

Sigurnosna oprema i njen značaj prilikom bušenja i remontnih radova

Vanja Kulik



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Sigurnosna oprema i njen značaj prilikom bušenja i remontnih radova | Vanja Kulik | | 2023 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0007483>

Univerzitet u Beogradu
Rudarsko-geološki fakultet



Završni rad
Master akademske studije

**Sigurnosna oprema i njen značaj prilikom
bušenja i remontnih radova**

Kandidat:
Vanja Kulik
R501/22

Mentor:
Prof. dr Branko Leković

Beograd, jul 2023. godine

Komisija:

1. Prof. dr Branko Leković, mentor

Rudarsko-geološki Fakultet, Beograd

2. Prof. dr Vesna Karović-Maričić, član

Rudarsko-geološki Fakultet, Beograd

3. Prof. dr Ivana Vasiljević, član

Rudarsko-geološki Fakultet, Beograd

Datum odbrane: _____

Rezime rada

U ovom radu biće reči o nekim osnovnim pojmovima korišćenim u naftaškoj inženjerskoj terminologiji: barijerama, procedurama, sigurnosnoj opremi (BOP), ventilima, prirubnicama, API standardima i preporučenim praksama. Takođe, biće opisane strukture kopnene sigurnosne opreme, njihova klasifikacija, pravilna upotreba, pregledi i testiranja, kako bi i kolege inženjeri koje se ne susreću prvi put sa tom terminologijom unapredile svoja znanja iz ove oblasti, ali i za one koji se prvi put susreću, da razumeju metodologiju i značaj ove opreme za funkcionisanje sistema prilikom bušaćih i remontnih radova.

Ključne reči:

Barijera, preventer(BOP, sigurnosna oprema), test, ventil, dotok.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	2
2. OPŠTI DEO.....	3
2.1. Plan delovanja u slučaju dotoka ili erupcije	3
2.2. Koncept barijera	4
2.2.1. Barijere u bušotini.....	5
2.2.2. Primarna kontrola bušotine	6
2.2.3. Dotok i priliv fluida	6
2.2.4. Sekundarna kontrola bušotine.....	6
2.3. Klipovanje i hidraulički udar fluida.....	6
2.4. Operacije manevara alata (tripping)	7
2.4.1. Suvo i mokro vađenje	8
3. SPECIJALNI DEO	10
3.1. Preventeri.....	10
3.1.1. Sklop preventera	10
3.1.2. Preporuke API RP53 za sklopove preventera.....	14
3.1.3. Anularni (Sferični).....	15
3.1.4. Diverter	18
3.1.5. Zaptivni elementi	20
3.1.6. Čeljusni preventeri	22
3.1.7. Rotacioni preventer.....	26
3.2. Ostala oprema.....	26
3.2.1. Prirubnice.....	26
3.2.2. Ventili	29
3.3. Akumulatorska jedinica (Kooimey)	36
3.3.1. Fluidi i zapremine	36
3.3.2. Vreme zatvaranja	38
3.3.3. Pumpe	38
3.4. Testiranje BOP	38
3.4.1. „Cup“ i plug tester	40
4. ZAKLJUČAK.....	42
LITERATURA	43

1. UVOD

Prilikom izvođenja bušaćih i remontnih radova, bilo na kopnu ili na moru, veoma je važno postojanje sigurnosne opreme na ustima bušotine. Postojanje ovog tipa opreme je i zakonska obaveza po Zakonu o rudarstvu i geološkim istraživanjima ("Sl. glasnik RS", br. 101/2015, 95/2018 - dr. zakon i 40/2021), stoga je izostanak pomenute opreme grubi prekršaj, koji može dovesti do nesagledivih posledica po ljudstvo i životnu sredinu.

Sigurnosna oprema na bušaćim i remontnim postrojenjima jedna je od ključnih faktora prilikom obavljanja radova na izradi tj. bušenju novih, kao i remontu tj. održavanju postojećih bušotina.

Sigurnosna oprema je deo "barijera", prvenstveno sekundarnih, o kojima će biti reči u ovom radu, a koje obezbeđuju integritet bušotine, kada primarne barijere propuste, ili ih nema dovoljno.

Postoje različiti tipovi Sigurnosne opreme, i u zavisnosti od predviđenih parametara, planira se količina i faktor zaštite koju oprema treba da obezbedi. Standardi koji propisuju dimenzije, kvalitet izrade, kao i planove ispitivanja, moraju se poštovati.

U slučaju otkaza postojeće sigurnosne opreme, postoje jasno naznačene procedure za otklanjanje neželjenih posledica, i za što manji rizik po bušotinu, ljudstvo i opremu, kao i za smanjenje neproduktivnog vremena (NPV), koje je direktno povezano sa finansijskim učincima kompanije.

Kako bi se izbegli otkazi opreme, što direktno dovodi do ugrožavanja integriteta bušotine, moraju se primeniti preventivne mere, u vidu vizuelnih i funkcionalnih pregleda opreme, kao i periodičnih testiranja i ispitivanja.

U ovom Master radu ću pokušati da objasnim savremene tipove opreme za sprečavanje dotoka i erupcije, uz fokus na bezbednost i zdravlje ljudstva na postrojenju, kao i očuvanju životne sredine, procedure prilikom dotoka, kao i metode gušenja bušotine, imaće manji fokus ovog rada, iako su sastavni deo „Well Control“ tematike, i naravno da će biti spomenute kao takve.

U ovom radu biće obrađeno i objedinjeno dosta stvari koje se tiču same opreme, API preporučenih praksi i BOP konfiguracija koje se koriste uglavnom prilikom bušaćih i remontnih radova kod nas i u svetu.

2. OPŠTI DEO

Sigurnosna oprema je sastavni deo „Plana delovanja u slučaju dotoka ili erupcije“ i kao takva njeno korišćenje se odvija prema navedenom planu, koji predviđa postojanje barijera u bušotini, koje sprečavaju narušavanje integriteta bušotine, opreme i ljudstva. Ovakve situacije se uglavnom dešavaju prilikom manevara alata, a kada je primarna barijera narušena, o čemu će biti reči u ovom poglavlju.

2.1. Plan delovanja u slučaju dotoka ili erupcije

Izvođač radova će koristiti Plan za nepredviđene situacije kontrole bušotine (Well Control Contingency Plan - WCCP) u slučaju da se izgubi kontrola bušotine i ispusti nafta-slojni fluid u kopneno ili morsko okruženje. Izvođač, kao strana odgovorna za zaustavljanje ispuštanja nafte na njenom izvoru, mora pokazati da su se pripremili za najgori scenario i da imaju sredstva za rešavanje situacije, ma koliko malo verovatna bila. (Posavac, 2017, str. 1)

Nakon sigurnosti osoblja, primarni fokus tokom incidenta s gubitkom kontrole bušotine je mogućnost zatvaranja bušotine – zaustavljanje protoka ugljovodonika u okolinu što je brže moguće. Mnoge metode bi mogle i trebale da budu preduzete za zatvaranje bušotine, uključujući korišćenje Sigurnosne Opreme - Blowout Preventera (BOP), intervenciju u bušotini, zatvaranje bušotine ili korišćenje drugih direktnih intervencijskih sredstava kao što je bušenje rasteretne bušotine.

Fokus plana je kontrola izduvavanja i sanacija, a ne prevencija izduvavanja, čime se bave drugi dokumenti (npr. detaljan program bušenja i završetka bušotine i registar rizika) i drugim regulatornim režimima (npr. Zdravlje i sigurnost na radu i drugi propisi).

WCCP treba prilagoditi za svaku situaciju na osnovu informacija o bušotini. Priznajući da će uvek postojati nepoznanice, izvođači bi trebalo da referenciraju izvor informacija predstavljenih u planu ili ga na drugi način opravdaju tako da sve strane imaju odgovarajući nivo poverenja koji podupire donete odluke.

2.2. Koncept barijera

Cilj:

- Da se u potpunosti razume koncept sistema barijere bušotine u operacijama bušenja, jezgrovanja i remonta.

Zadatak:

- Odrediti primarnu barijeru u normalnim operacijama bušenja.
- Identifikovati elemente sekundarne barijere.
- Opisati sklop barijere.
- Navesti šta dokumentacija o testiranju barijera treba da sadrži.

Bušotinske barijere:

a) Primarna barijera bušotine:

- Ovo je prvi objekat koji sprečava dotok iz sloja.
 - Isplaka

b) Sekundarna barijera bušotine:

- Ovo je drugi objekat koji sprečava dotok iz sloja.

Šta su bušotinske barijere?

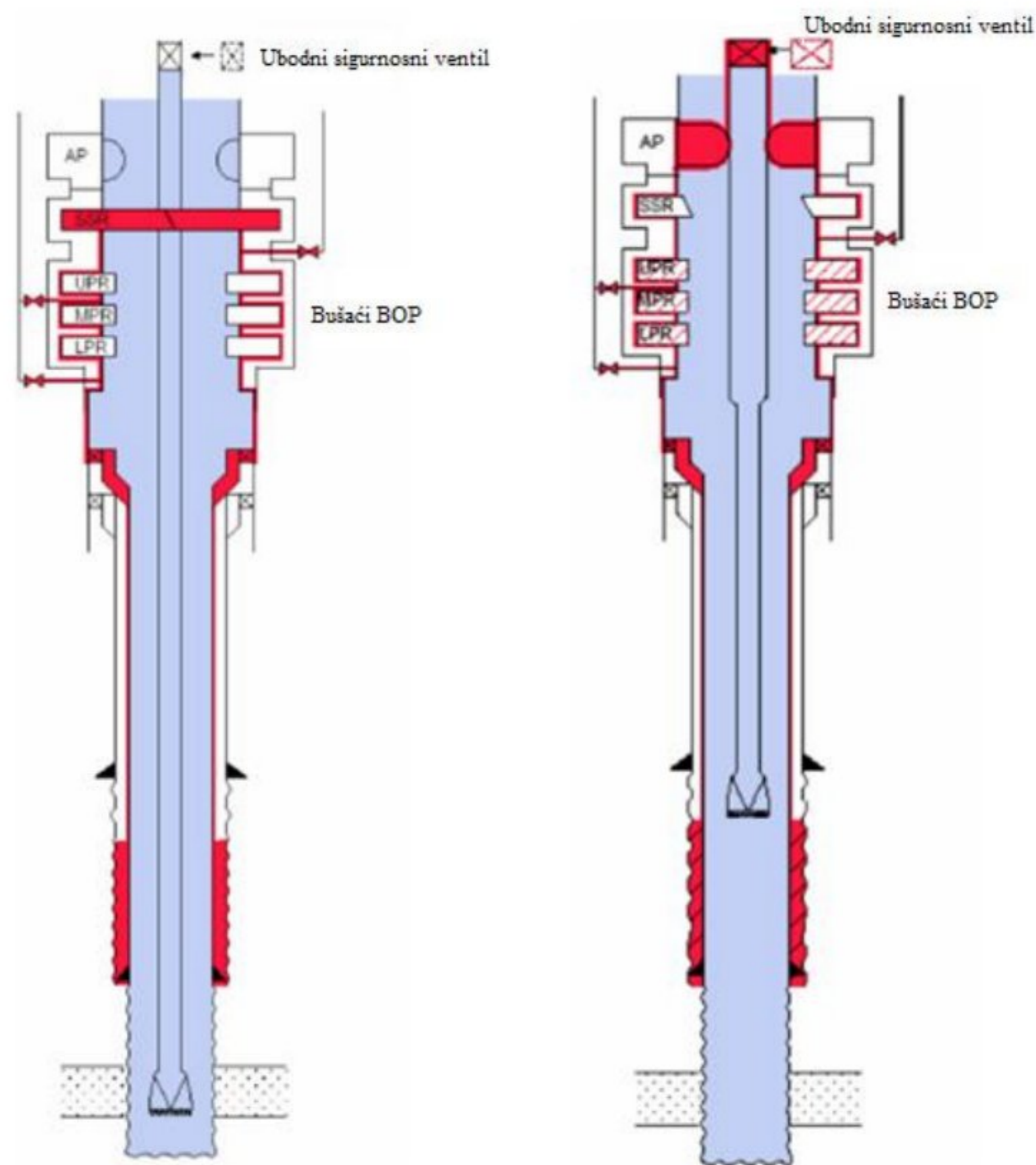
• Barijere za bušotine su omotači (nešto što okružuje ili zatvara nešto drugo) jednog ili više zavisnih WBE-a (well barrier elements - elementa barijere bušotine) kako bi se sprečilo nenamerno oticanje fluida ili gasa iz formacije, u drugu formaciju ili nazad na površinu.

• Barijere za bušotine će biti definisane pre početka aktivnosti ili operacije po zahtevima potrebnih WBE-a koje treba postaviti, kao i specifičnim kriterijumima prihvatljivosti. (Posavac, 2017, str. 14)

Primeri elemenata sekundarne barijere bušotine:

1. Zaštitne cevi i cement
2. Bušaći niz
3. Sigurnosna oprema (BOP) za bušenje, remont, elektro-karotaž (EK), alat na žici(AŽ), savitljivi tubing (ST)
4. Bušotinska glava
5. Duboko postavljeni selektivni čep za tubing (TBG)
6. Proizvodni paker
7. Sigurnosni ventili
8. Niz za osvajanje
9. Nosač tubinga

Koncept barijera prikazan je na *Slici 1*.



Slika 1 – Primarne i sekundarne barijere - plavo obojeno – primarna barijera, crveno obojeno – sekundarne barijere (Posavac, 2017.)

2.2.1. Barijere u bušotini

Tipovi barijera:

a) Hidrostatska barijera:

- Gustina se može održavati konstantnom (cirkulacija)
- Može se pratiti (gubici, porast povratne cirkulacije, pritisci)

b) Mehaničke barijere:

- Ako je moguće, testirati iz smera bušotine (u smeru protoka iz bušotine)
- Ako nije moguće testirati iz smera bušotine, mora se napraviti procena rizika i verifikacija

Verifikacija elemenata barijere

- Potvrđivanje da element barijere radi ispravno
- Kontinuirano praćenje za moguće propuštanje elementa barijere (leaks)

2.2.2. Primarna kontrola bušotine

To je naziv dat procesu koji održava hidrostatički pritisak u bušotini veći od pritiska fluida u formaciji koja se buši, ali manji od pritiska loma formacije. Ako je hidrostatički pritisak manji od pritiska formacije, tada će tečnosti iz formacije ući u bušotinu. Ako hidrostatički pritisak tečnosti u bušotini premašuje pritisak loma formacije, tečnost u bušotini može da se izgubi. U ekstremnom slučaju izgubljene cirkulacije, formacijski pritisak može premašiti hidrostatički pritisak omogućavajući formacijskim fluidima da uđu u bušotinu.

Održava se nadpritisak hidrostatskog stuba u odnosu na pritisak formacije, ovaj višak se generalno naziva marginom vađenja.

Iz praktičnih razloga, u tehnologiji bušenja sa projektovanjem gustina isplake (ρ) se meri, a i uobičajeno prikazuje u kg/dm^3 , i tada se hidrostatički pritisak isplake (Ph) izražava u izvedenoj jedinici „SI“ sistema u barima (bar), a zavisno od dubine (H), prikazano u *Formuli 1*.

$$Ph = \rho \times 0,0981 \times H \quad [\text{bar}]$$

Formula 1 – Hidrostatički pritisak isplake

2.2.3. Dotok i priliv fluida

Definicija dotoka. Dotok je prodor neželjenih tečnosti u bušotinu tako da je efektivni hidrostatički pritisak tečnosti u bušotini premašen formacijskim pritiskom.

Definicija priliva fluida. Priliv fluida je upadanje formacijskih tečnosti u bušotinu koje ne uzrokuje odmah da pritisak u formaciji premaši hidrostatički pritisak fluida u bušotini, ali može učiniti da dođe do dotoka, ako nije odmah prepoznat kao priliv, posebno ako je formacijski fluid gas.

2.2.4. Sekundarna kontrola bušotine

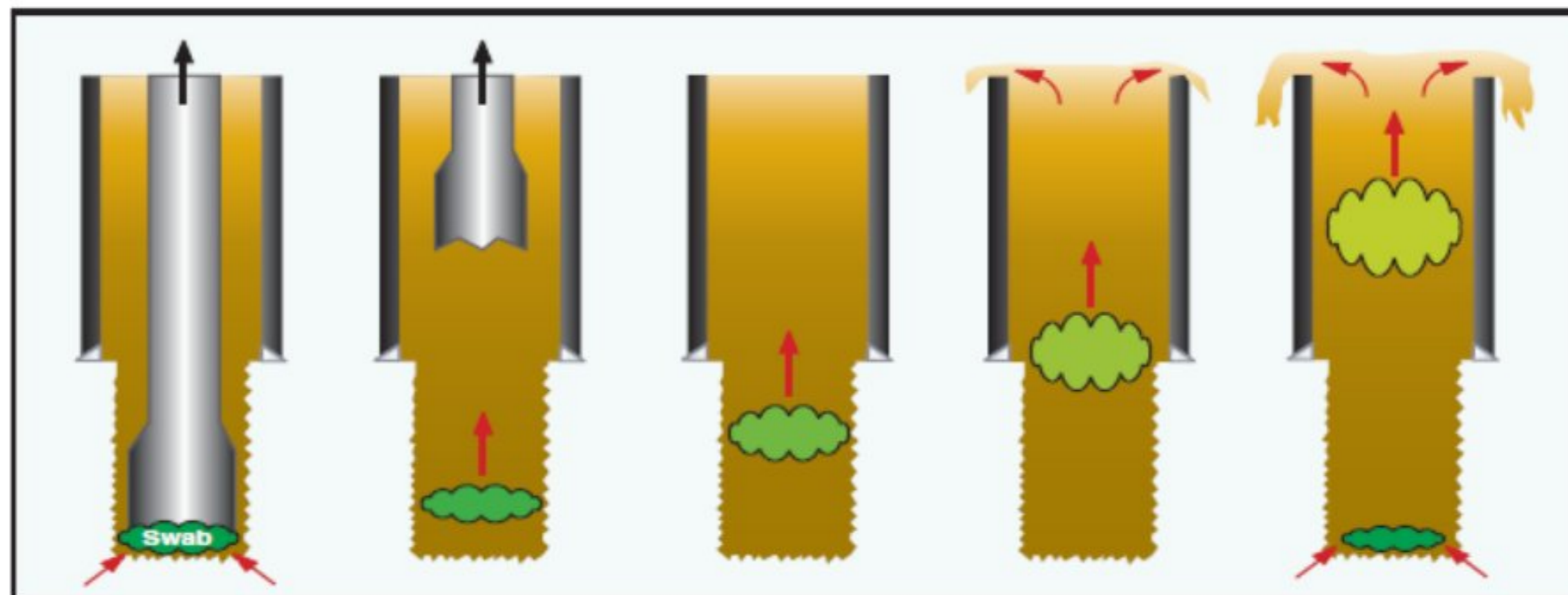
Ako pritisak fluida u bušotini (tj. isplaka) ne spreči da tečnosti iz formacije uđu u bušotinu, bušotina će imati dotok. Ovaj proces se zaustavlja korišćenjem „preventera“ da bi se sprečio izlazak tečnosti iz bušotine. Ovo je početna faza sekundarne kontrole bušotine. Zadržavanje neželjenih formacijskih tečnosti.

2.3. Klipovanje i hidraulički udar fluida

Kad god se cevi (bušaće šipke ili tubing) pomeraju kroz tečnost, prisutno je i klipovanje i hidraulički udar. Smer kretanja cevi diktira dominantnu silu, klipovanje ili udar. Kada cevi idu nagore, (na primer, vađenje alata) pritisak klipovanja je dominantan. Tečnost često ne može pasti između cevi i bušotine tako brzo koliko se cev povlači nagore.

Dakle, ispod cevi se stvara smanjenje pritiska omogućavajući tečnosti u formaciji da ulazi dok se smanjenje pritiska ne zaustavi.

Ovo se zove klipovanje. Ako doteče dovoljno tečnosti, to može umanjiti ukupnu hidrostatičku dovoljno da bušotina dobije dotok. Analogija povlačenja klipa u špricu ilustruje ovaj koncept, koji je prikazan na *Slici 2*.



Slika 2 – Klipovanje (Posavac, 2017.)

2.4. Operacije manevara alata (tripping)

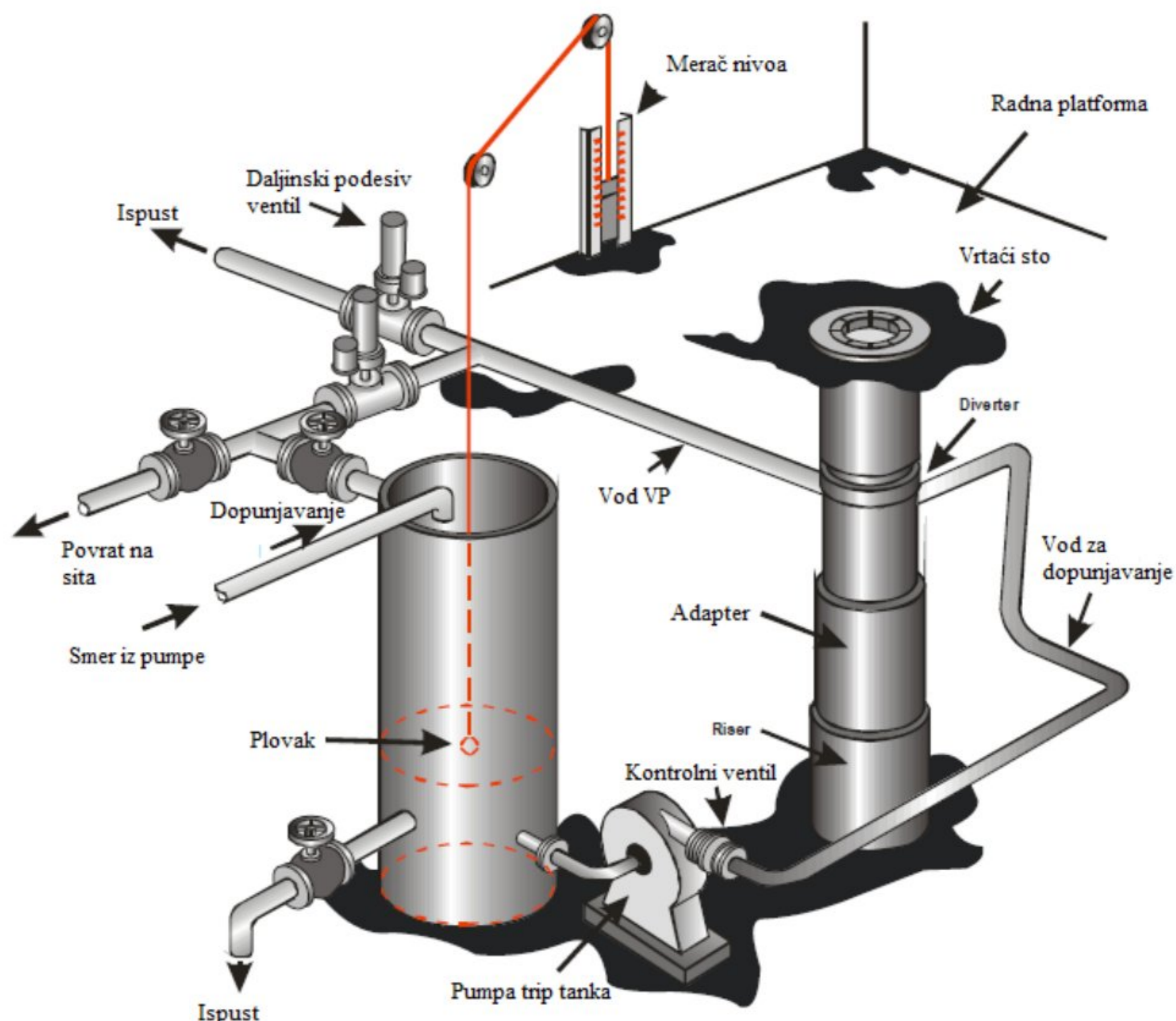
Operacije manevara mogu se svrstati u tri kategorije:

- a) Vađenje alata iz bušotine (POOH)
- b) Spuštanje alata u bušotinu (RIH)
- c) Dizanje i spuštanje alata u bušotini

Tokom operacije manevara alata količina isplake koju treba ispustiti (spuštanje alata), ili utisnuti (izvlačenje alata) se prati pomoću (Posavac, 2017, str 95):

- a) Pumpom za dopunjavanje sa brojačem hodova;
 - b) Cirkulacijom preko rezervoara za punjenje (Trip Tank)
- Prednosti:
 - a) Koristi pumpu za dopunjavanje bušotine
 - b) Prednost je što je bušotina konstantno puna i volumeni dopunjavanja se mogu precizno izmeriti
 - Nedostaci:
 - a) Ima ograničeni zapreminski kapacitet, pa je kod potpunog izvlačenja alata potrebno dopunjavati rezervoar
 - b) Posebnu pažnju obratiti kod izvlačenja teškog alata (BHA) zbog velikog jediničnog volumena čelika

Manji rezervoari su kapaciteta 20-40 barela sa podeocima od 1 barel. Koriste se za praćenje bušotine prilikom manevara. *Slika 3.*

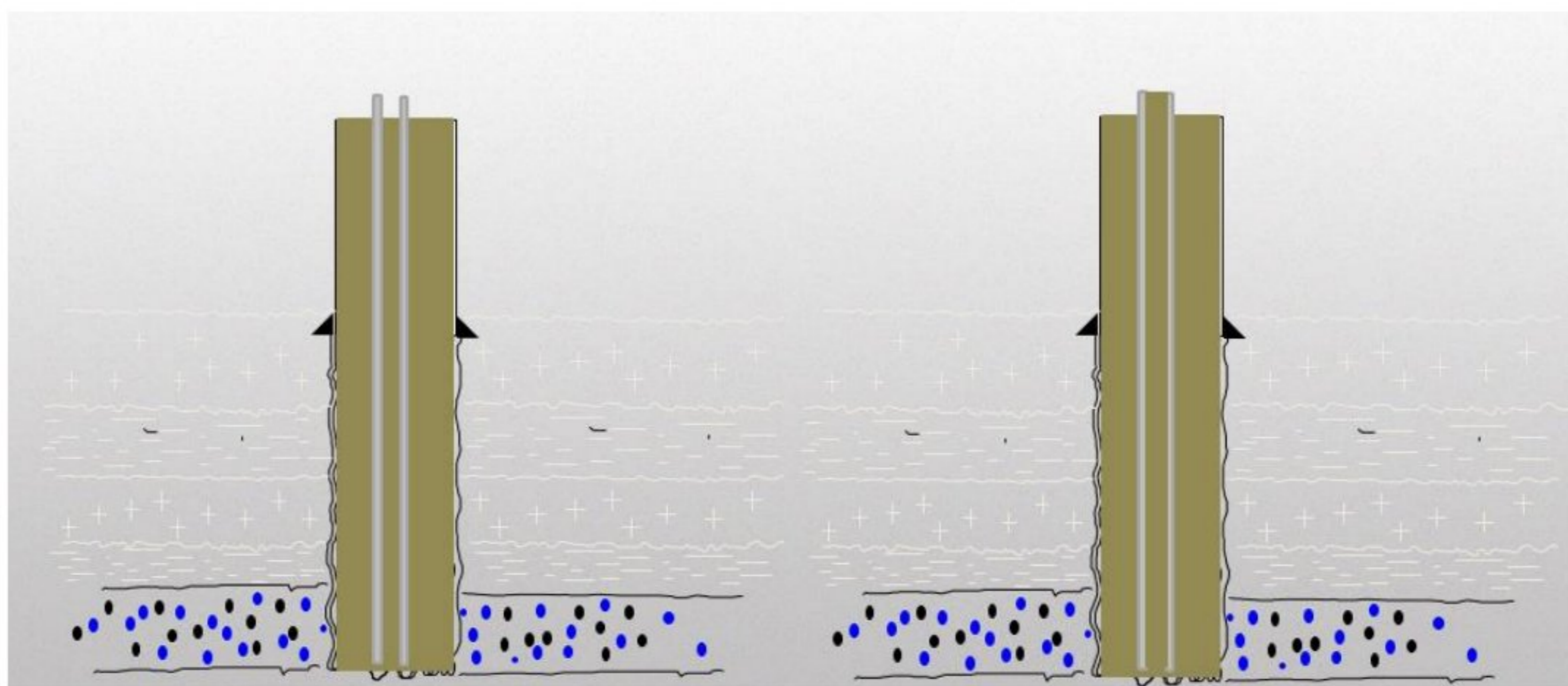


Slika 3 – Sistem rezervoara za punjenje – „Trip Tank“ (Posavac, 2017.)

2.4.1. Suvo i mokro vađenje

a) Suvo – u proračun ulazi samo jedinični volumen čelika bušaćeg alata (*Formula 2*).

b) Mokro – u proračun ulazi jedinični volumen čelika i unutrašnji volumen bušaćeg alata (pun profil). Prikazano na *Slici 4* i u *Formuli 3*.



Slika 4 – Suvo (levo) i mokro (desno) vađenje (Posavac, 2022.)

Pad pritiska na dno za **suvo** vađenje:

$$\Delta P = \frac{\text{gustina isplake} \times \text{volumen čelika}}{\text{unutrašnji volumen kolone} - \text{volumen čelika}} \times 0,0981 \text{ [bar/m]}$$

Formula 2 – Pad pritiska na dno za suvo vađenje

Pad pritiska na dno za **mokro** vađenje:

$$\Delta P = \frac{\text{gustina isplake} \times \text{volumen punog profila šipke}}{\text{unutrašnji volumen kolone} - \text{volumen punog profila šipke}} \times 0,0981 \text{ [bar/m]}$$

Formula 3 – Pad pritiska na dno za mokro vađenje

Treba imati na umu da je to pad pritiska za 1m izvađenog alata. Obično se traži za jedan cug ili više, pa treba pomnožiti rešenje sa dužinom izvađenog alata u oba slučaja. (Posavac, 2017, str. 91)

3. SPECIJALNI DEO

Sklop sigurnosne (preventerske - BOP) opreme je toliko vitalan deo opreme opreme da ga nikada ne treba zanemariti. BOP sistem je zapravo jedinstven set veoma velikih hidrauličnih ventila. BOP imaju velike otvore, predviđeni su za visoke pritiske i rade veoma brzo. Ove karakteristike određuju neka ograničenja u sistem koja operativna posada treba da bude svesna i da pažljivo rukuje njima.

Preventerski sklop je oprema za kontrolu pritiska u bušotini koji se sastoji od preventera, prirubnica i ventila. Određen je nominalnim (radnim) pritiskom (rated working pressure, RWP) kojeg definišemo kao maksimalni unutrašnji pritisak koji oprema može da izdrži.

Zahtevani radni pritisak preventerskog sklopa za pojedinu bušotinu se zasniva na maksimalnom predviđenom pritisku na površini (ustima bušotine).

Određuje se iz maksimalnog predviđenog pritiska formacije, umanjenog za hidrostatski pritisak stuba gasa ili u najgoroj mogućoj situaciji pritisak na površini jednak je pritisku formacije.

Preventeri se dele na:

1. Čeljusni preventer (Ram BOP)
2. Čeljusti za puni profil / rezanje (Blind-Shear Ram)
3. Prstenasti preventer (Annular BOP)

3.1. Preventeri

Preventer je uređaj koji se montira na bušotinsku glavu (osnovnu prirubnicu) i omogućuje da se bušotina zatvori i zadrže fluidi iz bušotine u kanalu bušotine.

Razlikujemo anularne, čeljusne i rotacione.

3.1.1. Sklop preventera

Primarna funkcija sklopa preventera je:

- a) Da zadrži visoke pritiske slojnih fluida u kanalu bušotine.
- b) Da obezbedi način za dopunjavanje radnog fluida za vreme ugušivanja bušotine.
- c) Da omogući kontrolu zapremine fluida koji se ispušta iz bušotine.
- d) Da ima dovoljno velike otvore koji omogućuju prolazak niza bušaćeg alata.
- e) API Specifikacije koje se primenjuju na sklopove preventera:

- API Specifikacija 6A, Oprema bušotinskih glava i erupcioni uređaji.
- API Specifikacija 16A, Oprema kolone koja se buši
- API Specifikacija 16C, Sistemi za ugušivanje i prigušivanje
- API Specifikacija 16D, Kontrolni sistemi za opremu za kontrolu pritiska u bušotini
- API Preporučena praksa 53, Oprema za sprečavanje erupcija pri bušenju bušotina.
- API Preporučena praksa 64, Oprema sistema divertera i njena upotreba

Kodovi komponenti sklopa:

Preporučeni kodovi komponenti za označavanje rasporeda preventera su sledeći:

- a) A = anularni tip
- b) G = Diverter (rotacioni preventer).
- c) R = jednostruki čeljusni sa jednim kompletom pakni, bilo punog profila ili za cev, po želji operatera.
- d) Rd = preventor tipa dvostrukog čeljusnog sa dva seta pakni
- e) Rt = trostruki čeljusni tip sa tri seta pakni
- f) S = bušaća prirubnica za bušenje sa bočnim izlaznim priključcima za linije za prigušivanje i ugušivanje
- g) M = 1000 psi nazivni radni pritisak.

BOP konfiguracija:

BOP konfiguracija se označava sa ukupnim brojem preventera koji su instalirani na bušotini.

Primer: ***Class 6-A2-R4***

Class 6 – označava ukupan broj preventera (prstenasti/čeljusni)

A2 – označava ukupan broj anularnih preventera

R4 – označava ukupan broj čeljusnih preventera

Jedan sklop preventera sastoji se od:

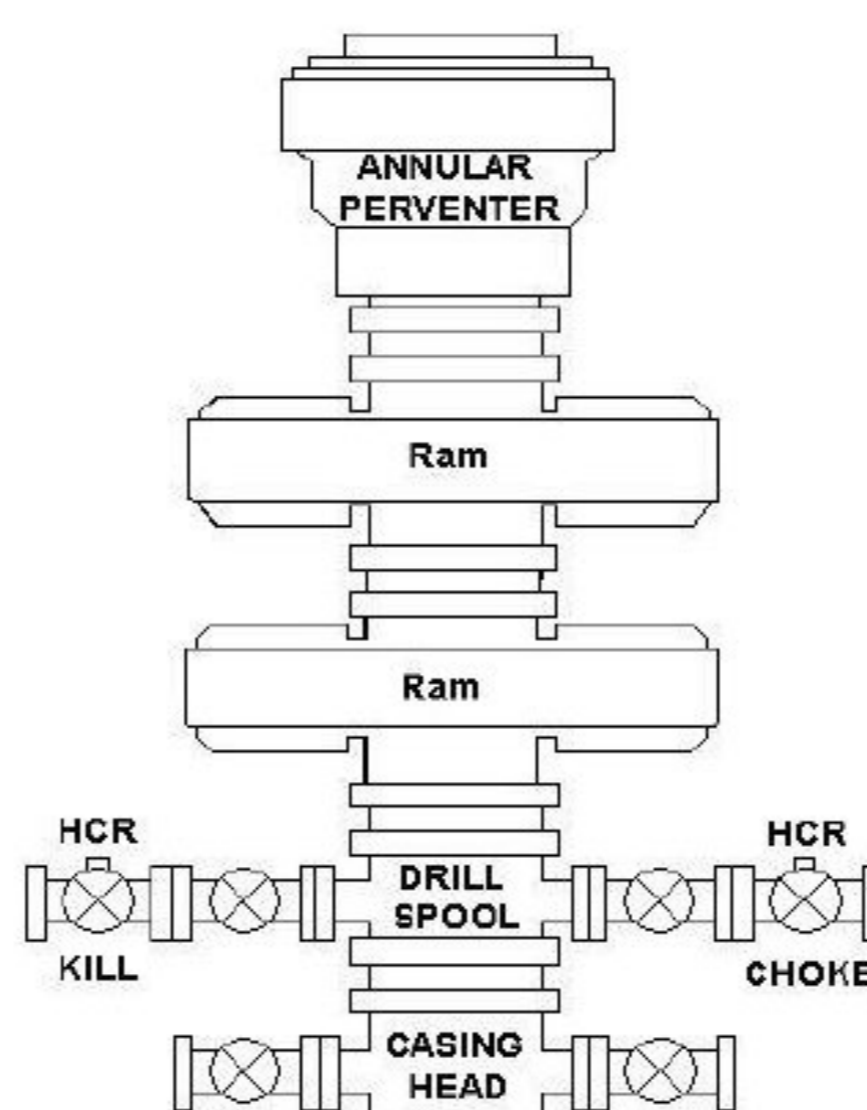
- Preventera (anularni, čeljusni, rotacioni i diverter).
- Vodovi za ugušivanje i prigušivanje.
- Razvodni ventili (čok manifold).
- Akumulatorski uređaj
- Pomoćne opreme (vodovi hidraulički za povezivanje akumulatorskog uređaja sa preventerima, kontrolna vazдушna creva, daljinske komande za zatvaranje preventera, daljinska komanda za regulisanje automatske dizne, uređaj za testiranje opreme pod pritiskom, adapteri i bušace pribornice itd.).

API Dokument API RP53 - Sistemi za sprečavanje erupcija pri bušenju bušotina, obezbeđuje informacije koje mogu da se upotrebe kao smernice kod montaže i ispitivanja pod pritiskom preventerskih sklopova i druge opreme prilikom bušenja na vodi i na kopnu.

BOP konfiguracija može biti potpuno definisana na vrlo jednostavan način:

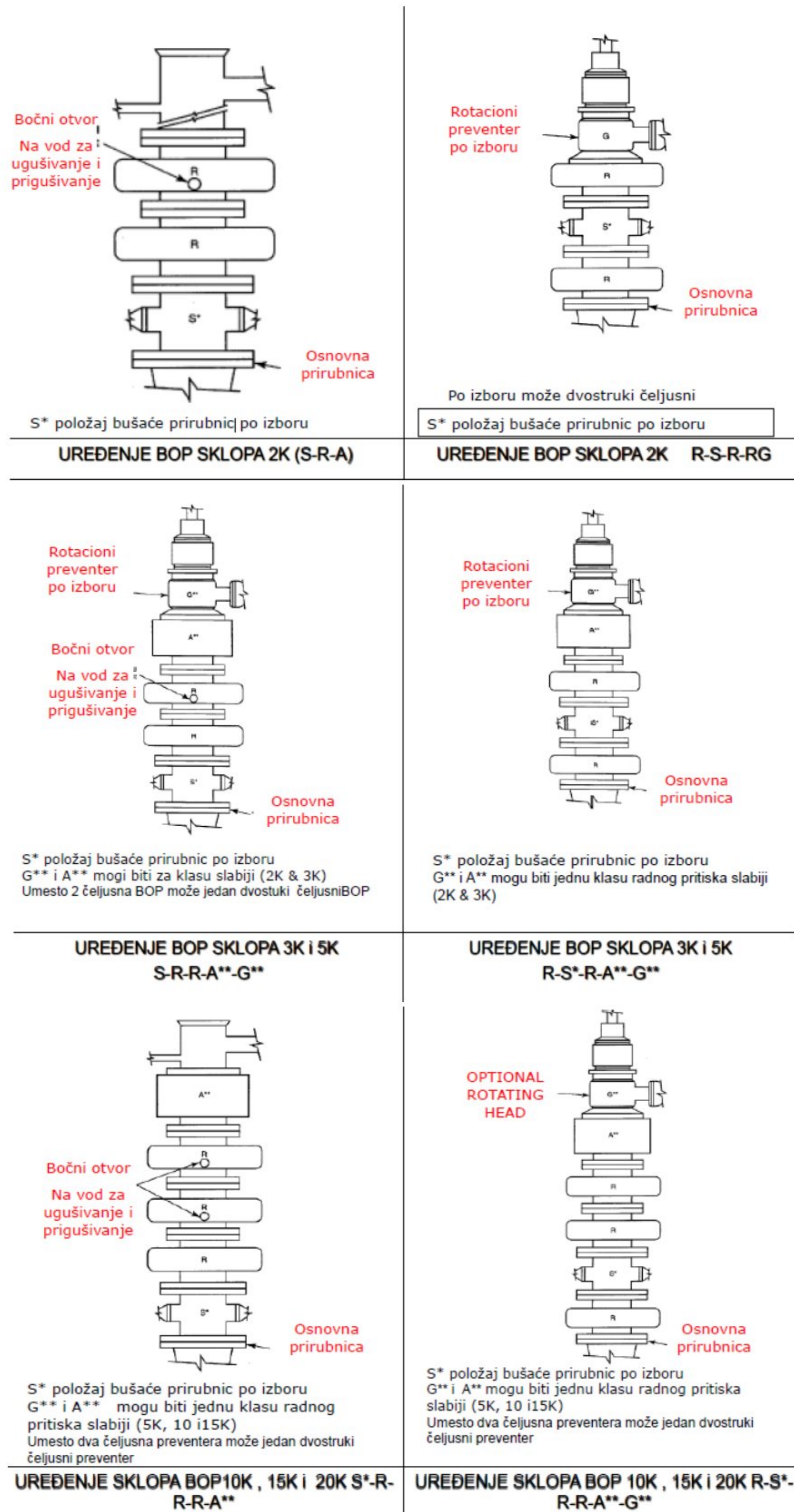
- 10K 13 5/8 inch – Class 3-A1-R2

Ova BOP konfiguracija ima radni pritisak 10.000psi, unutrašnji prečnik 13 5/8“, i sastoji se od jednog anularnog i dva čeljusna preventera. Dato na *Slici 5*.



Slika 5 – Klasična BOP kopnena konfiguracija (Posavac, 2017.)

Primeri ostalih sklopova preventera dati su na *Slici 6*:



Slika 6 – Primeri ostalih sklopova preventera (Korov, 2011.)

3.1.2. Preporuke API RP53 za sklopove preventera

Preporuke:

- a) Anularni preventeri mogu biti i manjeg radnog pritiska za jednu klasu pritiska.
- b) Svaki montirani čeljusni preventer treba da ima, kao minimum, radni pritisak koji je jednak maksimalno očekivanom pritisku na površini.
- c) API RP53 ne daje koji je položaj čeljusti za šipke i slepih čeljusti (blinde) u sklopu preventera. Investitor i/ili izvođač radova, u zavisnosti od sopstvenih iskustva odlučuju se za položaj za ugradnju čeljusti.
- d) Vodovi za prigušivanje i ugušivanje spajaju se, u zavisnosti od toga da li se koristi bušaća prirubnica, na:
 - Bočne otvore na bušačkoj prirubnici. Prednost ovakvog sklopa – eroziona, tj. kavitaciono oštećenje jeftinije bušaće prirubnice prilikom gušenja erupcije, jer dotekli fluid sadrži i čestice peska.
 - Bočne otvore na čeljusnom preventeru. Prednost ovakvog sklopa je u tome što je sklop preventera niži za visinu bušaće prirubnice.
 - Za sklopove preventera radnih pritisaka 2K i 3K bušaća prirubnica treba da ima dva bočna otvora ne manje dimenzije od 2". Priklučci na bočnim otvorima kod sklopa treba da su prirubnički, zavareni ili sa šelnama.

Bušaće prirubnice klase 5K, 10K, 15K i 20K treba da imaju dva bočna otvora, jedan 3" i jedan 2" minimalno. Priklučci na bočnim otvorima treba da su prirubnički, zavareni ili sa šelnama.

API klase sklopova preventera prema nazivnim pritiscima:

- Klasa 2K(2000 psi = 13,8 MPa)
- Klasa 3K(3000 psi = 20,7 MPa)
- Klasa 5K(5000 psi = 34,5 MPa)
- Klasa 10K(10000 psi= 69,0 MPa)
- Klasa 15K(15000 psi=103,5 MPa)
- Klasa 20K(20000 psi=138,0 MPa)

Diverteri su poseban slučaj i oni se proizvode u dimenzijama 29 ½" i 30", 500 ili 1000 psi. Svaki anularni preventer dimenzija do 21 ¼" (nezavisno od radnog pritiska – uvek su veći) mogu se koristiti kao diverteri (u zavisnosti od programa zacevljenja). Specifičnost je upotreba diverter prirubnice koja treba da ima jedan bočni otvor 10" i sa jednim vodom za izduvavanje uređenim prema API RP64.

3.1.3. Anularni (Sferični)

Uređaj koji zatvara bušotinu okolo bilo kog okruglog predmeta (alata) bilo kojeg prečnika, žice-alata na žici kao i potpuno zatvaranje - pun profil kanala bušotine. Zatvaranja preko žice i punog profila pospešuje ubrzano habanje zaptivnog elementa. Sabijanje ojačanog elastičnog zaptivnog elementa vrši se hidrauličkim pritiskom.

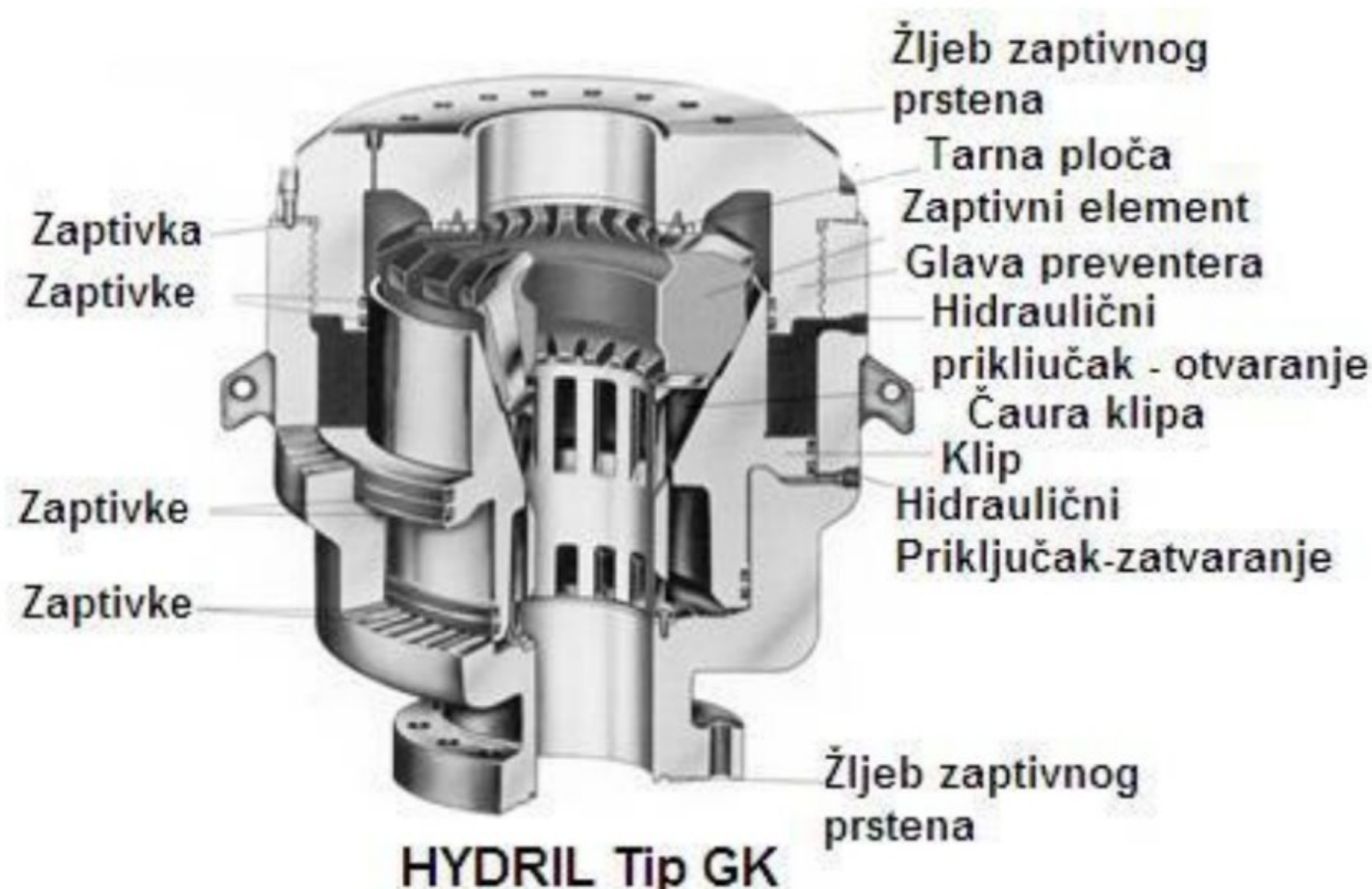
Normalno se koriste na vrhu sklopa BOP iznad jednog ili više čeljusnih preventera. Obično je prvi preventer koji se zatvara kada dođe do dotoka / erupcije.

Karakteristike:

- Zaptivanje se vrši okolo glatkih površina na teškim, bušaćim šipkama, obložnim cevima, tubinga, šestougaoim radnim šipkama i žici mernog vitla.
- Omogućuje provlačenje bušaćih šipki iz bušotine pod pritiskom uz zadržavanje zaptivanja bušotine.
- Omogućuje zadizanje i spuštanje ("šetnju") bušaćeg niza u toku gušenja bušotine.
- Omogućuje blagu rotaciju bušaćeg niza za vreme gušenja bušotine.

Anularni preventeri različitih proizvođača veoma su slični mada postoje izvesne razlike:

Sferični preventeri HYDRIL Model MSP i GK imaju klip u obliku klina koji se pod pritiskom zatvaranja kreće prema gore pri čemu zaptivni element potiskuje prema unutra okolo šipke/tubinga (*Slika 7*).



Slika 7 – Sferični preventeri HYDRIL Model GK (Korov, 2011.)

HYDRIL Model GK je preventer koji se najviše koristi. Raspoloživ je u dimenzijama od 7 1/16" do 16 3/4" (179 do 425mm). Radni pritisak je od 2.000 do 20.000 psi (137,2 do 1372 bar).

Pritisak zatvaranja zavisi od pritiska u kanalu bušotine. Normalni pritisci zatvaranja su 800psi (54,9 bar), ali sa povećanjem pritiska u kanalu bušotine, pritisak zatvaranja treba da se smanji kako bi se izbeglo oštećenje zaptivnog elementa.

Pritisak u kanalu bušotine povećava silu zatvaranja na zaptivni element (Preventeri tipa GK imaju snažno potiskivanje zaptivnog elementa usmeravanjem energije pritiska u kanalu bušotine na klip).

Sferični preventeri SHAFFER - pritisak zatvaranja pokreće klip prema gore potiskujući zaptivni element uz okruglo ili sferično kućište. Sferično kućište potiskuje zaptivnu gumu prema unutra okolo šipke/tubinga (*Slika 8*).

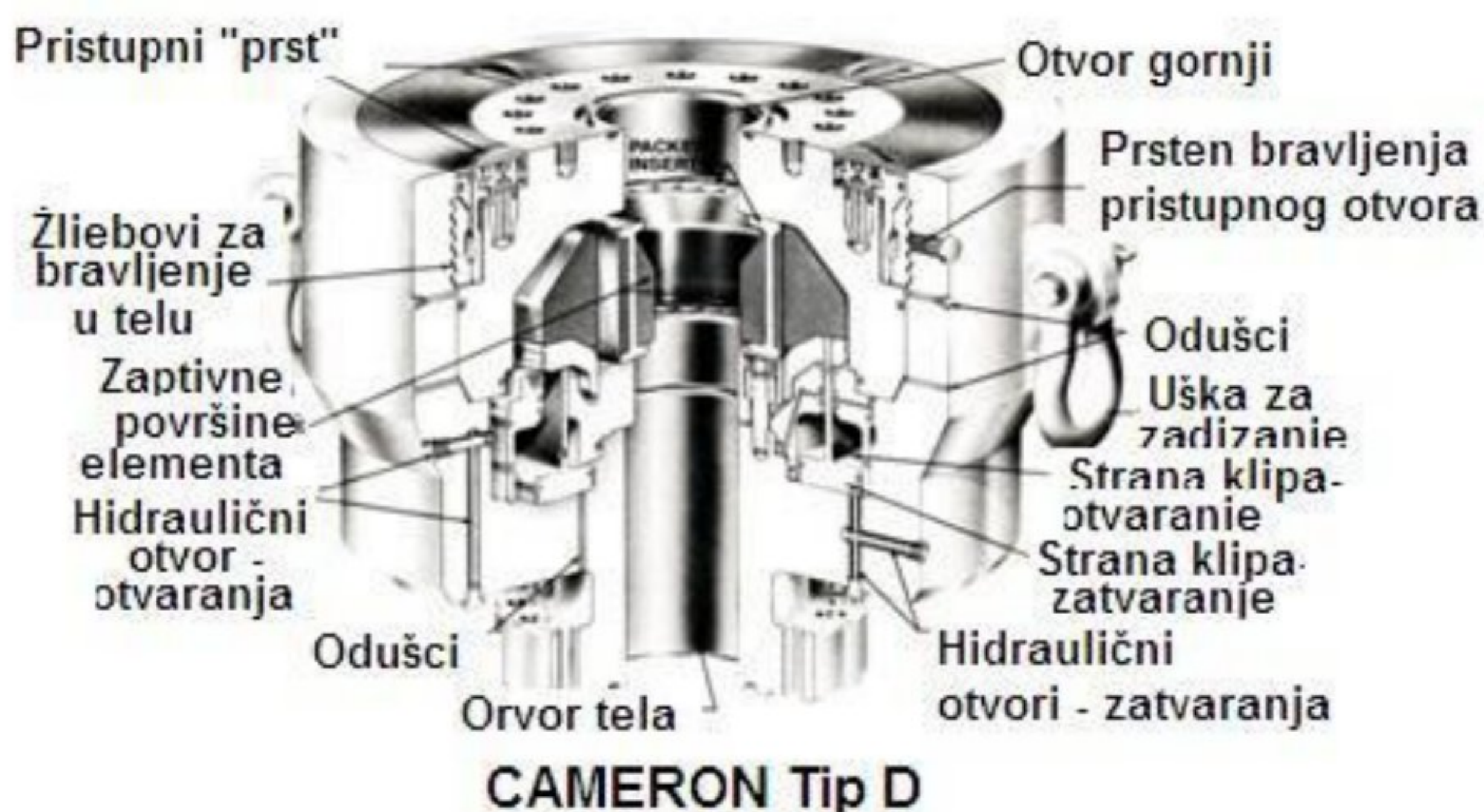


Slika 8 – Sferični preventeri Shaffer (Korov, 2011.)

Na raspolaganju je dva modela sferičnih preventera SHAFFER:

- **Model sa poklopcem sa zavrtnjima** gde se gornji deo kućišta pričvršćuje za donje kućište pomoću golih vijaka i navrtka. Na raspolaganju su preventeri radnih pritisaka od 1.000 do 15.000 psi (68,6 do 1029 bar) i otvora od 4 1/16" do 30" (103mm do 914mm).
- **Model sa konusnim poklopcem** gde je gornji deo kućišta pričvršćen za donji deo kućišta sa segmentom za bravljenje i prstenovima za bravljenje u cilju olakšanja zamene zaptivnog elementa. Na raspolaganju su sa radnim pritiscima od 5.000 do 15.000 psi (343 do 1029 bar) u dimenzijama od 11" do 21 1/4" (279,4 mm do 762 mm).
- Shaffer preporučuje radni pritisak u hidrauličnom sistemu od 1.500 psi (102,9 bar).
- Za potrebe provlačenja šipki kroz zatvoren preventer pritisak u sistemu treba smanjiti u skladu sa tabelom koju daje proizvođač.

Sferični preventeri CAMERON Tip D - pritisak zatvaranja potiskuje klip koji gura prema gore potisnu ploču koja pomera gumu prema unutra i oko šipke (Slika 9).



Slika 9 – Sferični preventeri Cameron Tip D (Korov, 2011.)

Na raspolaganju su dva modela anularnog preventera Cameron:

- **Model DL** preventeri sa dimenzijom otvora od 7 1/16" do 21 1/4" (179,4 mm do 539,75 mm) radnih pritisaka od 2.000 do 20.000psi (132 do 1372 bar). Brza zamena zaptivnog elementa, male težine, male visine. Operativni sistem je izolovan od bušotinskog pritiska tako da pritisak iz bušotine ne menja pritisak zatvaranja.
- **Model A** izrađuje se u dimenziji 18 3/4" (473,25 mm) radnog pritiska 10.000 psi (686 bar). Manje visine od modela DL, sa 50% manje delova.

Specifičan je dizajn anularnog preventera je od proizvođača Regan gde je zaptivni elemenat gumeni cilindar sa prirubnicama. Ima samo jedan hidraulični priključak za zatvaranje preventera. Kada se primeni hidraulični pritisak on deluje sa spoljašnje strane gumenog cilindričnog zaptivnog elementa čije unutrašnje površine potiskuju se prema šipki sa svih strana. Otvaranje preventera postiže se ispustanjem hidrauličnog pritiska.

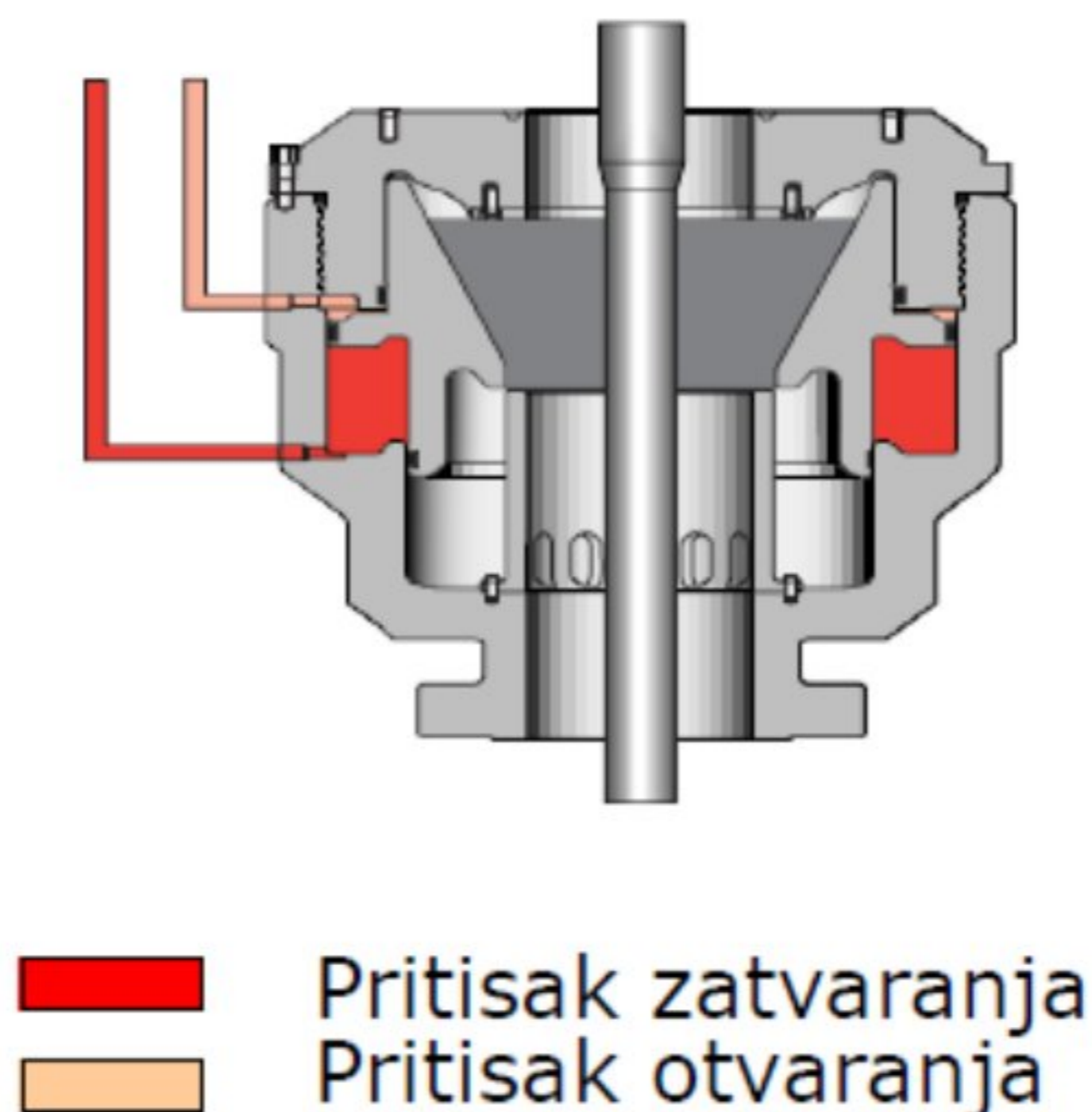
Ne preporučuje se zatvaranje zaptivnog elementa anularnih preventera oko kvadratne radne šipke zbog prevelikih deformacija zaptivnog elementa. Kasnije, kada se proba zatvaranje oko šipki obično se ne može postići zaptivanje, i hidraulični pritisak za zatvaranje mora se primeniti nekoliko puta (Slika 10).

Vreme potrebno za zatvaranje i otvaranje anularnih preventera.

API RP 53 preporučuje da vreme zatvaranja anularnog preventera prečnika:

- a) ispod 20" bude do 30 s maksimalno.
- b) Iznad 20" bude do 45 s maksimalno.

Jedan od činilaca koji utiče na vreme potrebno za zatvaranje i otvaranje čeljusnog preventera je unutrašnji prečnik hidrauličnih vodova za spajanje akumulatorskog uređaja sa anularnim preventerom. Što je veći ID vodova i priključaka zatvaranje je brže. Proizvođači preporučuju da je minimalni ID $\frac{1}{2}$ " (12,7mm). Takođe vreme zatvaranja je brže kada se primenjuju veći pritisci zatvaranja (koje treba izbegavati).



Slika 10 – Pritisak otvaranja i zatvaranja anularnog preventera (Korov, 2011.)

3.1.4. Diverter

U suštini to je Anularni preventer sa zaptivni elementom, diverter prirubnicom sa jednim bočnim otvorom minimalnog prečnika 10" preusmerava protok, voda za odvod bušotinskog fluida do baklje i kontrolnog hidrauličnog uređaja za zatvaranje divertera.

Uloga sistema divertera je da obezbedi preusmeravanje (kontrolisanog ili nekontrolisanog) dotoka što dalje od bušotine/postrojenja zbog bezbednosti ljudstva i opreme, pod malim pritiskom. Takve situacije se mogu dogoditi prilikom bušenja plitkih formacija koje sadrže gas (plitki "barski" gas).

Diverteri dolaze u različitim konfiguracijama i mogu se prilagoditi specifičnim potrebama svake bušotine. Njihova pouzdanost i funkcionalnost ključni su za postizanje uspeha na veoma zahtevnim bušotinama.

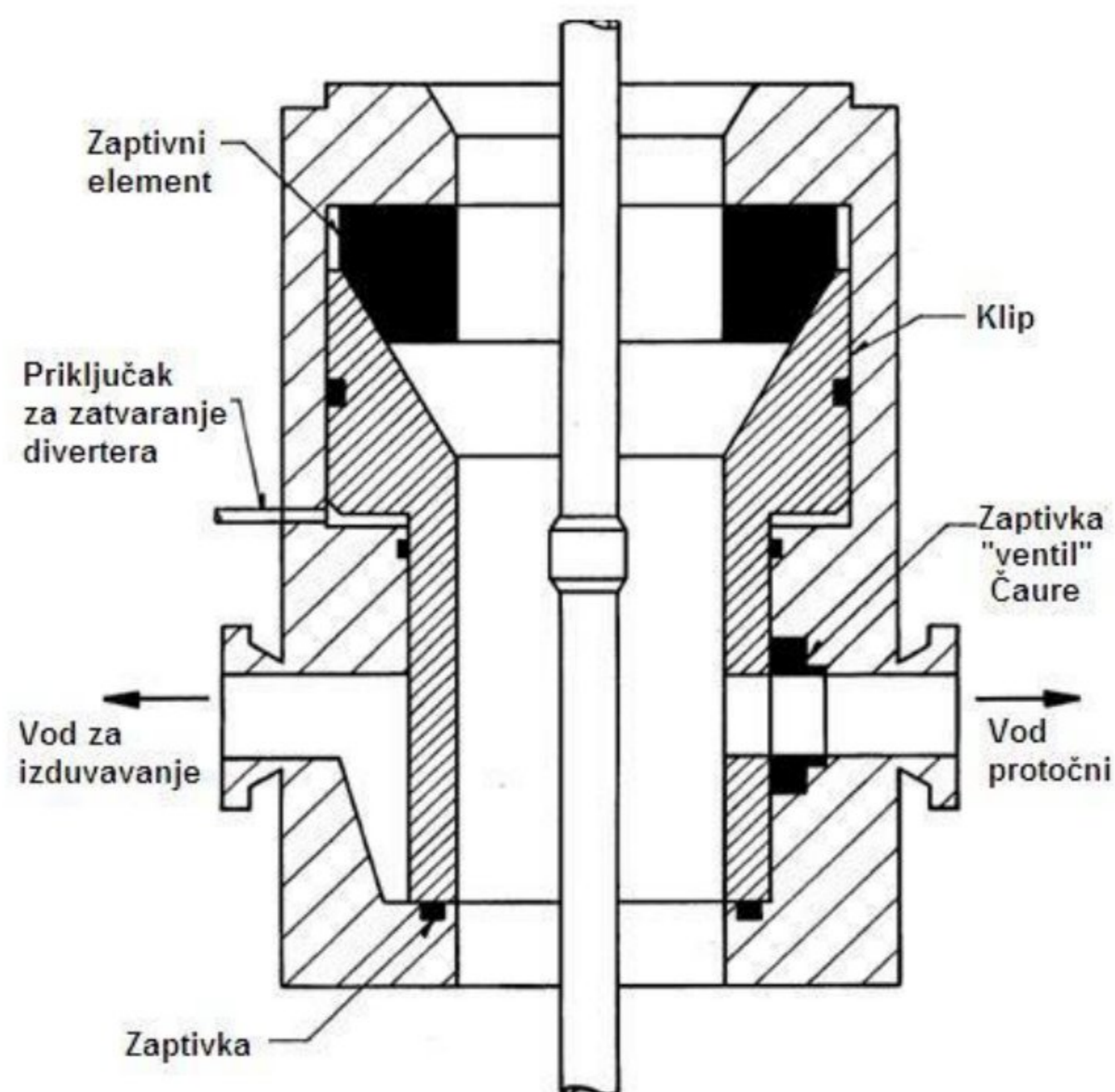
Sistemi divertera su obuhvaćeni publikacijom API RP64.

API RP64 zahtevi za sisteme divertera:

- Minimalni radni pritisak sistema divertera treba da je 200psi (13,7 bar).
- Prirubnica divertera treba da ima dva bočna otvora minimalnog prečnika 6" (8" do 12" Poželjno).
- Radni pritisak divertera i vodova za izduvavanje treba da je dovoljan kako bi omogućio usmeravanje fluida iz kanala bušotine uz minimalni povratni pritisak na kanal bušotine.
- Ako je na vodu za izduvavanje montiran ventil, njegov unutrašnji prečnik treba da je jednak unutrašnjem prečniku voda za izduvavanje.
- Hidraulični kontrolni uređaj (akumulatorski uređaj) za sistem divertera treba da otvara ventil na vodu za izduvavanje pre zatvaranja divertera.
- Diverter može da zatvara okolo radne šipke, bušaće šipke, obložne cevi ili puni otvor ušća bušotine uz usmeravanje dotoka na bezbedno odstojanje i pravac.
- Daljinska komanda za zatvaranje divertera treba da se nalazi u udaljenoj bezbednoj zoni.
- Vreme zatvaranja divertera prečnika otvora 20" i većih treba da je maksimalno 45 s, i 30 s za divertere otvora manjih od 20".
- Ljudstvo treba da je upoznato sa delovima diverter sistema. Treba sprovesti vežbe u određenim intervalima radi provere kompetentnosti i uvežbanosti brigade za reakcija u situacijama kod kojih je potrebna upotreba divertera.
- Testiranje pod pritiskom (minimalno 200 psi) treba uraditi svaki put kad se montira sistem divertera. Test uraditi na delovima sistema ili na pojedinačnim komponentama sistema. Procedura testiranja pod pritiskom je sledeća:
 - a) Sa bušaćom šipkom unutar divertera zatvoriti zaptivni element divertera.
 - b) Zabeležiti vreme proteklo do punog zatvaranja zaptivnog elementa okolo šipke.
 - c) Zabeležiti vreme proteklo do potpunog otvaranja ventila na vodu za izduvavanje.
 - d) Proveriti da li je ventil otvoren / zatvoren.
 - e) Proveriti da li se zaptivni element divertera otvara.

Zbog mogućih opasnih situacija za vreme rada sa dotokom plitkog gasa, neki operatori primenjuju bušenje pilot bušotine manjeg prečnika koji se može lako kontrolisati.

Kod ekstremnih situacija, kada količine doteklog gasa ne mogu da se preusmere dovoljno brzo, protok se može zaustaviti postavljanjem barijere ili cementnog čepa u pilot bušotinu pumpanjem kroz šipke.



Slika 11 – Šematski prikaz divertera (Korov, 2011.)

Kada se diverter zatvara, klip se kreće prema gore otvarajući protočne kanale ka vodu za izduvavanje, dok se zatvaraju prolazi ka protočnom vodu, prikazano na Slici 11.

Dva osnovna tipa divertera:

- a) Konvencionalni prstenasti diverter
Za različite promere i tipove bušačkog alata
- b) Diverter sa uložnom brtvom (insert type packer)
 - Uložna brtva za određeni promer alata
 - Manje vremena potrebno da se zatvori (do 10 s) zbog manjeg potrebnog volumena
 - Potrebno je izvaditi uložnu brtvu kada se izvlači kruti alat (BHA)

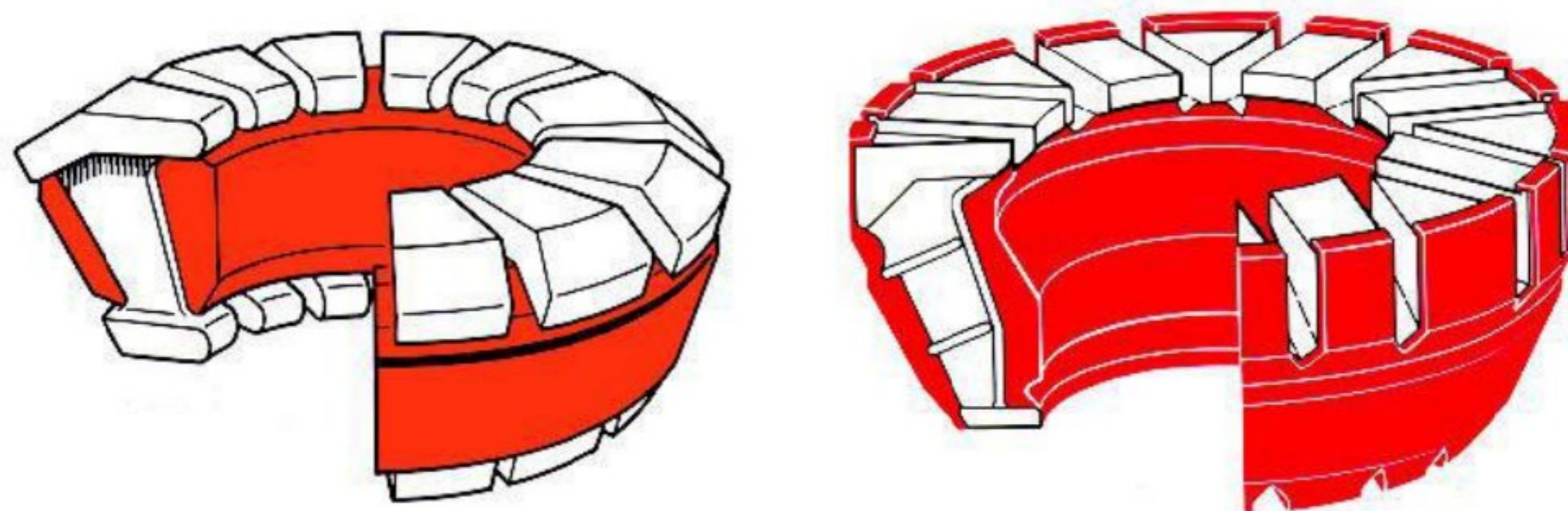
3.1.5. Zaptivni elementi

Izradjuju se od tri vrste materijala:

- a) Prirodna guma
 - Za isplake na bazi vode i temperature od -20°F do 170°F (od -28°C do 76°C).
 - Dobra otpornost na habanje
- b) Nitril – sintetička guma
 - Za uljne isplake i temperature od 40°F do 170°F (4°C do 76°C)
- c) Neopren – sintetička guma
 - Za uljne isplake i temperature -30°F do 170°F (-34°C do 76°C)

Konstrukcija zaptivnog elementa (*Slika 12*):

- Visoko kvalitetna guma vezana na čelične segmente.
- Čelični segmenti koji ojačavaju zaptivni element i kontrolišu istiskivanje i tečenje gume za vreme zaptivanja.



Slika 12 – Standardni(levo) i zaptivni element velike trajnosti(desno), (Korov, 2011.)

Vek trajanja zaptivnog elementa anularnog preventera može se produžiti na sledeći način:

- a) Držanjem pritiska zatvaranja na akumulatorskom uređaju na što je moguće nižoj vrednosti.
- b) Pritisak testiranja zaptivnog elementa treba da bude minimalno potrebni.
- c) Izbegavati zatvaranje na punom profilu kanala bušotine.
- d) Kod stripovanja ne menjati smer kretanja šipki.
- e) Rezervni zaptivni element držati u tamnoj, rashlađenoj prostoriji, daleko od elektromotora (zbog ozona koji proizvodi).
- f) Najbolje je držati zaptivne elemente obmotane crnom plastičnom folijom (ispod nje nema kondenzovanja vlage).

Fleksibilnost zaptivnog elementa.

Mala akumulatorska - kompenzaciona boca (5 Gal.) može se postaviti u blizini anularnog preventera na hidrauličkim vodovima tako da u slučaju provlačenja šipki kroz zatvoreni preventer smanjuje habanje gume. Kada je ova boca blizu preventera, hidraulični radni pritisak može lako i brzo da se kreće u i iz boce omogućujući zaptivnom elementu da bude fleksibilniji.

Specijalni regulacioni ventil koji se koristi za regulisanje pritiska zatvaranja na anularnom preventeru omogućuje fluidu da se vraća kroz njega, tako da zaptivni element može da se ugiba kada spojnica šipke prolazi kroz njega. Ovaj ventil mora uvek biti ispravan i ni jedan kontrolni ventil na treba montirati ispred njega i ne treba ga zamenjivati običnim regulacionim ventilom.

3.1.6. Čeljusni preventeri

Uređaj koji koristi zaptivne elemente u obliku horizontalnih čeljusti:

- a) Slepa čeljust (“blinda”)- čije čeone zaptivne površine nisu namenjene za zaptivanje okolo bilo kakvih šipki ili kolona. Čeljusti zaptivaju jedna naspram druge potpuno zatvarajući otvor bušotine.
- b) Čeljusti za sečenje - Ove čeljusti imaju ugrađene čelične noževe one će prilikom zatvaranja preseći svaku cev koja prolazi kroz preventer čime se omogućuje potpuno zaptivanje otvora bušotine.
- c) Čeljust za šipke/tubing – obložne cevi: Čeljusti čiji čeoni delovi imaju oblik za zaptivanje međuprostora okolo tela bušaćih šipki/tubinga – obložnih cevi.
- d) Čeljust za više dimenzija šipki - Specijalne čeljusti koje se podešavaju prema više dimenzija šipki (kod kombinovanog niza bušaćih šipki)

Danas na tržištu ima izuzetno robusnih i pouzdanih čeljusnih preventera koji rade na sličan način i koji sadrže slične sastavne delove.

Na raspolaganju su čeljusni preventeri istih dimenzija i radnih pritisaka kao i anularni preventeri (izuzev dimenzija za divertere). Glavni delovi su nosač čeljusti, čeljust sa zaptivnim elementima (gornji i čeoni) i konusi na čeljusti za centriranje šipki /kolona. (Korov, 2011, str 23)

Najjednostavniji i najčešći preventeri su čeljusni preventeri. Oni su:

- a) Otporni i pouzdani
- b) Proizvode se u raznim promerima, konfiguracijama i radnim pritiscima
- c) Opremljeni su sastavom zaključavanja
- d) Omogućavaju odsedanje alata (Hang-off the drill string)

Vreme zatvaranja:

- a) Površinska BOP konfiguracija – 30 s
- b) Podvodna BOP konfiguracija – 45 s

Većina čeljusnih preventera ima mogućnost ručnog zatvaranja u slučaju gubitka hidrauličke energije. Dizajnirani da zadržavaju pritisak odozdo.

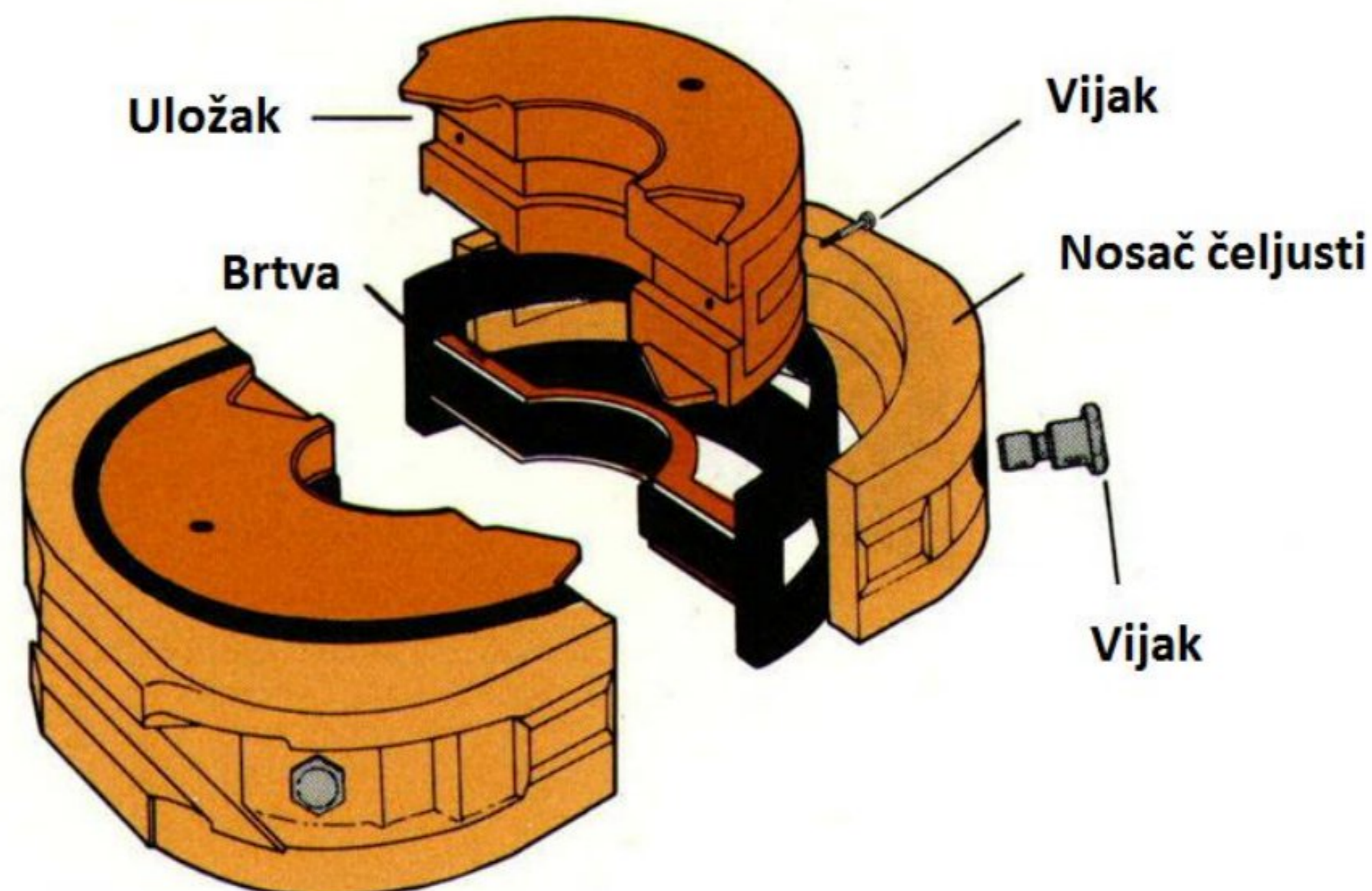
Uglavnom zatvaraju hidrauličkim pritiskom od 1.500 psi (103 bar).

Najčešće propuštaju na brtvi poklopca nakon zamene čeonog brtvenog elementa.

Ukoliko nije drugačije specificirano od strane proizvođača, čeljusni preventer se nikada ne bi smeo pokušati otvoriti dok pritisci ispod i iznad čeljusti nisu izjednačeni.

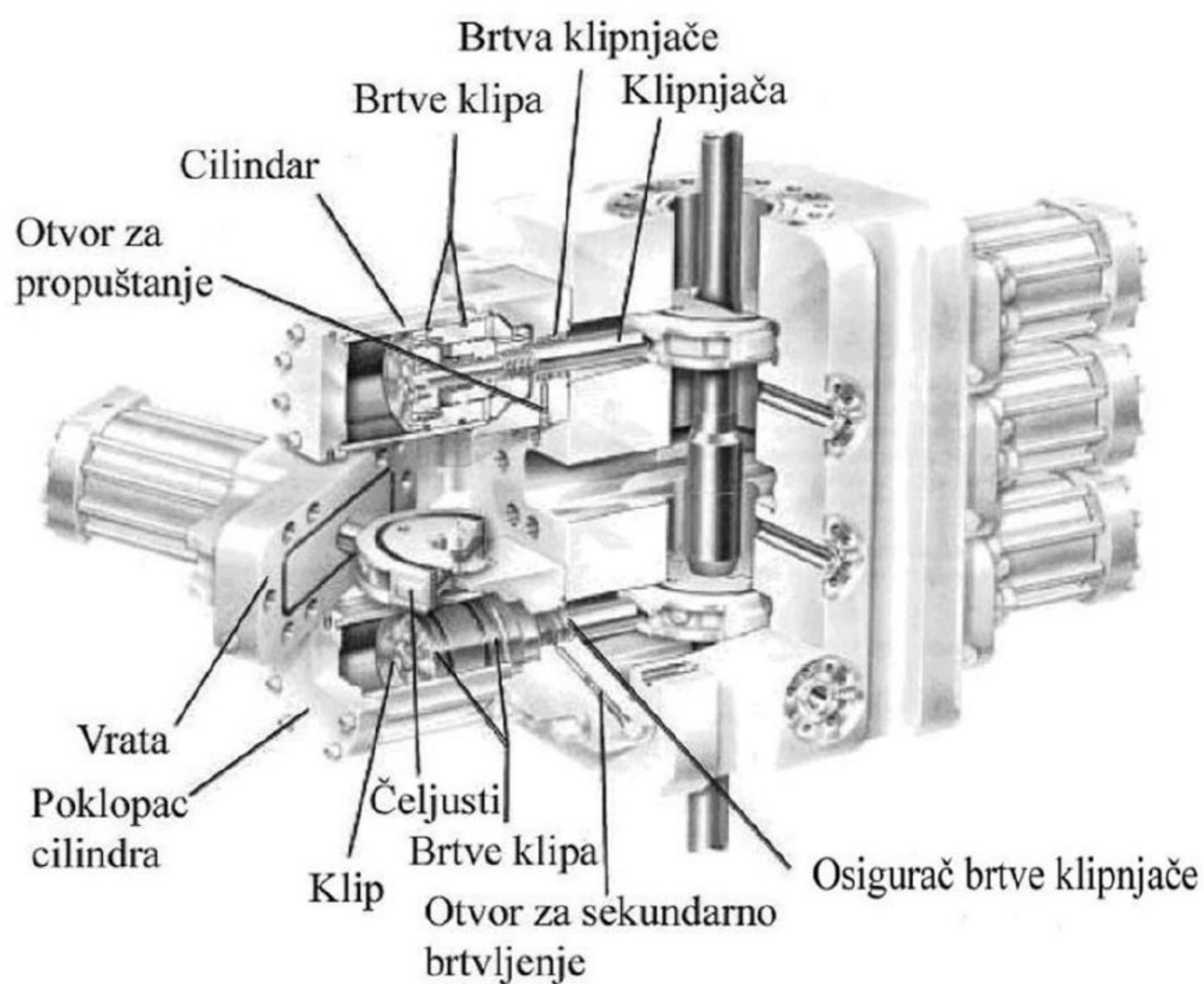
1. Čeljusti za bušaće šipke - Fixed Bore Pipe rams - (fiksni tip, *Slika 13*)

- Zatvara oko šipke/tubinga određenog promera
- Omogućava odsedanje bušaćeg alata
- Ima mogućnost dopune gume pomoću čeličnih ploča (steel plates)



Slika 13 – Čeljust za bušaće šipke (Posavac, 2017.)

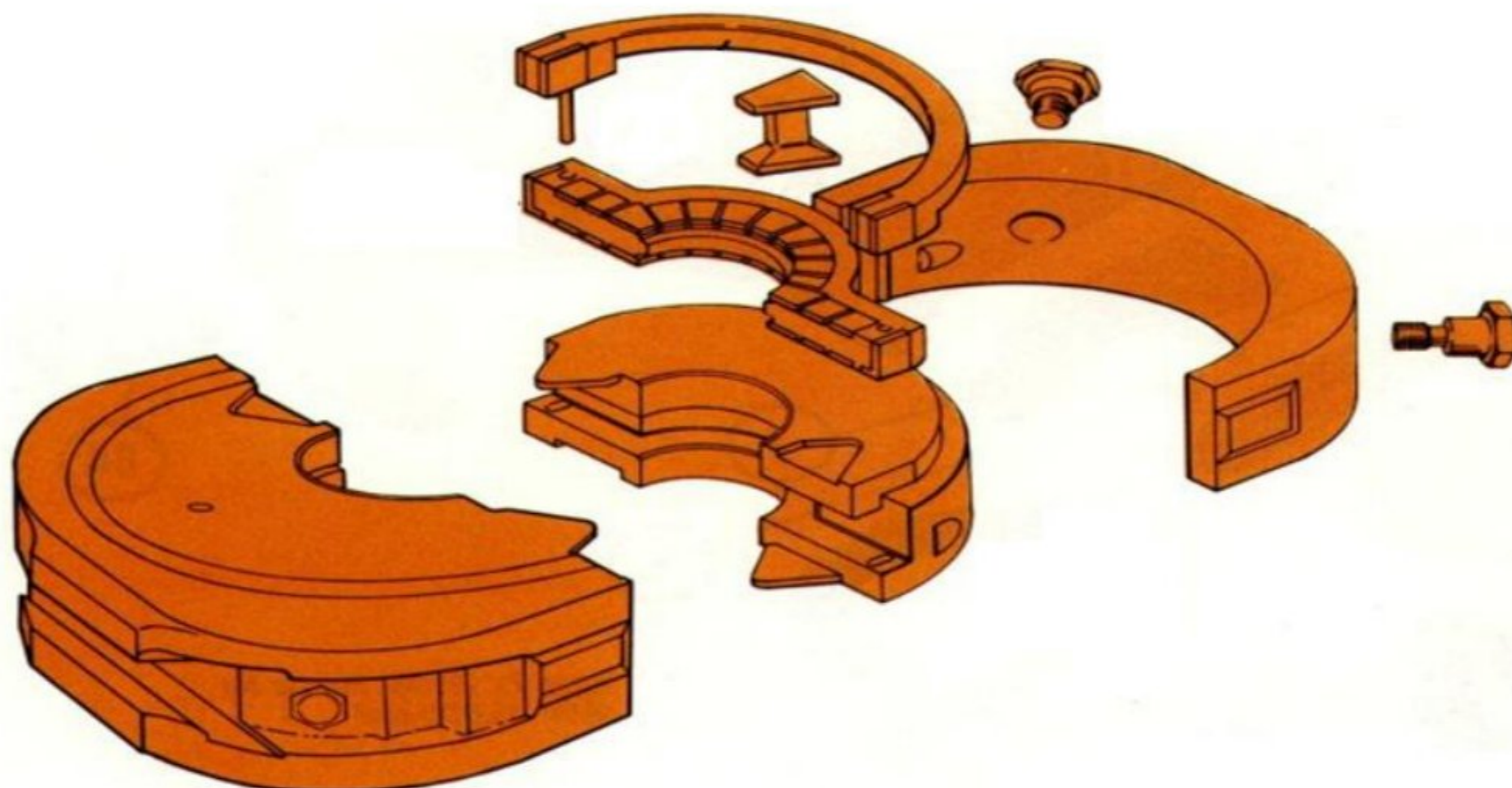
Na *Slici 14* prikazan je šematski prikaz čeljusnog preventera tipa Shaffer.



Slika 14 – Čeljusni preventer Shaffer (Posavac, 2017.)

2. Varijabilne čeljusti - Variable Bore Rams - (VBR, Slika 15)

- a) Zatvara oko šipki/tubinga raznih promera
- b) 2 7/8 inch – 5 inch
- c) 3 1/2 inch – 7 inch
- d) Limitirane mogućnosti odsedanja bušaćeg alata



Slika 15 – Varijabilna čeljust (Posavac, 2017.)

Sastav zaključavanja čeljusnih preventera

Svaki čeljusni preventer koji brtvi mora biti opremljen sastavom zaključavanja. Sastav zaključavanja čeljusnog preventera ima svrhu da zadrži čeljusti za bušaće šipke u zatvorenom položaju, ili da zadrži čeljusti za odrez u zatvorenom položaju tokom otpajanja ili gubitka hidrauličke energije.

Primeri sastava zaključavanja čeljusnih preventera:

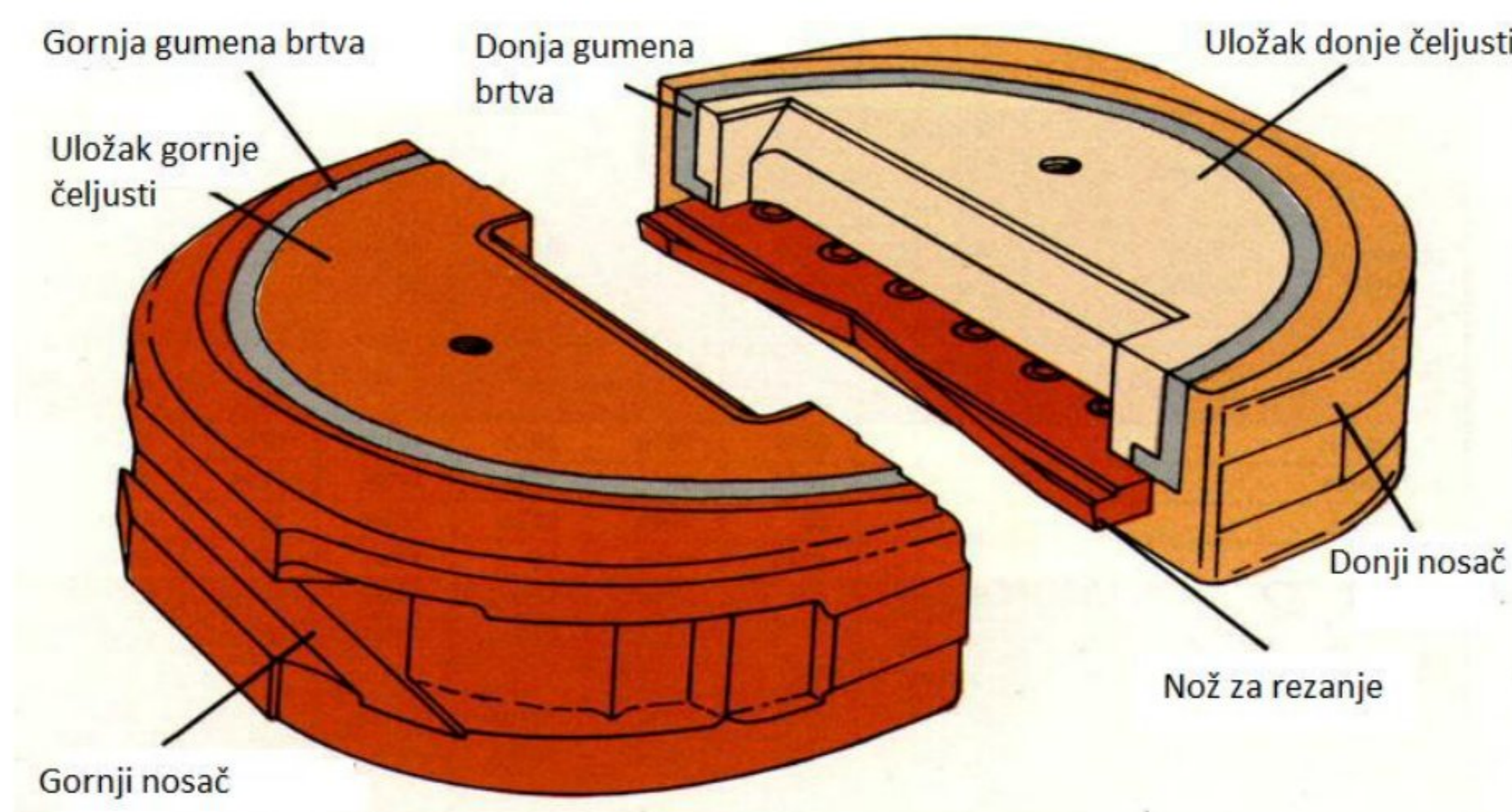
- a) Manual lock
- b) Wedge lock (Cameron)
- c) Multi position lock (Hydril - MPL)
- d) Poslock (Shaffer)

Trošenje brtvenog elementa

Čeoni brtveni element ima određen volumen gume koji je spojen sa čeličnim pločama iznad i ispod. Kod zatvaranja čeljusti guma se sabija i time brtvi oko šipke. Kod novih brtvenih elemenata čeljust je udaljena od šipke. Kako se brtva troši, čeljust se približava šipki, te se čelične ploče utiskuju u gumu i time se guma istiskuje prema šipki. Potrošenom gumom se smatra kada čeljust dodiruje šipku. Čelične ploče takođe sprečavaju širenje gume u smeru gore i dole.

3. Čeljusti za odrez / brtvljenje (Blind / Shear Ram, Slika 16)

- a) Blind/Shear Rams - Čeljusti za zatvaranje punog profila i odrez
 - Zatvara bušotinu nakon rezanja šipke
- b) Blind Rams/Čeljusti za zatvaranje punog profila
 - Zatvara bušotinu bez alata (ne reže)
- c) Shear Rams/čeljusti odrez (cutters)
 - Reže šipke, bez zatvaranja bušotine



Slika 16 – Čeljusti za odrez / brtvljenje (Posavac, 2017.)

Brtvljenje sklopa preventera

a) Primarna brtva

Brtva koje sprečava probijanje isplake iz bušotine oko klipnjače čeljusti. Rangirana prema radnom pritisku (RWP) preventera.

b) Weep Hole-otvor za propuštanje

Odušak prema atmosferi koji pokazuje kada primarna brtva propušta i ujedno služi da rastereti pritisak radi zaštite komore/cilindra za pokretanje ramova.

c) Sekundarno brtvljenje

Svi čeljusni preventeri (površinski BOP) rangirani 5M ili više trebaju biti opremljeni sekundarnim brtvljenjem oko klipnjače. Sekundarno brtvljenje je 'lepljenje' sa plastičnom masom koja privremeno brtvi oko klipnjače rama.

Koeficijent zatvaranja

Definicija prema API Standard 53:

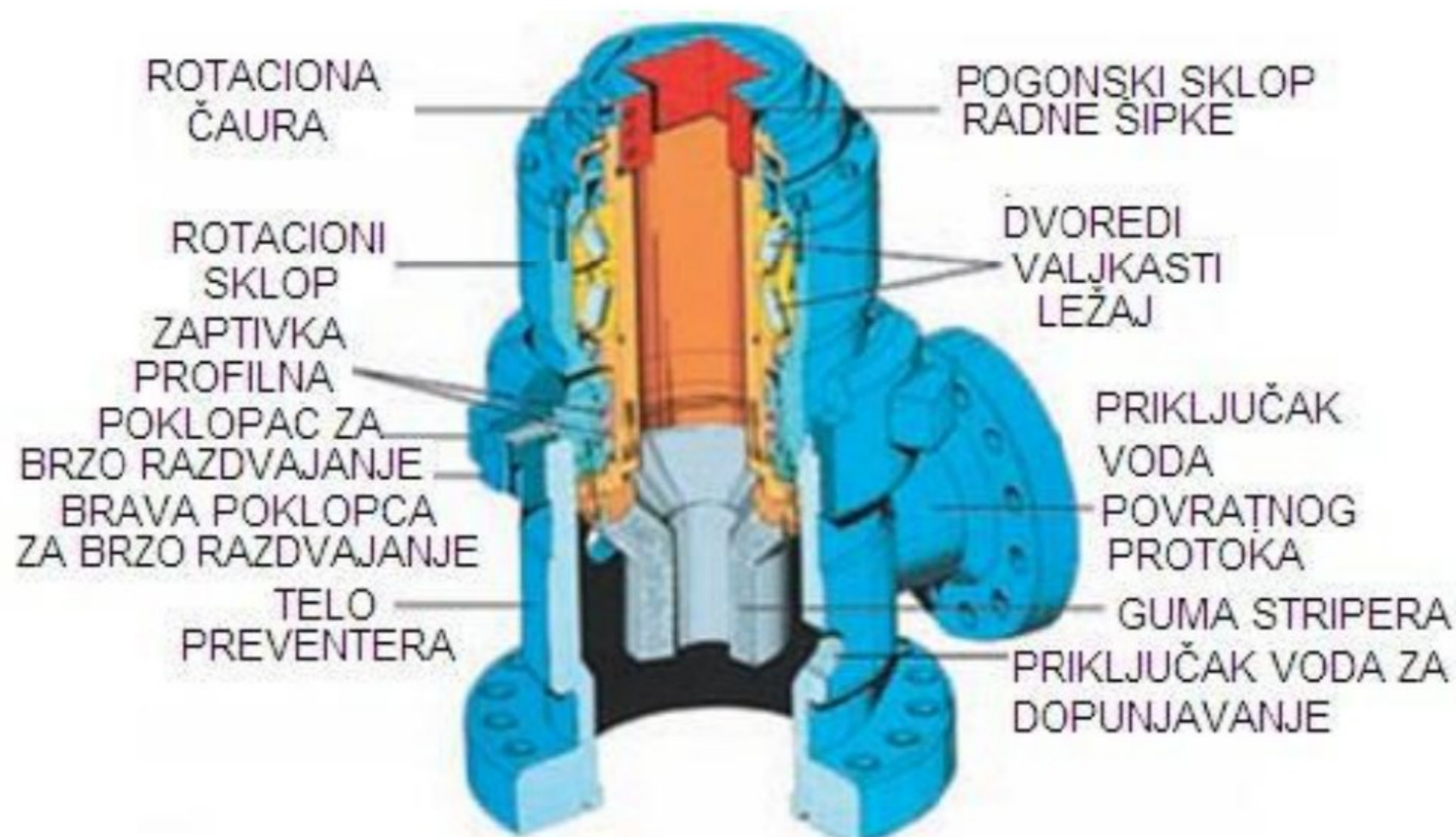
Odnos površine klipa na koji deluje pritisak zatvaranja i površine poprečnog preseka klipnjače na koji deluje bušotinski pritisak.

Koeficijenti zatvaranja variraju od 6:1 do 11:1, što bi značilo da će 100 bar hidrauličkog pritiska zatvoriti preventer suprotstavljajući se bušotinskom pritisku od 600 do 1100 bar.

3.1.7. Rotacioni preventer

Sigurnosni uređaj koji omogućuje bušenje pod pritiskom gde je ispirni fluid vazduh, gas, pena ili isplaka čiji je hidrostatski pritisak na dno manji od slojnog pritiska. On nije primarni preventer (*Slika 17*). Koristi se u sledećim situacijama:

- Bušenje pod nad pritiskom u kanalu bušotine do 500psi (34bar) sa zaptivanjem oko radne šipke.
- Kod bušenja u oblastima gde se očekuju dotoci i erupcije.
- Kod bušenja sa obrnutom cirkulacijom.
- Kod provlačenja šipki u i van bušotine sa nad pritiskom u bušotini do 1.000psi (68bar).
- Služi kao prelivna cev kada uslovi bušenja ne traže da se koristi rotacioni preventer.
- Nema mogućnost spoljašnje kontrole.



Slika 17 – Rotacioni preventer (Korov, 2011.)

3.2. Ostala oprema

3.2.1. Prirubnice

Bušaća prirubnica (Drilling Spool)

Funkcija bušaće prirubnice “drilling spool”-a:

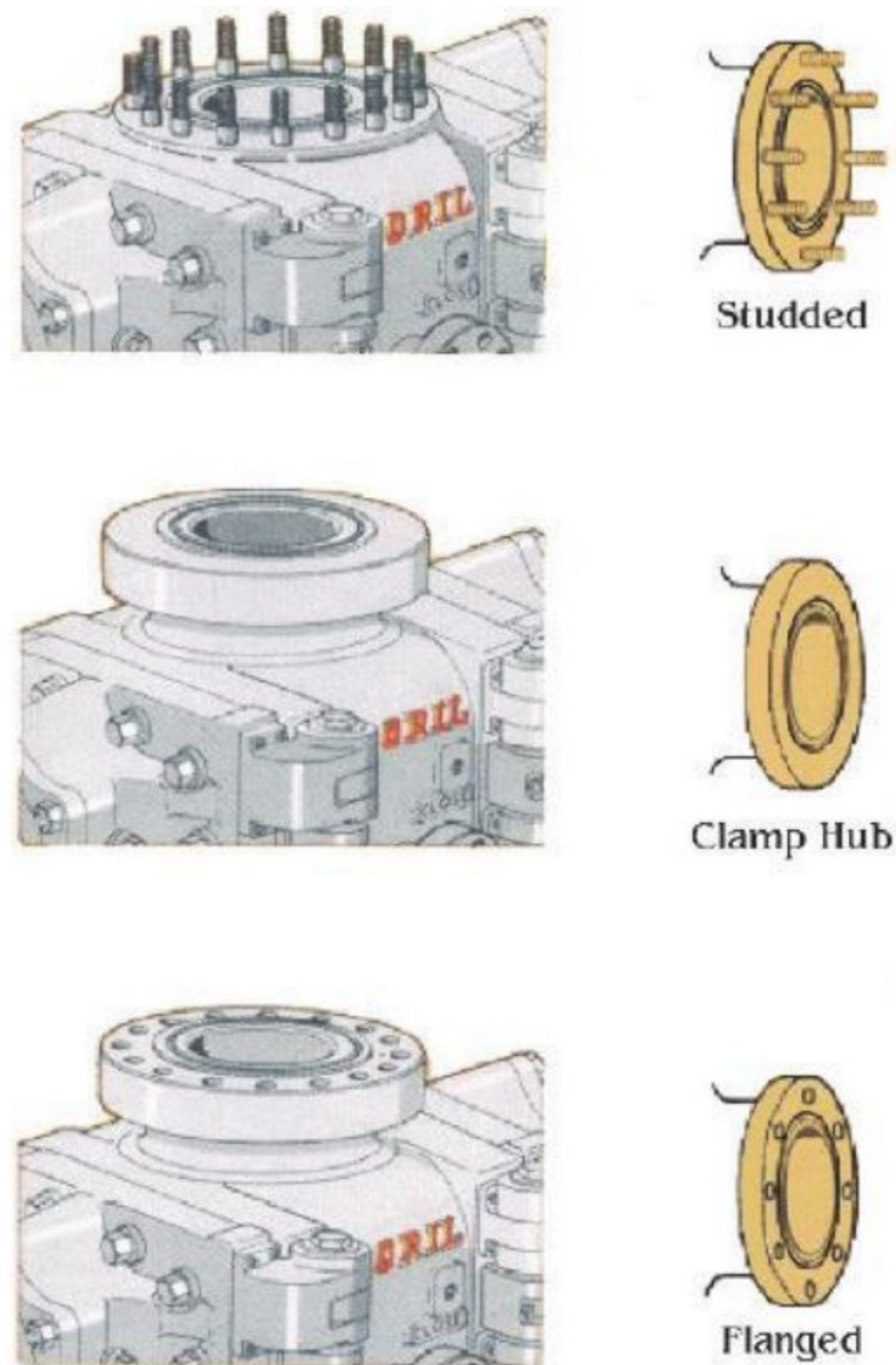
- usmerava protok koji uzrokuje eroziju stenki prilikom cirkulacije
- jeftinija je od preventera
- dobija se dodatni prostor između čeljusti kod stripiranja ili odsedanja spojnicom

a) Unutrašnji svetli otvor mora biti jednak ili veći od maksimalnog promera gornje casing prirubnice.

b) Radni pritisak jednak je preventerskoj konfiguraciji.

c) Na bušaćoj prirubnici se nalaze bočni izlazi za liniju za prigušivanje i liniju za gušenje (side outlet for choke and kill line)

Tipovi konekcija prikazani su na *Slici 18*. Dele se na: brezonske(studded), spojne(clamp hub) i prirubničke(flanged).

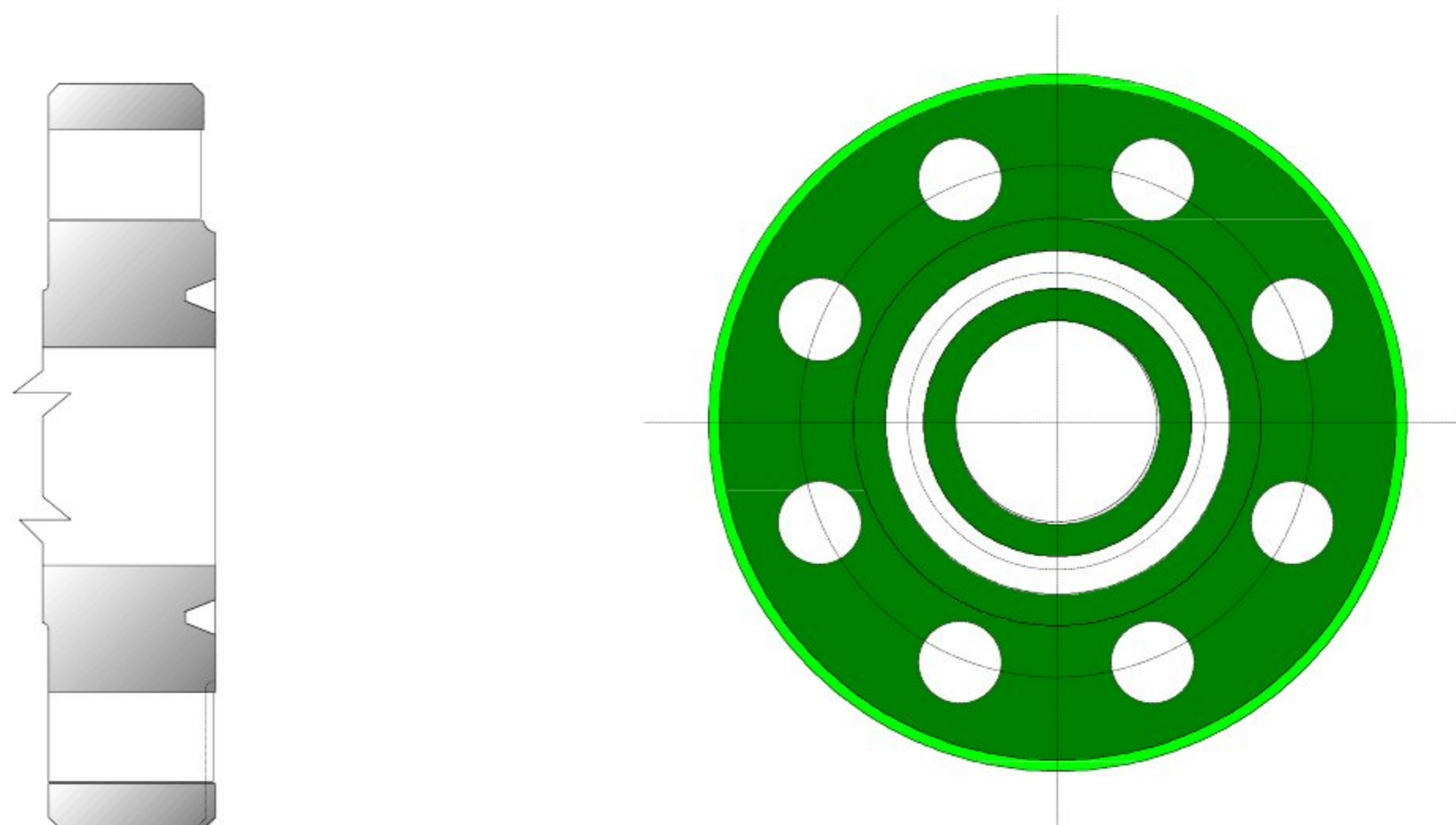


Slika 18 – Konekcije BOP sklopa (Posavac, 2017.)

Tipovi prirubnica:

a) API Tip 6B prirubnica (*Slika19*)

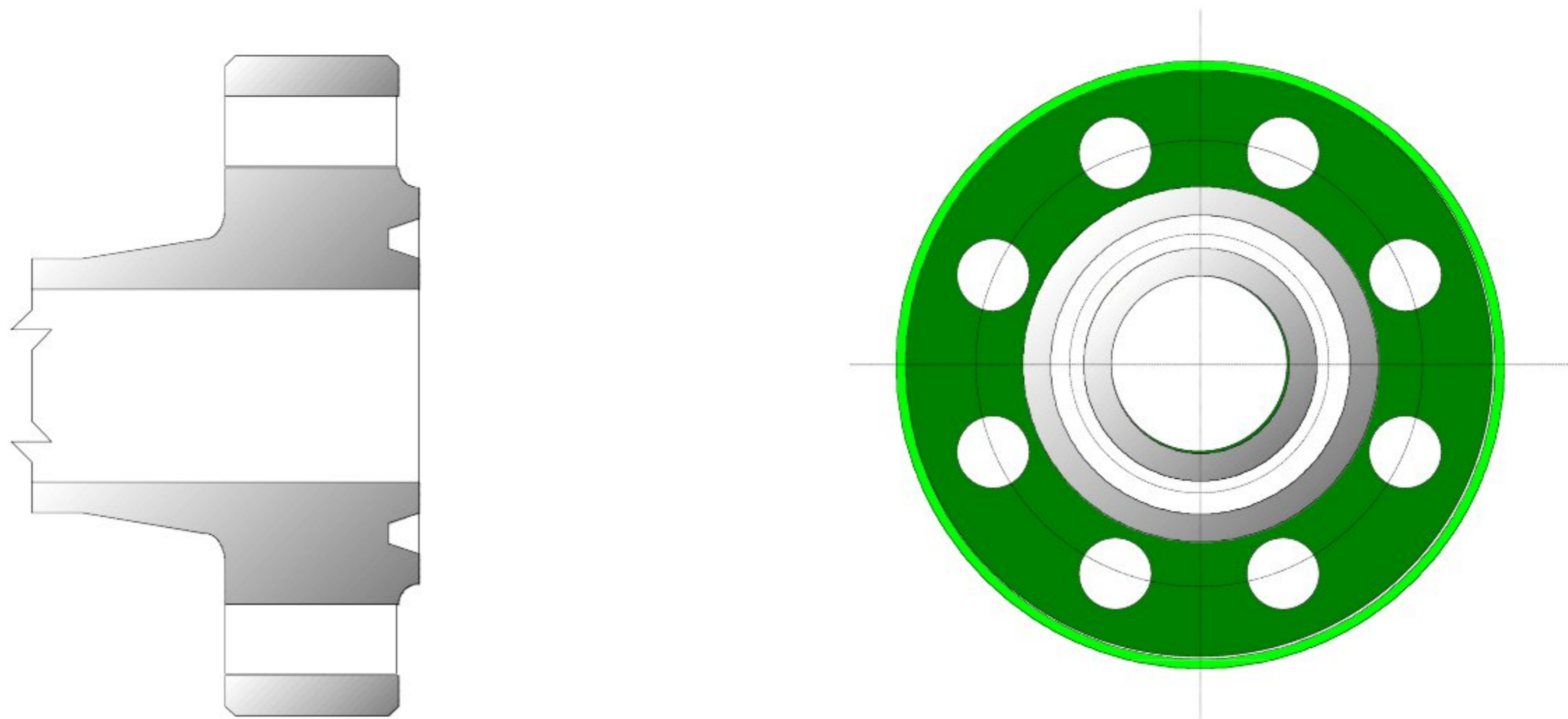
- Tip R ili RX prsteni
- Specificirana udaljenost između prirubnice (potrebno dotezanje)



Slika 19 – API Tip 6B prirubnica (Posavac, 2017.)

b) API Tip 6BX prirubnica (*Slika 20*)

- Tip BX prsten
- Prirubnice se dodiruju /face to face (nije potrebno dotezanje)



Slika 20 – API Tip 6BX prirubnica (Posavac, 2017.)

Prirubnice, radni pritisci i brtveni prstenovi, dati su na *Slici 21*.

API TIP (<u>prirubnički</u>)	RADNI PRITISAK	BRTVENI PRSTEN
6B	2000 – 5000 psi	R, RX
6BX	2000 – 20000 psi	BX

Slika 21 – Tabela Prirubnica (Posavac, 2017.)

3.2.2. Ventili

Opšta podela ventila niza alata za bušenje je:

- Unutrašnji preventeri ili sigurnosni ventili - ventili koji se postavljaju na niz alata za bušenje na površini.
- Plutajući ili protivpovratni ventili - ventili koji se postavljaju u niz alata za bušenje.

a) Razvodni(Čok) manifold

Postavlja se van rosta ako je to moguće. Za radne pritiske veće od 3.000 psi prema API Spec 6A spojevi treba da su samo prirubnički, zavareni ili sa šelnama.

Prigušni vodovi radnih pritisaka 5K, 10K, 15K i 20K treba da imaju 2 zasuna od kojih je jedan s HCR (hidraulički sa daljinskom kontrolom).

Kada se koriste ovi ventili, oni treba da su potpuno otvoreni ili zatvoreni (ne koristiti ih kao dizne –prigušnice).

Vod za prigušivanje treba da je što više pravolonijski –bez naglih savijanja.

Radijus krivine treba da je $R/d < 10$ (Radijus krivine / prečnik cevi).

Za radne pritiske 3K i 5K minimalni prečnik treba da je 2" ID.

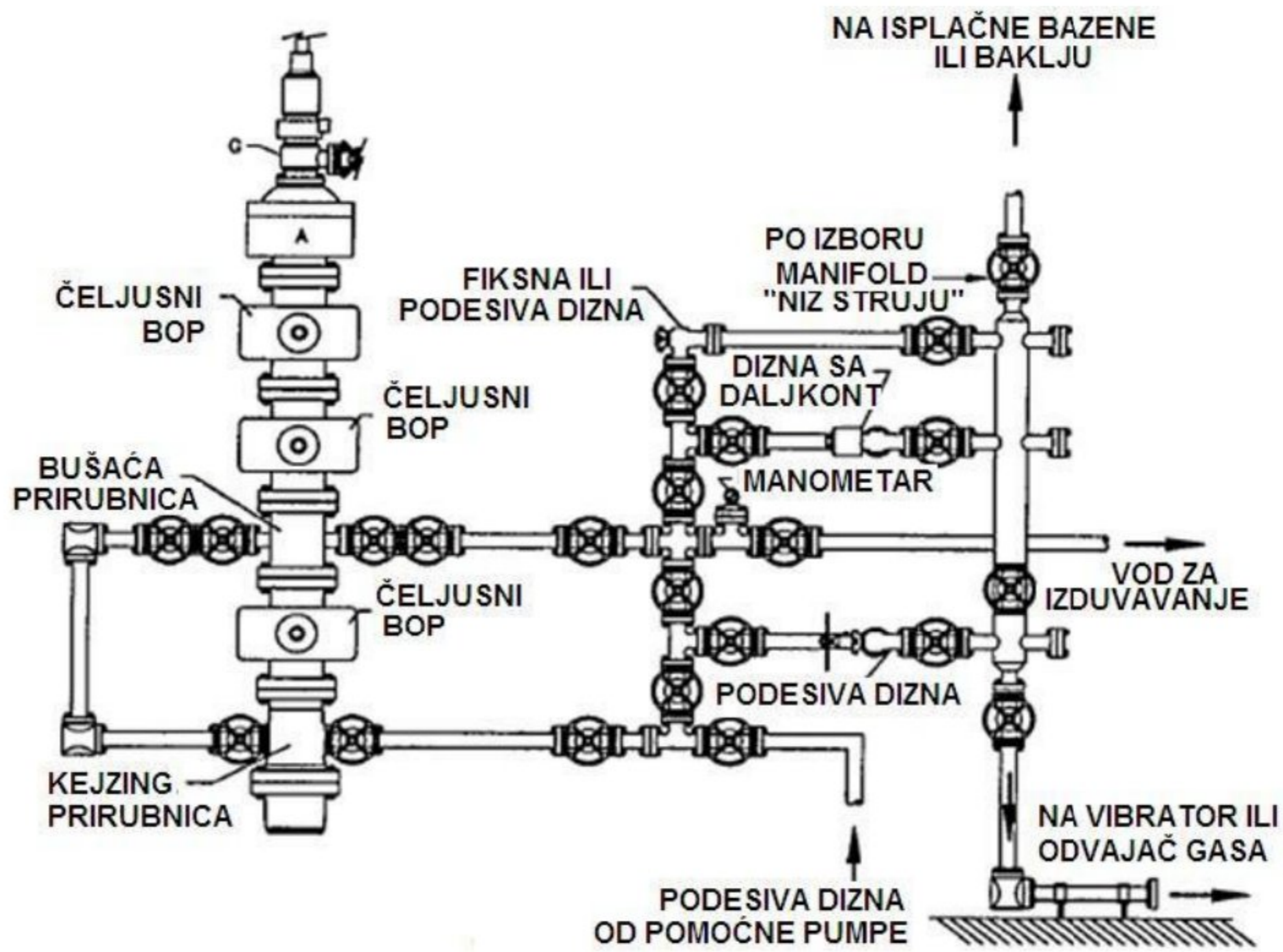
Za radne pritiske 10K i veće minimalni prečnik treba da je 3" ID.

Vod za rasterećenje treba da ima kao minimum isti prečnik kao vod za prigušivanje.

Rezervni delovi:

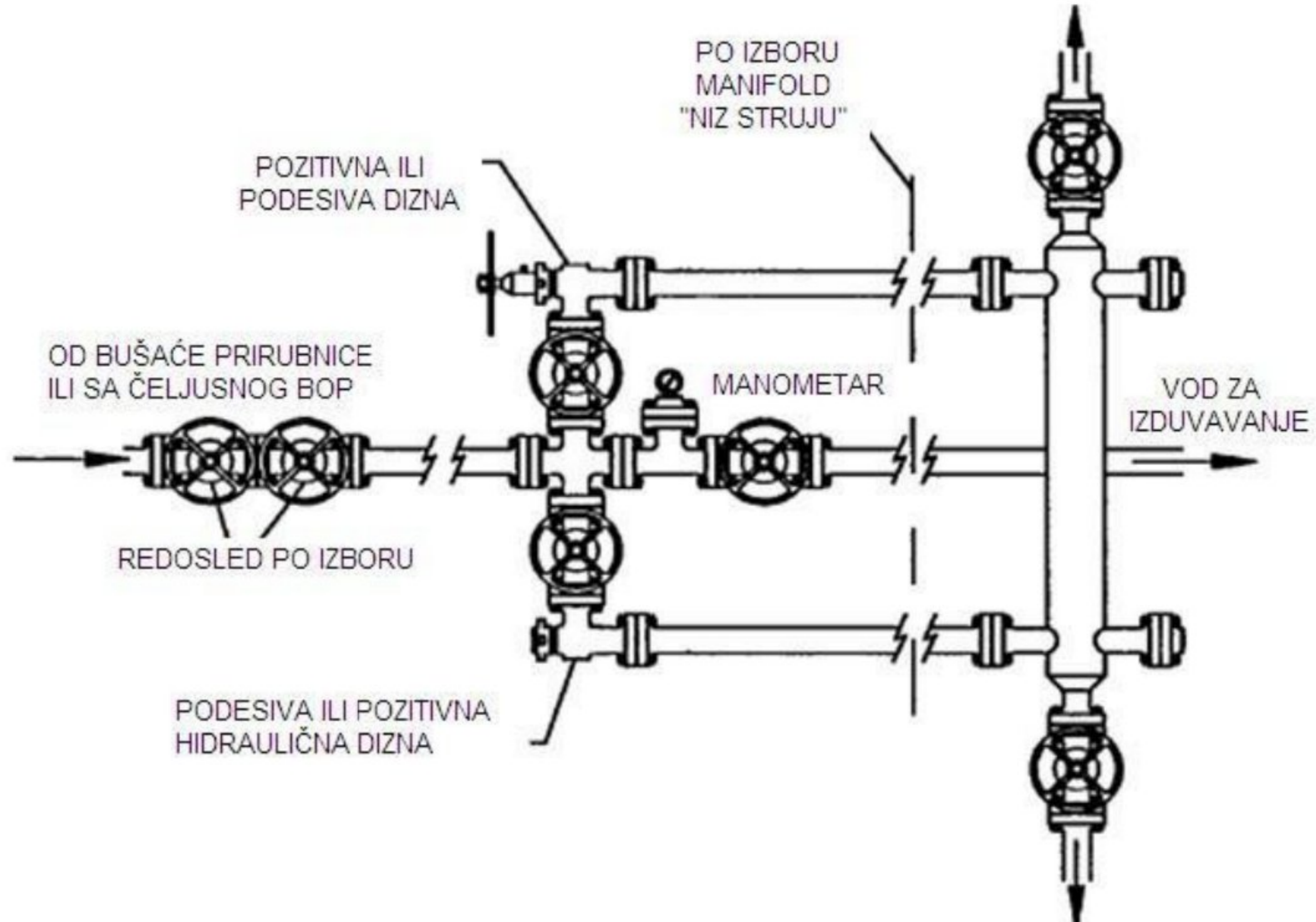
- Jedan kompletan zasun za svaku instaliranu dimenziju i radni pritisak.
- Dva kompleta rezervnih delova za remont zasuna za svaki instalirani tip, dimenziju i radni pritisak.
- Rezervne delove za ručnu podesivu diznu (uložak dizne, zaptivke, brtve, O-prstenove, disk i tarne čaure).
- Creva, fleksibilno crevo, kablove, manometre, kontrolne ventile malih dimenzija, fitinge, elektro fitinge.

Tipično uređenje čok manifolda 10.000–20.000 psi (69,0–138,0 MPa), *Slika 22.*



Slika 22 – Čok manifold 10-20K (Korov, 2011.)

Tipično uređenje čok manifolda 5000 psi (34,5 MPa), *Slika 23.*



Slika 23 – Čok manifold 5K (Korov, 2011.)

b) Pomoćna oprema:

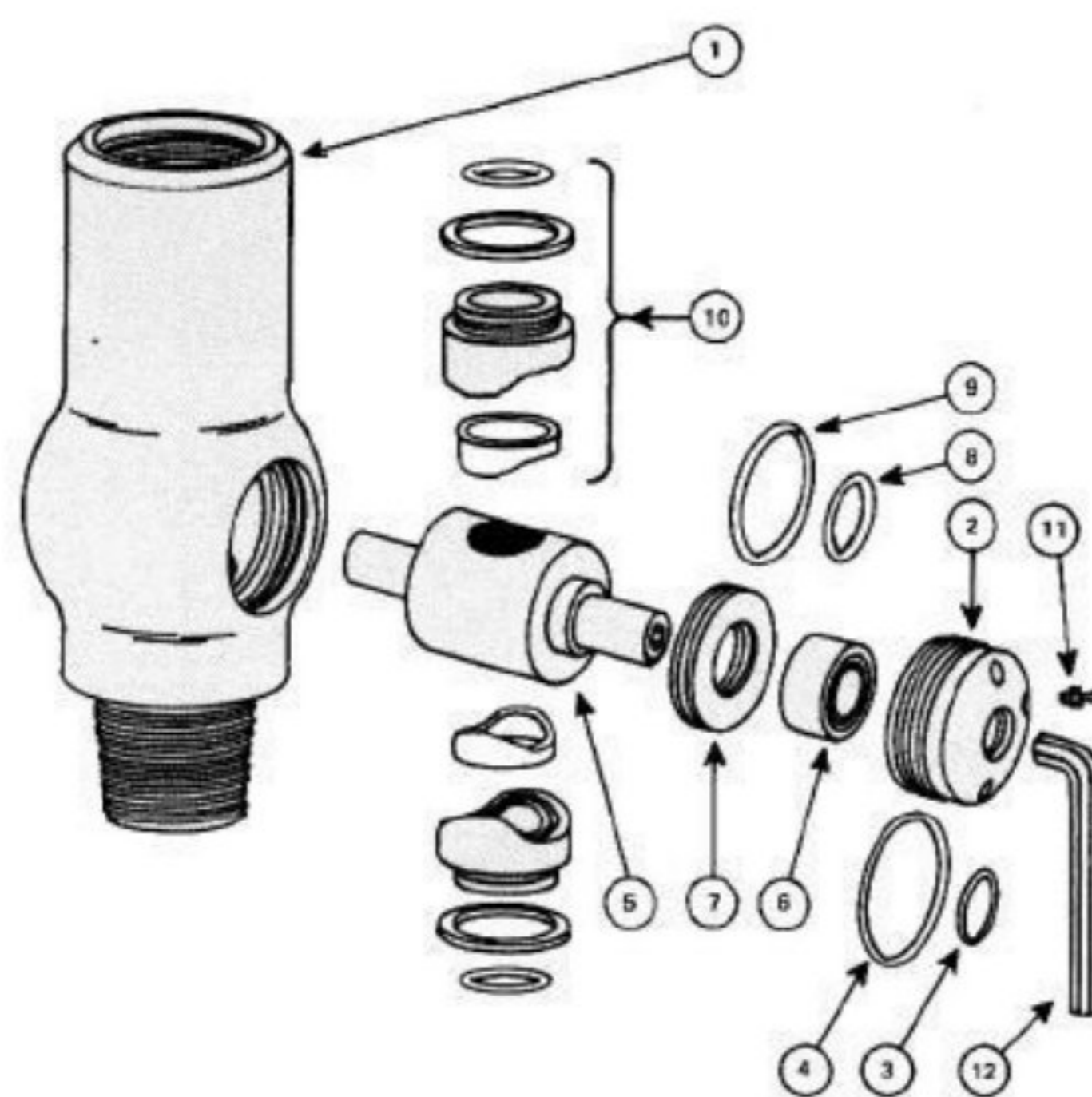
1. Ventil radne šipke -Kelly cock (gornji i donji)
2. Ventil sigurnosti bušaćih šipki (ventili za ubacivanje; usadni ventili)
3. Unutrašnji preventer
4. Protivpovratni ventil
5. Rezervoar za manevrisanje
6. Indikator nivoa isplake u bazenima
7. Zapremina protoka isplake
8. Separator isplaka/gas
9. Odvajač gasa
10. Vod za baklju
11. Prigušnica na potisnom vodu

1. *Ventil radne šipke - Kelly cock (gornji i donji)*

Položaj ugrađenog gornjeg ventila radne šipke (kelly cock-a) je između radne šipke i isplačne glave. Kod dotoka štiti isplačnu glavu i isplačno crevo. - Kada dođe do dotoka u toku manevra i bušotina se zatvori preventerom, da bi se sprečio protok fluida kroz bušaći niz mora se zatvoriti ventil radne šipke (pomoću specijalnog ključa). Kugla zatvara i zaptiva u oba smeru.

- Gornji navojni priključak je levi navoj 6 5/8"Reg. Svi ventili radne šipke, bez obzira na njihov prečnik, su za radne pritiske od 10.000 psi (686 Bara). Prikazano na *Slici 24*.

- "Ključ" za zatvaranje i otvaranje gornjeg ventila radne šipke uvek treba da se nalazi u blizini okačen na vidnom i pristupačnom mestu.

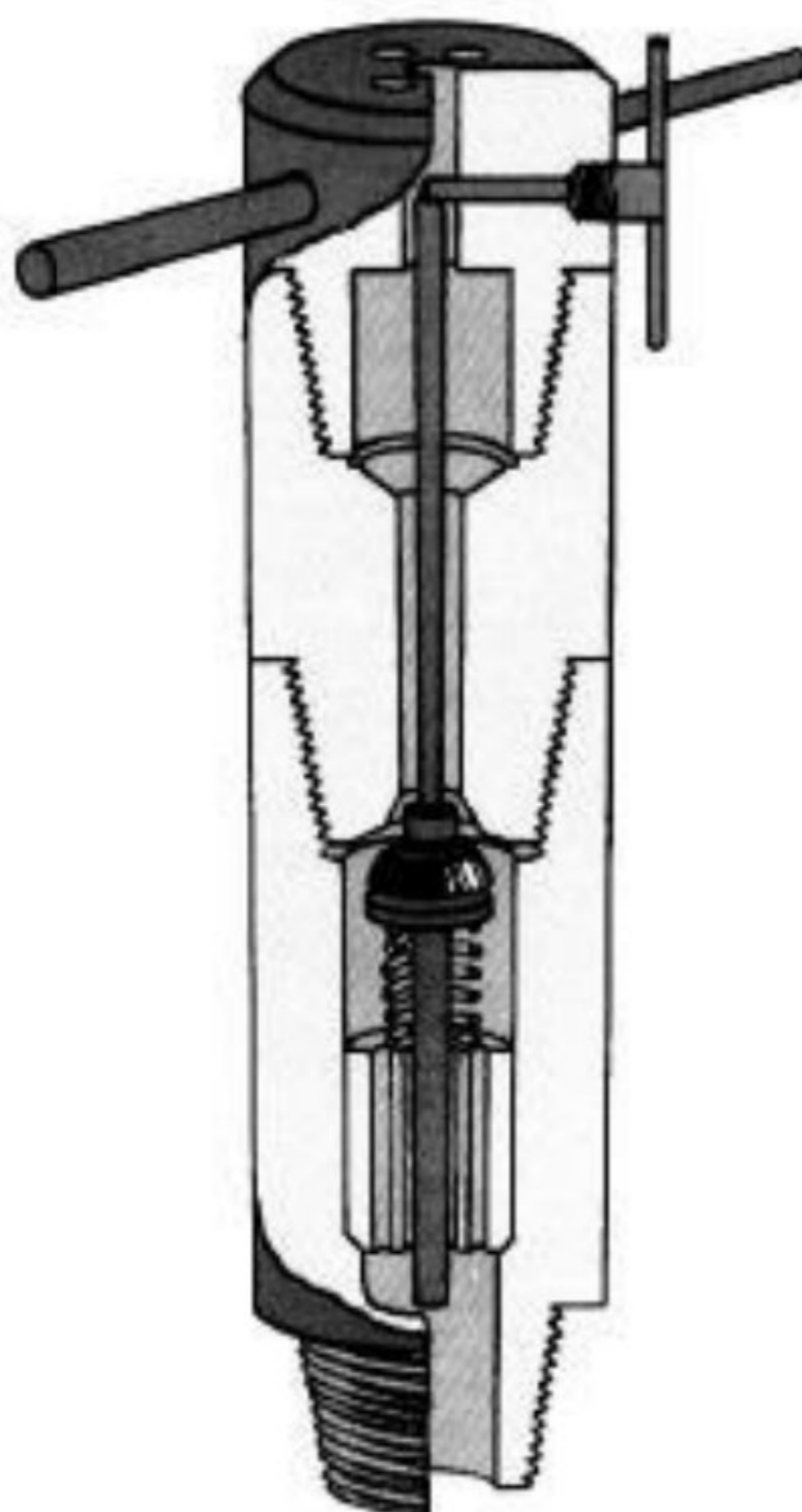


Slika 24 – Kelly cock gornji (Korov, 2011.)

2. Unutrašnji preventer

Dimenzija i vrsta navojnog spoja treba da je ista kao na bušaćim i teškim šipkama.

- Radni pritisak treba da je 10.000 psi.
- Drži se na radnom podištu na vidnom i lako dostupnom mestu u otvorenom položaju postavljen vertikalno na postolju.
- Za vreme dotoka velikog inteziteta za vreme manevrisanja ili dodavanja komada, ako nema dovoljno vremena za navrtanje radne šipke, namešta se unutrašnji preventer koji se potom zatvara.
- Kada se radna šipka bezbedno navije na unutrašnji preventer, otvara se unutrašnji preventer. *Slika 25.*



Slika 25 – Unutrašnji preventer (Korov, 2011.)

3. Ventil sigurnosti za ubacivanje

Kada bušotina eruptira ovaj ventil treba da se ubaci u bušaće šipke i zaustavi se i zabravi u sedištu nekoliko stotina metara ispod nivoa površine zemljišta.

Posle ugušivanja bušotine ventil sigurnosti –za ubacivanje –vadi se sa alatom koji se spušta na žici.

Nedostatak – nije moguće očitati pritisak u šipkama kada je ventil sigurnosti za ubacivanje unutar šipki. Očitavanje pritiska je moguće samo sporim pumpanjem i registracijom pritiska u momentu kada ventil počne da se otvara.

Prikazano na *Slici 26.*



Slika 26 – Ventil sigurnosti za ubacivanje (Korov, 2011.)

4. Protivpovratni ventil

Protivpovratni ventil se postavlja između dve teške šipke ili inutar prelaza na dleto. Postoji dva osnovna modela protivpovratnog ventila, Slika 27:

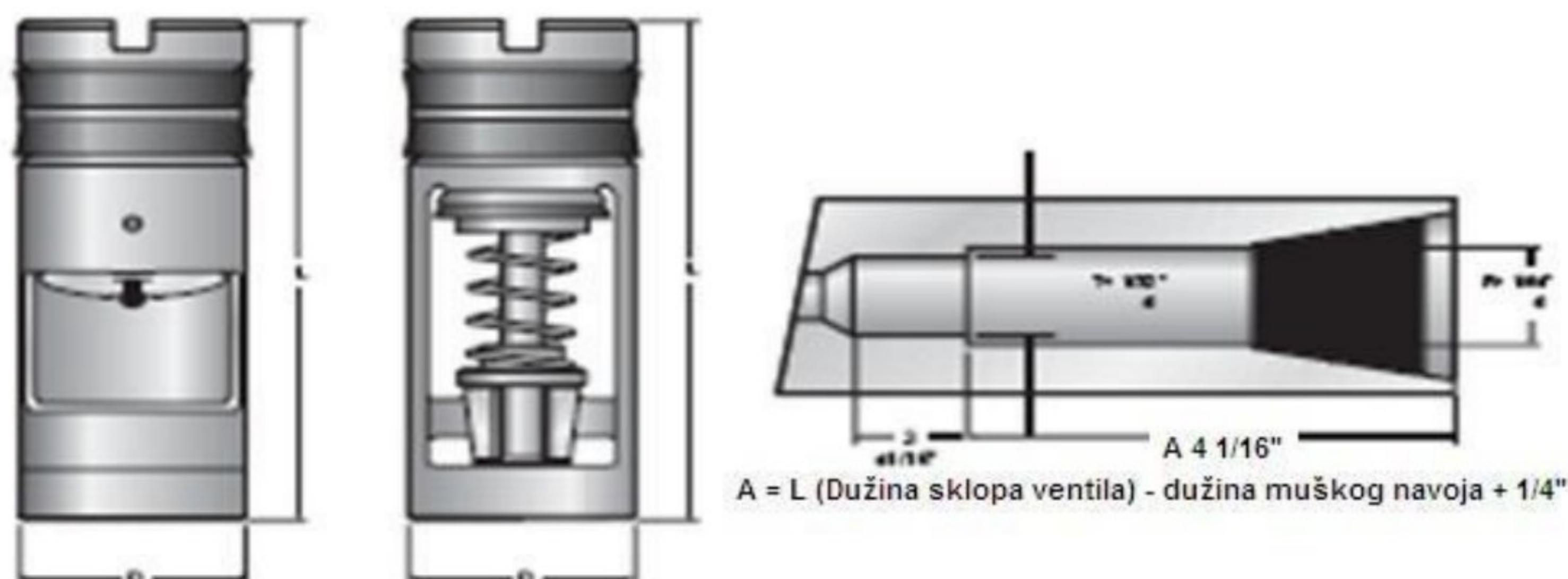
- Sa klapnom (fotografija levo) – ID ventila je skoro isti kao ID teške šipke čime se omogućuje prolazak indikatora otklona ili kugle.
- Sa kuglom koju potiskuje opruga – momentalno zatvara ID otvor na teškoj šipki.

Glavni razlozi za upotrebu ovih ventila su:

- Na manjim dubinama da spreče plitki gas da ulazi u bušaći niz.
- Da spreči povratni protok nagore kroz niz alata (tj za vreme dodavanja komada)
- Da bi se zaštitilo dleto (i MWD) od začepljenja sprečavanjem povratnog protoka u šipke.

Nedostaci su:

- Zatvoreni PP ventil ne dozvoljava očitavanje SIDPP bez njegovog otvaranja sporim pumpanjem.
- Niz alata se mora dopunjavati redovno odgore dok se alat spušta u bušotinu. Ovo znatno usporava brzinu spuštanja alata.
- Ako se ne vrši dopunjavanje može doći do gnječenja bušaćih šipki.
- Pritisci talasanja biće povećani.
- Obrnuta cirkulacija nije moguća.



Slika 27 – Protivpovratni ventil (Korov, 2011.)

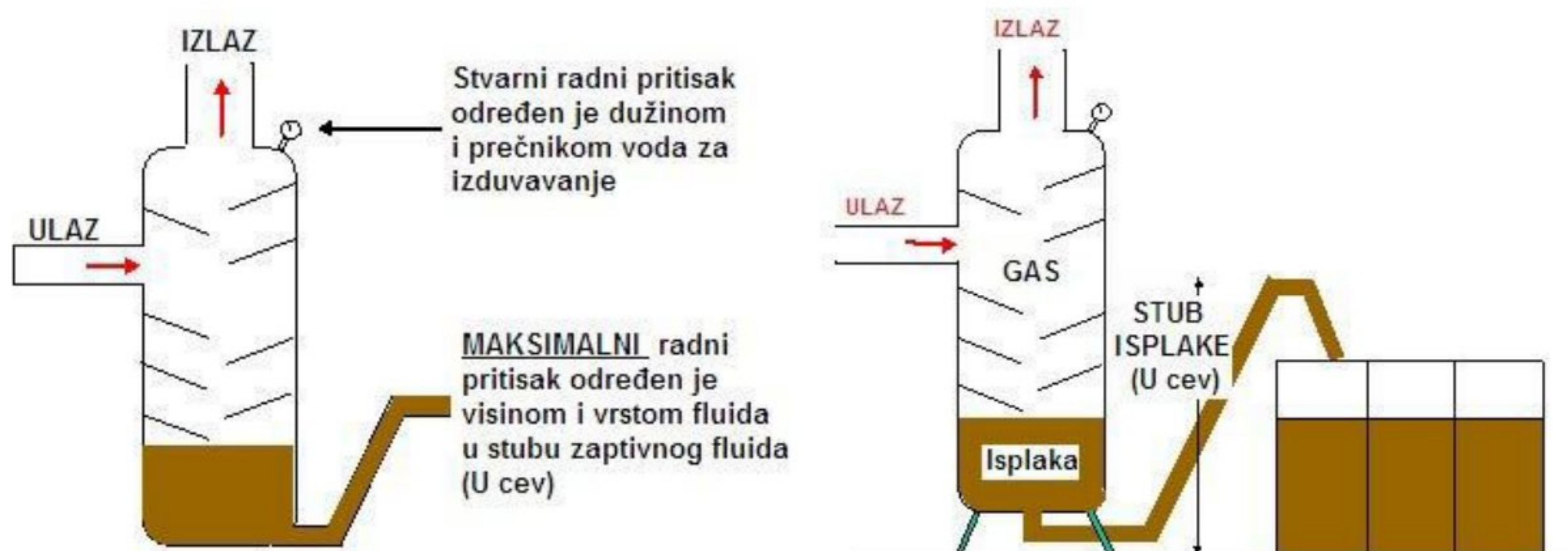
5. Separator isplaka/gas i odvajač gasa

a) Separator isplaka/gas radi za vreme dotoka gasa većeg obima.

Omogućuje način za bezbedno odvođenje gasa od postrojenja i omogućuje uštedu skupe isplake. Većina separatora proizvodi se od cevi velikog prečnika sa unutrašnjim pločama koje usporavaju strujanje sistema isplaka/gas. Tangencijalni ulaz obezbeđuje dodatni centrifugalni efekat. Slika 28.

- Svi vodovi za izduvavanje treba da imaju minimalni prečnik 6" da bi se gubici pritiska držali na minimumu i treba da su usidreni čvrsto da bi se sprečilo kretanje (pomeranje) kada se izduvavaju velike količine gasa.
- Separator se postavlja niz struju fluida iz bušotine do čok manifolda tako da protok iz bušotine može da se usmeri kroz separator kada je to potrebno. Separator može biti preopterećen pritiskom i zapreminom. Zbog toga, premošćavanje separatora treba da je obezbeđeno tako da protok od potisnog voda čok manifolda može da se usmeri pravo na baklju.
- Prirubnički otvori treba da su obezbeđeni u blizini dna separatora kako bi se omogućilo njegovo čišćenje.

Ne preporučuje se upotreba separatora za vreme DST-a.

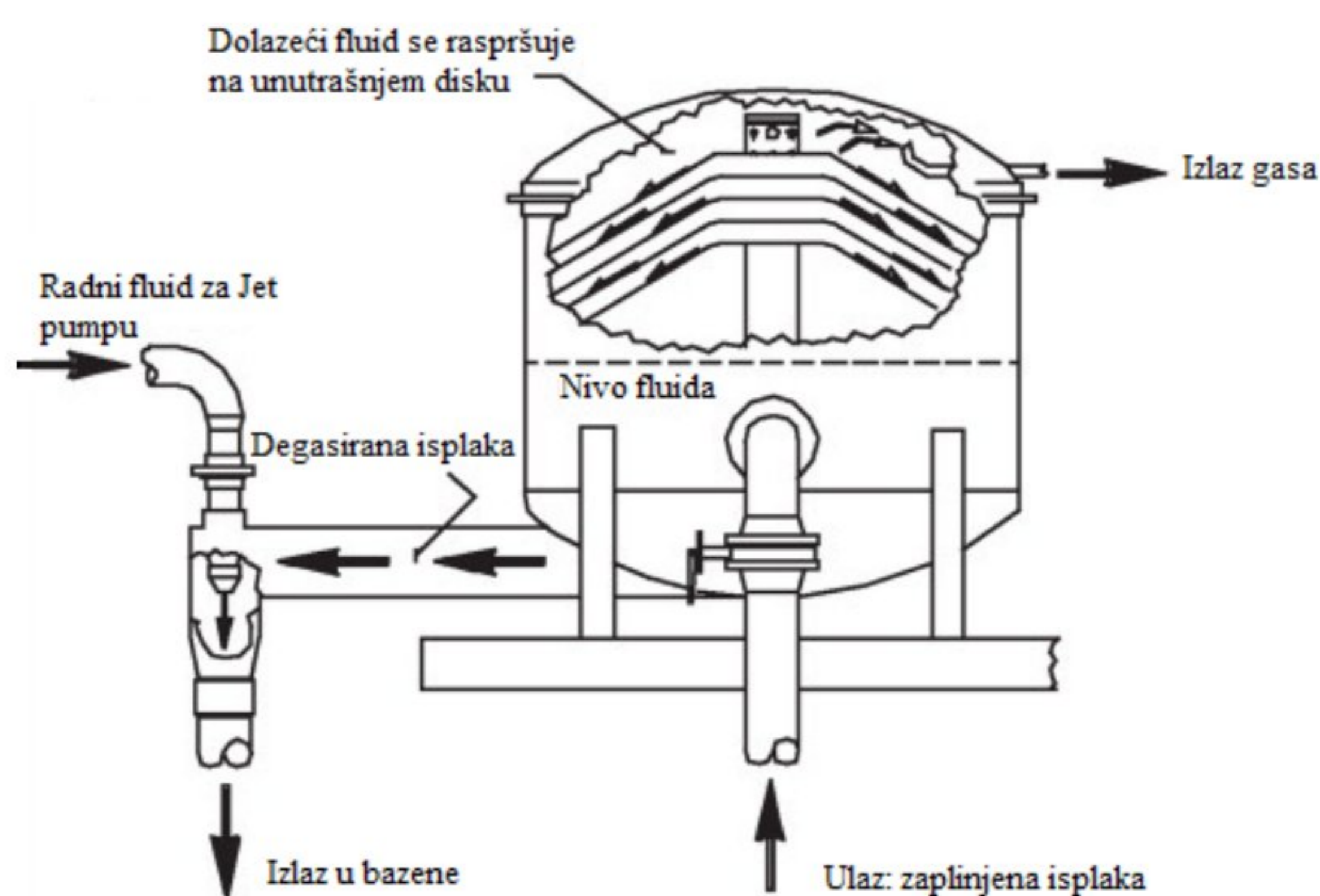


Slika 28 – Separator isplaka/gas (Korov, 2011.)

b) Odvajač gasa je uređaj za odvajanje malih količina nabušenog gasa. Prema konstrukciji postoji dva osnovna tipa odvajaća gasa:

- atmosferski
- vakuum odvajaći gasa.

Kod vakuum odvajaća gasa pritisak se održava ispod atmosferskog uz pomoć vakuum pumpe. Isplaka ulazi u komoru odvajaća gasa kroz ulaznu cev zbog toga što je u komori niži pritisak. Unutar odvajaća gasa isplaka teče duž nagnutih ravnih površina stvarajući tanke slojeve tako da mehurići gasa mogu da se odvajaju od isplake. Otplinjena isplaka pada na dno komore i putuje kroz izlaznu cev u susedni rezervoar. Hidraulični mlaz je postavljen u donjem delu da bi izvlačio isplaku iz komore usprkos vakuumu. Ovaj mlaz radi pomoću pritiska fluida sa jedne pomoćne pumpe na postrojenju. Slika 29.



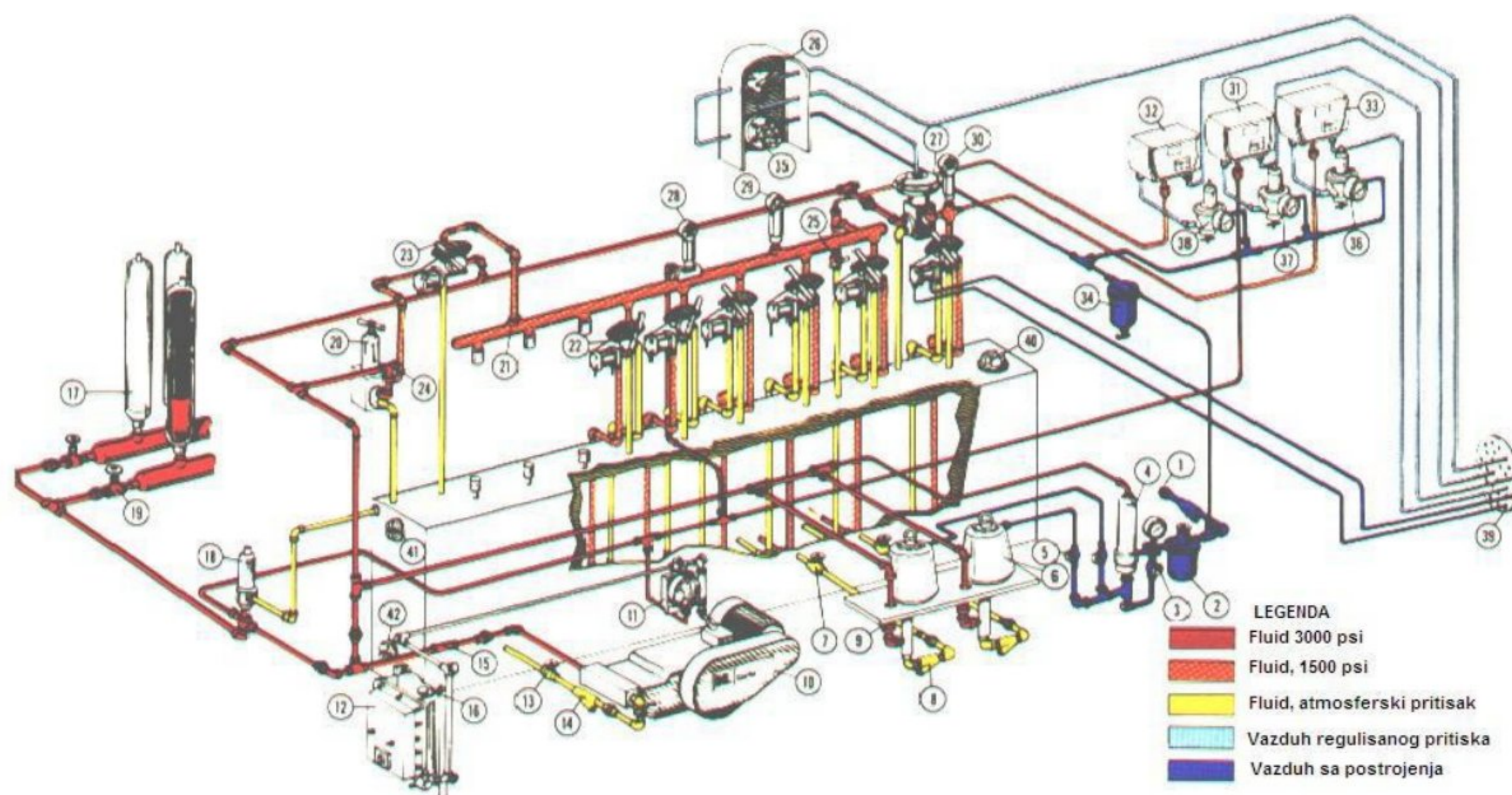
Slika 29 – Odvajač gasa (Rehm, <https://www.sciencedirect.com>)

3.3. Akumulatorska jedinica (Kooimey)

Izvor hidrauličke energije potrebne za zatvaranje preventerskog sklopa unutar propisanog vremena. Radi na principu ekspanzije gasa. *Slika 30.*

Osnovni delovi hidrauličke jedinice:

- a) Akumulatorske boce
- b) Pumpe
- c) Rezervoar s radnim fluidom
- d) Kontrolni manifold
- e) Udaljeni kontrolni panel



Slika 30 – Šematski prikaz sistema hidrauličkog akumulatora (Korov, 2011.)

3.3.1. Fluidi i zapremine

Radni fluid – hidrauličko ulje ili mešavina vode i podmazivača.

Volumen rezervoara treba da bude minimalno dvostruko veći od iskoristivog volumena hidrauličkog fluida. Pored hidrauličnog ulja može se koristiti i mešavina vode i aditiva lubrikanta koji je rastvorljiv u vodi.

-Za temperature ispod 0°C treba dodati etilen glikol radi sprečavanja zamrzavanja.

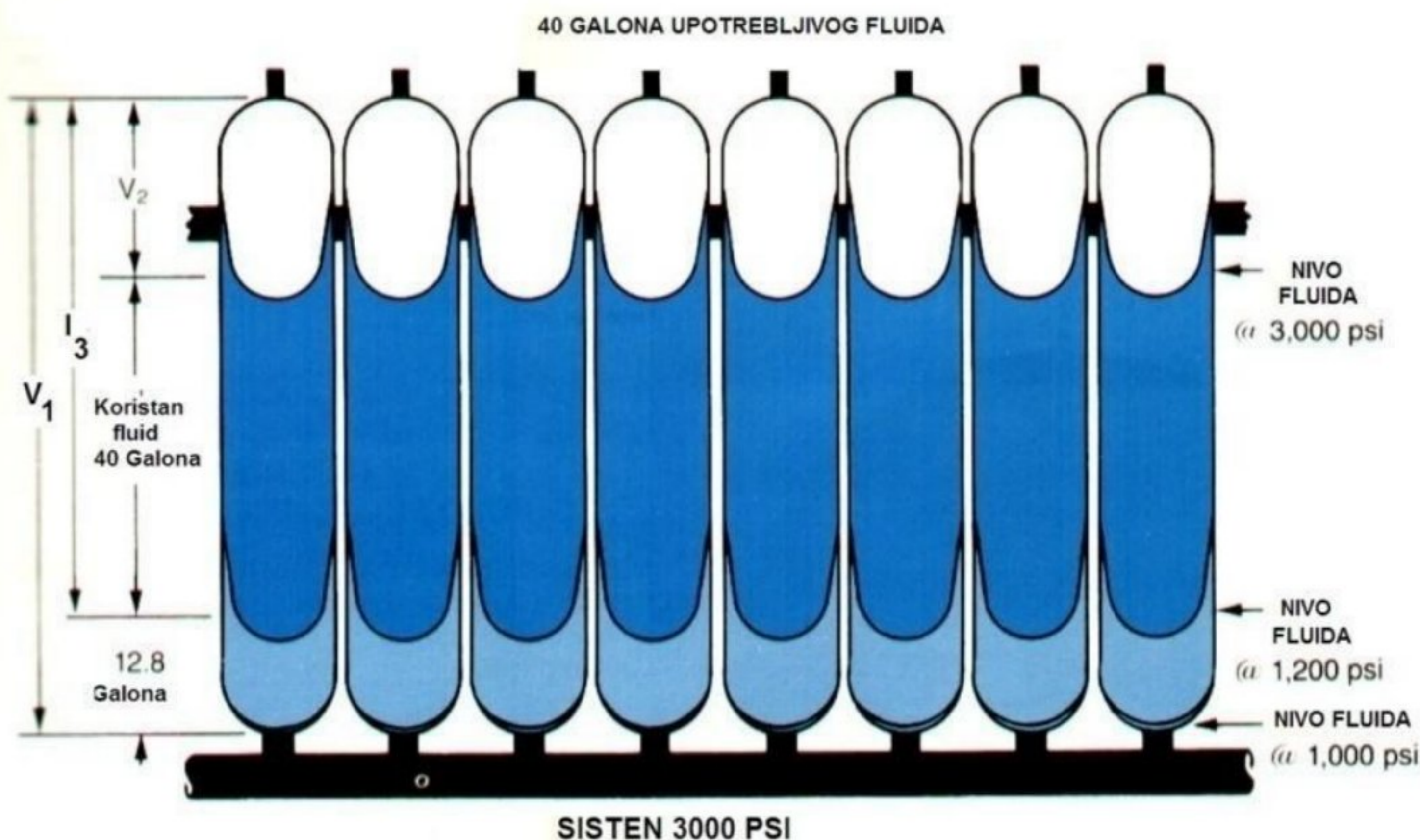
Zapremina rezervoara za fluid treba da je dvostruke zapremine korisnog hidrauličnog fluida akumulatorskog uređaja.

Vod za odzračivanje treba da je dovoljnog prečnika (min 3") da bi se izbeglo stvaranje pritiska u rezervoaru kada se vrši prenos hidrauličnog fluida ili azota (na azotnom pomoćnom uređaju).

Kao hidraulični fluid se koristi Hidraulično ulje SAE 15.

Sadržaj akumulatorskih boca:

Gumena komora (Bladder), azot – inertan, ne gori. Pritisak predpunjenja – 1.000 psi (69 bar) kod akumulatorske jedinice radnog pritiska 3.000 psi (206 bar). Svrha: omogućava pokretanje funkcija BOP-a u slučaju kvara pumpe; i omogućava brže zatvaranje BOP-a. *Slika 31 i Formula 4 i 5.*



Slika 31 – Zapremina korisnog fluida u bocama (Korov, 2011.)

$$V_u = V_s \times 0.0981 \left(\frac{P_p}{A_p} \right) \left(\frac{A_p}{R_p - 1} \right)$$

V_u = Korisna zapremina fluida (litara)

V_s = Zapremina fluida u sistemu, litara (8 boca x 37,8 lit)

P_p = Pritisak predpunjenja azotom, Bar

A_p = Ukupan pritisak akumulatorskog uređaja, Bar

R_p Pritisak potreban za zatvaranje preventerskog sklopa, bar

Formula 4 – Izračunavanje zapremine korisnog fluida u bocama

$$p_1 \times V_1 = p_2 \times V_2$$

Formula 5 – Izračunavanje zapremine prema Boyle-Mariotte zakonu

ili pritisak x zapremina = const.

gde je:

p_1 = početni pritisak, p_2 = konačni pritisak

V_1 = početna zapremina gasa V_2 = konačna zapremina gasa

3.3.2. Vreme zatvaranja

Prema API Spec 16D vreme zatvaranja preventera je vreme mereno od momenta funkcionalnog aktiviranja uređaja pa do potpunog zatvaranja sa bilo kog kontrolnog panela.

Za sisteme kod bušenja na kopnu maksimalno vreme zatvaranja ne sme biti veće od:

- | | |
|--|------|
| a) Za svaki čeljusni preventer | 30 s |
| b) Anularni preventeri $18 \frac{3}{4}"$ | 30 s |
| c) Anularni preventeri >math>18 \frac{3}{4}"</math> | 45 s |
| d) HCR (Zasuni sa hidraulični daljinskim zatvaranjem) | 30 s |

3.3.3. Pumpe

Potrebna su dva nezavisna izvora energije

- vazдушna pumpa
- električna pumpa

Kapacitet svakog sistema treba da, uz izolovanje akumulatorske boce, osigura otvaranje HCR ventila i zatvaranje anularnog preventera pritiskom od 200psi iznad pritiska predpunjenja, u 120 sekundi.

Uključivanje pumpi kad pritisak u akumulatorskim bocama padne na 90% od pritiska napunjenog akumulatorskog sastava.

Kombinovani izlaz svih pumpi mora biti sposoban da napuni celi akumulatorski sastav od pritiska predpunjenja do max. radnog pritiska za 15 min.

3.4. Testiranje BOP

Procedure ispitivanja pod pritiskom sklopa preventera izvodi se kako bi se utvrdili potencijalni problemi i da bi se rešili pre nego što dovedu do opasnih situacija sa dotokom fluida ili erupcija.

Pregled opreme započinje u toku montaže opreme na bušotinsku glavu i u redovnim vremenskim intervalima nakon montaže (uobičajeno jednom nedeljno, pre specifičnih operacija i posle svake intervencije radi održavanja opreme).

Najčešći razlozi intervencija na opremi su:

1. Habanje kolone.
2. Začepljenje vodova baritom i / ili nabušenim materijalom.
3. Popuštanja spojeva osnovne prirubnice ili na preventerima usled vibracija.
4. Propadanja zaptivki na zasunima i preventerima.
5. Propuštanja ulja i otkazivanje kontrolnog sistema.

Sprovode se dva tipa ispitivanja:

a) Funkcijski test

Uspešan test potvrđuje da se funkcije odrađuju ispravno. BOP se testira barem jednom u 7 dana, ili nakon zamene vodova prema BOP-u.

Diverter se testira (početno bušenje bez BOP-a) svaki dan.

b) Testiranje na pritisak

Testiranje se izvodi u periodu od najviše 21 dan, nakon montaže BOP-a, ako je došlo do zamene ili popravke dela opreme koja može biti pod pritiskom.

Procedura testiranja na pritisak je da se prvo testira na niski pritisak (low pressure) 200 – 300 psi (15 – 21 bar), a zatim na visoki pritisak (high pressure) i to:

1. *Inicijalno testiranje* – na nazivni radni pritisak opreme (RWP) osim anularnog preventera koji se testira na 70% od njegovog nazivnog radnog pritiska ili BOP-a zavisno koji je manji.

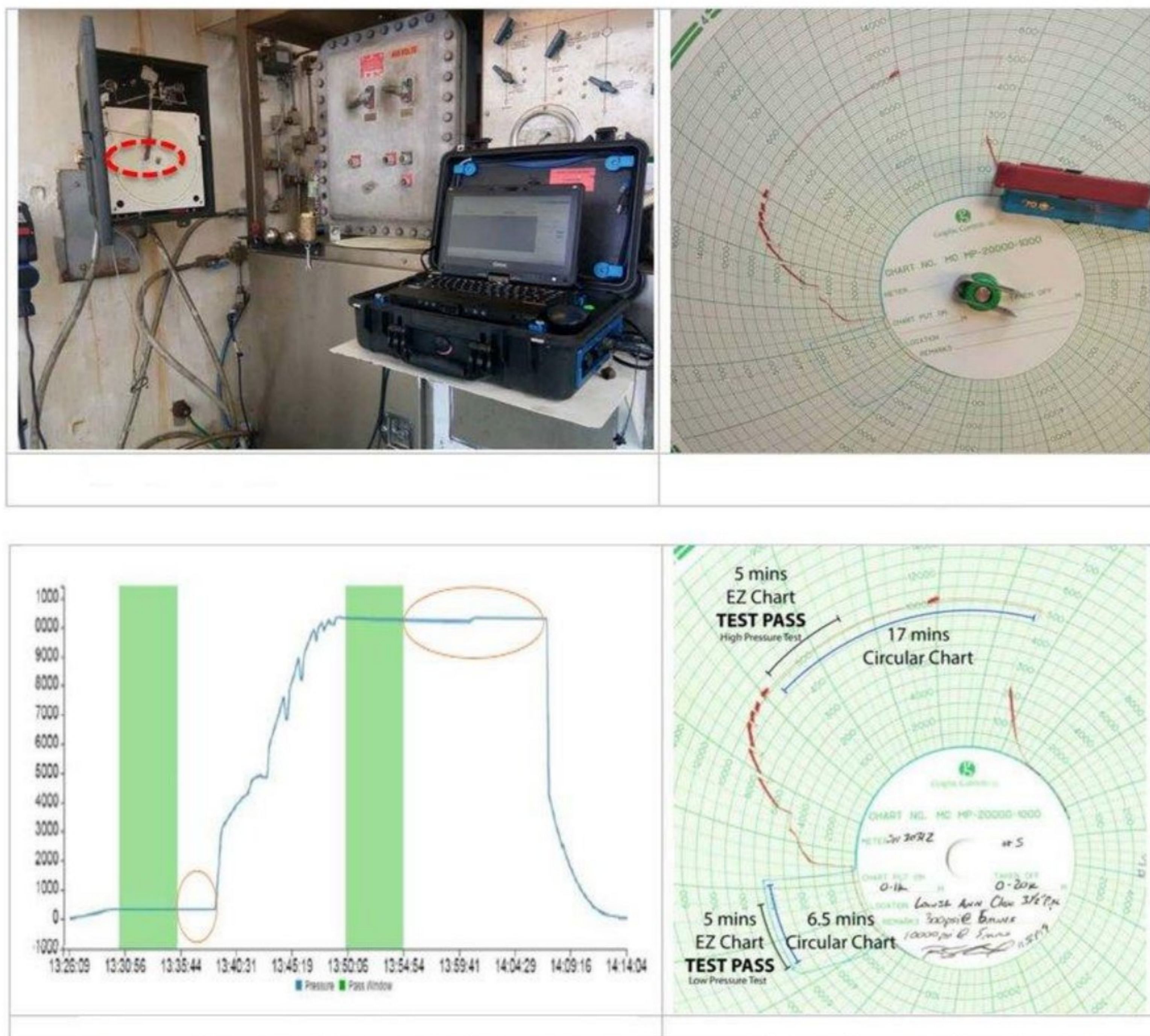
2. *Redovna naredna testiranja* – na maksimalno očekivani pritiska na ušću bušotine (MASP) osim anularnog preventera koji se testira na 70% od njegovog nazivnog radnog pritiska ili na MASP zavisno koji je manji

Smer testiranja je uvek iz smera bušotine, tj. iz smera odakle oprema može biti pod pritiskom.

Prilikom ispitivanja pod pritiskom koristi se voda kao fluid za testiranje.

Prvo se radi test pod malim pritiskom (300-500 psi), a završni test pod planiranim – projektovanim pritiskom. Ako posle prvih 10 minuta nema pada pritiska, rezultat testa je zadovoljavajući. *Slika 32.*

Brzinu pumpanja podesiti tako da se omogući laka kontrola i praćenje eventualnog propuštanja da bi se sprečilo eventualno gnječenje kolone.



Slika 32 – Oprema i dijagrami testiranja-digitalni i analogni (Patil, <https://www.researchgate.net>)

3.4.1. „Cup“ i plug tester

„Cup tester“ se koristi za ispitivanja na pritisak bušotinske glave, bočnih ventila, preventerskog sklopa i ostale opreme za kontrolu bušotine.

Ugrađuje se na bušaćim šipkama tako da brtvena guma uđe unutar zaštitnih cevi. Ukoliko brtvena guma nije pravilno odabrana ili je oštećena doći će do preliivanja na bušaćim šipkama (Posavac, 2017, str. 79)

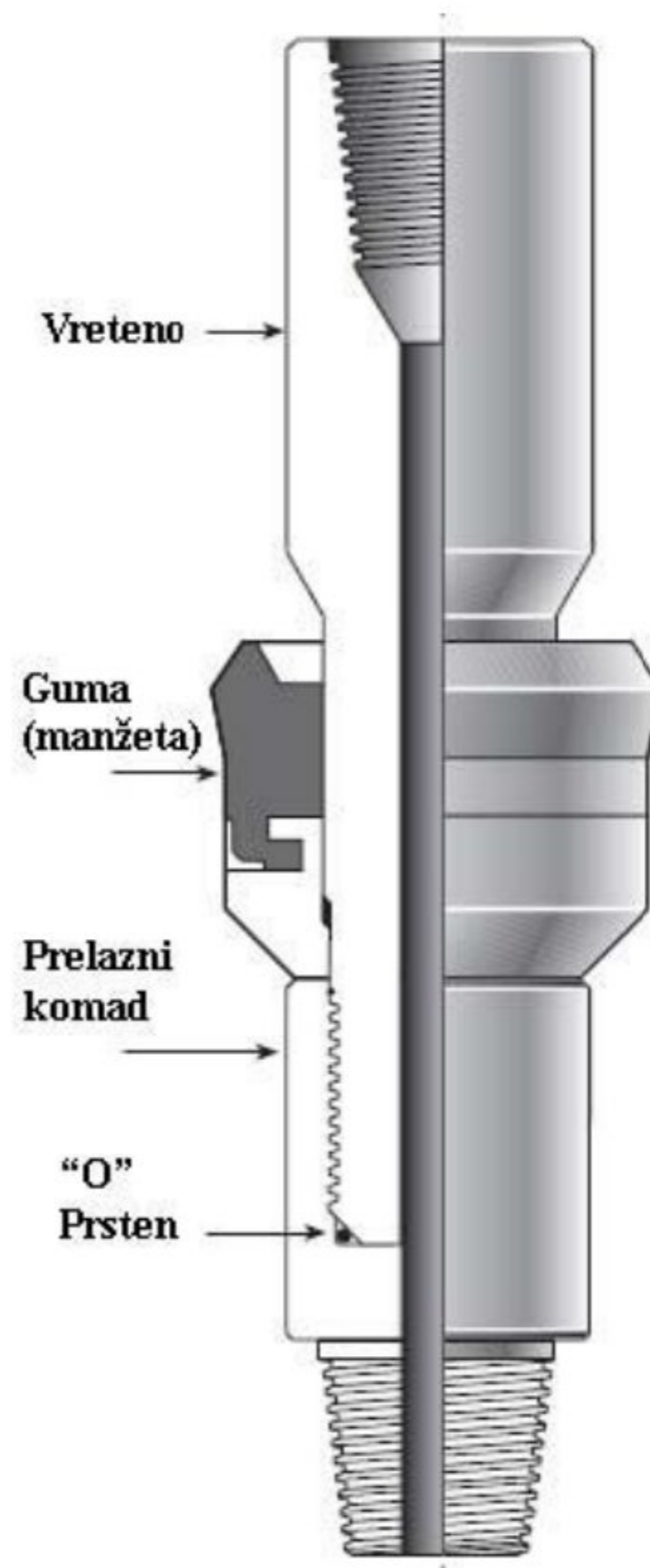
Kod primene „cup testera“ za izvođenje ispitivanja ograničenje je maksimalno dozvoljeni unutrašnji pritisak zaštitnih cevi.

„Cup tester“ TIP “F” namenjen je za nameštanje na dnu niza bušaćeg alata i spušta se u kolonu ispod osnovne prirubnice radi testiranja preventerskog sklopa i osnovne prirubnice. Aktivira se:

- primenom pritiska pumpom za testiranje od gore
- Zadizanjem „cup testera“ posle punjenja preventerskog sklopa vodom.

„Cup tester“ je konstruisan za testiranje svih dimenzija i težina kolona pod pritiscima do 10.000 psi (686 bar). Slika 33.

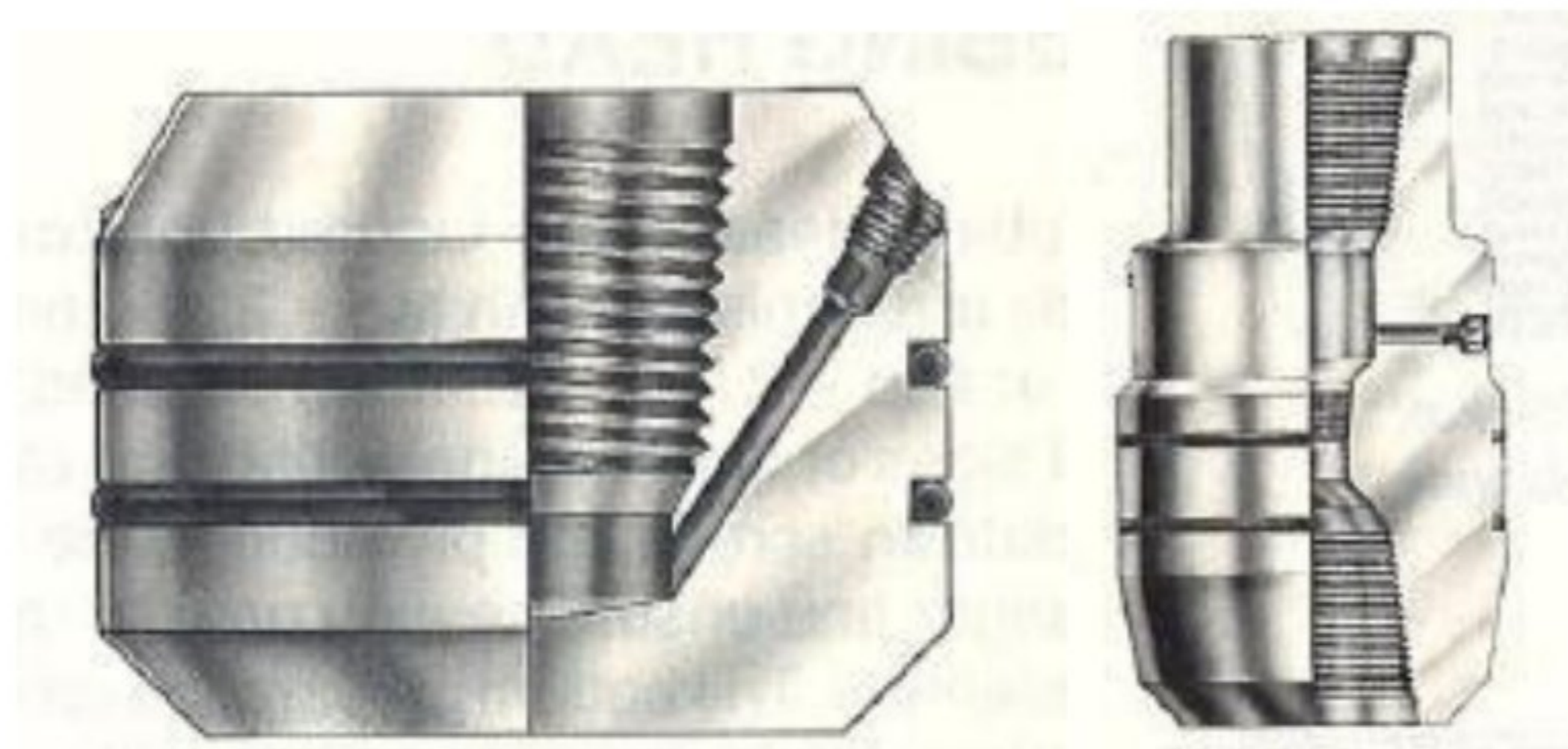
Kad god se koristi „cup tester“ tip “F” mora se proveriti kolika sila deluje u toku ispitivanja na bušaću šipku kako bi se izbegao njen lom (pucanje na telu).



Slika 33 – „Cup tester“ (Posavac, 2017.)

Test plug se koristi za ispitivanja preventerskog sklopa i ostale opreme za kontrolu bušotine na veći pritisak od maksimalno dozvoljenog za zaštitne cevi. Ugrađuje se na bušaćoj šipki u odgovarajuće sedište unutar bušotinske glave. U slučaju propuštanja test plug-a zaštitne cevi i otvoreni kanal bušotine mogu biti izloženi previsokom pritisku. Slika 34 (Korov, 2011, str. 56).

Iz tog razloga bočni ventil na bušotinskoj glavi koji se nalaze ispod test plug-a mora biti otvoren.



Slika 33 – Plug tester (Korov, 2011.)

4. ZAKLJUČAK

Bušenje nafte i gasa je kompleksan proces koji zahteva visoku efikasnost i sigurnost kako bi se minimizirali rizici i zaštitila okoline. Ključni elementi u ovom procesu su BOP oprema (oprema za zatvaranje bušotine), testiranje i zaštita okoline.

BOP oprema se koristi za zatvaranje bušotine u slučaju nekontrolisanog protoka nafte ili gasa. Ona se sastoji od nekoliko komponenti, uključujući preventere, ventile i sigurnosne ventile. Ova oprema igra vitalnu ulogu u sprečavanju havarija i zaustavljanju curenja nafte ili gasa u slučaju nepredviđenih događaja. Redovno održavanje i testiranje BOP opreme su od suštinske važnosti kako bi se osigurala njena funkcionalnost i spremnost za upotrebu.

Testiranje BOP opreme se obavlja kako bi se proverila njena pouzdanost i ispravnost. Ovi testovi uključuju ispitivanje pritiska, zatvaranje bušotine i simulaciju nepredviđenih događaja. Cilj ovih testova je da se obezbedi da BOP oprema radi efikasno i da može da izdrži visok pritisak i stresne situacije. Redovno testiranje BOP opreme je ključno za održavanje sigurnog radnog okruženja i sprečavanje potencijalnih katastrofa.

Uz pravilno održavanje BOP opreme, redovno testiranje i primenu zaštite okoline, naftna i gasna industrija može postići visok nivo bezbednosti i smanjiti svoj uticaj na okolinu. Kontinuirano unapređivanje tehnologija i rigorozna primena sigurnosnih standarda su od suštinskog značaja kako bi se obezbedio održiv razvoj ovog sektora. Samo tako ćemo moći da zadovoljimo energetske potrebe današnjeg društva uz istovremeno očuvanje naše dragocene prirode.

LITERATURA

1. API Preporučena praksa 53, 2015
2. API Preporučena praksa 64, 2017
3. API Spec. 6A, 2019, Oprema bušotinskih glava i erupcioni uređaji
4. API Spec. 16A, 2004, Oprema kolone koja se buši
5. API Spec. 16C, 1993, Sistemi za ugušivanje i prigušivanje
6. API Spec. 16D, 2018, Kontrolni sistemi opreme za kontrolu pritisaka u bušotini
7. Bizjak R., 2004, Tehnologija bušenja sa projektovanjem, Novi Sad
8. Ilić S., 1999, Sprečavanje erupcija i kontrola dotoka, Novi Sad
9. Korov Đ, 2011, Oprema za kontrolu pritisaka u bušotini, Novi Sad
10. Leković B., 2023 Rudarsko-geološki fakultet Predavanja, Beograd
11. Matanović D., 2004 Tehnika izrade bušotina, Zagreb
12. NOV Shaffer preventer SL - korisničko uputstvo, 2009, Houston, SAD
13. Posavac H., 2017 IWCF Well control manual, Zagreb
14. STS Products, 2011, Koomey katalog, Conroe, SAD
15. Veb stranica <https://www.sciencedirect.com>
16. Veb stranica <https://www.researchgate.net>

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ ЗАВРШНОГ РАДА

Име и презиме студента Вања Кулик

Број индекса P501/22

И з ј а в љ у ј е м

да је завршни рад под насловом

"Сигурносна опрема и њен значај приликом бушења и ремонтних радова"

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да завршни рад у целини ни у деловима није био предложен за стицање друге дипломе на студијским програмима Рударско-геолошког факултета или других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

У Београду, 27.06.2023.

Потпис студента

ИЗЈАВА
О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ
ЗАВРШНОГ РАДА

Име (име родитеља) и презиме студента Вања (Иван) Кулик

Број индекса P501/22

Студијски програм Инжењерство нафте и гаса - мастер студије

Наслов рада "Сигурносна опрема и њен значај приликом бушења и ремонтних радова"

Ментор Prof. dr Бранко Лековић

Изјављујем да је штампана верзија мог завршног рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради одлагања у Дигиталном репозиторијуму Рударско-геолошког факултета.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити у електронском каталогу и у публикацијама Рударско-геолошког факултета.

У Београду, 27.06.2023.

Потпис студента

ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ ЗАВРШНОГ РАДА

Овлашћујем библиотеку Рударско-геолошког факултета да у Дигитални репозиторијум унесе мој завршни рад под насловом:

"Сигурносна опрема и њен значај приликом бушења и ремонтних радова"

који је моје ауторско дело.

Завршни рад са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Мој завршни рад одложен у Дигиталном репозиторијуму Рударско-геолошког факултета је (*заокружити једну од две опције*):

I. редуковано доступан кроз наслов завршног рада и резиме рада са кључним речима;

II. јавно доступан у отвореном приступу, тако да га могу користити сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се уз сагласност ментора одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)

2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)

3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)

4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)

5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)

6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Заокружите само једну од шест понуђених лиценци. Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве.)

У Београду, 27.06.2023.

Потпис ментора

Потпис студента
