsesformer av foreliggende oppfinnelse tilveiebringer også et system, et programprodukt og fremgangsmåter for å forvalte stigerørdeler, spesielt stigerørlengder, som inkluderer en sentral database som kan anvendes av felt- og vedlikeholdspersonale for å opprettholde og kommunisere kritisk

5 stigerørinformasjon, og som kan forbedre både planlegging av rutinemessige vedlikeholdshendelser og identifisere et krav om en uforutsett vedlikeholdshendelse.

Utførelsesformer av foreliggende oppfinnelse tilveiebringer også et system, et programprodukt og fremgangsmåter som kan tilveiebringe detaljert informasjon

10 om vedlikeholdshistorie for stigerørdeler og kritisk/relevant produksjonsinformasjon, og som kan tilveiebringe funksjonalitet for passende sporing av stigerørdeler slik at de kan bli flyttet fra ett fartøy til et annet med sin historie bevart. Utførelsesformer av foreliggende oppfinnelse tilveiebringer også et system, et programprodukt og fremgangsmåter som kan tilveiebringe et

15 tidsstempel for hver utplassering av en stigerørdeel for å gjøre det mulig å bestemme hvor, i vannsøylen, hver stigerørdeel var installert under en gitt borekampanje, som i sin tur kan gi brukeren informasjon som gjør det mulig å rekonstruere en stigerørstreng fra en hvilken som helst gitt utplassering for med det å analysere stigerørdelenes ytelse og foretrukne posisjonering.

20 Utførelsesformer av foreliggende oppfinnelse tilveiebringer også et system, et programprodukt og fremgangsmåter som kan la en bruker på en optimal måte plassere en gitt stigerørlengde i en bestemt posisjon (dyp) langs stigerørstrengen, for eksempel basert på hvor mye levetid som er tilgjengelig (gjenstår), for eksempel for å matche stigerørlengder med lang gjenværende levetid med dyp

25 langs stigerørstrengen som forventes å bli utsatt for høyere spenning. Utførelsesformer av foreliggende oppfinnelse tilveiebringer også et system, et programprodukt og fremgangsmåter for å forvalte stigerørdeler, spesielt stigerørlengder, som inkluderer anordninger for å styre et stigerør oppspenningssystem for å forlenge levetiden til de forskjellige

30 stigerørdelene og for å styre stigerørets ytelse, for eksempel når det oppstår hvirvelskapt vibrasjon.

Mer spesifikt tilveiebringer utførelsesformer av foreliggende oppfinnelse et system for livsløpsforvaltning av stigerør for å overvåke og forvalte flere marine

stigerørdeler som kan bli plassert på ett eller flere separate flytende fartøyer som hvert i alminnelighet har et gulv, en brønnluke (well bay) som går gjennom dette, et lokalt kommunikasjonsnettverk om bord på fartøyet samt en datamaskin på fartøyet som står i kommunikasjon med det lokale

5 fartøykommunikasjonsnettverket og som inkluderer en prosessor og minne koblet til prosessoren for å lagre kjøreinstruksjoner. Systemet, ifølge en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse, inkluderer fartøyet, en stigerørlengde-identifiseringsføler plassert i eller nær ved brønnluken og operativt koblet til

10 fartøykommunikasjonsnettverket, og flere stigerørlengder som bærer en identifiseringsangiver, som kan bli utplassert fra fartøyet for å danne en stigerørstreng. Systemet kan også inkludere flere stigerørlengde-måleinstrumentmoduler som hver er posisjonert for å avføle lasten som er påført på én enkelt av de flere utplasserte stigerørlengdene, og en stigerørlengde-lastdatamottaker koblet til fartøyet ved eller i nærheten av havoverflaten (dvs.

15 anordnet i brønnluken eller koblet til en stigerørlengde nær ved overflaten) og operativt koblet til det lokale kommunikasjonsnettverket på fartøyet for å motta direkte eller multipleksede lastdata for hver enkelt av de flere utplasserte stigerørlengdene fra de flere stigerørlengde-måleinstrumentmodulene. Stigerørlengde-lastdatamottakeren og hver av de flere stigerørlengde-

20 måleinstrumentmodulene etablerer en kommunikasjonsvei gjennom en vannsøyle omkring stigerørstrengen.

Systemet inkluderer også et programprodukt for forvaltning av stigerørdeler lagret i minnet i datamaskinen på fartøyet for å overvåke og forvalte flere stigerørdeler. Programproduktet for forvaltning av stigerørdeler kan inkludere

25 instruksjoner som når de blir eksekvert av datamaskinen på fartøyet, bevirker datamaskinen på fartøyet til å utføre forskjellige operasjoner inkluderende å motta stigerørlengde-identifiseringsdata fra stigerørlengde-identifiseringsføleren for hver enkelt av de flere stigerørlengdene under utplassering fra fartøyet for å danne stigerørstrengen, og bestemme en relativ utplasseringsposisjon for hver enkelt av

30 de flere utplasserte stigerørlengdene innenfor stigerørstrengen. Programproduktet for forvaltning av stigerørdeler kan videre inkludere instruksjoner som når de blir eksekvert av datamaskinen på fartøyet, bevirker datamaskinen på fartøyet til å utføre operasjoner for å motta lastdataene for hver enkelt av de flere utplasserte

stigerørlengdene fra stigerørlengde-datamottakeren, overvåke belastningen på hver enkelt av de flere utplasserte stigerørlengdene basert på lastdataene tilveiebrakt av de flere stigerørlengde-måleinstrumentmodulene, estimere en lasttilstand for hver enkelt av de flere utplasserte stigerørlengdene basert på
 5 lastdataene for den ene eller de flere av de flere utplasserte stigerørlengdene, og gi en alarm som reaksjon på at den estimerte belastningstilstanden nærmer seg en dimensjonerende belastning eller en øvre driftsgrense.

Systemet kan også inkludere minst én datamaskin for å fjernforvalte stigerørlengder for flere separate fartøysteder som definerer en tjener for
 10 livsløpforvaltning av stigerør med en prosessor og minne koblet til prosessoren for å lagre kjøreinstruksjoner, et globalt kommunikasjonsnettverk som tilveiebringer en kommunikasjonsvei mellom datamaskinen på fartøyet og stigerørlivsløpsforvaltningstjeneren for å muliggjøre overføring av informasjon vedrørende stigerørdeler mellom datamaskinen på fartøyet og
 15 stigerørlivsløpsforvaltningstjeneren, og et programprodukt for forvaltning av stigerørlivsløp lagret i minnet i stigerørlivsløpsforvaltningstjeneren for å forvalte flere stigerørdeler som befinner seg på flere atskilte fartøysteder. Stigerørlivsløpsforvaltning-programproduktet kan inkludere instruksjoner som når de blir eksekvert av stigerørlivsløpsforvaltningstjeneren, bevirker
 20 stigerørlivsløpsforvaltningstjeneren til å utføre operasjoner for å motta utplasserings- og posisjonsdata for de flere utplasserte stigerørlengdene, motta lasthistoriedata for de flere utplasserte stigerørlengdene fra datamaskinen på fartøyet, transformere lasthistoriedata mottatt i tidsdomenet fra datamaskinen på fartøyet til lasthistoriedata i frekvensdomenet, og sende lasthistoriedata i
 25 frekvensdomenet til datamaskinen på fartøyet. Instruksjonene kan også inkludere instruksjoner for å utføre operasjoner for å bestemme utmatting av hver enkelt av de flere utplasserte stigerørlengdene basert på de mottatte stigerørlengde-lasthistoriedataene, estimere gjenværende levetid før utmatting basert på de mottatte stigerørlengde-lasthistoriedataene og stigerørlengdenes
 30 materialeegenskaper, planlegge rutinemessige vedlikeholdshendelser for hver enkelt av de flere utplasserte stigerørlengdene, og planlegge uforutsette vedlikeholdshendelser som reaksjon på en uregelmessighet i stigerørlengde-lasthistoriedataene som resulterer i utløsning av et forhåndssatt

utmattingstriggernivå som krever inspeksjon. Instruksjonene kan videre inkludere instruksjoner for å utføre operasjoner for å rekonstruere en stigerørstreng med en hvilken som helst av de flere stigerørlengdene utplassert på et hvilket som helst av de flere atskilte fartøystedene basert på utplasserings- og posisjonsdata for den aktuelle stigerørstrengen, og predikere størrelsen til en last påført på et undervanns brønnhodesystem tilknyttet den aktuelle stigerørstrengen basert på tilhørende stigerør-lasthistoriedata for i hvert fall en delmengde av flere stigerørlengder som danner den aktuelle stigerørstrengen.

Systemet kan enda videre inkludere et datavarehus som kan aksesseres av prosessoren i stigerørlivsløpsforvaltningstjeneren og som inkluderer minst én database som lagrer utstyrsinformasjon, så som for eksempel identifiseringsdata, utplassering- og posisjonsdata og lasthistoriedata for de flere stigerørlengdene utplassert ved de flere atskilte fartøystedene, og minst én database som kan aksesseres av prosessoren i en datamaskin på fartøyet og som lagrer utstyrsinformasjon, så som for eksempel identifiseringsdata, utplasserings- og posisjonsdata og lasthistoriedata for hver enkelt av de flere stigerørlengdene utplassert fra et respektivt fartøy.

Utførelsesformer av foreliggende oppfinnelse kan også inkludere et dataprogramprodukt, lagret på et materielt datahukommelsesmedium, som kan bli kjørt på en datamaskin for å forvalte flere marine stigerørdeler som kan bli plassert på ett eller flere atskilte fartøysteder. Dataprogramproduktet kan inkludere instruksjoner representert for eksempel av følgende dataprogramkomponenter: en utplasserings- og posisjonssporer for stigerørdeler innrettet for å motta undervanns utplasserings- og relative posisjoneringsdata for flere stigerørlengder som skal utplasseres for å danne en marin stigerørstreng, en stigerørdel-lastfølerdatamottaker innrettet for å motta lastdata for hver enkelt av de flere stigerørlengdene når de er utplassert og danner den marine stigerørstrengen, og en stigerørdel-utmatningsbestemmer innrettet for å estimere tilstanden til hver av de flere stigerørlengdene basert på de mottatte stigerørlengde-lastdataene og/eller stigerør-spenningsdata bestemt fra de mottatte stigerørlengde-lastdataene for hver enkelt av de flere stigerørlengdene.

Utførelsesformer av foreliggende oppfinnelse tilveiebringer også forskjellige fremgangsmåter knyttet til overvåkning og forvaltning av flere marine stigerørdeler.

Ifølge en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse kan en fremgangsmåte ved overvåkning og forvaltning av flere marine stigerørdeler inkludere trinn for å motta stigerørlengde-identifiseringsdata fra en stigerørlengde-identifiseringsføler anordnet inne i en brønnluke, og bestemme en relativ utplasseringsposisjon for hver av flere stigerørlengder utplassert fra fartøyet for å danne en marin stigerørstreng. Hver av stigerørlengdene inkluderer tilhørende kjennetegn som kan leses av en stigerørlengde-identifiseringsføler for individuelt å kjenne igjen hver enkelt av de flere stigerørlengdene blant de flere stigerørlengdene.

Fremgangsmåten kan også inkludere det å motta lastdata for hver enkelt av de flere stigerørlengdene fra flere stigerørlengde-måleinstrumentmoduler som hver kan være koblet til en tilhørende av de flere utplasserte stigerørlengdene, og overvåke belastningen på hver enkelt av de flere utplasserte stigerørlengdene basert på lastdataene tilveiebrakt av de flere stigerørlengde-måleinstrumentmodulene.

Ifølge en annen utførelsesform av foreliggende oppfinnelse inkluderer en fremgangsmåte ved overvåkning og forvaltning av flere marine stigerørdeler trinn for å bestemme en relativ utplasseringsposisjon for hver enkelt av flere stigerørlengder som er utplassert fra et fartøy og som har kjennetegn som kan leses av en stigerørlengde-identifiseringsføler for individuelt å skille hver enkelt av de flere stigerørlengdene fra de andre av de flere stigerørlengdene under utplassering av denne, motta lastdata for hver enkelt av de flere utplasserte stigerørlengdene fra flere stigerørlengde-måleinstrumentmoduler koblet til i hvert fall en delmengde av de flere utplasserte stigerørlengdene, overvåke belastningen på hver enkelt av de flere utplasserte stigerørlengdene basert på lastdataene tilveiebrakt av de flere stigerørlengde-måleinstrumentmodulene, estimere belastningstilstanden for hver enkelt av de flere utplasserte stigerørlengdene basert på lastdataene for én eller flere av de flere utplasserte stigerørlengdene, og gi en alarm som reaksjon på at den estimerte belastningstilstanden nærmer seg en dimensjonerende belastning eller en øvre driftsgrense for én eller flere av de flere utplasserte stigerørlengdene.

Ifølge en annen utførelsesform av foreliggende oppfinnelse kan en fremgangsmåte ved overvåkning og forvaltning av flere marine stigerørdeler som befinner seg på ett eller flere atskilte fartøysteder inkludere trinn for å motta

utplasserings- og posisjonsdata for hver enkelt av flere utplasserte stigerørlengder utplassert på ett av flere atskilte fartøysteder som har den respektive stigerørlengden, motta lasthistoriedata for hver enkelt av de flere stigerørlengdene utplassert ved de flere atskilte fartøystedene fra en datamaskin på fartøyet,

5 transformere lasthistoriedata for stigerørlengder mottatt i tidsdomenet til lasthistoriedata i frekvensdomenet, og bestemme nivået av skade på hver enkelt av de flere utplasserte stigerørlengdene basert på minst én av følgende: de mottatte stigerørlengde-lasthistoriedataene eller de transformerte stigerørlengde-lasthistoriedataene.

10

KORT BESKRIVELSE AV TEGNINGENE

For at hvordan de ovenfor angitte trekk og fordeler med oppfinnelsen, så vel som andre trekk og fordeler som vil komme frem i det følgende, skal kunne forstås bedre, er en nærmere beskrivelse av oppfinnelsen som kort oppsummert over gitt

15 under henvisning til utførelsesformene av denne som er illustrert i de vedlagte tegningene, som er en del av denne beskrivelsen. Det skal imidlertid bemerkes at tegningene kun illustrerer utvalgte utførelsesformer av oppfinnelsen og derfor ikke skal forstås som en begrensning av oppfinnelsens ramme, ettersom den også kan inkludere andre anvendelige utførelsesformer.

20 Figur 1 er en skisse av miljøet for et system for overvåkning og forvaltning av flere marine stigerørdeler ifølge en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse,

Figurene 2A-B er en skisse av miljøet for en del av systemet for overvåkning og forvaltning av flere marine stigerørdeler ifølge en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse,

25 Figur 3 er en perspektivskisse av en stigerørlengde som fører kommunikasjons- og identifiseringsutstyr ifølge en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse,

Figur 4 er et skjematisk blokkdiagram av en måleinstrumentmodul for stigerørlengder ifølge en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse,

30 Figur 5 er en kombinasjon av en perspektivskisse og et skjematisk blokkdiagram av et oppspenningssystem ifølge en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse,

Figur 6 er et skjematisk blokkdiagram av et programprodukt for livsløpsforvaltning av stigerør lagret i minnet i en stigerørlivsløpsforvaltningstjener ifølge en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse, og

Figur 7 er et skjematisk blokkdiagram av et programprodukt for forvaltning av stigerørdeler lagret i minnet i en datamaskin på et fartøy ifølge en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse.

DETALJERT BESKRIVELSE

Foreliggende oppfinnelse vil nå bli beskrevet mer i detalj i det følgende under henvisning til de vedlagte tegningene, som illustrerer utførelsesformer av oppfinnelsen. Denne oppfinnelsen kan imidlertid realiseres i mange andre former og skal ikke forstås å være begrenset til utførelsesformene illustrert her. Snarere er disse utførelsesformene vist for at denne beskrivelsen skal være gjennomgående og fullstendig, og fullt ut formidle oppfinnelsens ramme til fagmannen.

Figurene 1-7 illustrerer en utførelsesform av system for livsløpsovervåkning for stigerør (RLMS – Riser Lifecycle Monitoring System) som tilveiebringer et integrert verktøy konstruert for å forbedre livsløpsytelsen til et marint stigerør ved hjelp av fjerndiagnostikk, online utstyrsforvaltning og lett tilgjengelig vedlikeholdshistorie for stigerørdeler, og for å muliggjøre fjernforvaltning av stigerørdeler, med særlig fokus på stigerørlengder. Livsløpforvaltningssystemet for stigerør omfatter integrerte maskinvare- og programvare/programproduktkomponenter som kan være kombinert i en sentral database som fortrinnsvis befinner seg på land. Denne databasen kan lagre utstyrsinformasjon om alle stigerør over hele verden som er utstyrt med livsløpforvaltningssystemet. Den kan også muliggjøre overføring av stigerørdeler fra ett fartøy til et annet mens den tar vare på alle historiedata. Datamaskinene på fartøyene kan i sin tur hente frem dataene fra følere plassert for eksempel på hver stigerørdeel. Slik stigerørutplasseringsinformasjon kan bli kommunisert mellom følerne på stigerørdelene og datamaskinen om bord på skipet ved hjelp av en enkel radiofrekvensidentifiserings- eller "RFID"-etikett eller andre identifiserende kjennetegn på stigerørdelen og en passende mottaker på en del av fartøyet, så som for eksempel arbeidsbordet for borestigerør. Når en stigerørlengde eller en

annen stigerørdeel blir kjørt ut eller trukket opp, vil mottakeren, for eksempel på
 stigerør-arbeidsbordet, lese av den unike stigerørdeel-identifiseringsetiketten lagret
 på RFID-brikken og kommunisere denne informasjonen til datamaskinen på
 fartøyet sammen med et tidsstempel. Stigerør-livsløpforvaltningssystemet sørger
 5 tjenlig for å samle inn lasthistoriedata fra stigerør. Denne datainnsamlingen kan
 omfatte det å innhente følerdata, multiplekse disse dataene og kommunisere dem
 gjennom vannsøylen opp til et fartøy, samtidig som et akseptabelt nivå av
 feiltoleranse muliggjøres. Hvilke data som blir samlet inn avhenger av typen føler
 som anvendes på stigerør delen. Dersom for eksempel kun akselerometere blir
 10 anvendt på stigerørlengden, vil en avbildning av stigerørets akselerasjoner være
 tilgjengelig i sanntid. Ytterligere prosessering enten av datamaskinen på fartøyet
 eller den landbaserte datamaskinen kan for eksempel bli utført for å regne om
 informasjonen til en sanntids avbildning av spenningene i stigerøret. Alternativt,
 dersom for eksempel tøyningen i eller krumningen av stigerørlengden blir målt på
 15 en stigerørlengde, kan spenningsdata for stigerørlengden bli beregnet gjennom en
 forholdsvis enkel behandling av dataene. Stigerørspenningene, som funksjon av
 tid, kan deretter bli behandlet ytterligere for å estimere tilstanden til
 stigerørlengden sett fra et levetidsperspektiv. Slike data tilveiebragt av
 utførelsesformer av systemet kan også muliggjøre planlagt og uforutsett
 20 vedlikehold samt styring av et tilknyttet stigerør oppspenningssystem.

Mer spesifikt illustrerer figurene 1-2B flere offshore bore- og/eller
 produksjonssystemer 21 og et stigerør-livsløpforvaltningssystem 30 for å
 fjernforvalte marine stigerørdeeler som befinner seg på ett én eller flere atskilte
 fartøy-/bore-/produksjonssystemsteder, ifølge en utførelsesform av foreliggende
 25 oppfinnelse. Bore- og/eller produksjonssystemet 21 kan omfatte et utplassert
 stigerør eller kanal som definerer en stigerørstreng 23 som strekker seg mellom et
 undervanns brønnhodesystem 25, så som for eksempel det illustrerte
 undervannsbrønnhodet, og et flytende fartøy 27, så som for eksempel et dynamisk
 posisjonerbart fartøy. Stigerørstrengen 23 omfatter flere stigerørseksjoner eller -
 30 lengder 29 som er koblet sammen, for eksempel av en bolthens eller på andre
 måter kjent for fagmannen. Fartøyet 27 omfatter en brønnluke 31 som går
 gjennom et gulv på fartøyet 27, og omfatter typisk et arbeidsbord 32 anordnet på
 en driftsplattform 33 i en brønnluke 31 for å støtte stigerørstrengen 23 når

forbindelser mellom stigerørlengder blir satt sammen eller tatt fra hverandre under kjøring eller opphenting av stigerørstrengen 23. Merk at selv om utførelsesformer av foreliggende oppfinnelse kan anvendes med både bore- og produksjonsstigerør, er borestigerøret valgt her av illustrasjonsmessige årsaker idet noen ytterligere komponenter er nødvendige, så som den nedre marine stigerørspakken og utblåsningssikringen vist innenfor det undervanns brønnhodesystemet 25, som i alminnelighet ikke er nødvendige for et produksjonsstigerør.

Fartøyet 27 omfatter også et oppspenningssystem 35, 35' anordnet på driftsplattformen 33 som sørger både for motstand mot sidelaster og vertikal strekk, fortrinnsvis påført på en stramme- eller strekkring 37 festet til toppen av stigerørstrengen 23. Oppspenningssystemet 35, 35' omfatter en stigerørstrekkstyringsenhet 39 (figur 5) tilveiebrakt for å styre strekken i stigerørstrengen 23 når den er endelig utplassert. Fartøyet 27 omfatter også en datamaskin 41 om bord i kommunikasjon med et lokalt kommunikasjonsnettverk 43 om bord, f.eks. et LAN. Datamaskinen 41 på fartøyet kan omfatte en prosessor 45 og minne 47 koblet til prosessoren 45. I kommunikasjon med kommunikasjonsnettverket 43 på fartøyet står også en mottaker/sender 44 som muliggjør for eksempel satellittbasert kommunikasjon til steder på land. Minst én database 49 tilgjengelig for prosessoren 45 i datamaskinen 41 på fartøyet, som kan bli anvendt for å lagre utstyrsinformasjon for hver enkelt av de flere stigerørlengdene utplassert fra fartøyet 27, kan også være tilveiebrakt. Som vil bli beskrevet nærmere nedenfor kan slik utstyrsinformasjon omfatte identifiseringsdata, utplasserings- og posisjonsdata og lasthistoriedata for hver enkelt av de flere stigerørlengdene utplassert fra fartøyet 27.

Ifølge en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse omfatter livsløpforvaltningssystemet 30 for stigerør andeler på land og andeler på hvert av fartøystedene. Den andelen av systemet 30 som befinner seg på land eller ett eller flere andre sentraliserte steder kan omfatte minst én datamaskin for å fjernforvalte stigerørddeler for flere atskilte fartøysteder, som definerer en stigerør livsløpsforvaltningstjener 51 som står i kommunikasjon med et landbasert lokalt kommunikasjonsnettverk 53. Stigerør livsløpsforvaltningstjeneren 51 kan omfatte en prosessor 55 og minne 57 koblet til prosessoren 55. I kommunikasjon

med det landbaserte kommunikasjonsnettverket 53 står også en mottaker/sender 54 som muliggjør for eksempel satellittbasert kommunikasjon med flere fartøyer/bore-/produksjonsinstallasjoner som hver har en mottaker/sender 44. Denne delen av systemet 30 kan også omfatte et globalt kommunikasjonsnettverk 61 som tilveiebringer en kommunikasjonsvei mellom datamaskinene 41 om bord på hvert respektive fartøy 27 og stigerørlivsløpsforvaltningstjeneren 51 for å muliggjøre overføring av informasjon om stigerørdeler mellom datamaskinene på fartøyene 41 og stigerørlivsløpsforvaltningstjeneren 51.

Merk at minnet 45, 55 kan omfatte volatilt og ikke-volatilt minne kjent for fagmannen, omfattende for eksempel RAM, ROM og magnetiske eller optiske platelagre, bare for å nevne noen. Det må også forstås at den foretrukne utførelsen med tjeneren på land og datamaskiner om bord på fartøy er gitt som et eksempel i figurene 1 og 2A-B, og at andre typer tjenere eller datamaskiner innrettet i henhold til forskjellige andre metoder kjent for fagmannen kan anvendes. Spesielt representerer tjeneren 51, vist skjematisk for eksempel i figur 1, en tjener eller en klynge eller gruppe av tjenere og er ikke begrenset til en enkeltstående, fysisk tjener. Tjeneren kan være utplassert som en tjenergruppe eller tjenerklynge som driftes av en tjenerleverandør. Antallet tjenere og deres arkitektur og utførelse kan utvides basert på bruk, etterspørsel og kapasitetskrav for systemet 30.

I hjertet av denne delen av systemet 30 er et datavarehus 63 som er i stand til å lagre relevante data om hver enkelt stigerørdel som er utstyrt med et livsløpforvaltningssystem hvor som helst i verden. Datavarehuset 63 kan aksesseres av prosessoren 55 i stigerørlivsløpsforvaltningstjeneren 51 og kan være realisert i maskinvare, programvare eller en kombinasjon av dette. Datavarehuset 63 kan omfatte minst én sentralisert database 65 innrettet for å lagre utstyrsinformasjon for flere stigerørlengder 29 og andre stigerørdeler av interesse utplassert på flere atskilte fartøysteder. Utstyrsinformasjonen kan for eksempel omfatte delenummer, serienummer, relevant produksjonsinformasjon, driftsprosedyrer, og all vedlikeholdsinformasjon (omfattende detaljert informasjon om vedlikeholdets karakter), bare for å nevne noe. Denne informasjonen blir i alminnelighet lagt inn i systemet 30 ved tilvirkning eller vedlikehold. Databasen 65 kan også ta vare på utplasserings- og lasthistorieinformasjon, som blir samlet inn

automatisk fra datamaskiner 41 om bord på hvert fartøy 27 som er utstyrt med stigerør-livsløpforvaltningssystemet. Datamaskinene 41 på fartøyene kan i sin tur hente ut dataene fra én eller flere identifiseringsanordninger 71 (se f.eks. figur 3) fortrinnsvis plassert på hver stigerørlengde 29 eller andre stigerørdeler eller annet utstyr som skal spores.

Ifølge en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse blir identifiserings- og utplasseringsdataene for hver stigerørlengde 29 (eller andre aktuelle stigerørdeler) kommunisert for eksempel til datamaskinen 41 på fartøyet ved hjelp av en etikett så som for eksempel en RFID-brikke eller -etikett 71 (se f.eks. figur 3) anordnet på hver stigerørlengde 29, og en passende stigerørlengde-identifiseringsføler eller -mottaker 73 som er anordnet for eksempel i eller nær ved brønnluken 31, fortrinnsvis på arbeidsbordet 32, om et slikt anvendes, og som er operativt koblet til eller på annen måte står i kommunikasjon med datamaskinen 41 på fartøyet gjennom det lokale kommunikasjonsnettverket 43 om bord på fartøyet. Når en stigerørlengde 29, for eksempel, blir kjørt ned eller hentet opp leser føleren/mottakeren 73 på arbeidsbordet 32 av den unike stigerør-del-identifikatoren lagret på RFID-etiketten 71, og den kommuniserer denne informasjonen til datamaskinen 41 på fartøyet sammen med et tidsstempel. Datamaskinen 41 på fartøyet sammenlikner da identifiseringsdata med listen av nylig registrerte etiketter. Dersom en duplisert stigerør-del rapporteres, blir den sett bort i fra. Nærmere bestemt, når en anvender automatiserte avleserfølere, vil den samme stigerør-delen kunne bli skannet flere ganger mens den blir landet på arbeidsbordet 32 eller under normal håndtering. Følgelig kan de foretrukne håndteringsprosedyrene omfatte det å forkaste duplisert informasjon eller dupliserte avlesninger innenfor en forhåndsvalgt tidsperiode. Merk at selv om RFID-etiketter 71 gir visse fordeler, andre akseptable identifiseringsinnretninger kan omfatte anordninger som berøringsknapper, strekkoder eller andre lesbare minneanordninger.

Kommunikasjon av lasthistoriedata for hver utplasserte stigerørlengde 29 (eller andre stigerørdeler av interesse) er langt mer komplisert. Som vil bli beskrevet nærmere nedenfor kan kommunikasjon av lastdata for hver stigerørlengde 29 kreve avføling og multipleksing av lastdata gjennom vannsøylen, samtidig som et akseptabelt nivå av feiltoleranse tillates. Forskjellige

dataprogramkomponenter i tilknytning til den landbaserte databasen 65 og/eller datamaskinen 41 på fartøyet anvender deretter lasthistorien for stigerøret for å overvåke tilstanden til de marine stigerørdelene, og gir passende anbefalinger vedrørende tidsbestemmelsen av og karakteren til neste vedlikeholdshendelse.

5 Som angitt over kan i en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse databasen 65 (og/eller databasen 49) f.eks. omfatte tre grunnleggende kategorier av data: data tastet inn av en operatør, data samlet inn automatisk fra en føler eller datamaskin på fartøyet og endelig data avledet direkte av en dataprogramkomponent fra behandling av lagret informasjon. Grunnleggende
10 felte i databasen 65 og/eller 49, ifølge en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse, er beskrevet nedenfor i forbindelse med databasen 65.

Når det gjelder inntastede data kan databasen 65 for hver stigerørdel omfatte et serienummer, delenummer og revisjonsinformasjon, tilvirkningsinformasjon, vedlikeholdsinformasjon og driftsserviceprosedyrer.

15 Serienummeret er det unike serienummeret til den aktuelle stigerør delen. Delenummeret og revisjonsinformasjonen gir dokumentasjon om en stigerør del har blitt undersøkt/fornyhet under sin normale levetid. Tilvirkningsinformasjonen kan omfatte kritisk informasjon som typisk er nødvendig under rutinemessig vedlikehold eller tilstandsovervåkning. For eksempel kan materialeegenskaper og
20 sveisetyper anvendt i tilvirkningen bli anvendt for å bestemme levetid før utmatting etter hvert som stigerør delen utsettes for belastninger. Omvendt kan visse produksjonsfeil, og deres karakter, sammen med eventuelle detaljer om undersøkelses-/fornyelsestidspunkter, være til stor nytte under rutinemessige vedlikeholdsprosedyrer der reparasjon kan være nødvendig.

25 Vedlikeholdsinformasjonen omfatter et antall journaler som er dokumentert under rutinemessig eller uforutsett vedlikehold av stigerør delen. Strukturen til vedlikeholdsinformasjonen omfatter ideelt sett henvisninger til årsaken til vedlikeholdet, hvor og når jobben ble utført samt hvem som utførte jobben, og eventuelle spesialinstrukser for fremtidig vedlikehold. Driftsserviceprosedyrene gir
30 dokumentasjon om produsentens anbefalte driftsprosedyrer. Driftsprosedyrene er fortrinnsvis lagret på et eget sted og koblet til delenummeret på en måte som ikke ses av brukeren, for å lette gjennomføring av oppdateringer for produsenten.

Når det gjelder automatisk innsamlede data kan databasen 65 for hver stigerørdele omfatte utplasseringsinformasjon og én eller flere lasthistorietabeller, sammen med en logg for oppspenningsanordningen og/eller andre fartøyrelaterte data. Utplasseringsinformasjonen kan omfatte data som identifiserer hvor og når den aktuelle stigerørdele ble anvendt. Som sådan vil utplasseringsinformasjon referere til et gitt felt, tidsstempelen for når stigerøret ble kjørt ut og tidsstempelen for når det ble trukket opp. Annen nyttig utplasseringsinformasjon, så som posisjonen til stigerørdele i forhold til vannlinjen, kan også være lagret eller bli bestemt automatisk basert på utplasseringssekvensen og lengden til hver stigerørlengde 29. Ifølge en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse blir utplasseringsinformasjonen sendt til databasen 65 via en RFID-etikett, som er innlemmet i stigerørdele på et gitt sted. Som vil bli beskrevet nærmere nedenfor vil bevegelse av RFID-etiketten 71 forbi en RFID-leser/føler 73, plassert for eksempel på stigerør-arbeidsbordet 32, trigge RFID-etiketten 71 til å sende et signal til føleren/mottakeren 73.

Lasthistorietabellene kan gi et fullstendig bilde av lasten påført på stigerørdele. Lasthistorietabellene kan omfatte historien i tidsdomenet og i frekvensdomenet. Lasthistorietabellene gitt i tidsdomenet kan gi sanntids stigerørsbelastning for en brukerdefinert tidsperiode (f.eks. 3 måneder). Lasthistoriedata som er eldre enn den definerte tidsperioden, eller alternativt en kombinasjon av slike eldre data sammen med nyere data, kan imidlertid bli og blir fortrinnsvis tatt vare på i frekvensdomenet, som spenner over all tilgjengelig stigerørshistorie. Det bemerkes at stigerørets lasthistorie i tidsdomenet blir anvendt for å beregne stigerørslaster i frekvensdomenet. I tillegg kan informasjonen i tidsdomenet bli anvendt for å trekke ut ekstremt store stigerørslaster og den aktuelle hendelsen de er forbundet med, og kan bli anvendt for intern validering av resultatene avledet fra frekvensdomenedataene.

De målte tidsdomenebaserte dataene kan avhenge av typen føler anvendt på stigerørdele. Dersom for eksempel kun akselerometere blir anvendt på en stigerørlengde 29 for å identifisere belastningen på individuelle stigerørlengder, vil det da en sanntidsavbildning av stigerørets akselerasjoner bli tilveiebrakt. Ytterligere prosessering vil da kunne anvendes for å regne om informasjonen til en sanntidsavbildning av stigerørspenningene. For eksempel kan en modelldatabase

(ikke vist) bli anvendt for å modellere lastene påført på hver utplasserte stigerør lengde 29 basert på avbildningen av akselerasjonene i stigerøret, og/eller bestemt krumning og/eller retning for én eller flere av de utplasserte stigerør lengdene 29. Alternativt, dersom tøying av stigerør lengden 29 blir målt, enten på direkte eller indirekte måte, kan spenningsdata for stigerør lengden bli beregnet gjennom en forholdsvis enkel behandling av tøyingsdataene i kombinasjon med forhåndskunnskapen om én eller flere stigerør del-parametere, så som for eksempel "spenningsforsterkningsfaktor" (SAF – Stress Amplification Factor) i forhold til posisjonen til lastføleren (måleinstrumentet) på stigerøret.

Uavhengig av typen måleinstrumentføler eller -modul anordnet på stigerør lengden 29 eller en annen stigerør del kan oppbygningen til databasen 65 gi tilstrekkelig fleksibilitet for fremtidig utskiftning og oppgradering av måleinstrumentføleren eller -modulutstyret til en annen type.

Merk at det skilles mellom tidsdomenebaserte og frekvensdomenebaserte data. Dynamiske data blir i alminnelighet representert i tidsdomenet. For eksempel er en graf som viser høyden (amplituden) til en bølge som funksjon av tid over to år en enkel tidshistorie av bølgen representert i tidsdomenet. Denne informasjonen kan også bli representert i frekvensdomenet, i alminnelighet på en langt mer kompakt måte, men på bekostning av et visst tap av detalj. For eksempel, i eksempelet beskrevet over, i stedet for å spore høyden til bølgen som funksjon av tid, kan en opprette en tabell med hundre rader, som hver representerer et område av bølgehøyder (eller mer foretrukket RMS-verdien for bølgehøydene) og også en periode og en sannsynlighet for hver kombinasjon av bølgehøyde og bølgeperiode. Jo flere rader i tabellen, jo finere område av bølgehøyder, og således bedre oppløsning. Som en kan forvente vil to år av bølgehøydedata, dersom de representeres i tidsdomenet med en samplingsrate på en gang i sekundet, resultere i over 60 millioner dataposter, mens den samme informasjonen representert i frekvensdomenet vil resultere i en tabell med så lite som hundre dataposter. Frekvensdomenetabellen vil imidlertid i alminnelighet miste informasjonen om transienter mellom bølger. Videre er gjennomføring av numeriske operasjoner på datasett representert i frekvensdomenet vanligvis betydelig mer effektivt, men på bekostning av at en mister klarhet under transienter (i dette tilfellet mellom to bølger) og at en ofte må punktsjekk med

analytiske resultater fra tidsdomenedata for å sikre nøyaktigheten. Analyser i frekvensdomenet er imidlertid nøyaktige nok og tilfredsstillende i de fleste tilfeller, og spesielt for evaluering av utmatting ifølge en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse.

5 Loggen for oppspenningsanordningen kan muliggjøre lagring av forskjellige parametere, så som for eksempel strekkinnstilling, påført strekk og vandringen til oppspenningsanordningen, som kan bli anvendt alene eller sammen med lasthistoriedata for stigerørlengder for å bestemme forskjellige innstillinger nødvendig for å justere belastningen på stigerørlengder og for å formulere
10 styresignaler for å foreta justeringer i sanntid, som beskrevet nærmere nedenfor.

 Når det gjelder beregnede data kan databasen 65 for hver stigerørdeel omfatte en strekkforsterkningsfaktor-(SAF)-tabell, lasthistorietabellen i frekvensdomenet, en matrise av maksimalamplituder og estimert gjenværende levetid før utmatting. SAF-tabellen for stigerørdeelene kan være en kompakt tabell
15 som lister de kritiske stedene (posisjonene) på stigerør delen hvor utmattingsberegningene bør bli utført, for eksempel på koblingsflensene. SAF-tabellen kan også inneholde selve SAF-verdien for hvert respektive sted, sammen med SAF-referanseinformasjon (f.eks. nominell utvendig rørdiameter og veggtykkelse).

20 Den frekvensdomenebaserte lasthistorietabellen, som angitt tidligere, kan gi operatøren en omfattende avbildning av lastene påført på hver spesifikke stigerørlengde 29 og til syvende og sist lastene påført på hele stigerørstrengen 23. Den frekvensdomenebaserte lasthistorietabellen kan for eksempel bli anvendt for å evaluere den totale utmattingskaden på stigerør delen. Denne informasjonen
25 kan beregnes gjennom transformasjon av et stort volum av tidsdomenebasert stigerør lasthistorie til en forholdsvis kompakt tabell i frekvensdomenet. En komponent av et dataprogramprodukt kan utføre transformasjonen og kan oppdatere tabellen regelmessig (f.eks. én gang om dagen, eller som reaksjon på en spørring, etc.). Uavhengig av typen data som blir samlet inn av
30 belastningsmåleinstrumentfølerne/-modulene (f.eks. akselerasjoner, tøyning, krumning, etc.) på stigerør delen, kan frekvensdomenetabellen bli behandlet slik at den kun inneholder bestemte størrelser som er av spesiell interesse (f.eks. tøyninger eller spenninger). Med andre ord kan to transformasjoner bli utført

samtidig for å generere den endelige tabellen i frekvensdomenet, datakonvertering (beregning eller modellering) for å generere en størrelse av interesse og en datatransformasjon fra tidsdomenet til frekvensdomenet.

Matrisen av maksimalamplituder kan tilveiebringe maksimale
 5 amplitudeverdier for én eller flere parametere av interesse. Ettersom volumet av data som lagres er forholdsvis lite, kan maksimalamplitudetallene bli lagret for hver stigerørdeel for hver bore-/kompletteringsoperasjon, med en referanse til navnet på feltet og også på brønnen.

Stigerør-livsløpforvaltningssystemet 30 omfatter også forskjellige
 10 komponenter på fartøyet og på stigerøret. For eksempel har datamaskinen 41 på fartøyet, sammen med kommunikasjonsnettverket 43 på fartøyet, databasen 49, RFID-etikettene 71 og stigerørlengde-identifiseringsføleren eller -mottakeren 73, allerede blitt identifisert. Videre kan systemet 30 også omfatte stigerørlengde-måleinstrumentmoduler 91 som hver er posisjonert for å avføle en last,
 15 representert ved tøynings-, stigerørkrummings- eller akselerometerdata, etc., påført på én enkelt av stigerørlengdene 29 som danner stigerørstrengen 23, en stigerørlengde-lastdatamottaker 93 anordnet på eller på annen måte koblet til fartøyet 27 ved eller i nærheten av havoverflaten og operativt koblet til det lokale kommunikasjonsnettverket 43 på fartøyet for å motta lastdata for hver av de
 20 utplasserte stigerørlengdene 29 fra stigerørlengde-måleinstrumentmodulene 91, og et undergrunns kommunikasjonsmedium 95 illustrert som tilveiebrakt av en sekvens av ROV-utskiftbare, trådløse datatelemetristasjoner som tilveiebringer en kommunikasjonsvei mellom hver av måleinstrumentmodulene 91 og lastdatamottakerne 93 gjennom en vannsøyle i tilknytning til stigerørstrengen 23.
 25 Som er vist i figurene 3 og 4 kan hver instrumentmodul 91 (f.eks. datatelemetristasjon) omfatte en prosessor 101 i kommunikasjon med minst ett følerelement 103, cacheminne 105 for å lagre innsamlede lastdata, en kraftkilde 107, fortrinnsvis omfattende et batteri eller en annen energilagringsanordning, og en datasender/multiplekser 109 for å forsyne både innsamlede og mottatte
 30 belastningsdata til stigerørlengde-lastdatamottakeren 93, enten direkte eller via én eller flere av de andre instrumentmodulene 91. En mer detaljert beskrivelse følger nedenfor, omfattende en beskrivelse av andre utførelser:

Måleinstrumentmodulene 91 kan bestemme størrelsen til lastene påført på stigerørstrengen 23 for å beregne spenningsverdiene forskjellige steder på stigerørlengden 29 eller en annen stigerørdele. Det finnes en rekke forskjellige måter som kan anvendes for å måle spenningene i stigerøret. Et foretrukket alternativ er en metode som leser av tøyningene i stigerøret ved føleren 103, siden det å regne om tøyingsdata til spenninger er forholdsvis enkelt og kan gjøres ved hjelp av en forholdsvis enkel dataprogramkomponent. Alternativt kan stigerørets dynamikk bli bestemt ved hjelp av akselerometere, noe som kan kreve et mer komplisert sett av operasjoner for omregning til materialspenning, fra hvilken den funksjonsdyktige levetiden (f.eks. før utmatting) deretter kan beregnes. Andre målealternativer er imidlertid innenfor rammen til foreliggende oppfinnelse. Uansett målemetode kan lastdataene som blir sendt til stigerørlivsløpsforvaltningstjeneren 51 enten være i form av ubehandlede data eller bli konvertert til lokale spenninger av datamaskinen 41 på fartøyet, eller være i en midlertidig form dersom noe av prosesseringen blir utført av instrumentmodulene 91.

I en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse bæres føleren 103 av en tynn påklemt komposittmatte (ikke vist) som kan anvendes for nøyaktig bestemmelse av utbøyningen av stigerørlengden 29. I en slik utførelse er matten fortrinnsvis omtrent 91 cm (3 fot) lang og dekker omtrent 170 grader av periferien til stigerørlengden 29. Hver matte inneholder optiske fibre koblet til en elektronisk føler 103 som er avstemt for å måle bølgelengden til lyset i fibrene. Ettersom komposittmattens stivhet er betydelig mindre enn den til materialet som danner stigerørlengden 29, inntar matten antar den samme krumningen som den stigerørlengden 29 den er koblet til, og endrer således lengden til de fiberoptiske ledningene innlemmet i matten og den målte bølgelengden. Som angitt over er forskjellige andre måter å posisjonere eller bære føleren 103 kjent for fagmannen innenfor rammen til foreliggende oppfinnelse.

I en foretrukket utførelse blir instrumentavlesningene gjort av hver måleinstrumentmodul 91 sendt fra én stigerørlengde 29 eller en annen stigerørdele til den neste, multiplekset med de gjeldende instrumentavlesningene og sendt videre inntil de kommer til mottakeren 93 på fartøyet. Denne mottakeren 93 sender i sin tur hele datastrømmen til datamaskinen 41 på fartøyet for prosessering og kommunikasjon tilbake til stigerørlivsløpsforvaltningstjeneren 51 og databasen 65

på land. Selv om datamultipleksing er et godt forstått konsept, skaper kommunikasjon gjennom vannsøylen visse utfordringer. Forskjellige alternativer for datatelemetri er kabelbasert, akustisk, elektromagnetisk og laserbasert telemetri.

5 Kabelbaserte overføringsmedier er sannsynligvis den enkleste metoden for kommunikasjon av en stor mengde data. Det kabelbaserte alternativet har imidlertid noen viktige ulemper. Blant annet vil en skadet ledning, spesielt nær toppen av stigerørstrengen 23, kunne føre til totalt tap av data fra et betydelig flertall av stigerørlengdene 29 eller andre stigerørdeler. I tillegg vil et kabelbasert
10 alternativ typisk kreve vanntette gjennomføringer ved hver stigerørlengde 29. Ved utkjøring og opphenting av stigerørstrengen 23 blir disse gjennomføringene utsatt for et risikabelt miljø med hensyn til "mishandling" og kontaminanter, som alltid er tilstede under stigerørsoperasjoner. Det kabelbaserte alternativet kan være mer praktisk som en lask mellom to tilstøtende stigerørlengder 29, men ideelt sett bare
15 som en kortsiktig løsning når den primære datatelemetrien for stigerøret har brutt sammen. Et slikt alternativ vil typisk uansett kreve et visst nivå av ROV-intervensjon.

Akustikk er sannsynligvis den best etablerte kommunikasjonsformen for undervanns datatelemetri. Akustikk har et antall fordeler og noen ulemper, som
20 begge er godt forstått. Over veldig korte avstander (omtrent 70 meter) er en datahastighet på 500 kbps oppnåelig med en bærerfrekvens på ~1 MHz. Denne båndbredden er større enn den som er nødvendig for telemetri over en avstand som spenner over to stigerørlengder 29 eller andre stigerørdeler. I en utførelsesform av systemet som anvender akustikk er hver stigerørdel utstyrt med
25 en sender/mottaker-enhet som mottar data, ignorerer den delen som ikke er adressert til den, multiplekser de innkommende dataene med sine egne føleravlesninger, koder dem med sin identifikasjon og deretter sender den kombinerte datapakken til neste stigerørdel, som anvender samme prosedyre for å legge til ytterligere data og sende dem videre. I en foretrukket utførelse er hver
30 stigerørdel innledningsvis programmert til kun å kommunisere med de stigerørdelene som befinner seg umiddelbart over og under seg som har en måleinstrumentmodul 91, den ignorerer dataene ment for andre stigerørdeler. Denne sekvensieringen blir utført under utplassering av stigerøret. Dersom et

datatelemetrisystem på en stigerørdel svikter blir det sendt ut et signal fra overflaten, for eksempel, som løper gjennom alle stigerørdele utstyrt med en instrumentmodul og utfører en resekvensiering av sender/mottaker-enhetene slik at den defekte stigerørdele blir fjernet fra kjeden. Alternativt kan

5 instrumentmodulene 91 ovenfor den defekte instrumentmodulene 91 for eksempel omfatte lagrede instruksjoner som gjør at når den ikke detekterer noe signal fra sin tilstøtende instrumentmodul 91, denne modulene begynner å lytte på den nest nærmeste instrumentmodulene 91.

Når akustikk anvendes, som med andre ikke kabelbaserte
10 telemetrialternativer, er forvaltning av batteriets levetid en nøkkel for å sikre en tilfredsstillende lang driftstid. For å være robust kan tilstrekkelig batterilevetid, f.eks. minst seks måneder, enkelt bli tildelt til hver stigerørdel for at den skal tilfredsstille kravene fra dens forskjellige delsystemer gjennom hele bore-/kompletteringskampanjen. Bruk av sjøvannbatterier, som en alternativ kraftkilde,
15 kan bidra til å kompensere for denne begrensningen. I tillegg kan instrumentmodulene 91 være programmert til å muliggjøre periodisk overføring av data, for eksempel én gang hvert 30. sekund eller sjeldnere, slik at sender/mottaker-enhetene 109 er i lyttemodus mesteparten av tiden. Videre kan instrumentmodulene 91 være forsynt med tilstrekkelig minne 105 ikke bare til å
20 lagre data for de periodiske overføringene, men også til å lagre data for en forhåndsvalgt tidsperiode dersom datakommunikasjonen bryter sammen mens utbedrende tiltak blir iverksatt. I en annen utførelsesform av foreliggende oppfinnelse muliggjør akustikksystemet flerbånds overføring både for å kompensere for sammenbrudd av enkeltbåndsignaler, når dette inntreffer, og for å
25 øke overføringsbåndbredden.

Elektromagnetisk eller EM-(radio)-kommunikasjon kan anvendes, selv om dette ikke i særlig grad benyttes under vann. Et grunnleggende problem med EM er vanskelighetene forbundet med å tilveiebringe datakommunikasjon gjennom det strømledende sjøvannet, noe som tradisjonelt har krevet forholdsvis lange
30 antenner og høy effekt. EM-kommunikasjon gir en viktig fordel med hensyn til installasjon, men på bekostning av en forholdsvis begrenset rekkevidde. For eksempel vil en rekkevidde på 55 meter begrense kommunikasjonsoverføringshastigheten til to siffer, og bredbåndskommunikasjon

har typisk en overføringsrekkevidde begrenset i beste fall til noen få tommer. En av de viktigste fordelene med bruk av EM er imidlertid evnen til å gi et praktisk alternativ til kabler. I slike tilfeller kan hver måleinstrumentmodul 91 inneholde en forseglest EM-transceiver nær ved hver stigerørkobling, fortrinnsvis plassert slik at de befinner seg nær ved hver av de andre transceiverne når stigerørlengdene 29 er koblet, og således muliggjør bredbåndskommunikasjon. Data mellom stigerørkoblinger på hver enkelt stigerørlengde 29 blir da kommunisert via kabler. Føleren 103 og annen maskinvare kan gjerne befinne seg ett eller annet sted (som ønsket) langs lengden av stigerørlengden 29, direkte koblet til ovennevnte kabel. I tillegg kan slik EM-basert kommunikasjonsteknologi utvides med laserbasert eller akustisk kommunikasjon for å tilveiebringe et samlet sett mer robust datatelemetrisystem.

Laserbasert (optiske bølger) telemetriteknologi kan også anvendes. Selv om lasertelemetri krever mer retningspresisjon enn akustikk, er lasertelemetri enkelt å realisere, spesielt når den anvendes på de forholdsvis rette stigerørlengdene 29. Optiske bølger vil imidlertid påvirkes av spredning.

Uavhengig av kommunikasjonsmediet eller kommunikasjonsmediene 95 som anvendes må en oppnå et forhåndsvalgt nivå av feiltoleranse. En er nødt til å anta at komponenter i måleinstrumentmodulene 91 på hver stigerørddel vil kunne svikte fra tid til annen. Slik svikt trenger imidlertid ikke være en direkte følge av elektronikken, men kan henge sammen med det tøffe miljøet/behandlingen som utstyret blir utsatt for under drift eller utplassering. Utførelser av det ene eller de flere undervanns kommunikasjonsmediene 95 må ikke desto mindre fungere når elektronikken på én eller flere stigerørddeler ikke er i drift. Feiltoleransealternativene som velges er en funksjon av miljøet, typen stigerørssystem og den ønskede operasjonelle ytelsen. Noen få utvalgte eksempler på telemetrialternativer for feiltoleranse er: bruk av resekvensiering av stigerørddeler, bruk av variabel effekt, bruk av kablede lasker, bruk av ROV-utskiftbare datatelemetristasjoner samt bruk av større RAM på fartøyene.

Som angitt tidligere gir alternativet med resekvensiering av stigerørddeler en feiltoleransemetode der data blir sendt for å dekke et spenn på flere enn én stigerørddel, og der hver måleinstrumentmodul 91 opererer på dataene ment for den og ignorerer resten av dataene. Ved en feil i en stigerørlengde 29 eller en

annen stigerørdeel i stigerørstrengen 23 som bærer en måleinstrumentmodul 91, kan et signal bli sendt fra overflaten for å resekvensiere sender/mottaker-enhetene 109 til å hoppe over den defekte modulen 91. Dette er mulig fordi rekkevidden til signalet til instrumentmodulene 91 kan velges slik at den dekker to eller flere
5 stigerørdeeler.

Alternativet med variabel effekt gir en feiltoleransemetode der, i forbindelse med akustikk, for eksempel, instrumentmodulen 91 vil avstemme sender/mottaker-enheten 109 slik at den normalt bare vil kommunisere med stasjonen umiddelbart ovenfor eller nedenfor den. Ved en feiltilstand vil et signal bli sendt ut fra overflaten
10 som instruerer hver måleinstrumentmodul 91 til å kringkaste med høyere effekt, slik at den rapporterer til i hvert fall de to nærmeste stasjonene. Et slikt system kan blant annet anvendes for å lokalisere feilen og instruere de fungerende instrumentmodulene 91 umiddelbart ovenfor og nedenfor den defekte instrumentmodulen 91 til å kjøre med høyere effekt, og returnere resten av
15 modulene 91 til normal kraftforbruksmodus.

Feiltoleransemetoden med kabellasker foreskriver et avhjelpende alternativ som krever ROV-intervensjon. I dette scenariet kan en defekt måleinstrumentmodul 91 aksesseres av kabellasker mellom den og stasjonene umiddelbart ovenfor og nedenfor.

Alternativet med ROV-utskiftbare datatelemetristasjoner gir en
20 feiltoleransemetode som er tilsvarende kabelalternativet, bortsett fra at hele maskinvarepakken, vanligvis minus føleren 103 og tilhørende leverings-/installasjonsutstyr, enkelt kan byttes ut ved hjelp av en ROV.

Alternativet med RAM på fartøyet er en feilmethode der en mengde ekstra
25 RAM eller annet minne 105 er tilveiebrakt for å lagre data dersom datatelemetriandelen av instrumentmodulen 91 ikke fungerer, mens føleren 103 fortsetter å samle inn data. Mengden minne 105 er lineært proporsjonal med hvor mye tid som forventes nødvendig for utbedrende tiltak. Et veldig robust system vil være et som kan lagre flere måneder med følerdata lokalt, i tillegg til flere dager
30 med følerdata fra stigerørdeelen umiddelbart nedenfor. Dette avhenger helt klart av mengden og volumet av informasjon operatøren ønsker skal samles inn av følerne 103 og prisen på minnet 105.

Mens noen få alternativer for feiltoleranse er beskrevet over, skal det bemerkes at forskjellige andre feiltoleransealternativer kan innlemmes i alle delsystemer. Dette kan omfatte integritetssjekker av data som blir sendt fra fartøyet til land så vel som tilgjengelighet av en database ved en redundant datasentral.

Uavhengig av mediet eller mediene for undervannskommunikasjon, ifølge en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse, mottar datamaskinen 41 på fartøyet de forskjellige følerdataene, sorterer dem, legger til ytterligere informasjon (dvs. feltnavn, brønnummer og annen relevant informasjon) og videresender dem til det landbaserte datavarehuset 63 over et kommunikasjonsnettverk, så som for eksempel det globale kommunikasjonsnettverket 61. Som en oppbakking lagrer datamaskinen 41 på fartøyet hele historien for den aktuelle brønnen som bore-/kompletterings-/produksjonsoperasjon, etc. blir utført over.

I den illustrerte utførelsesformen av systemet mottar datamaskinen 41 på fartøyet med jevnlig mellomrom den siste lasthistorien for hver av dets stigerørdele i frekvensdomenet fra datavarehuset 63. Datamaskinen 41 på fartøyet utfører også rutinemessig overvåking av tilstanden til de forskjellige stigerørdelene, for eksempel flere ganger i minuttet.

Datamaskinen 41 på fartøyet kan tjenlig tilveiebringe et primært alarmsystem for når enten en uregelmessighet blir oppdaget direkte fra en instrumentmodul 91, eller når raskere utmattingsskade er predikert. Eksempler på uregelmessighet i de avfødte dataene kan være overdrevent høye spenninger, utbøyninger, akselerasjoner, etc. Integrerte rutiner tilveiebrakt av dataprogramkomponenter, beskrevet i detalj nedenfor, kan bestemme kilden for uregelmessigheten og varsle operatøren om den mulige årsaken. For eksempel kan hvirvelskapt vibrasjon ("VIV") forårsaket av hvirvelavløsning VX bli rapportert på en 91 meter lang seksjon av stigerøret rundt 150 meter under vannlinjen dersom den opplever høyfrekvente oscillerende spenninger på tvers av strømningsbevegelsen. I et slikt tilfelle kan datamaskinen 41 på fartøyet iverksette ytterligere overvåking av den eksiterte stigerørlengden 29 eller seksjonen, og predikere tilstanden til stigerørlengden 29 eller seksjonen flere dager, uker eller måneder på forhånd. Det bemerkes at i en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse, den landbaserte stigerør-livsløpforvaltningstjeneren 51 omfatter

dataprogramkomponenter for å utføre mer omfattende tilstandsovervåkningssjekker, men på bekostning av en tidsforsinkelse i rapporteringen av resultatene. Videre, etter å ha oppdaget en slik hendelse, kan datamaskinen 41 på fartøyet, over kommunikasjonsnettverket 43 på fartøyet, 5 sende kommandoer til en oppspenningsanordning-styringsenhet 39 (figur 5) for å bevirke styring av oppspenningssystemet 35, 35' for å redusere eller undertrykke innvirkningen av de hvirvelskapte vibrasjonene.

Som kanskje best kan sees i figurene 6 og 7 omfatter utførelsesformer av foreliggende oppfinnelse et programprodukt for livsløpsforvaltning av stigerør 120 10 lagret i minnet 57 i stigerørlivsløpsforvaltningstjeneren 55 for å overvåke og forvalte flere stigerørdeler omfattende stigerørlengder 29 som befinner seg på flere atskilte fartøysteder (f.eks. på eller utplassert fra hvert fartøy 27). Tilsvarende omfatter utførelsesformer av foreliggende oppfinnelse et programprodukt for forvaltning av stigerørdeler 120' lagret i minnet 47 i datamaskinen 41 på fartøyet 15 for å overvåke og forvalte flere stigerørdeler omfattende stigerørlengder 29 allokert til det aktuelle fartøyet 27. Ettersom de fleste av dataprogramkomponentene som kjøres av datamaskinene på fartøyene 41 og stigerørlivsløpsforvaltningstjeneren 51 funksjonelt er veldig like, vil dataprogramkomponentene i hovedsak bli beskrevet under henvisning til de som enten utelukkende eller også blir kjørt av 20 stigerørlivsløpsforvaltningstjeneren 51.

Merk at stigerørlivsløpsforvaltning-programproduktet 120 og stigerørdelforvaltning-programproduktet 120' kan være i form av mikrokode, programmer, rutiner og symbolbaserte språk som tilveiebringer ett eller flere spesifikke sett av ordnede operasjoner som styrer virkemåten til maskinvaren og 25 styrer kjøringen av den, som vil være kjent for og forstås av fagmannen. Merk også at hverken stigerørlivsløpsforvaltning-programproduktet 120 eller stigerørdelforvaltning-programproduktet 120', i en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse, i sin helhet trenger å befinne seg i volatilt minne, men selektivt kan bli lastet inn som nødvendig i henhold til forskjellige metoder, som vil være kjent for 30 og forstås av fagmannen. Videre omfatter stigerørlivsløpsforvaltning-programproduktet 120 og stigerørdelforvaltning-programproduktet 120' begge forskjellige funksjonelle elementer som vil bli beskrevet i detalj nedenfor, og som er gruppert og navngitt som de er kun for å bedre oversikten. Fagmannen vil forstå

at de forskjellige funksjonelle elementene ikke fysisk trenger å være realisert i noe som helst hierarki, men enkelt kan realiseres som individuelle objekter eller makroer. Forskjellige andre former kan også anvendes, som vil være kjent for og forstås av fagmannen. Merk videre at selv om den følgende beskrivelsen av funksjonelle komponenter i hovedsak er rettet mot stigerørlengder 29, fagmannen vil se at denne funksjonaliteten kan innbefatte andre stigerørdeler av interesse.

Ifølge en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse kan stigerørlivsløpsforvaltning-programproduktet 120 omfatte en utplasserings- og posisjonssporer 111 for stigerørdeler, en stigerørdel-lasthistoriestyrer 123, en stigerørvedlikeholdsstyrer 125 og en stigerørdel-lastdatainnsamlingsstyrer 127, som når de blir kjørt av stigerørlivsløpsforvaltningstjeneren 51 bevirker tjeneren 51 til å utføre forskjellige operasjoner som beskrevet nedenfor. Utplasserings- og posisjonssporeren 121 kan tjene til å motta undervanns utplasserings- og relative posisjoneringsdata for flere stigerørlengder 23 innrettet for bli utplassert for å danne forskjellige marine stigerørstrenger 23 i tilknytning til de flere fartøyene 27.

Stigerør-lasthistoriestyreren 123 forvalter og manipulerer lasthistorien. Ifølge en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse omfatter stigerør-lasthistoriestyreren 123 en stigerørdel-lasthistorie-mottaker 131, en stigerørdel-lasthistorie-registrator 133, en tid-til-frekvensdomene datatransformator 135 for stigerørdel-lasthistorie, og en stigerørdel-lasthistorie-sender 137. Stigerørdel-lasthistorie-mottakeren 131 kan tjene til å motta lasthistoriedata for hver av stigerørlengdene 29 eller andre stigerørdeler fra hvert fartøy 27 og til å lagre lasthistorien i en database, så som for eksempel databasen 65. Stigerørdel-lasthistorie-registratoren 133 kan tjene til å opprette og lagre en tidsdomenebasert lasthistorietabell som, som beskrevet over, i sanntid kan tilveiebringe stigerørbelastningen som påføres på hver av stigerørlengdene 29 eller annet stigerørdelutstyr for hvert fartøy 27 eller andre enheter for en forhåndsvalgt tidsperiode, og kan tjene til å lagre maksimalamplituder for én eller flere parametere av interesse for hver av stigerørlengdene 29 eller andre stigerørdeler, for eksempel i form av en matrise av maksimalamplituder, som beskrevet over. Tid-til-frekvensdomene datatransformatoren 135 kan tjene til å transformere tidsdomenebaserte lasthistoriedata til frekvensdomenet og til å tilveiebringe en frekvensdomenebasert lasthistorietabell, som beskrevet over, for med det å

muliggjøre lagring av hovedsakelig all tilgjengelig lasthistorie for hver av stigerørlengdene 29 eller andre stigerørdeler, for å redusere kravet til lagringsplass og for å redusere prosesseringstiden som kreves for å analysere dataene. Stigerør-del-lasthistorie-senderen 137 kan tjene til å sende den

5 frekvensdomenebaserte lasthistorien for en delmengde av stigerørlengdene 29 eller andre stigerørdeler som danner en tilhørende utplassert stigerørstreng 23 til en datamaskin 41 om bord på fartøyet 27 som utplasserer delmengden av de flere stigerørlengdene 29 eller andre stigerørdeler. Dette kan skje over et kommunikasjonsnettverk, så som for eksempel det globale

10 kommunikasjonsnettverket 61.

Stigerørvedlikeholdsstyreren 125 styrer bestemmelse og tidsplanlegging av vedlikeholdskrav. Stigerørvedlikeholdsstyreren 125 kan omfatte en stigerør-del-utmattingsbestemmer 141, en stigerør-del-utmattingslevetidsestimator 143, en undervanns brønnhodesystem-analysator 145, en stigerør-del-

15 vedlikeholdsplanlegger 147 og en stigerør-del-vedlikeholdsvarsler 149. Stigerør-del-utmattingsbestemmeren 141 kan tjene til å estimere tilstanden til hver av stigerørlengdene 29 og andre stigerørdeler av interesse fra stigerørlengde-lastdataene mottatt fra datamaskinene på fartøyene 41 eller stigerørspenningsdata (som funksjon av tid) enten mottatt fra datamaskinene på

20 fartøyene 41 eller bestemt fra de mottatte stigerørlengde-lastdataene av tjeneren 51, eller en kombinasjon av dette, for hver stigerørlengde 29 eller andre stigerørdeler av interesse på tvers av spekteret av fartøy og enheter i kommunikasjon med stigerørlivsløpsforvaltningstjeneren 51. Stigerør-del-utmattingslevetidsestimatoren 143 kan tjene til å estimere gjenværende levetid før utmatting for hver av stigerørlengdene 29 eller andre stigerørdeler av interesse fra

25 de mottatte lastdataene, lagrede lasthistoriedata og spesifikke materialelegenskapsdata for hver respektive stigerør-del, eller en kombinasjon av dette, og til å sende ut en varslings når levetiden før utmatting for en respektiv stigerør-del faller under et forhåndssatt triggernivå som krever inspeksjon.

30 Undervanns brønnhodesystem-analysatoren 145 kan tjene til å predikere størrelsen til lasten påført på et undervanns brønnhodesystem 25 basert på lasthistoriedata for en delmengde av stigerørlengdene 29 og/eller stigerørdelene som danner en tilhørende marin stigerørstreng 23.

Stigerørdelvedlikeholdsplanleggeren 147 kan tjene til å generere en tidsplan av rutinemessige vedlikeholdshendelser for hver stigerørlengde 29 eller andre stigerørdele av interesse, basert på de mottatte lastdataene, den lagrede lasthistorien og respektive stigerørdeleers materialeegenskaper, eller en

5 kombinasjon av dette, og til å generere uforutsette vedlikeholdshendelser basert på en uregelmessighet i lastdataene som detekteres i de mottatte lastdataene og resulterer i utløsning av et forhåndssatt utmattingstriggernivå som krever inspeksjon. Stigerørdelvedlikehold-varsleren 149 kan tjene til å sende ut en online varsling som minner en bruker på en nær forestående, planlagt

10 vedlikeholdshendelse, og kan tjene til å sende ut en online varsling som angir et krav om en uforutsett vedlikeholdshendelse når et slikt foreligger.

Stigerørdel-lastdatainnsamlingsstyreren 127 forvalter og undersøker kvaliteten til de innsamlede stigerørdel-lastdataene. Ifølge en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse omfatter stigerørdel-lastdatainnsamlingsstyreren 127 en

15 stigerørdel-følerfeilstyrer 151, en stigerørdel-føleruregelmessighetsdetektor 153, en stigerørdel-følerdatapredikerer 155, en stigerørdel-følerintegritetssjekker 157 og en stigerørdel-følerdatafjerningsstyrer 159. Stigerørdel-følerfeilstyreren 151 kan tjene til å identifisere en defekt måleinstrumentmodul 91 tilknyttet én eller flere av de flere utplasserte stigerørlengdene som danner den marine stigerørstrengen 23,

20 og til å signalisere til én eller flere måleinstrumentmoduler 91 på tilstøtende stigerørlengder at de skal omgå den defekte måleinstrumentmodulen 91 eller til på annen måte å iverksette én eller flere av feiltoleransemetodene beskrevet over, for med det å sørge for hovedsakelig kontinuerlig innsamling av lastdata for hver stigerørlengde-måleinstrumentmodul 91 som befinner seg nedenfor den defekte

25 stigerørlengde-måleinstrumentmodulen 91. Merk at, som vil forstås av fagmannen, typen feiltoleransemetode som anvendes er avhengig av typen kommunikasjonsmedier som benyttes, typen følere knyttet til instrumentmodulene 91 og avstanden mellom modulene 91, som kan, men ikke trenger være tilveiebrakt på hver stigerørlengde 29 som danner stigerørstrengen 23.

30 Stigerørdel-føleruregelmessighetsdetektoren 153 kan tjene til å detektere en uregelmessighet i lastdata når den inntreffer basert på de mottatte last-/lasthistoriedataene. Stigerørdel-følerdatapredikereren 155 kan tjene til å generere predikerte følerdata som en stigerørlengde-måleinstrumentmodul 91 knyttet til én

eller flere utplasserte stigerørlengder 29 eller andre stigerørdeler av interesse, burde rapportere basert på nyere lasthistorie for den respektive instrumentmodulen 91 og/eller verdier tilveiebrakt av andre tilstøtende instrumentmoduler 91 utplassert på samme stigerørstreng 23. Stigerør-
 5 følerintegritetssjekkeren 157 kan tjene til å sammenlikne føleravlesninger fra en stigerørlengde-måleinstrumentmodul 91 tilknyttet én eller flere utplasserte stigerørlengder 29 eller andre stigerørdeler som danner en utplassert stigerørstreng 23, med føleravlesninger for minst to tilstøtende stigerørlengder 29 eller andre stigerørdeler som danner stigerørstrengen 23 for med det å bestemme
 10 integriteten til stigerørlengde-måleinstrumentmodulen 91, og for å flagge føleravlesninger utsendt fra den aktuelle instrumentmodulen 91 når integriteten blir bestemt å være tvilsom. Stigerør-del-følerdatafjerningsstyreren 159 kan tjene til å fjerne flaggede data fra en defekt føler fra aktive journaldata, og eventuelt til å erstatte de fjernede dataene med motsvarende predikerte data generert av
 15 stigerør-følerdatapredikereren 155.

Funksjonaliteten som tilveiebringes av stigerørlivsløpsforvaltning-programproduktene 120 forsyner tjenlig utstyrsforvaltere med sanntids og lagret databaseinformasjon for å vedlikeholde de forskjellige stigerørdelene av interesse. Som et eksempel, i en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse, når en bruker
 20 logger seg inn på systemet, vil brukeren se de forskjellige fartøyene 27 som er utstyrt i samsvar med utførelsesformer av foreliggende oppfinnelse og som er assosiert med brukeren, sammen med grafiske brukergrensesnittselementer som lar brukeren fremsette spørringer etter data basert på fartøy, stigerør-del eller felt. Fartøyspørringen kan tjenlig gi brukeren en liste over alle stigerørdsdelene som er
 25 allokert til fartøyet og tilveiebringe en ytterligere oppdeling i stigerørdeler som for tiden er utplassert, befinner seg på dekk eller er ute for vedlikehold, sammen med forventet returtidspunkt. Denne betraktningen av dataene kan også bli anvendt for å generere en liste over forestående planlagte vedlikeholdshendelser. Stigerør-del-spørringen kan tjenlig gi brukeren et estimat av hvor mye av driftslevetiden som er
 30 brukt av en gitt stigerør-del, sammen med detaljer om de mest ødeleggende hendelsene (f.eks. en gitt orkan). Denne spørringen kan også gi detaljert informasjon om vedlikeholdshistorien til stigerøret og kritisk/relevant tilvirkningsinformasjon. Individuelle stigerørdeler vil kunne flyttes fra ett fartøy 27 til

et annet med sin historie bevart. Feltspørringen kan gi brukeren informasjon for å rekonstruere en stigerørstreng fra en hvilken som helst gitt utplassering.

Tilgjengeligheten av et tidsstempel for hver stigerørutplassering gjør det mulig å bestemme hvor, i vannsøylen, hver stigerørdeel var installert under en hvilken som helst gitt borekampanje. Denne informasjonen kan også bli anvendt for automatisk å generere innmating til et stigerøranalyseprogram.

Som angitt over kan stigerørdeforvaltning-programproduktene på fartøyene 120' i alminnelighet omfatte mye av funksjonaliteten tilveiebrakt av stigerørslivsløpsforvaltning-programproduktet 120, men fortrinnsvis på lokalt fartøynivå heller enn på driftsplan-, flåte- eller selskapsnivå. Følgelig kan stigerørsforvaltning-programproduktet på fartøyene 120' omfatte en utplasserings- og posisjonssporer 121', en stigerørdeel-lasthistoriestyrer 123', en stigerørvedlikeholdsstyrer 125' og en stigerørdeel-lastdatainnsamlingsstyrer 127', som når de blir kjørt av den respektive datamaskinen 41 på fartøyet bevirker datamaskinen 41 til å utføre forskjellige operasjoner, som beskrevet nedenfor.

Utplasserings- og posisjonssporeren 121' kan tjene til å motta undervanns utplasserings- og relative posisjoneringsdata for flere stigerør lengder 23 innrettet for bli utplassert for å danne en marin stigerørstreng 23 i tilknytning til det respektive fartøyet 27.

Stigerør-lasthistoriestyreren 123' forvalter og manipulerer lasthistorien for stigerør lengder 29 eller andre stigerørdeeler av interesse tilknyttet det respektive fartøyet 27. Selv om mye av funksjonaliteten fortrinnsvis er implementert av stigerørslivsløpsforvaltningstjeneren 51, er i en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse stigerør-lasthistoriestyreren 123' likevel forsynt med og omfatter en motsvarende stigerørdeel-lasthistorie-mottaker 131', en stigerørdeel-lasthistorie-registrator 133', en tid-til-frekvensdomene datatransformator for stigerørdeel-lasthistorie 135' og en stigerørdeel-lasthistorie-sender 137', for i hvert fall delvis å utføre funksjoner som utføres av stigerørslivsløpsforvaltningstjeneren 51.

Ifølge en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse kan stigerørdeel-lasthistorie-mottakeren 131' tjene til å motta lasthistoriedata for hver av stigerør lengdene 29 eller andre stigerørdeeler fra stigerørslivsløpsforvaltningstjeneren 51 og til å lagre lasthistorien i en database, så som for eksempel databasen 49. Disse dataene er typisk frekvensdomenebaserte

data. Ifølge en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse kan en tid-til-frekvensdomene datatransformator for stigerørrelasthistorie 135' også, eller alternativt, tjene til uavhengig å transformere tidsdomenebaserte lasthistoriedata til frekvensdomenet og til å tilveiebringe en frekvensdomenebasert lasthistorietabell, som beskrevet over, for med det å muliggjøre lagring av hovedsakelig all tilgjengelig lasthistorie for hver av stigerørlengdene 29 eller andre stigerørrelaster av interesse tilknyttet den utplasserte stigerørstrengen 23 for det respektive fartøyet 27, for å redusere kravet til lagringsplass og for å redusere prosesseringstiden nødvendig for å analysere dataene. Stigerørrelasthistorie-registratoren 133' kan tjene til å opprette og lagre en tidsdomenebasert lasthistorietabell som, som beskrevet over, kan tilveiebringe sanntids stigerørbelastning påført på hver av stigerørlengdene 29 eller annet utstyr for hvert fartøy 27 eller andre enheter for en forhåndsvalgt tidsperiode, og kan tjene til å lagre maksimumamplituder for én eller flere parametere av interesse for hver av stigerørlengdene 29 eller andre stigerørrelaster, for eksempel i form av en matrise, som beskrevet over. Stigerørrelasthistorie-senderen 137' kan tjene til å sende enten ubehandlede data, tidsdomenebaserte data eller frekvensdomenebasert lasthistorie for stigerørlengdene 29 eller andre stigerørrelaster av interesse som danner en tilhørende utplassert stigerørstreng 23, til stigerørsløpsforvaltningstjeneren 51 over et kommunikasjonsnettverk, så som for eksempel det globale kommunikasjonsnettverket 61.

Stigerørvedlikeholdsstyreren 125', tilsvarende som den for stigerørsløpsforvaltning-programproduktene 120, kan styre bestemmelse og planlegging av vedlikeholds krav for stigerørlengder 29 eller andre stigerørrelaster av interesse, spesielt de til det aktuelle fartøyet 27. Stigerørvedlikeholdsstyreren 125' kan omfatte en stigerørrelast-utmattingsbestemmer 141', en stigerørrelast-utmattingslevetidsestimator 143', en undervanns brønnhodesystem-analysator 145', en stigerørrelast-vedlikeholdsplanlegger 147' og en stigerørrelast-vedlikeholdsvarsler 149'. Stigerørrelast-utmattingsbestemmeren 141' kan tjene til å estimere tilstanden til hver av stigerørlengdene 29 og andre stigerørrelaster av interesse fra lastdata for stigerørlengder, f.eks. stigerørspenningsdata (som funksjon av tid) enten mottatt fra måleinstrumentmoduler 91 eller bestemt fra dataene mottatt fra måleinstrumentmodulene 91, lagrede lasthistoriedata og

materialelegenskaper, eller en kombinasjon av dette, for hver stigerørlengde 29 eller andre stigerørdele av interesse generelt for det aktuelle fartøyet 27 eller enheten.

5 Stigerørdele-utmattingslevetidsestimatoren 143' er tilsvarende innrettet for å estimere gjenværende levetid før utmatting for hver av stigerørlengdene 29 eller andre stigerørdele av interesse fra de mottatte lastdataene, lagrede lasthistoriedata og spesifikke materialelegenskapsdata for hver respektive stigerørdele, eller en kombinasjon av dette, og for å sende ut en varslings når utmattingslevetiden til en respektiv stigerørdele faller under et forbestemt utmattingslevetid-triggernivå som krever inspeksjon. Undervannsbørnehodesystem-analysatoren 145' er videre tilsvarende innrettet for å predikere størrelsen på lasten som påføres et undervannsbørnehodesystem 25 basert på de mottatte lastdataene og/eller lagrede lasthistoriedata for de utplasserte stigerørlengdene 29 eller andre stigerørdele av interesse som danner den aktuelle marine stigerørstrengen 23.

15 Stigerørdele-vedlikeholdsplanleggeren 147' kan tjene til å generere en tidsplan for rutinemessige vedlikeholdshendelser for hver stigerørlengde 29 eller annen stigerørdele av interesse basert på de mottatte lastdataene, den lagrede lasthistorien og respektive stigerørdeleers materialelegenskaper, eller en kombinasjon av dette, og til å generere ikke planlagte vedlikeholdshendelser som reaksjon på en lastdata-uregelmessighet når den detekteres i de mottatte lastdataene og resulterer i utløsning av et forbestemt utmattingslevetidbasert triggernivå som krever inspeksjon. Stigerørdele-vedlikeholdsvarsleren 149' kan tjene til å sende ut en online varslings som minner en bruker på en forestående planlagt vedlikeholdshendelse, og kan tjene til å sende ut en online varslings som angir et krav om en uforutsett vedlikeholdshendelse når det foreligger.

25 Stigerørdele-lastdatainnsamlingsstyreren 127' forvalter og undersøker kvaliteten til de innsamlede stigerørdele-lastdataene. Ifølge en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse omfatter stigerørdele-lastdatainnsamlingsstyreren 127' en stigerørdele-følerfeilstyrer 151', en stigerørdele-føleruregelmessighetsdetektor 153', en stigerørdele-følerdatapredikerer 155', en stigerørdele-følerintegritetssjekker 157', en stigerørdele-følerdatafjerningsstyrer 159' og en stigerørdele-lastfølerdatamottaker 161.

Stigerørdel-lastfølerdatamottakeren 161 kan tjene til å motta lastdata innhentet fra måleinstrumentmodulene 91 når stigerørlengdene 29 eller andre stigerørddeler av interesse har blitt endelig utplassert og danner stigerørstrengen 23 og/eller under utplassering. Stigerørrel-følerfeilstyreren 151' kan tjene til å

5 identifisere en defekt måleinstrumentmodul 91 tilknyttet én eller flere av de flere utplasserte stigerørlengdene som danner den marine stigerørstrengen 23, og til å signalisere til én eller flere tilstøtende måleinstrumentmoduler 91 at den defekte måleinstrumentmodulen 91 skal omgås, eller på annen måte iverksette én eller flere av feiltoleransemetodene beskrevet over, for med det å sørge for

10 hovedsakelig kontinuerlig lastdatainnsamling for hver måleinstrumentmodul 91 som befinner seg nedenfor den defekte måleinstrumentmodulen 91.

Stigerørrel-føleruregelmessighetdetektoren 153' kan tjene til å detektere en lastdata-uregelmessighet når den inntreffer som reaksjon på de mottatte lastdataene. Stigerørrel-følerdatapredikereren 155' kan tjene til å generere

15 predikerte følerdata som hver måleinstrumentmodul 91 tilknyttet én eller flere utplasserte stigerørlengder 29 eller andre stigerørddeler av interesse burde rapportere basert på nyere lasthistorie for den aktuelle instrumentmodulen 91 og/eller dataene tilveiebrakt av andre instrumentmoduler 91 utplassert på den samme stigerørstrengen 23. Stigerørrel-følerintegritetssjekkeren 157' kan tjene til

20 å sammenlikne føleravlesninger fra en måleinstrumentmodul 91 tilknyttet én eller flere utplasserte stigerørlengder 29, eller andre stigerørddeler som danner en samme utplassert stigerørstreng 23, med føleravlesninger for minst to tilstøtende stigerørlengder 29 eller andre stigerørddeler som danner stigerørstrengen 23, for med det å fastslå integriteten til stigerørlengde-måleinstrumentmodulen 91 og for å

25 flagge føleravlesninger fra den respektive instrumentmodulen 91 når integriteten blir bestemt å være tvilsom. Stigerørrel-følerdatafjerningsstyreren 159' kan tjene til å fjerne flaggede data for en defekt føler fra aktive journaldata, og eventuelt til å erstatte de fjernede dataene med motsvarende predikerte data generert av stigerør-følerdatapredikereren 155'.

30 Stigerørslivsløpsforvaltning-programproduktene 120 og/eller stigerørrelforvaltning-programproduktet 120' kan tjenlig ha et grensesnitt mot et stigerørstrekkstyring-programprodukt 170 som kan registrere og styre strekk i stigerør eller alternativt kan omfatte forskjellige programkomponenter for å utføre

denne funksjonen. Følgelig kan en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse tilveiebringe en stigerørstrekk-registrator 171, en stigerøroppspanningsanordningstyrer og en hvirvelskapt vibrasjonsvarslingstyrer. Stigerørstrekk-registratoren 171 kan tjene til å registrere strekkinnstillinger, påført stigerørstrekk og

5 oppspanningsanordningens bevegelseslengde for et stigerøroppspanningssystem koblet til en marin stigerørstreng 23. Stigerøroppspanningsstyreren 173 kan tjene til å tilveiebringe data som kan anvendes av en styringsenhet 39 i et stigerøroppspanningssystem 35, 35' for å justere strekkinnstillingen slik at den hele tiden påfører en optimal strekk i stigerøret basert på stigerørspanningsdata

10 bestemt fra de mottatte lastdataene. Hvirvelskapt vibrasjonsvarslingstyreren 175 kan tjene til å detektere en truende eller igangværende hvirvelskapt vibrasjonstilstand og det tilnærmede stedet for denne langs lengden av den marine stigerørstrengen 23 når den inntreffer basert på i hvert fall de mottatte lastdataene, til å signalisere en krisealarm som reaksjon på deteksjon av den

15 hvirvelskapte vibrasjonstilstanden, og til å bestemme et tiltak for å redusere eller undertrykke den detekterte hvirvelskapte vibrasjonen. Dersom den implementeres i stigerørlivsløpsforvaltning-programproduktet 120, tilveiebringer denne programkomponenten en oppbakking for fartøyet 27, selv om muligens med en betydelig forsinkelse.

20 Utførelsesformer av foreliggende oppfinnelse omfatter også forskjellige fremgangsmåter ved overvåkning og forvaltning av flere marine stigerørddeler. Ifølge en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse kan en fremgangsmåte ved overvåkning og forvaltning av flere marine stigerørddeler omfatte trinn for å motta stigerørlengde-identifiseringsdata fra en stigerørlengde-identifiseringsføler 73

25 anordnet inne i en brønnluke 31 for hver av flere stigerørlengder 29 (eller andre stigerørddeler av interesse) under utplassering fra det respektive fartøyet 27 for å danne en marin stigerørstreng 23, og bestemme en relativ utplasseringsposisjon for hver av stigerørlengdene 29 utplassert fra fartøyet 27 for å danne den marine stigerørstrengen 23. Hver av stigerørlengdene 29 omfatter tilhørende kjennetegn

30 (f.eks. en RFID-etikett 71) som kan leses av en stigerørlengde-identifiseringsføler 73 for separat å identifisere hver enkelt av stigerørlengdene 29 fra hver av de andre stigerørlengdene 29. Fremgangsmåten kan også omfatte det å motta lastdata for hver av stigerørlengdene 29 fra flere stigerørlengde-

måleinstrumentmoduler 91, og overvåke belastningen på hver av de utplasserte stigerørlengdene 29 basert på lastdataene tilveiebrakt av stigerørlengde-måleinstrumentmodulene 91.

5 Fremgangsmåten kan også omfatte det å estimere en belastningstilstand for hver av de utplasserte stigerørlengdene 29 basert på lastdataene for én eller flere av de utplasserte stigerørlengdene 29, og gi en alarm som reaksjon på at den estimerte belastningstilstanden nærmer seg en dimensjonerende belastning eller en øvre driftsgrense én eller flere av de utplasserte stigerørlengdene 29.

Fremgangsmåten kan også, eller alternativt, omfatte det å estimere
10 utmattingsskade på de utplasserte stigerørlengdene 29 basert på lastdataene for den ene eller de flere av de utplasserte stigerørlengdene, og gi en alarm som reaksjon på at den estimerte utmattingsskaden overstiger en forhåndsvalgt grense. Fremgangsmåten kan også, eller alternativt, omfatte det å detektere en uregelmessighet i lastdataene for én eller flere av de utplasserte stigerørlengdene
15 29, når den inntreffer, og gi en alarm som reaksjon på oppdagelsen av uregelmessigheten.

Fremgangsmåten kan også, eller alternativt, omfatte det å motta lastdata for hver av stigerørlengdene 29 fra flere stigerørlengde-måleinstrumentmoduler 91, overvåke belastningen på hver av de utplasserte stigerørlengdene basert på
20 lastdataene tilveiebrakt av stigerørlengde-måleinstrumentmodulene 91, overvåke strekkinnstillinger, påført stigerørstrekk og vandringsen til oppspenningsanordningen i et oppspenningssystem 35, 35', samt forsyne data til en oppspenningsanordning-styringsenhet 39 for å styre justering av strekkinnstillingen for oppspenningssystemet til hele tiden å påføre en optimal
25 strekk i stigerøret basert på lastdataene.

Ifølge en annen utførelsesform av foreliggende oppfinnelse kan en fremgangsmåte ved overvåkning og forvaltning av flere marine stigerørddeler omfatte trinn for å bestemme en relativ utplasseringsposisjon for hver av flere stigerørlengder 29 (eller andre stigerørddeler av interesse) utplassert fra et fartøy
30 27 for å danne en marin stigerørstreng 23, motta lastdata for hver av de utplasserte stigerørlengdene 29 fra flere stigerørlengde-måleinstrumentmoduler 91 koblet til i hvert fall en delmengde av de utplasserte stigerørlengdene 29, overvåke belastningen på hver av de utplasserte stigerørlengdene 29 basert på lastdataene

tilveiebrakt av stigerørlengde-måleinstrumentmodulene 91, estimere en stigerørlengde-belastningstilstand for hver av de utplasserte stigerørlengdene 29 basert på lastdataene for én eller flere av de flere utplasserte stigerørlengdene 29, og gi en alarm som reaksjon på at den estimerte belastningstilstanden nærmer seg en dimensjonerende belastning eller en øvre driftsgrense for én eller flere av de utplasserte stigerørlengdene 29.

Fremgangsmåten kan også omfatte et trinn der en datamaskin 41 på fartøyet sender utplasseringssteddata og relativ utplasseringsposisjon og belastingsdata for de utplasserte stigerørlengdene 29 til et sentralt datavarehus (f.eks. datavarehuset 63) som befinner seg fjernt fra fartøyet 27 og er innrettet for å motta slike data fra flere slike fartøy 27, som hvert utplasserer stigerørlengder 29 som danner én eller flere stigerørstrenger 23. Fremgangsmåten kan også eller alternativt omfatte det å detektere en truende eller igangværende hvirvelskapt vibrasjonstilstand og det tilnærmede stedet for denne langs lengden av stigerørstrengen 23, og justere oppspenningen av stigerørstrengen 23 for å redusere eller undertrykke den detekterte hvirvelskapte vibrasjonstilstanden.

Ifølge en annen utførelsesform av foreliggende oppfinnelse kan en fremgangsmåte ved overvåkning og forvaltning av flere marine stigerørddeler, som f.eks. befinner seg på ett eller flere atskilte fartøysteder, omfatte trinn for å motta utplasserings- og posisjonsdata for hver enkelt av flere utplasserte stigerørlengder 29 (eller andre stigerørddeler av interesse) utplassert på ett av flere atskilte fartøysteder som har den aktuelle stigerørlengden 29, motta, fra en datamaskin 41 om bord på fartøyet, lasthistoriedata for hver av stigerørlengdene 29 utplassert på de flere atskilte fartøystedene, transformere stigerørlengde-lasthistoriedata mottatt i tidsdomenet til lasthistoriedata i frekvensdomenet, og bestemme et nivå av skade på hver av de utplasserte stigerørlengdene 29 basert på de mottatte stigerørlengde-lasthistoriedataene og/eller de transformerte stigerørlengde-lasthistoriedataene.

Fremgangsmåten kan også, eller alternativt, omfatte det å estimere gjenværende funksjonsdyktig levetid for stigerørlengder basert på materialeegenskaper for hver respektive stigerørlengde 29 og de mottatte stigerørlengde-lasthistoriedataene og/eller de transformerte stigerørlengde-lasthistoriedataene, planlegge rutinemessige vedlikeholdshendelser for hver av de

utplasserte stigerørlengdene 29 og planlegge uforutsette (f.eks. umiddelbare tiltak eller krisesituasjoner) vedlikeholdshendelser som reaksjon på en uregelmessighet (f.eks. en uforventet hendelse) i de mottatte stigerørlengde-lasthistoriedataene som resulterer i utløsning av et forhåndssatt utmattingstriggernivå som krever

5 inspeksjon. Fremgangsmåten kan videre også, eller alternativt, omfatte det å rekonstruere en stigerørstreng omfattende hvilke som helst av stigerørlengdene 29 utplassert på et hvilket som helst av de flere atskilte fartøystedene fra utplasserings- og posisjonsdata for den aktuelle stigerørstrengen 23, og predikere størrelsen til en last påført på et undervanns brønnhodesystem 25 tilknyttet den

10 aktuelle stigerørstrengen 23 fra tilhørende stigerør-lasthistoriedata for i hvert fall en delmengde av flere stigerørlengder 29 som danner den aktuelle stigerørstrengen 23. Merk at hver stigerørlengde 29 ikke trenger å ha en egen tilknyttet instrumentmodul 91. Enda videre kan fremgangsmåten også, eller alternativt, omfatte det å sende stigerør-lasthistoriedata i frekvensdomenet for hver

15 enkelt av de flere utplasserte stigerørlengdene 29 til den respektive datamaskinen 41 som befinner seg på det aktuelle av de flere fartøystedene og som fører den aktuelle utplasserte stigerørlengden 29.

Det er viktig å merke seg at selv om utførelsesformer av foreliggende oppfinnelse er beskrevet i forbindelse med et fullt funksjonelt system, vil

20 fagmannen forstå at prinsippene i hvert fall i deler av foreliggende oppfinnelse og/eller aspekter av denne vil kunne være distribuert i form av et datamaskinlesbart medium med instruksjoner i en rekke forskjellige former for kjøring på én eller flere prosessorer, eller liknende, og at foreliggende oppfinnelse er like anvendelig uavhengig av den konkrete typen signaloverføringsmedier som

25 anvendes for å realisere distribusjonen. Eksempler på datamaskinlesbare medier omfatter, men er ikke begrenset til: ikke-volatile, fastkodede medier så som leseminne (ROM), CD-ROM og DVD-ROM, eller slettbart, elektrisk programmerbart leseminne (EEPROM), skrivbare medier så som disketter, harddiskdrev, CD-R/RW, DVD-RAM, DVD-R/RW, DVD+R/RW, flashdrev og andre

30 nyere typer minne, og overføringsmedier så som digitale og analoge kommunikasjonsforbindelser. Slike medier kan inneholde både kjøreinstruksjoner og operasjonsinstruksjoner i tilknytning til stigerørlivsløpsforvaltning-programproduktene 120, stigerørdelforvaltning-programproduktet 120',

stigerørstrekk- eller forvaltningsprogramproduktet 170 og de datamaskin-gjennomførbare fremgangsmåtettrinnene beskrevet over.

Utførelsesformer av foreliggende oppfinnelse gir en rekke fordeler. For eksempel tilveiebringer utførelsesformer av foreliggende oppfinnelse et system

5 omfattende en sentral database som kan anvendes av felt- og vedlikeholdspersonale for å lagre og kommunisere kritisk stigerørinformasjon. Denne sentrale databasen kan tjenlig også gi tidlig synlighet av en forestående vedlikeholdshendelse og planlegge den følgelig. Lagringen av data vedrørende marine stigerør kan tjenlig gi en rekke andre muligheter for forvaltning og

10 vedlikehold av marint feltutviklingsutstyr. For eksempel kan lasthistorieinformasjonen for stigerør bli anvendt for å forbedre konstruksjonen av stigerørlengder, som henger sammen med tilgjengelighet av bedre kunnskap om faktisk lasthistorie for stigerør. I tillegg kan stigerørload-historieinformasjonen for en gitt bore-eller produksjonsoperasjon, ved ekstrapolasjon eller gjennom et separat

15 stigerøranalyseprogram, bli anvendt for å predikere størrelsen på lastene påført på undervanns-brønnhodesystemet. Denne informasjonen kan i sin tur bli anvendt for å optimalisere utformingen av kommende undervannsbrønner innenfor det samme generelle området (dvs. samme feltutvikling). Utførelsesformer av foreliggende oppfinnelse muliggjør tjenlig også betydelig feiltoleranse i det delsystemet som

20 antas å være mest sårbart, nemlig datatelemetriutstyret, sammen med ytterligere feiltoleransetrekk.

Utførelsesformer av foreliggende oppfinnelse gir også tilstrekkelig fleksibilitet til å kommunisere på tvers av tredjeparters utstyr. For eksempel kan databasen lagre nøkkelparametere for stigerørroppsenningsanordningen, så som

25 vandring og påført stigerørstrekk. Slik systemintegrasjon, sammen med sanntids lastdata, kan muliggjøre direkte manipulering av stigerørroppsenningsystemet for å bedre ytelsen og forlenge levetiden til stigerørlengder.

Utførelsesformer av systemet kan automatisk varsle brukeren om både rutinemessige og uforutsette vedlikeholdshendelser. En rutinemessig

30 vedlikeholdshendelse er en hendelse som er planlagt en tid i forveien, men kan ha vært bistått av lasthistorieinformasjon i databasen. En uforutsett vedlikeholdshendelse er en knyttet til en uventet hendelse. For eksempel vil én eller flere stigerørlengder i en streng som har blitt direkte rammet av en orkan

kunne nå et forbestemt utmattingslevetidbasert triggernivå, som i det minste krever inspeksjon av stigerørlengden(e). I et slikt scenario vil operatøren ha en høy grad av sikkerhet for at de gjenværende stigerørdelene er egnet for utplassering vannet, noe som reduserer nedetiden forbundet i tilknytning til hele stigerørstrengen. Utførelsesformer av systemet kan også automatisk varsle brukeren om både rutinemessige og uforutsette vedlikeholdshendelser.

Denne søknaden er beslektet med og tar prioritet fra US-patentsøknaden 12/029,376 med tittelen "Riser Lifecycle Management System, Program Product, and Related Methods", innlevert 11. februar 2008, og er også beslektet med US-patentsøknaden 10/951,563 med tittelen "System for Sensing Riser Motion", innlevert 28. september 2004, nå US-patentet 7,328,741. Begge inntas her som referanse i sin helhet.

I tegningene og beskrivelsen er det vist en typisk foretrukket utførelsesform av oppfinnelsen, og selv om en spesifikk ordlyd er anvendt er denne kun ment for å forklare, og ikke for å begrense. Oppfinnelsen har blitt beskrevet i detalj med spesifikk henvisning til de illustrerte utførelsesformene. Det skal imidlertid være klart at forskjellige modifikasjoner og endringer kan gjøres innenfor oppfinnelsens ramme og idé som beskrevet i den foregående beskrivelsen. For eksempel, selv om beskrivelsen primært fokuserer på anvendelse for boreplattformer og borestigerør, er utførelsesformer av foreliggende oppfinnelse like anvendelige for TLP- og SPAR-type produksjonplattformer/-stigerør.

N Y E P A T E N T K R A V

1. Fremgangsmåte ved overvåkning og forvaltning av flere stigerørddeler, der fremgangsmåten omfatter de trinn å:

- 5 bestemme en relativ utplasseringsposisjon for hver av flere stigerørlengder utplassert fra et fartøy for å danne en marin stigerørstreng, der hver av de flere stigerørlengdene har kjennetegn som kan leses av en stigerørlengde-identifiseringsføler for individuelt å identifisere hver enkelt av de flere stigerørlengdene fra hver av de andre av de flere stigerørlengdene under
- 10 utplassering av disse,
- motta lastdata for hver enkelt av de flere utplasserte stigerørlengdene fra flere stigerørlengde-måleinstrumentmoduler koblet til i hvert fall en delmengde av de flere utplasserte stigerørlengdene,
- overvåke belastning på hver enkelt av de flere utplasserte stigerørlengdene
- 15 basert på lastdataene tilveiebragt av de flere stigerørlengde-måleinstrumentmodulene,
- estimere en belastningstilstand for hver enkelt av de flere utplasserte stigerørlengdene basert på lastdataene for én eller flere av de flere utplasserte stigerørlengdene, og
- 20 gi en alarm som reaksjon på at den estimerte belastningstilstanden nærmer seg en dimensjonerende belastning eller en øvre driftsgrense for én eller flere av de flere utplasserte stigerørlengdene.

2. Fremgangsmåte ifølge krav 1, videre omfattende de trinn å:

- 25 detektere en truende eller igangværende hvirvelskapt vibrasjonstilstand og det tilnærmede stedet for denne langs stigerørstrengens lengde, og
- justere strekken i stigerørstrengen for å redusere eller undertrykke den detekterte hvirvelskapte vibrasjonstilstanden.

- 30 3. Fremgangsmåte ifølge krav 1, videre omfattende det trinn å sende utplasseringsstedsdata og relativ utplasseringsposisjon og belastningsdata for de flere utplasserte stigerørlengdene til et sentralt databaselager som er fjernt fra

fartøyet og er innrettet for å motta slike data fra flere fartøy som hvert utplasserer stigerørlengder som danner én eller flere stigerørstrenger.

- 5 4. Fremgangsmåte ved overvåkning og forvaltning av flere stigerørddeler som begynner seg på ett eller flere atskilte fartøysteder, der fremgangsmåten omfatter de trinn å:

motta utplasserings- og posisjonsdata for hver enkelt av flere utplasserte stigerørlengdene, der hver stigerørlengde utplasseres på ett av flere atskilte fartøysteder som har den aktuelle stigerørlengden, der hvert atskilte fartøysted har
10 en datamaskin om bord,

motta lasthistoriedata for hver enkelt av de flere stigerørlengdene utplassert på de flere atskilte fartøystedene fra en tilhørende datamaskin på fartøyet,

transformere stigerørlengde-lasthistoriedata mottatt i tidsdomenet til lasthistoriedata i frekvensdomenet, og

- 15 bestemme nivået av skade på hver av de flere utplasserte stigerørlengdene basert på minst én av følgende: de mottatte stigerørlengde-lasthistoriedataene eller de transformerte stigerørlengde-lasthistoriedataene.

5. Fremgangsmåte ifølge krav 4, videre omfattende de trinn å:

20 estimere gjenværende funksjonsdyktig levetid for stigerørlengder basert på materialeegenskaper for hver respektive stigerørlengde og minst én av følgende: de mottatte stigerørlengde-lasthistoriedataene eller de transformerte stigerørlengde-lasthistoriedataene,

planlegge rutinemessige vedlikeholdshendelser for hver enkelt av de flere
25 utplasserte stigerørlengdene, og

planlegge uforutsette vedlikeholdshendelser som reaksjon på en uregelmessighet i de mottatte stigerørlengde-lasthistoriedataene som resulterer i utløsning av et forbestemt levetidsbasert triggernivå som krever inspeksjon.

- 30 6. Fremgangsmåte ifølge krav 4, videre omfattende de trinn å:

rekonstruere en stigerørstreng med en hvilken som helst av de flere stigerørlengdene utplassert på et hvilket som helst av de flere atskilte

fartøystedene basert på utplasserings- og posisjonsdata for den aktuelle stigerørstrengen, og

- predikere størrelsen til en last påført på et undervanns brønnhodesystem tilknyttet den aktuelle stigerørstrengen basert på tilhørende stigerør-
5 lasthistoriedata for i hvert fall en delmengde av flere stigerørlengder som danner den aktuelle stigerørstrengen.

7. Fremgangsmåte ifølge krav 4, videre omfattende det trinn å sende stigerør-
lasthistoriedata i frekvensdomenet for hver enkelt av de flere utplasserte
10 stigerørlengdene til den respektive datamaskinen om bord på ett av de flere fartøystedene som har den respektive utplasserte stigerørlengden.

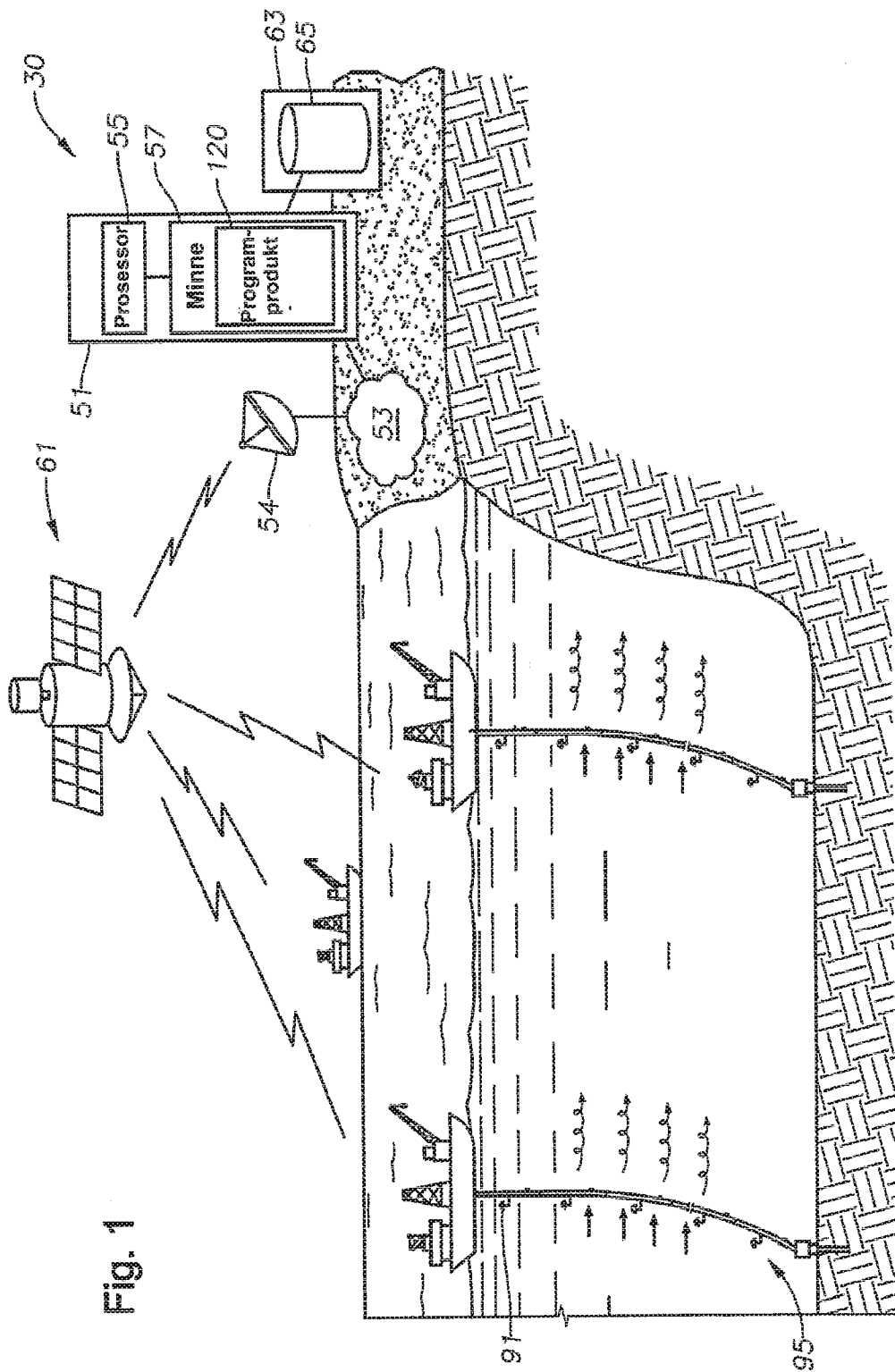


Fig. 1

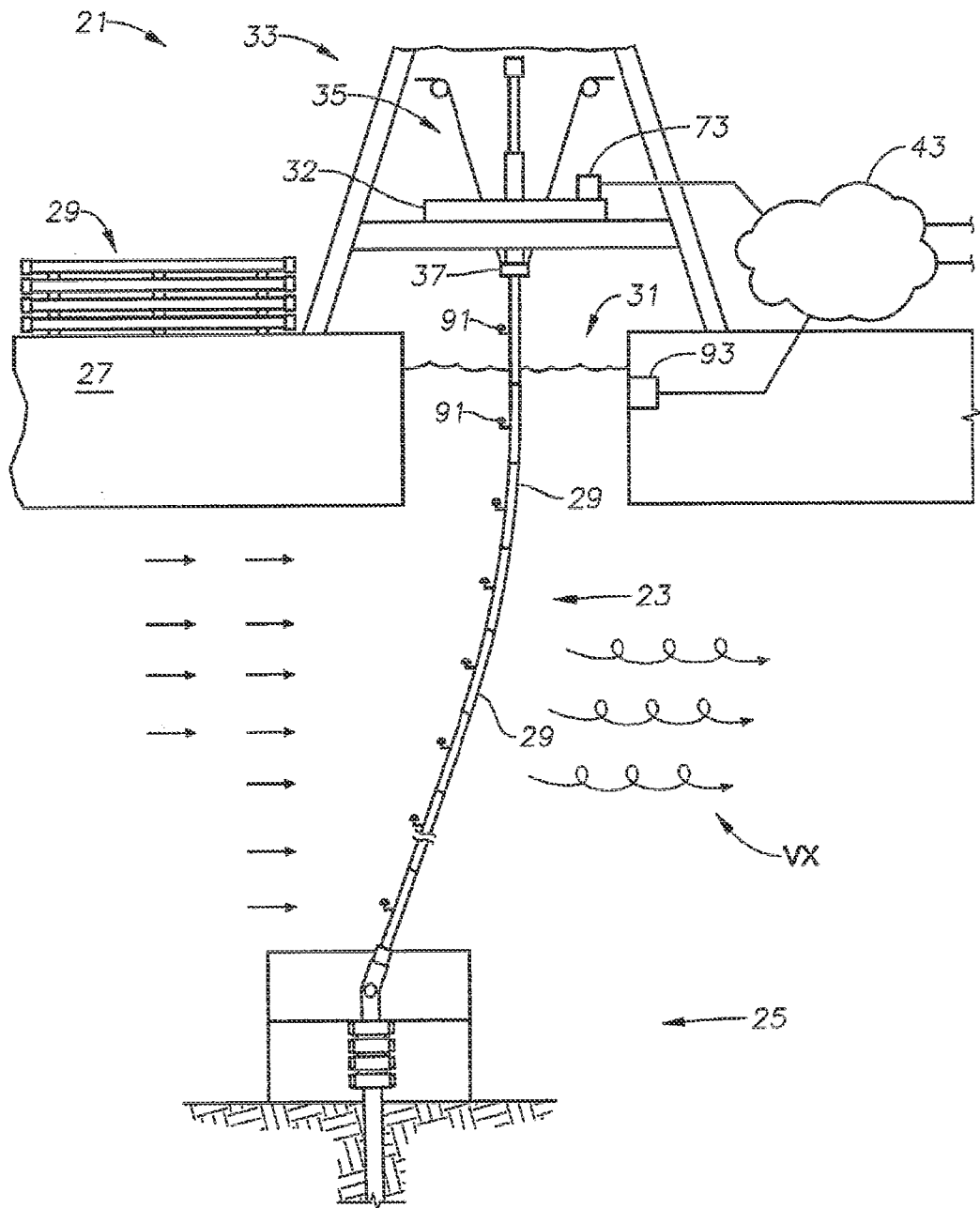


Fig. 2A

3/7

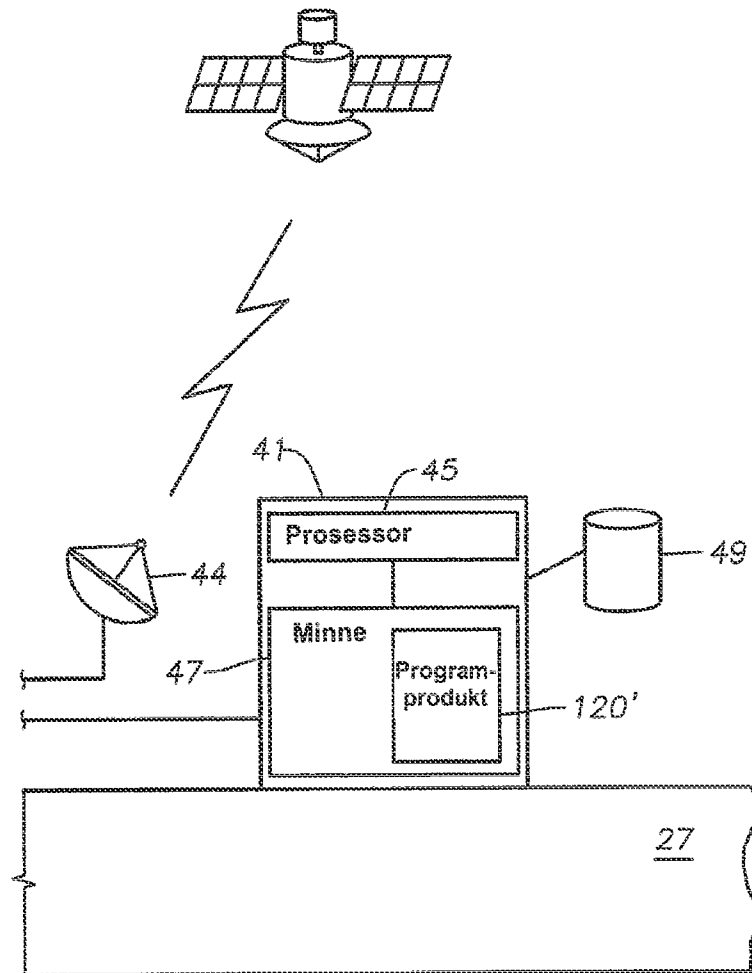


Fig. 2B

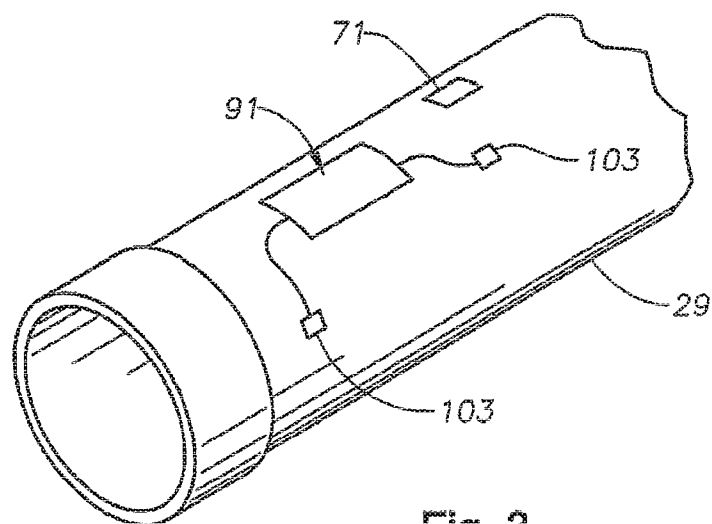


Fig. 3

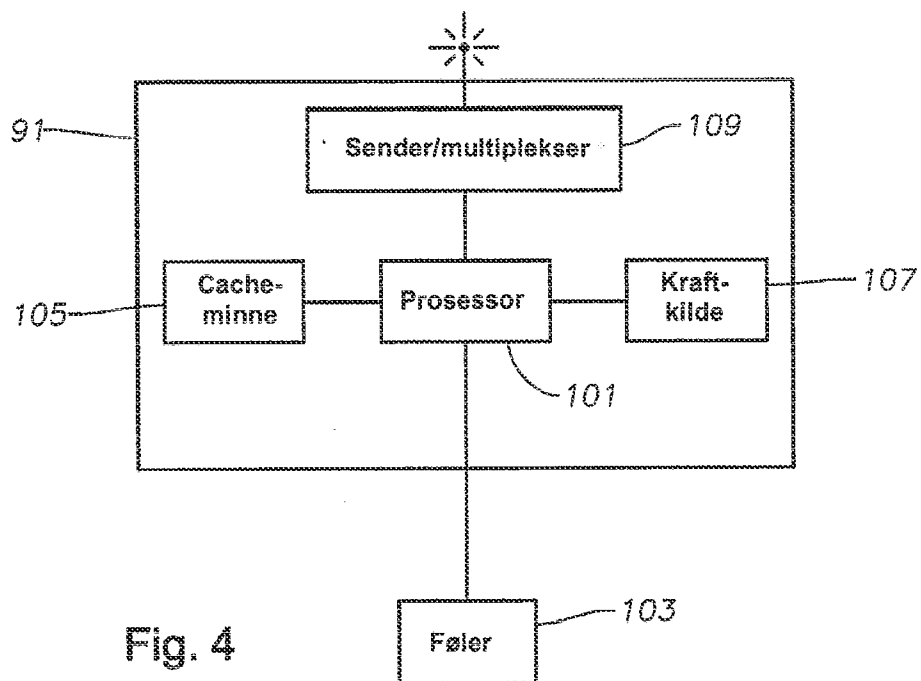


Fig. 4

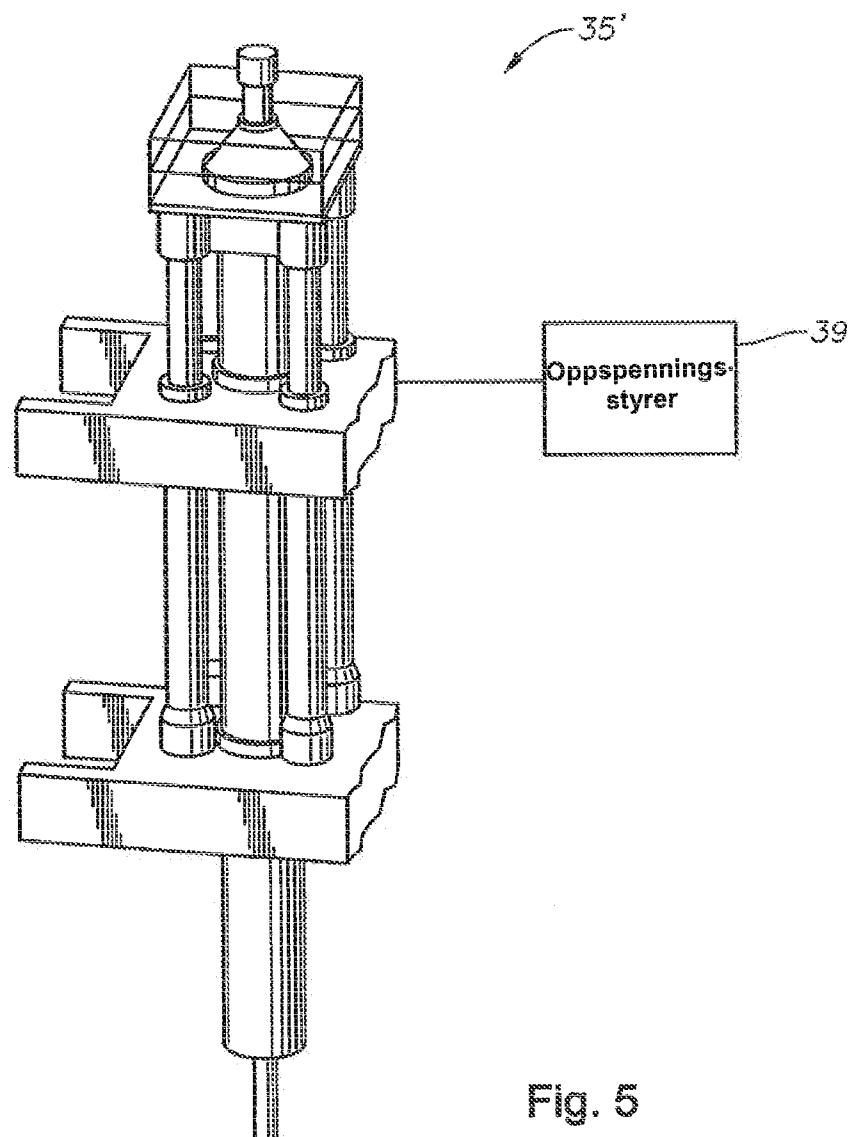


Fig. 5

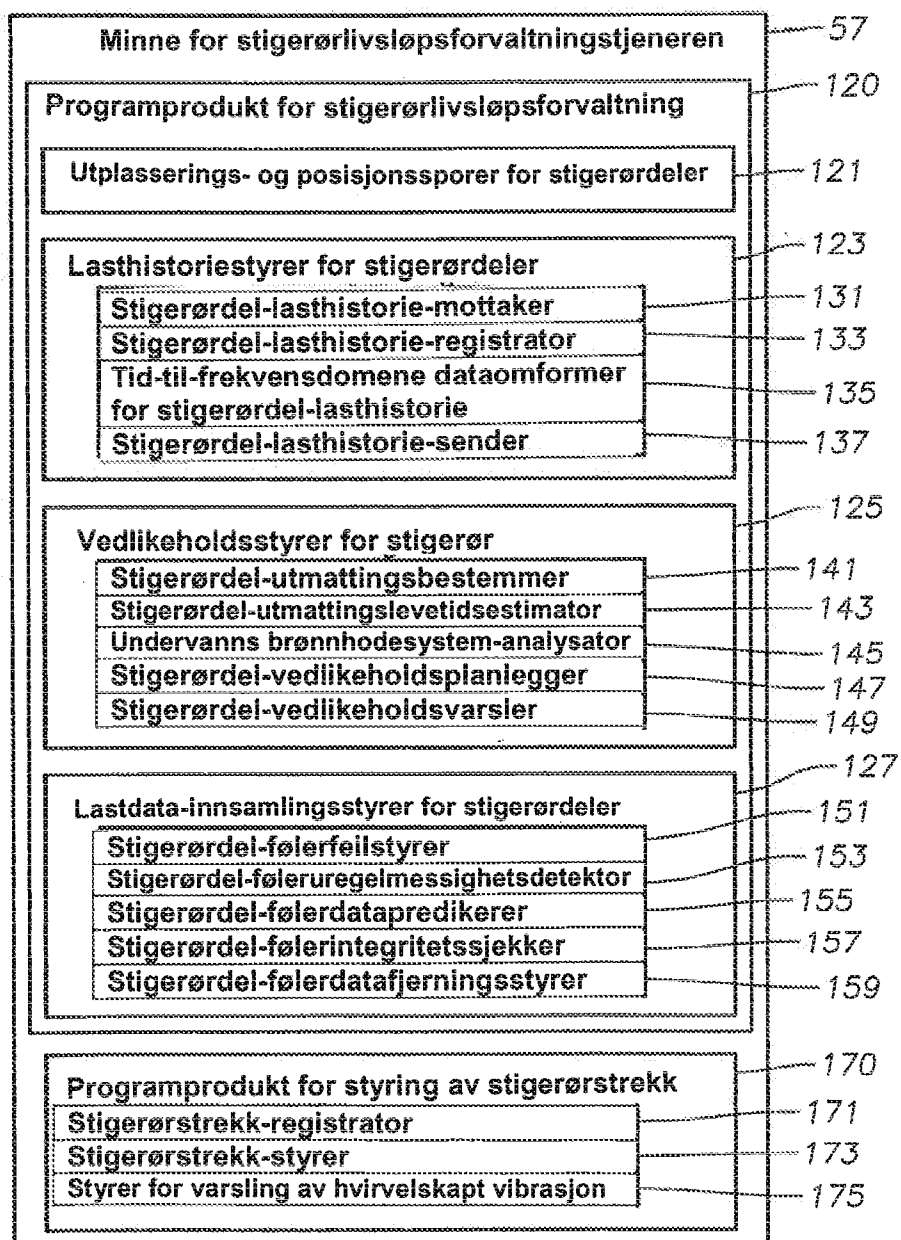


Fig. 6

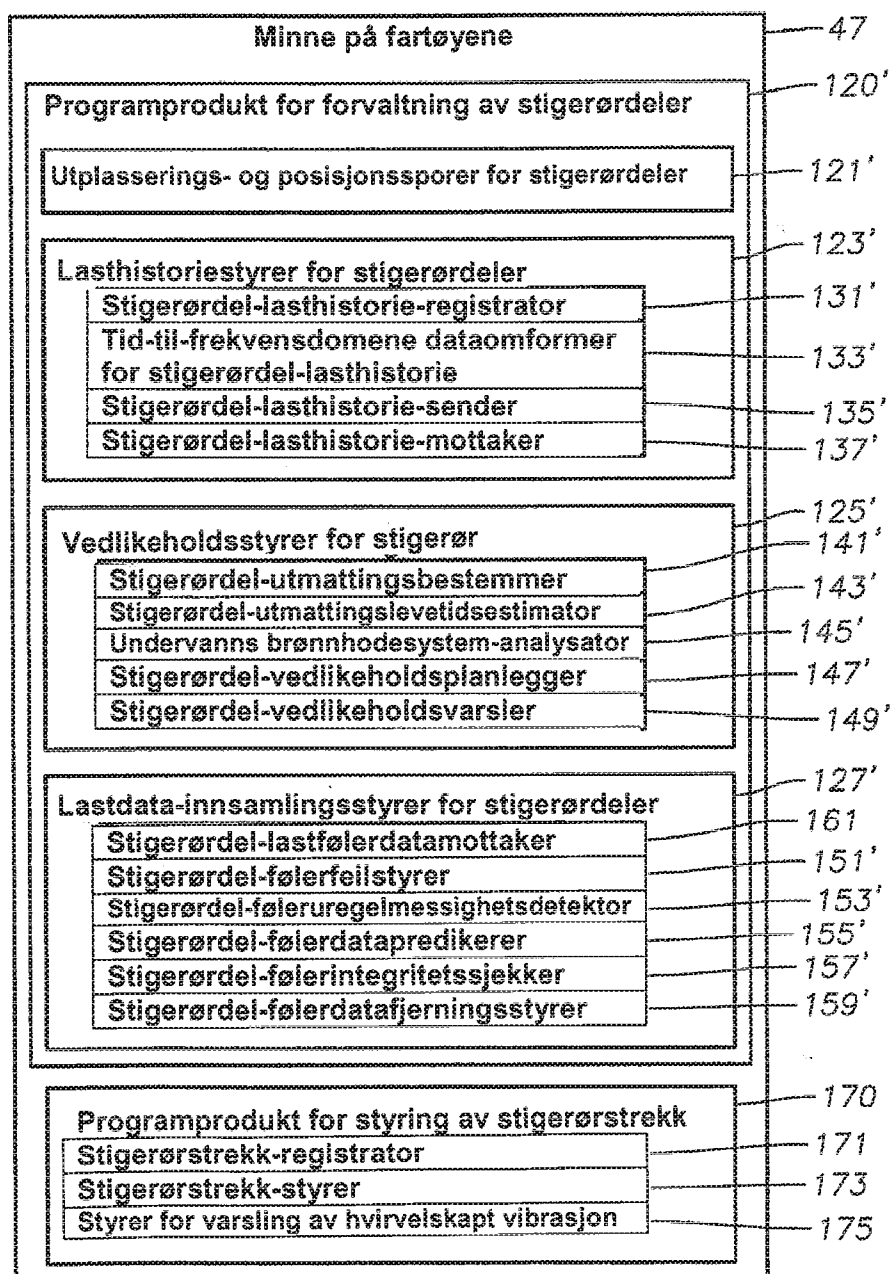


Fig. 7