



(12) **PATENT**

(19) NO

(11) **340093**

(13) **B1**

NORGE

(51) Int Cl.

F04B 47/06 (2006.01)

F04D 13/08 (2006.01)

F04B 23/00 (2006.01)

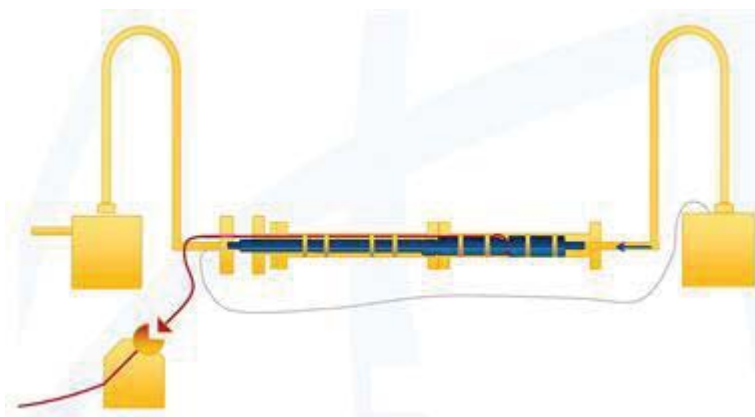
F04B 17/03 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20151708	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr
(22)	Inng.dag	2015.12.14	(85)	Videreføringsdag
(24)	Løpedag	2014.06.24	(30)	Prioritet
(41)	Alm.tilgj	2015.12.25		
(45)	Meddelt	2017.03.06		
(62)	Avdelt fra	20140808, med inndato 2014.06.24		
(73)	Innehaver	Aker Solutions AS, Postboks 94, 1325 LYSAKER, Norge Gunder Homstvedt, 1648 Lakeside Enclave Drive, US-TX77077 HOUSTON, USA Rikhard Bjørgum, Ruglandveien 140, 1359 EIKSMARKA, Norge Martin Pedersen, Grimstadgata 23 F, 0464 OSLO, Norge		
(72)	Oppfinner			
(74)	Fullmektig			
		Protector Intellectual Property Consultants AS, Oscarsgate 20, 0352 OSLO, Norge		

(54)	Benevnelse	ROBUST OG ENKEL INSTALLERBAR UNDERSJØISK ESP
(56)	Anførte publikasjoner	US 7565932 B2 US 5417553 A US 5203682 A US 2010/119382 A1
(57)	Sammendrag	

Robust og lett installerbart ESP-system (electrical submersible pump system-elektrisk nedsenkbar pumpesystem), plassert horisontalt og undervanns, anordnet i en horisontal produksjonsforbindelsesledning, hvilket system innbefatter arrangementer for løfting og en konnektor i hver ende, særpreget ved at systemet videre omfatter: et avstivningsarrangement, som sikrer en rett ESP aksel hele tiden under løfting, installasjon og drift, et arrangement for å begrense eller eliminere belastningen på undervannskonnetorer til hvilket systemet er tilkoblet under drift og også andre tilstedeværende undervannskonstruksjoner, og hver konnektor eller konnektor adapter innbefatter en isolasjonsventil, for å muliggjøre miljøvennlig installasjon, utbytting og opphenting av systemet.



ROBUST OG ENKEL INSTALLERBAR UNDERSJØISK ESP.

Oppfinnelsen område

Foreliggende oppfinnelse vedrører undersjøisk tilkobling (tie in), undersjøisk produksjon og undersjøisk trykkforsterkning, av hydrokarboner eller andre strømmen som håndteres innen petroleumsindustrien. Mer spesielt beskriver oppfinnelsen et undersjøisk horisontalt ESP system som er robust og enkelt å installere, bytte ut og hente opp, uten lekkasjer til miljøet og uten å overskride den strukturelle kapasiteten til eksisterende undersjøisk struktur.

Bakgrunn for oppfinnelsen

Det foreligger et behov for en rekke forskjellige undervanns pumper for forskjellige anvendelsesområder. Tradisjonelle undervanns trykkforsterkningspumper er typisk designet for å håndtere relativt store strømningsrater og behov for høy trykkforsterkning. Omfattende overvåknings – og manifoldarrangement vil også gjøre slike installasjoner komplekse og kostbare å fremstille og installere.

I tilfeller hvor det er et behov for å trykkforsterke små strømningsrater, fra en enkelt brønn eller noen få brønner, har det vært gjort forskjellige forsøkt på å anvende nedihullspumper – såkalte elektriske, nedsenkede pumper (ESP – electric submerged pumps) – på havbunnen. Slike pumper har en utbredt anvendelse for kunstig løft fra brønner ved å være plassert nede i brønnhullet. Disse pumpene blir drevet av en elektrisk motor som blir tilført strøm gjennom en kabel som er klemmt til produksjonsrøret. Dette er utviklede maskiner med omfattende resultater. Siden de er ment å plassere i et trangt brønnhull, er de typisk lange og smale. Lengden kan være opp til 40 meter og den totale installerte kraften kan være over 1 MW.

Et arrangement ved plassering av slike ESPer på havbunnen er beskrevet i US patent nr. 7.565.932 «Subsea flowline jumper containing ESP» fra Baker Hughes Inc. Patentet beskriker det grunnleggende konseptet med å installere en ESP i den horisontale seksjonen av et produksjonsforbindelsesledning (flowline jumper). Slike borestrømningsrør blir typisk brukt for å forbinde forskjellige

enheter i et undersjøisk produksjonssystem med vertikale konnektorer i hver ende. Ved å bytte ut den horisontale rørseksjonen til en slik borestang med en forstørret seksjon inneholdende en ESP, erholdes det en enkel installasjon.

- 5 Et annet arrangement er beskrevet i US patent nr. 8.500.419 «Subsea pumping system with interchangeable pumping units» fra Schlumberger. Dette patentet beskriver et lignende arrangement av en eller flere ESPer i undervanns, horisontale rørseksjoner. Dette patentet beskriver en pumpemodul innbefattende en eller flere pumpeenheter på en skliramme. To eller flere pumpeenheter kan
- 10 være operasjonelt forbundet i serie eller parallell. Hver av pumpeenhetene, som hver kan ha elektriske drevne pumper (ESPer) sammensatt til en rørformet seksjon, kan hentes opp individuelt. På pumperammen er det et antall med ytterligere undersystemer: regulator, sensor, rørkobling, hydrauliske og elektriske koblinger, isolasjonsventiler for monteringen og minst en fluid by-pass ventil.

15

- US patent nr. 8.083.501 «Subsea pumping system including a skid with mateable electric and hydraulic connections» fra Schlumberger, beskriver en mer generalisert versjon av systemet beskrevet i US 8.500.419. De to patentene er inngitt på samme dato. Dette patentet har det samme arrangementet som US
- 20 8.500.419, men beskriver en komplett horisontal pumpemodul inneholdende en sentrifugalpumpe drevet av en elektrisk motor. Beskrivelsen kan denne ESPer eller andre elektrisk drevne horisontale pumper – sammensatt i et trykksatt hus.

- Pumper som er lange og slanke på grunn av sitt påtenkte anvendelsesområde i
- 25 et brønnhull, er ikke ideelle for undersjøisk bruk. Undervanns applikasjoner har not plass for andre arrangementer. Typiske undervanns pumper er derfor mer kompakte og typisk anordnet for vertikal installasjon og opphenting. Pumpen er typisk montert på et strømningsfundament som har et enkelt manifoldarrangement for å lede strømmingen inn og ut av pumpen samt tillate by-pass i tilfelle pumpestans. US patentene 8.500.419 og 8.083.501, nevnt over, har
- 30 dette typiske arrangementet med pumpen montert på et fundament. Slike fundamenter er kostbare både å produsere og installere. Pumpene er også anordnet i en konstruksjon som medfører ytterligere vekt og kostnader. Slike

arrangementer forkaster hovedmotivasjonen og driverne, beskrevet over, for å installere ESPer på havbunnen.

Motivasjonen/driverne for å anvende ESPer på havbunnen, på tross av sin form

5 er følgende:

- Gjennomprøvd ved utstrakt bruk i utfordrende miljø,
- Enkel – trenger kun tilførsel av elektrisk strøm for å virke,
- Rimeligere enn sammenlignbare undervanns pumper,
- Undersjøisk tillater bruk av kortere pumper med større diameter, som går
- 10 med lavere hastighet enn nedihullsversjoner – øker potensielt påliteligheten,
- Kapasiteten kan økes ved parallellarrangement (på grunn av mer tilgjengelig plass på havbunnen),
- Økt trykkforsterkningsevne kan beholdes ved serielt arrangement.

15

For å oppnå fordelene antydnet over, har arrangementet beskrevet i US patent 7.565.9352 mer potensiale enn det som er beskrevet i de andre, nevnte patentene. Dette arrangementet vil imidlertid lide av følgende begrensninger med hensyn til pålitelighet, robusthet og installerbarhet:

- 20 - Vekten øker på grunn av den større horisontale seksjonen og den installerte ESPen vil gi ytterligere belastning på konnektorene i hver ende, muligens utover det de er ment å ta opp.
- Fare for bøying av røret inneholdende ESPen på grunn av den økte vekten og/eller skjev innstilling. Termiske effekter på grunn av oppvarming fra det
- 25 produserte fluidet kan også resultere i dimensjonsendring og bøying. Slik bøying eller siging av røret inneholdende ESPen kan utfordre den rotordynamiske stabiliteten til ESP motor-pumpe sammenstillingen. ESP-akselen er lang (typisk > 20 meter) og bøying vil resultere i økte vibrasjoner og redusert levetid.
- 30 - Økt ESP-rørveggtykkelse for å unngå bøying vil øke den vertikale belastningen ytterligere og er ikke en god løsning.
- Arrangementet muliggjør ikke strømnings-bypass.
- Arrangementet inkluderer ikke muligheten for parallelle eller serielle arrangementer av to eller flere ESPer.

- Et typisk produksjonsforbindelseslednings-(jumper)arrangement har ikke isolasjonsventiler siden de ikke ment å hentes opp etter når de første er installert. Når det er installert en ESP i den horisontale seksjonen, er det av avgjørende betydning med enkel opphenting og installasjon uten søl av hydrokarboner til sjø.

Ytterligere relevant teknikk finnes beskrevet i patentpublikasjonene US 5417553 A, US 5203682 A og US 2010/119382 A1. Avstivningsarrangement omfattende en fagverkskonstruksjon, kombinert med konnektor eller konnektor adapter med isolasjonsventil i hver ende er ikke beskrevet i noen av de ovennevnte publikasjoner.

Oppsummering av oppfinnelsen

Robust og lett installerbart horisontal undervanns ESP (electrical submersible pump – elektrisk nedsenkbar pumpe) system, anordnet i en horisontal produksjonsforbindelsesledning, hvilket system innbefatter arrangementer for løfting og en konnektor i hver ende, særpreget ved at systemet videre omfatter:

et avstivningsarrangement, som sikrer en rett ESP aksel hele tiden under løfting, installasjon og drift, hvorved avstivningsarrangementet omfatter en fagverkskonstruksjon,

et arrangement for å begrense eller eliminere belastningen på undervanns konnektorer til hvilket systemet er tilkoblet under drift og også andre tilstedeværende undervannskonstruksjoner, og

hver konnektor eller konnektor adapter innbefatter en isolasjonsventil, for å muliggjøre miljøvennlig installasjon, utbytting og opphenting av systemet.

Fortrinnsvis innbefatter arrangementet for å begrense eller eliminere belastningen på undervanns konnektorer til hvilke

produksjonsforbindelsesledningen er tilkoblet under drift og også på

eksisterende undersjøisk struktur, oppdriftselementer, særlig oppdriftselementer basert på syntaktisk skum, fortrinnsvis med en levetid og total oppdrift til å

kompensere for den økte vekten til systemet sammenlignet med en tradisjonell produksjonsforbindelsesledning.

Systemet i henhold til oppfinnelsen gir en forbedret levetid for EPS ved å
 5 eliminere den økte vekten av ESPen fortrinnsvis med oppdriftselementene samt sikre rettheten til ESP-røret ved å inkludere en avstivingskonstruksjon/arrangement, som eliminerer vekten og kostnader ved å fremstille en pumperamme og sikre pålitelig vertikal forbindelse og isolasjonstrekk.

10

Systemet i henhold til oppfinnelsen tilveiebringer en forbedret versjon av en undersjøisk installer ESP basert på det grunnleggende konseptet i ref. 1 ved å håndtere tre hovedproblemer:

- Den økte vekten av den installerte ESPen vil gi ytterligere belastning på
 15 konnektorstøttene i hver ende av produksjonsforbindelsesledningen.
- Faren for bøyning av røret inneholdende ESPen (på grunn av den økte vekte) og derved utfordre den rotor-dynamiske stabiliteten til ESP motor-pumpe sammenstillingen.
- Det opprinnelige, permanent installerte konnektorknutepunktet vil typisk
 20 mangel isolasjonsventiler som kan inneholde hydrokarboner under installasjon og opphenting. Slike modifikasjoner kan ikke gjøres på de permanent installerte konnektorknutepunktene.

-

Pumpemodulen i ref. 2 (rør inneholdende en ESP-type pumpeenhet) og
 25 pumpemodulen i ref. 3 (en mer generalisert pumpeenhet) er montert på et fundament. Dette representerer en ytterligere kompleksitet, vekt og kostnader. Dette kan unngås med den foreslått produksjonsforbindelsesledningsmonterte ESPen siden produksjonsforbindelsesledningsløsningen anvender eksisterende fundamenter ved tilkoblingspunktene.

30

- 1) US patent 7.565.932 «Subsea flowline jumper containing ESP» fra Baker Hughes Inc. beskriver det grunnleggende konseptet med å installer en ESP i den horisontale delen av en produksjonsforbindelsesledning. Slike produksjonsforbindelsesledninger blir typisk brukt til å forbinde forskjellige

enheter i et undersjøisk produksjonssystem med vertikale konnektorer i hver ende. Ved å bytte ut den horisontale rørseksjonen til en slik forbindelsesledning med en forstørret seksjon inneholdende en ESP, kan det oppnås en enklere installasjon.

- 5 2) US patent 8.500.419 «Subsea pumping system with interchangeable pumping units» fra Schlumberger beskriver et lignende arrangement med en eller flere ESPer i undervanns, horisontale rørseksjoner. Dette patentet beskriver en pumpemodul inneholdende en eller flere pumpeenheter på en ramme. To eller flere pumpeenheter kan være operasjonelt
- 10 sammenkoblet i parallell eller serie. Hver av pumpeenhetene, som hver har elektrisk drevne pumper (ESPer) sammenstilt i en rørseksjon, kan hentes opp individuelt. Pumperammen inneholder en rekke ytterligere subsystemer: regulator, sensor, rørmontering, hydrauliske og elektriske koblinger, isolasjonsventiler for rammene og minst en fluid by-pass ventil.
- 15 3) US patent 8.083.501 «Subsea pumping system including a skid with mateable electrical and hydraulic connections» fra Schlumberger, beskriver en mer generalisert versjon av systemet beskrevet i US 8.500.419. De to patentene er inngitt samme dag. Dette patentet har det samme arrangementet som US 8.500.419, men beskriver en komplett
- 20 horisontal pumpemodul, inneholdende en sentrifugalpumpe som drives av en elektrisk motor. Beskrivelsen kan dekke ESPer og andre elektrisk drevne horisontale pumper – satt sammen i et trykksatt hus.

Systemet i henhold til oppfinnelsen er lett i vekt, enkelt å installere med minimalt

25 ekstra utstyr for å etablere en trykkforsterkningsstasjon.

Figurer

Figurene 1 til 12 viser ulike utførelser av og trekk ved systemet ifølge

30 oppfinnelsen.

Detaljert beskrivelse

Begrensningene med teknikkens stand blir avhjulpet med en eller flere av de følgende endringer i henhold til foreliggende oppfinnelse:

- 5 - For å unngå ytterligere vektbelastning på landingskonstruksjonene og vertikale konnektorer utover den initielle belastningen på disse konnektorene, er det innbefattet oppdriftselementer for å kompensere for den økte vekten på grunn av ESPen og det større røret som inneholder denne.
- 10 - Vekten til produksjonsforbindelsesledningen er forskjellig i luft og nedsenket i vann. Derfor vil det også bli anordnet et avstivningsarrangement og et passende løftearrangement for å sikre et rett rør under løfting slik at røret inneholdende ESPen vil få minimalt med bøyning under løfting, installasjon og i den landede, driftsposisjonen. Lange pumper, typisk som ESP typen, skal fortrinnsvis bli drevet av en rett
15 aksel. Den rotor-dynamiske oppførselen til denne lange akselen som går gjennom motoren, kompensatoren og pumpen, må typisk være så hensiktsmessig som mulig. Minimalisering av oscillasjoner og vibrasjoner til minimalisere slitasje på lagre og tetninger og sikre en lang levetid. Slik akselretthet vil kunne erholdes med et avstivningsarrangement på ESP-
20 røret.
- 25 - Den vertikal konnektorutformingen i hver ende av produksjonsforbindelsesledningen, typisk preinstallert ved et modifikasjonsarrangement, vil være forskjellig fra leverandør til leverandør. I tilfeller hvor en slik produksjonsforbindelsesledning-ESP-
30 installasjon skal ettermonteres på eksisterende produksjonssystemer, er det av avgjørende betydning å ha et arrangement som kan anpasses til slike konnektorer. Det blir innført et konnektoradapter som i den nedre enden passer med den eksisterende konnektoren og den øvre enden passer med en standardisert konnektorprofil. Et slikt adapter vil typisk
30 være et komplett konnektorhus som blir permanent plassert på det eksisterende konnektorknutepunktet og terminert ved den øvre enden

med det standardiserte vertikale konnektorknutepunktet. Et slikt konnektoradapter har følgende ytterligere trekk:

- 5 ○ Isolasjonsventil: isolasjon av de innenbords og utenbords rørledningsendene er av avgjørende betydning for å holde tilbake hydrokarboner fra å lekke ut til omgivelsene når produksjonsforbindelsesledningen hentes opp. Slike isolasjonsventiler er innbefattet i det vertikale konnektoradapterhuset for å minimalisere vekt og størrelse. En slik ventil blir typisk operert med en ROV (Remote Operated Vehicle).
- 10 Konnektoradapter versjon 1 har et nedre konnektorhus som passer med det opprinnelige knutepunktet, en isolasjonsventil og et øvre, konnektorknutepunkt.
- 15 ○ For å muliggjøre økt kapasitet, kan det erholdes parallelt arrangement med to rør inneholdende en ESP hver, med konnektoradapter versjon 2. Slike versjon 2 konnektoradaptere vil ha et nedre konnektorhus som passer med det opprinnelige knutepunktet, en isolasjonsventil, en Y-forgrening og to øvre konnektorknutepunkt forbundet med de to utløpene fra Y-forgreningen.
- 20 ○ For å muliggjøre økt trykkforsterkningsevne, kan to ESPer være anordnet i serie. Dette kan anordnes ved å bruke konnektoradapter versjon 3. Denne versjon 3 av konnektoradapteret vil ha et nedre konnektorhus som passer med det opprinnelige knutepunktet, en isolasjonsventil, et øvre konnektorknutepunkt forbundet med
- 25 isolasjonsventilen og to konnektorknutepunkt som er flytende forbundet med hverandre og strukturelt forbundet med isolasjonsventilen.
- 30 ○ Strømnings bypass kan erholdes ved å ha et parallelt rør anordnet på konnektoradapter versjon 2 med en ventil. Ventilen kan være fjernstyrt enten elektrisk eller hydraulisk fra produksjonsverktøysystemet. Ventilen kan være elektrisk operert

med den elektriske strømtilførselen til ESPen slik at når ESPen går, vil ventilen lukke.

Oppdriftselementene og avstivningsanordningen kan være kombinert i et fagverk som sikrer stivhet og vil holde oppdriftselementene festet til røret som inneholder ESPen. Illustrasjon på Figur 3.

Denne utførelsesformen kan ha plass til mer enn en ESP på følgende måte og for følgende funksjoner:

- 10 - En av de langsgående bjelkene kan være erstattet med et rør som bruke for strømnings-bypass. En fjernoperert ventil vil måtte inkluderes i dette røret. Konnektoradapter ver. 2 må i slike tilfeller bli brukt i hver ende.
- Det samme arrangementet med å erstatte en av de langsgående bjelkene med et rør kan brukes for å huse en andre ESP. Parallell drift av de to
- 15 ESPene vil muliggjøre økt pumpekapasitet. Konnektoradapter ver. 2 må i slike tilfeller brukes i hver ende.
- Erstatning av to av de langsgående bjelkene med fluidførende rør kan brukes for serielt arrangement av ESPer. Fluid blir matet gjennom den første ESPen fra innløpskonnektorenden til utløpskonnektorenden. Fluid
- 20 blir ledet tilbake gjennom det andre røret (som ikke har noen ESP) til innløpskonnektorenden. Fluidet blir trykkforsterket gjennom den andre ESPen til utløpskonnektoren. Konnektoradapter ver. 3 må i slike tilfeller brukes i hver ende.
- 25 I en annen utførelsesform erholdes rørstivheten av støtteprofiler/plater montert på ESP-røret og vektreduksjon oppnås med oppdriftsmaterialet som omgir ESP-røret og støtteplatene. Se figurene 5 og 6.

For alle disse utførelsesformene og variasjonene derav, er det tilveiebragt innretninger for å muliggjøre hydratinhibering. Det er installer injeksjonsåpninger ved egnede posisjoner for tilførsel av metanol eller andre inhibitorer. Dette arrangementet vil å også bli brukt for spyling av enheten for å fjerne

hydrokarboner før den hentes opp. Tilførsel og kontroll av slik injeksjon blir typisk tilveiebragt fra systemet installert i det tilhørende produksjonssystemet.

Tilstandsovervåkning av ESPen (trykk, temperatur og vibrasjonssignaler) kan

5 gjøres på flere måter:

- Signaler modulert i krafttilførselskabelen, slik det typisk gjøres for nedihullsbruk, kan anvendes dersom dataoppdateringsfrekvensen ikke er kritisk.
- Signaler kan rutes gjennom produksjonskontrollsystemet.

10 Signaler kan rutes gjennom en signalledning eller optisk fiber i ESP-kraft kontrollkabelen.

Systemet i henhold til oppfinnelsen vil:

- 15 - Tillate installasjon av en produksjonsforbindelsesledningsmontert ESP uten å gi ytterligere belastning på landingsposisjonen – tillatte ettermontering på eksisterende produksjonssystemer uten fare for den konstruksjonsmessige integriteten.
- Øke ESP pålitelighet og levetid ved å la ESPen kjøre som en rett sammenstilling uten fare for å øke rotasjonsustabilitet på grunn av bøying.

20

Systemet i henhold til oppfinnelsen kan innbefatte ethvert trekk eller trinn som her er vist eller beskrevet, i enhver operativ kombinasjon, hvor hver slik operativ kombinasjon er en utførelsesform av foreliggende oppfinnelse.

P A T E N T K R A V

1.

Robust og lett installerbart horisontal undervanns ESP electrical submersible
5 pump – elektrisk nedsenkbar pumpe - system, anordnet i en horisontal
produksjonsforbindelsesledning, hvilket system innbefatter arrangementer for
løfting og en konnektor i hver ende,

k a r a k t e r i s e r t v e d at systemet videre omfatter:

et avstivningsarrangement, som sikrer en rett ESP aksel hele tiden under
10 løfting, installasjon og drift, hvorved avstivningsarrangementet omfatter en
fagverkskonstruksjon,

et arrangement for å begrense eller eliminere belastningen på undervanns
konnektorer til hvilket systemet er tilkoblet under drift og også andre
tilstedeværende undervannskonstruksjoner, og

15 hver konnektor eller konnektor adapter innbefatter en isolasjonsventil, for
å muliggjøre miljøvennlig installasjon, utbytting og opphenting av systemet.

2.

System i henhold til krav 1, hvorved arrangementet for å begrense eller

20 eliminere belastningen på undervanns konnektorene til hvilke

produksjonsforbindelsesledningen er tilkoblet under drift og også på

eksisterende undervannskonstruksjoner, omfatter oppdriftselementer,

fortrinnsvis oppdriftselementer basert på syntaktisk skum, fortrinnsvis med

levetid og total oppdrift til å kompensere for økt vekt til systemet sammenlignet

25 med en tradisjonelle undervanns produksjonsforbindelsesledning.

1/8

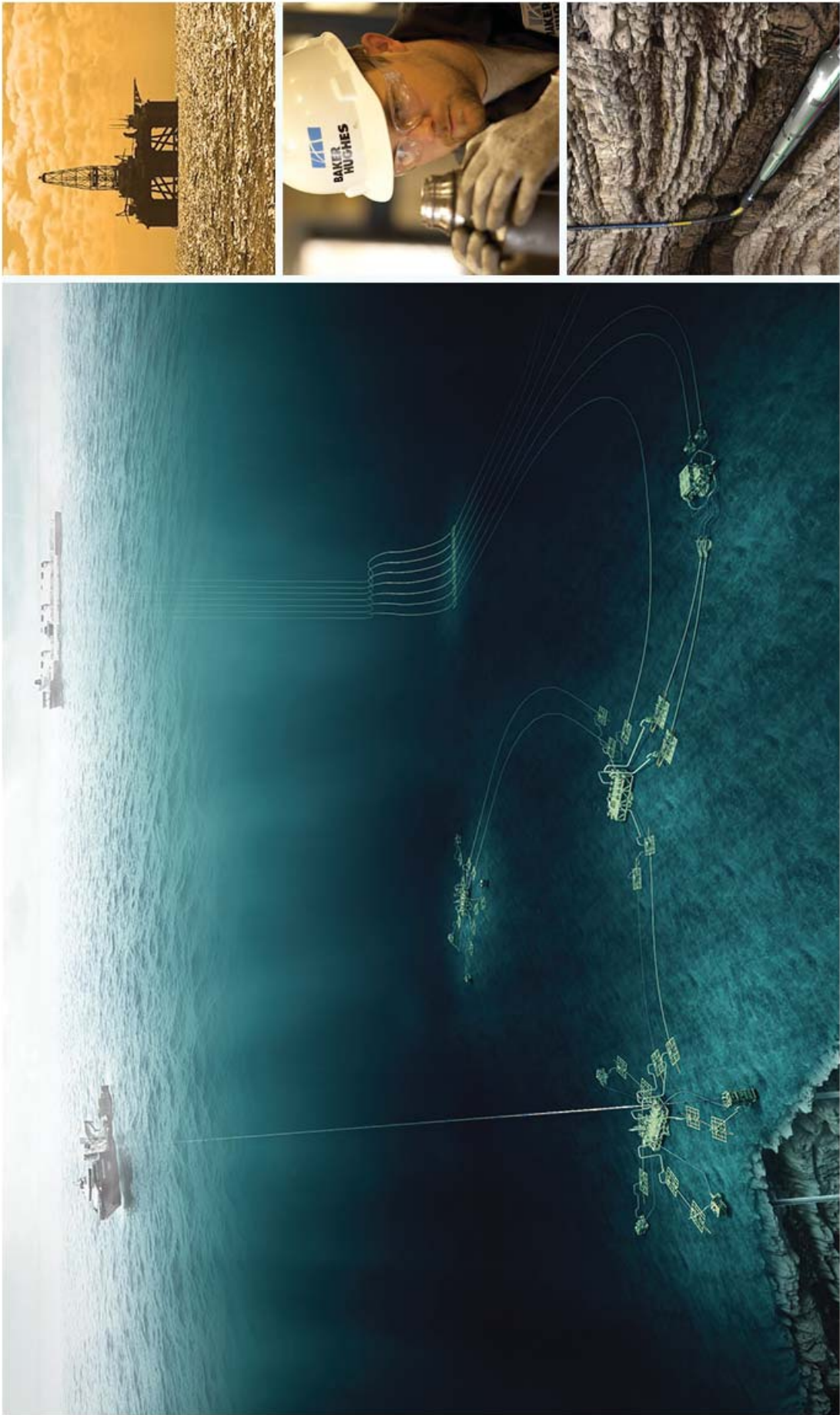


FIG. 1

FIG. 2

2/8

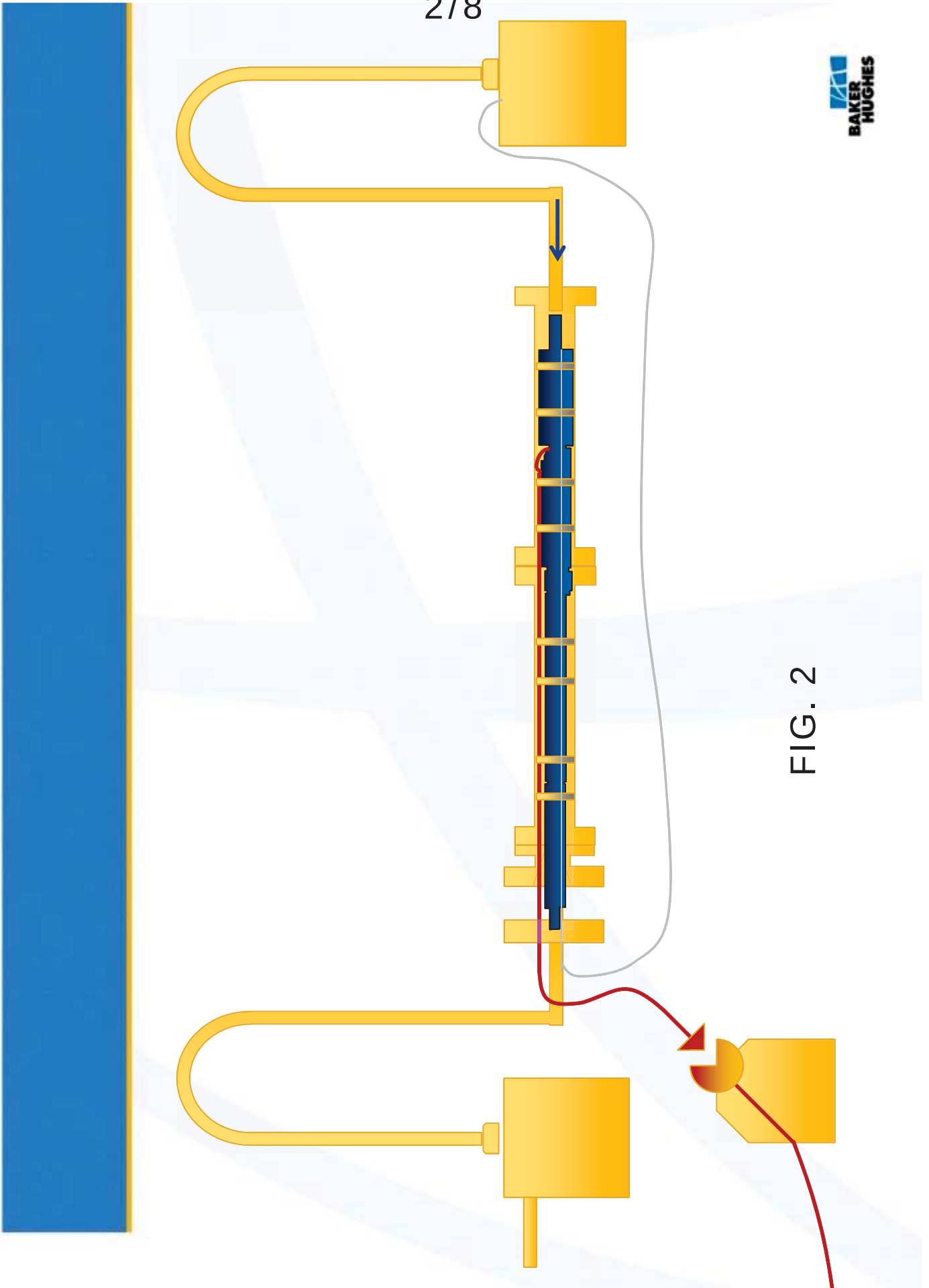




FIG. 3

4/8

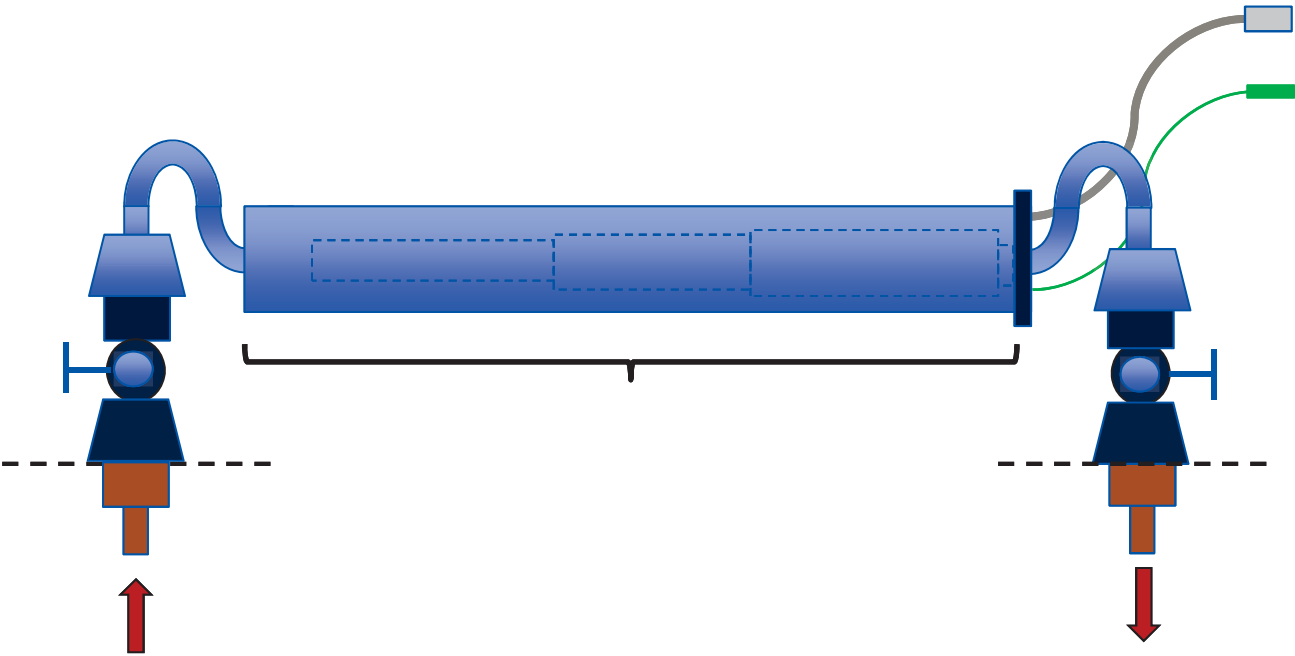


FIG. 4

5/8

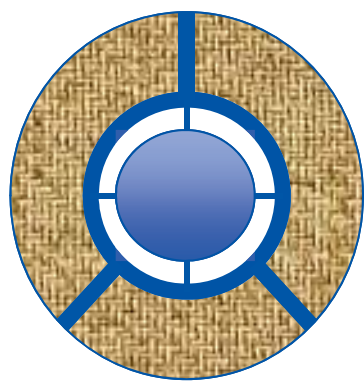


FIG. 5



FIG. 6

6/8

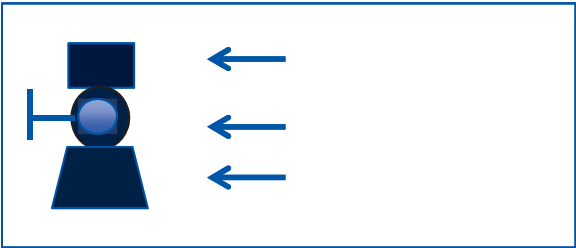


FIG. 7

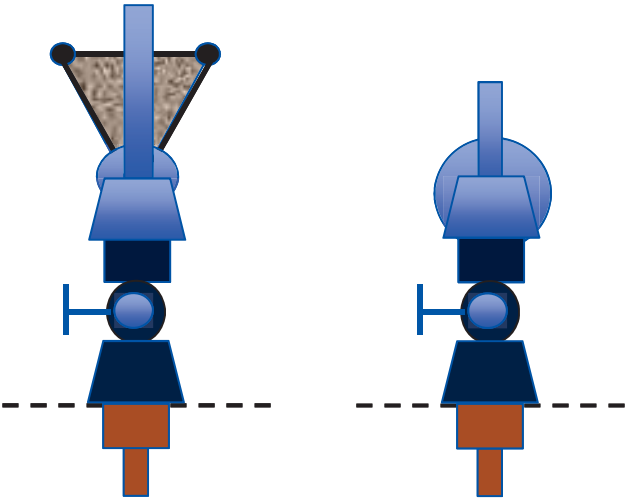


FIG. 8

7/8

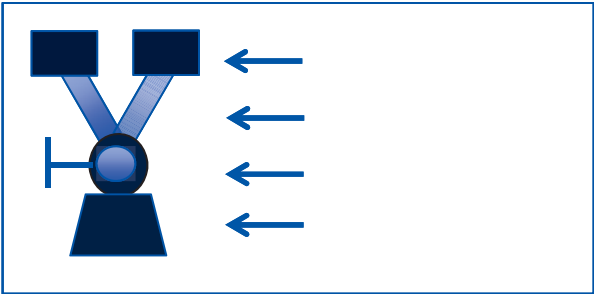


FIG. 9

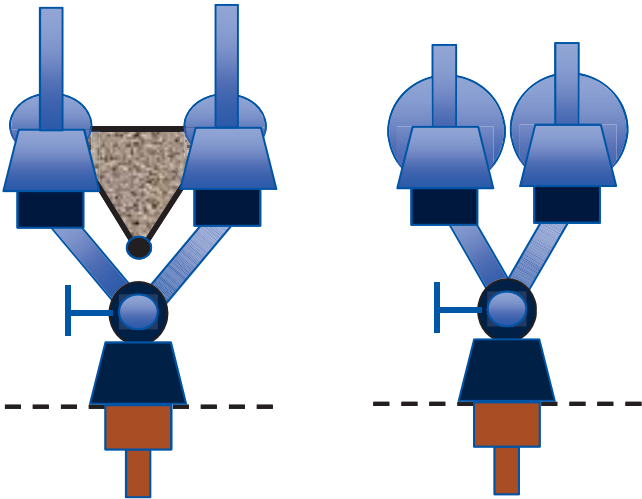


FIG. 10

8/8

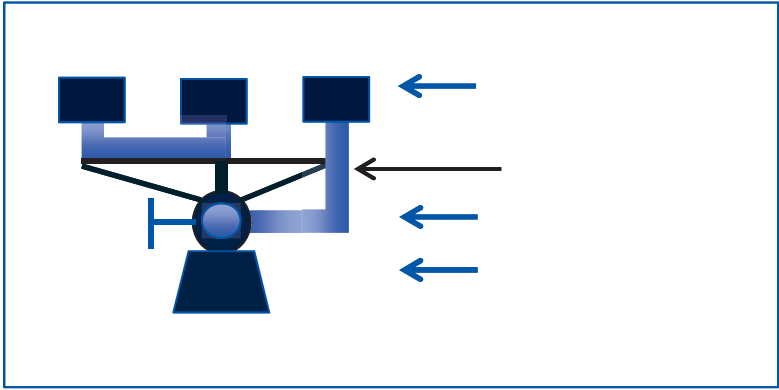


FIG. 11

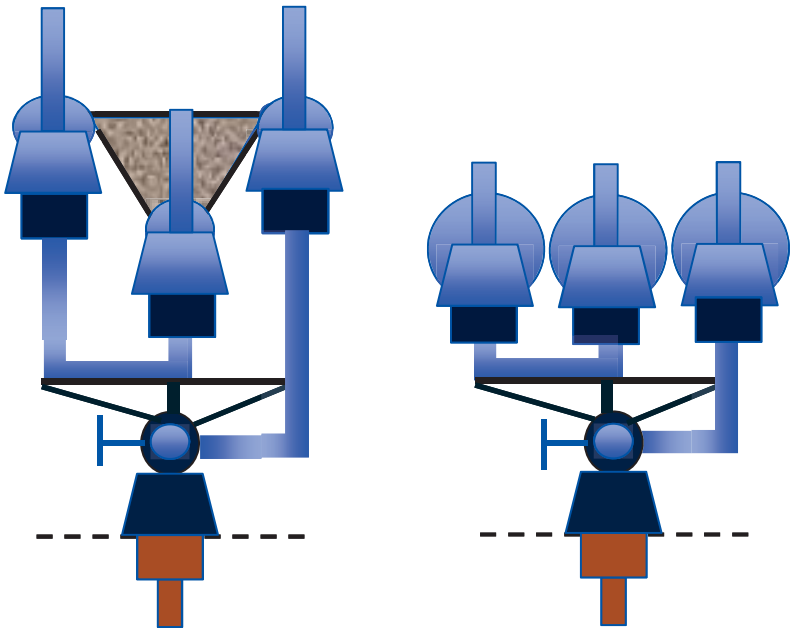


FIG. 12