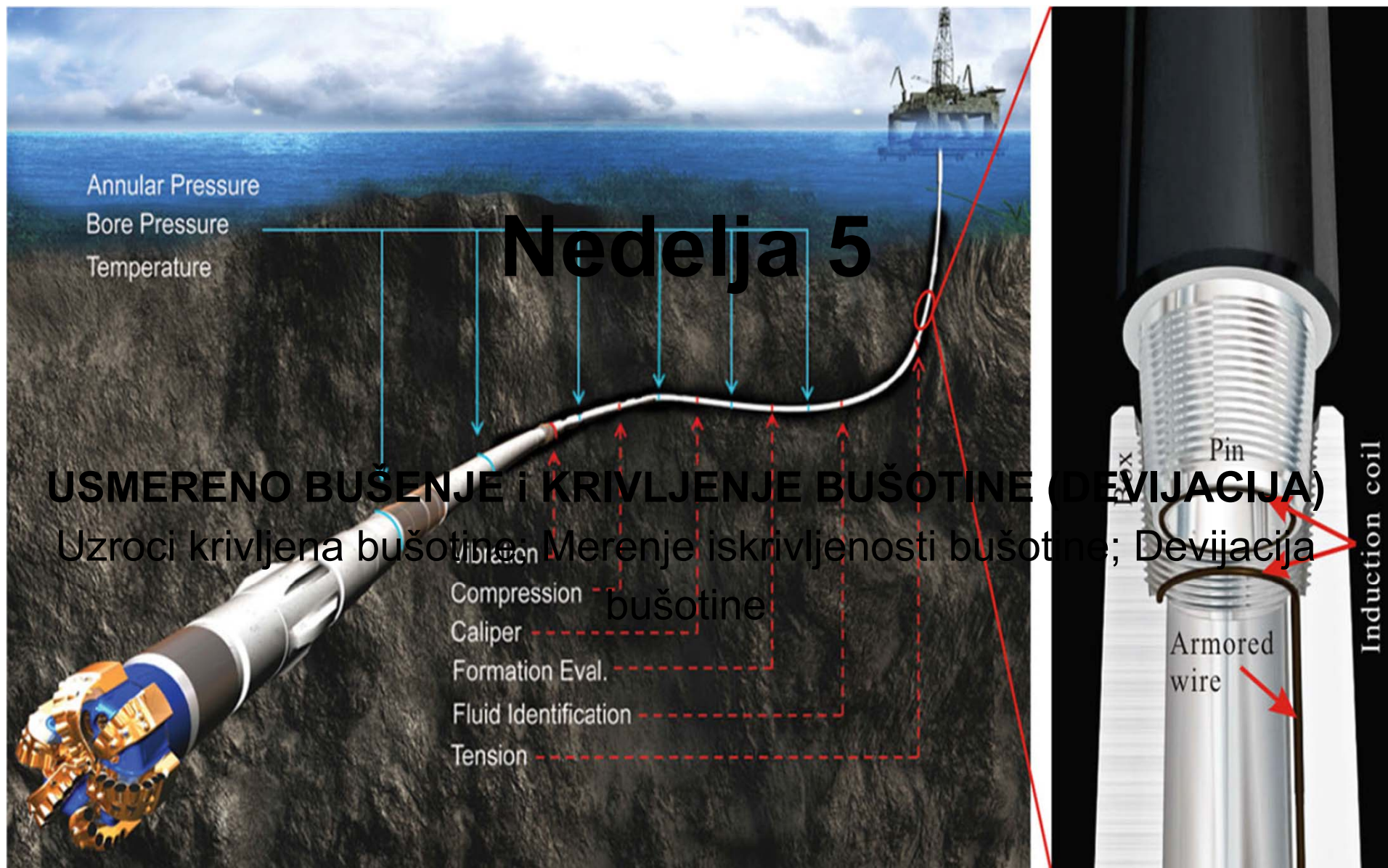




Sadržaj:

Nedelja 1. OPŠTE O ISTRAŽNOM BUŠENJU - Kratak istorijat istražnog bušenja; Istražno bušenje i pojam istražne bušotine, nove tehnologije, karakter bušača

Nedelja 2, 3. TEHNOLOGIJA BUŠENJA - Tehnički postupci bušenja; Principi mehaničkog bušenja; Princip rotacionog bušenja; Princip udarnog bušenja; Princip ručnog bušenja; Kombinovano bušenje; Pribor za bušenje

Nedelja 4. UPOTREBA RADNIH FLUIDA PRI BUŠENJU - Bušenje čistom vodom; Upotreba glinenih isplaka; Svojstva isplake; Isplaka na bazi nafte; Polimerne isplake; Upotreba komprimovanog vazduha; Upotreba hemijskih preparata - pena; Dodaci isplaci za brže bušenje; Pumpa za isplaku

Nedelja 5. KRIVLJENJE BUŠOTINE (DEVIJACIJA) I USMERENO BUŠENJE - Uzroci krivljena bušotine; Merenje iskrivljenosti bušotine; Devijacija bušotine

Nedelja 6. TAMPONIRANJE I CEMENTACIJA ISTRAŽNIH BUŠOTINA i ZAGLAVE I HAVARIJA U TOKU BUŠENJA - Spašavanje zaglavljenog bušačkog pribora; Otklanjanje havarija u bušotini

Nedelja 7. UZORKOVANJE IZ ISTRAŽNIH BUŠOTINA i ISPITIVANJA NA JEZGRU i U ISTRAŽNIM BUŠOTINAMA - Ispitivanja na jezgru istražnih bušotina; Osmatranja merenja i ispitivanja u bušotinama; Praćenje osnovnih parametara bušenja; Hidrogeološka osmatranja i merenja u bušotinama; Geofizička merenja u bušotinama; Geotehnička osmatranja i ispitivanja u bušotinama

Nedelja 8. SPECIFIČNOSTI BUŠENJA U RAZLIČITIM GEOLOŠKIM SREDINAMA - Svojstva stenskih masa; Bušivost stena; Stabilnost zidova bušotine; Izbor opreme i režima bušenja; Izbor opreme; Izbor režima bušenja

Nedelja 9. OSTALE PRIMENE BUŠENJA U GEOTEHNICI - Priprema uzoraka i mernih mesta za "in situ" ispitivanja; Iskop čvrstih stenskih masa miniranjem; Izrada bušenih šipova; Poboljšanje svojstava stenskih masa; Bušotine specijalnih namena

Nedelja 10. ISTRAŽNI ISKOPI i IN SITU OPITI - Plitki istražni iskopi; Istražne jame; Istražni rovovi; Istražne raskrivke; Duboki istražni iskopi; Istražna okna, šahte; Istražne galerije, potkopi; in situ opiti (opit krilnom sondom, DMT, SPT, CPT, opit pločom)

Nedelja 11. PRAKTIČNA NASTAVA - Obilazak gradilišta gde se vrši istražno bušenje i upoznavanje sa osnovnim elementima bušačkog pribora i tehnologijom bušenja; Kartiranje i izrada profila istražne bušotine u AutoCad-u

KRIVLJENJE BUŠOTINE - DEVIJACIJA

Pri bušenju dubljih bušotina dešava se da one odstupe od zadatog pravca, kako u vertikalnoj tako i u horizontalnoj ravni. Pri tom se menja padni ugao i azimut, pa bušotina umesto prave zadobija karakter prostorne krive linije. **Promena pravca ose bušotine u prostoru od zadatog pravca naziva se krivljenje bušotine**, a često se kao sinonimi koriste i termini devijacija ili otklon. **Usled krivljenja bušotine** i trenja bušaćeg pribora o njene zidove, **znatno se povećava: habanje bušaćih šipki, potrošnja energije, broj havarija**. Takođe, otežana je likvidacija havarija i spuštanje obložnih kolona, a često je ono i nemoguće. Ponekad se završetak takve bušotine dovodi u pitanje, a ako se i završi u njoj je otežana ili gotovo **nemoguća ugradnja konstrukcija ili instrumenata**, za osmatranja ili dugoročna ispitivanja.

U toku bušenja može doći do nenamernog krivljenja bušotine, koje je uslovljeno prirodnim, geološkim faktorima, a takođe i nekim tehničko-tehnološkim razlozima. Ukoliko je iz nekih razloga potrebno, krivljenje bušotine se izvodi uz pomoć tehničkih sredstava ili tehnoloških metoda. Ovaj vid bušenja poznat je pod nazivom usmereno ili dirigovano bušenje.

UZROCI KRIVLJENJA BUŠOTINE

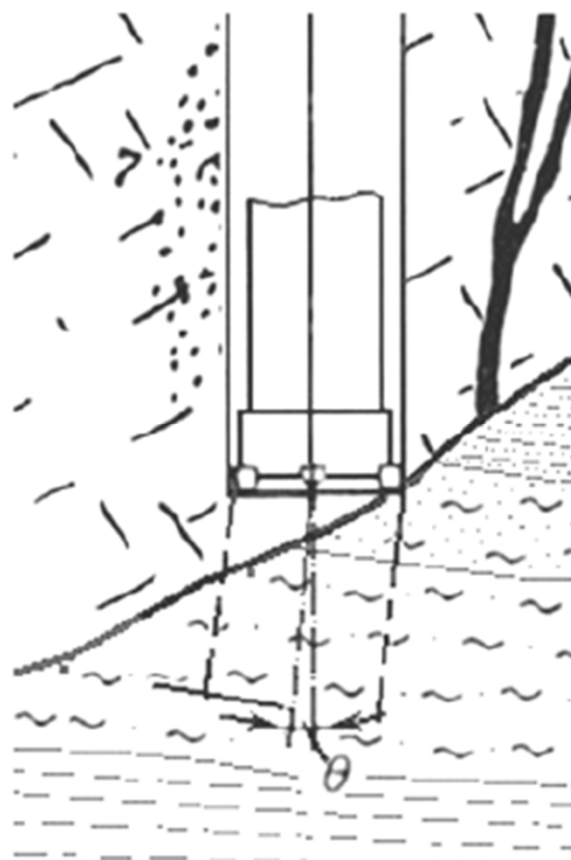
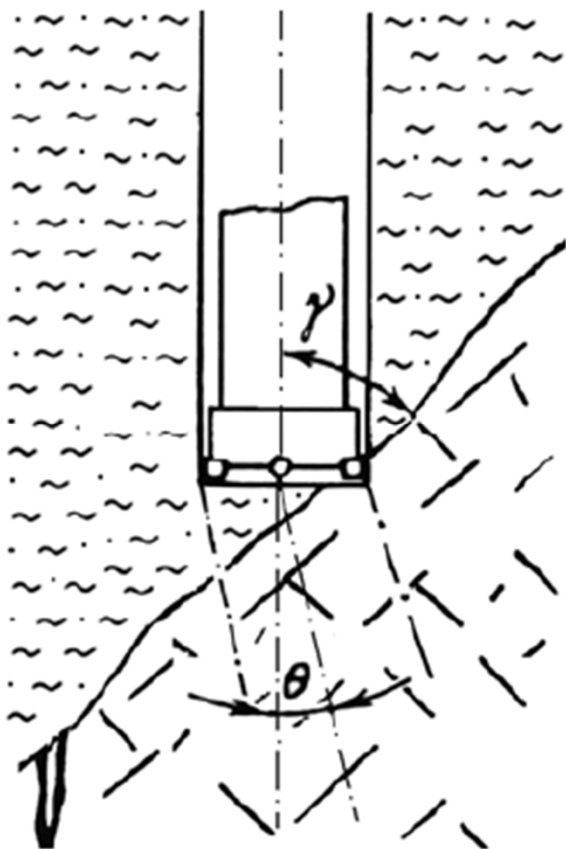
Nekontrolisano krivljenje bušotine nastaje kao posledica delovanja više faktora koji se mogu svrstati u dve grupe i to:

- **prirodne faktore;**
- **tehničko-tehnološke faktore.**

Najbitniji prirodni faktori, koji dovode do krivljenja bušotine, su: **anizotropija i heterogenost** svojstva sredine kroz koju se buši i **delovanje sile zemljine teže**. **Pri bušenju u masivnim izotropnim i homogenim sredinama, razaranje stene ispod krune je ravnomerno** te zbog toga, u ovakvim uslovima retko dolazi do krivljenja bušotina.

Pri bušenju u sredinama koje su u pogledu mehaničkih svojstava izrazito heterogene, i **ukoliko su kontakti između tvrdih i mekših zona kosi** u odnosu na pravac bušenja, **po pravilu dolazi do krivljenja bušotine**. **Krivljenje**, pri presecanju kontakta iz mekše u tvrđu sredinu, **nastaje usled bržeg napredovanja krune na delu dna bušotine koje je u mekšim stenama**, slika na sledećem slajdu, **odnosno, skreće u pravcu tvrđe sredine**. **U obrnutom slučaju, pri presecanju kontakta iz tvrđe u mekšu sredinu, bušotina se iz istih razloga krivi, takođe u pravcu tvrđe sredine.**

UZROCI KRIVLJENJA BUŠOTINE

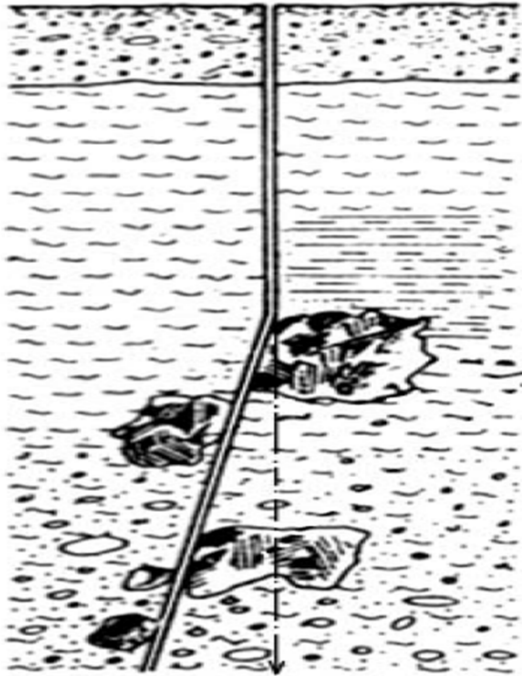


*Skretanje bušotine na kontaktu
sredina različite tvrdoće*

UZROCI KRIVLJENJA BUŠOTINE

Ovakvi slučajevi često se sreću u praksi, posebno pri bušenju u litološki heterogenim sredinama, **kavernoznim terenima** (slika na narednom slajdu), **aluvijalnim peskovitim i deluvijalnim drobinskim sedimentima sa velikim samcima ili blokovima** (slika na narednom slajdu). Anizotropija stena, pre svega u pogledu mehaničkog ponašanja, uslovljava neravnomerno razaranje stena krunom na dnu bušotine, i izaziva krivljenje ose bušotine. Anizotropija, u pogledu mehaničkog ponašanja, najizraženija je kod stena sa igličastim i pločastim mineralima. Takođe, uškrljene, tankolistaste i tankouslojene stene, kao flišoliki paketi stena, imaju jako izraženu anizotropiju. Pri bušenju kroz tankouslojene, flišolike pakete stena, ne mogu se u potpunosti primeniti prethodni zaključci o krivljenju bušotine, na kontaktu stena različite tvrdoće. Naime, pri ulazu krune u svaki tvrdi proslojak bušotina se krivi u pravcu tvrdih stena. Međutim pri izlasku i ulasku u mekše proslojke, deo dna bušotine koji je još uvek u tvrdem sloju, zadržava krunu da skrene na suprotnu stranu. Na samom kontaktu, tvrdi proslojak se lomi usled osovinskog pritiska, a u tom trenutku drugi deo krune već je prošao kroz mekši proslojak i već ponovo ulazi u tvrdi proslojak. Zbog toga ponovo dolazi do skretanja bušotine u pravcu tvrdih stena (slika na narednom slajdu). odnosno, upravno na slojeve.

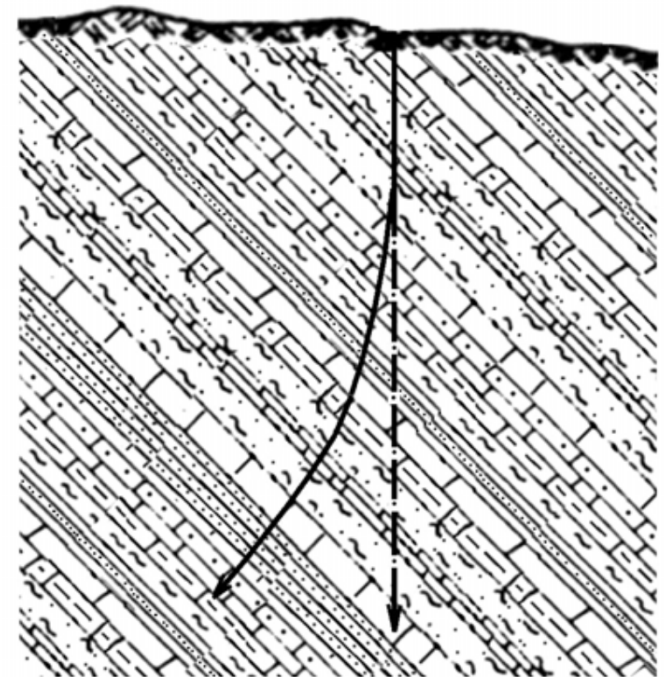
UZROCI KRIVLJENJA BUŠOTINE



Skretanje bušotine usled pojava samaca u okviru peskova



Skretanje bušotine na kontaktu sredina različite tvrdoće



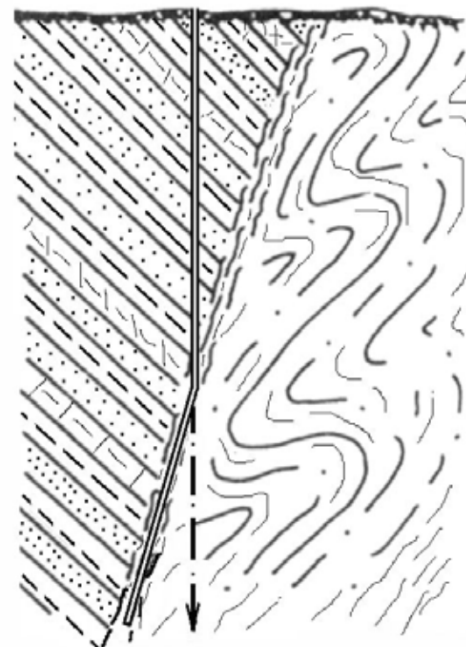
Skretanje bušotine u anizotropnim sredinama

UZROCI KRIVLJENJA BUŠOTINE

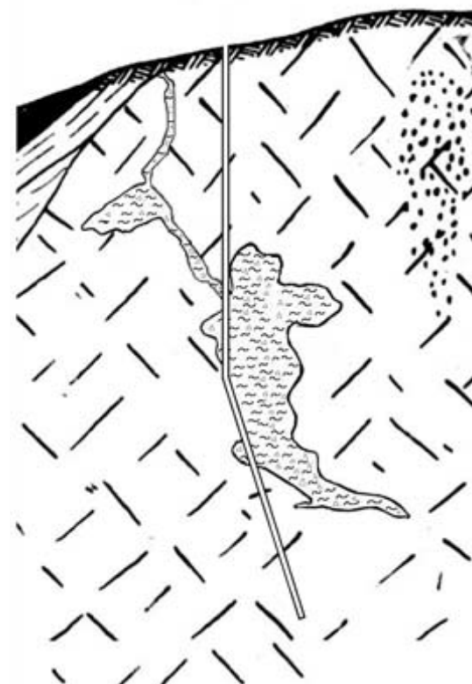
Ako je ugao između ose bušotine i kontakta mekše i izrazito tvrđe sredine, mali **do 15°**, doći će do devijacije bušotine odnosno, njenog usecanja duž kontakta. Ovakvi slučajevi su česti **pri nailasku na rasedne zone** (slika) i silifikovane rudne žice ili pri bušenju u izrazito anizotropnoj sredini. Tada se bušači pribor, po liniji manjeg otpora, useca u mekšoj sredini.

Pri bušenju kroz karstifikovane sredine, krivljenje bušotine uslovljeno je strmim zidovima **karstifikovanih pukotina ili kaverni** (slika). Krivljenje bušotine biće izraženije što su podzemni oblici većih dimenzija i strmijih zidova. Pribor će zauzeti položaj koji mu omogućavaju šupljine, ukoliko se ne preduzmu odgovarajuće mere.

Skretanje bušotine na strmom kontaktu duž silifikovane rasedne zone



Skretanje bušotine duž strmih zidova kaverne



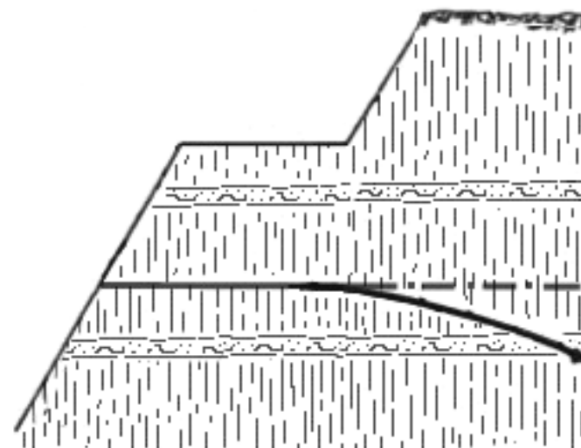
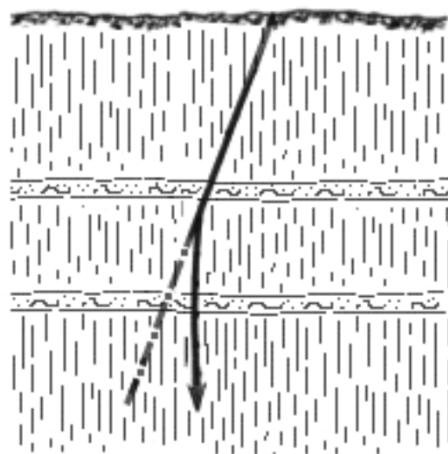
UZROCI KRIVLJENJA BUŠOTINE

Krivljenje bušotina jače je izraženo kod kosih i horizontalnih, nego kod vertikalnih bušotina. Na devijaciju kosih i horizontalnih bušotina, pored svih napred navedenih faktora, utiče i **sila gravitacije**, slika. Odnosno, krivljenje zavisi od dubine bušotine, težine bušačeg pribora i tvrdoće sredine kroz koju se buši.

Najkarakterističniji tehničko-tehnološki faktori krivljenja bušotine su:

početni otklon bušotine, neravnomerno sleganje postolja u toku bušenja, bušenje krivim šipkama, nepravilno, iskošeno navrtanje kruna i šipki, neusklađeni prečnik šipki prema prečniku bušotine, režim bušenja neusklađen uslovima u terenu, neodgovarajući kvalitet i količina isplake i dr.

Skretanja kosih i horizontalnih bušotina pod dejstvom sile gravitacije



UZROCI KRIVLJENJA BUŠOTINE

Početni otklon bušotine, od projektovanog pravca, može nastati ukoliko garnitura nije postavljena na horizontalno i stabilno postolje. Takođe, do početnog otklona može doći ukoliko se uvodna kolona ne poklapa sa projektovanim pravcem bušenja. Ukoliko je nastao početni otklon, i ako se bušotina u toku bušenja ne krivi, ipak će doći do odstupanja dna bušotine od projektovanog.

Krajnje odstupanje, pre svega, zavisi od dubine bušotine i početnog otklona. Do krivljenja bušotine dolazi i kada je slaba konstrukcija bušačkog pribora, te dolazi do njegovog iskošenja u bušotini. Iskošenost bušačkog pribora, u prvom redu, zavisi od veličine zazora između zida bušotine i kolone bušačkog pribora, dužine i konstrukcije kolone bušačkog pribora. Po pravilu, što je veća iskošenost pribora to je i veće krivljenje bušotine.

Do prekomernog širenja bušotine dolazi usled nepravilnog, iskošenog, navrtanja krune, bušačkih šipki, spojnice, a takođe i kada je radna šipka ekscentrično pričvršćena u steznoj glavi na vratilu bušilice. Prošireni kanal bušotine omogućava iskošenje bušačkog pribora, a samim tim i krivljenje bušotine. Do povećanja zazora između zidova bušotine i bušačkog pribora dolazi ako se buši sa krunama kod kojih spoljni zupci imaju veliki ispust. Pomenuti, povećani zazor takođe olakšava krivljenje bušotine.

UZROCI KRIVLJENJA BUŠOTINE

Pri bušenju, naročito u sredinama sa čestom smenom tvrdih i mekših proslojaka, preporučuje se smanjenje zazora, između zidova bušotine i bušaćeg pribora, i povećanje dužine jezgrene cevi (slika na narednom slajdu).

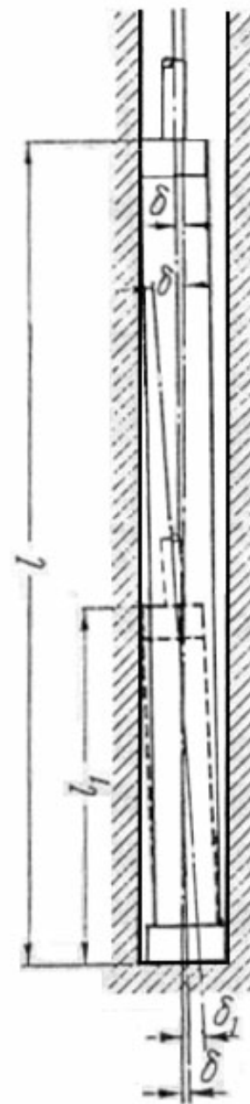
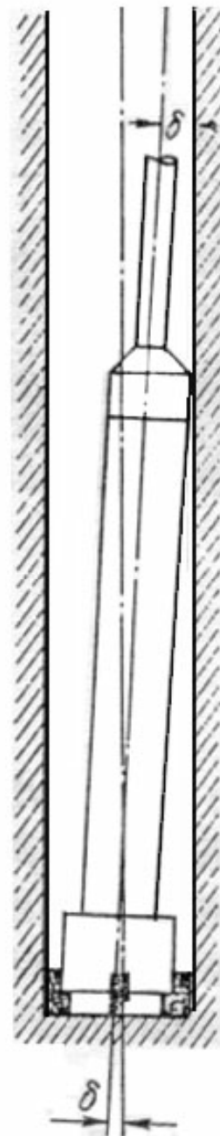
Usled povećanog osovinskog pritiska izvija se kolona bušaćeg pribora, povećava se trenje pribora o zidove bušotine i nastaju vibracije. Sve ovo dovodi do povećanog krivljenja bušotine.

Pri povećanju broja obrtaja, a usled delovanja centrifugalne sile, takođe nastaju vibracije pribora, što doprinosi krivljenju bušotine. Povećana količina i brzina cirkulacije isplake, u mekim poluvezanim i nevezanim stenama, intenzivnim ispiranjem širi i zarušava kanal bušotine, što se odražava na iskošenje pribora i na krivljenje bušotine.

Neodgovarajuća vrsta i kvalitet isplake, u odnosu na svojstva i stanja stena u kojima se buši, takođe prouzrokuje zarušavanje zidova i proširenje bušotine. Analiza podataka o krivljenju bušotina, u sličnim geološkim uslovima, pokazuje da je najmanji stepen zakrivljenosti kod bušotina izvedenih udarnim bušenjem. Nešto veći je pri udarno-rotacionom, a najveći stepen krivljenja bušotina je kod rotacionog bušenja.

UZROCI KRIVLJENJA BUŠOTINE

*Šematski prikaz
krivljenja bušotine pri
korišćenju kratke jezgrene cevi*



MERENJE ISKRIVLJENOSTI (DEVIJACIJE) BUŠOTINE

Prirodno krivljenje, ako se ne meri, može dovesti do značajnih grešaka pri interpretaciji i korišćenju rezultata bušenja. Primera radi, **kod bušotina čije je odstupanje od zadanog pravca 2°, na dubini od 500 m dno je pomerenom za 10 m.**

Inače, **bušotine se ne smatraju krivim ako je njihovo odstupanje manje od 2°.** Samim tim, ako se ne zna odstupanje, a ono je veće od navedenog što je veoma čest slučaj, prave se velike greške pri određivanju prostornog položaja rudnih tela, vodonosnih sredina i dr., što najčešće rezultira izborom neadekvatnih metoda građenja objekata, otvaranja i razrada rudnih tela ili vodonosnih horizonata. Neke od bušotina koje se izvode u fazi istraživanja, u toku izgradnje i korišćenja podzemnih objekata koriste se kao tehničke, za provođenje instalacionih vodova, ventilaciju, odvodnjavanje ili obaranje nivoa podzemnih voda i dr. Takođe, u neke bušotine se ugrađuje odgovarajuća oprema, kojom se prate promene u geološkoj sredini izazvane izgradnjom ili korišćenjem podzemnog objekta, na primer: promena nivoa podzemne vode, deformacije u zoni objekta i po dubini i sl. Da bi se one mogle koristiti u napred pomenute svrhe, ili da bi se rezultati ispitivanja pravilno interpretirali, neophodno je poznavanje stvarnog prostornog položaja bušotine. Zbog toga se, na kraju ili u toku bušenja, **obavezno meri devijacija u svim bušotinama dubljim od 200 m.**

MERENJE ISKRIVLJENOSTI (DEVIJACIJE) BUŠOTINE

Merenja u bušotini vrše se u više tačaka po dubini. Broj tačaka u kojima se izvode merenja zavisi od:

- zahtevane tačnosti podataka koji se dobijaju bušenjem;
- stepena složenosti geoloških uslova sredine u kojoj se bušenje izvodi;
- stepena zakrivljenosti bušotine.

Za merenja zakrivljenosti bušotine koriste se instrumenti koji funkcionišu na različitim principima, te samim tim i imaju različite mogućnosti merenja. Najprostiji merni instrument, poznat pod nazivom “**monoklinometar**”, meri otklon bušotine samo u jednoj tački, te se za svako merenje mora spuštati i vaditi iz bušotine. Monoklinometar se sastoji od gumenog kućišta u kome je smeštena staklena epruveta sa kiselinom. U epruvetu, prečnika 18 - 24 mm, dužine 150 - 200 mm sa debljinom zidova 2 - 3 mm, sipa se do 1/3 - 1/2 rastvor 20 - 30% fluorovodonične kiseline i dobro se zatvori gumenim čepom. Patrona sa epruvetom u cilindru spušta se kroz bušaće šipke, ili se spušta navrnuta na bušaće šipke, uz pomoć užeta u bušotinu. Nakon spuštanja u bušotinu ostavlja se da miruje 20 - 60 min, a zatim se vadi napolje. U toku stajanja u bušotini, kiselina je u epruveti zauzela ravnotežni položaj i nagrizla njene zidove odnosno, na staklu je ostao otisak u obliku

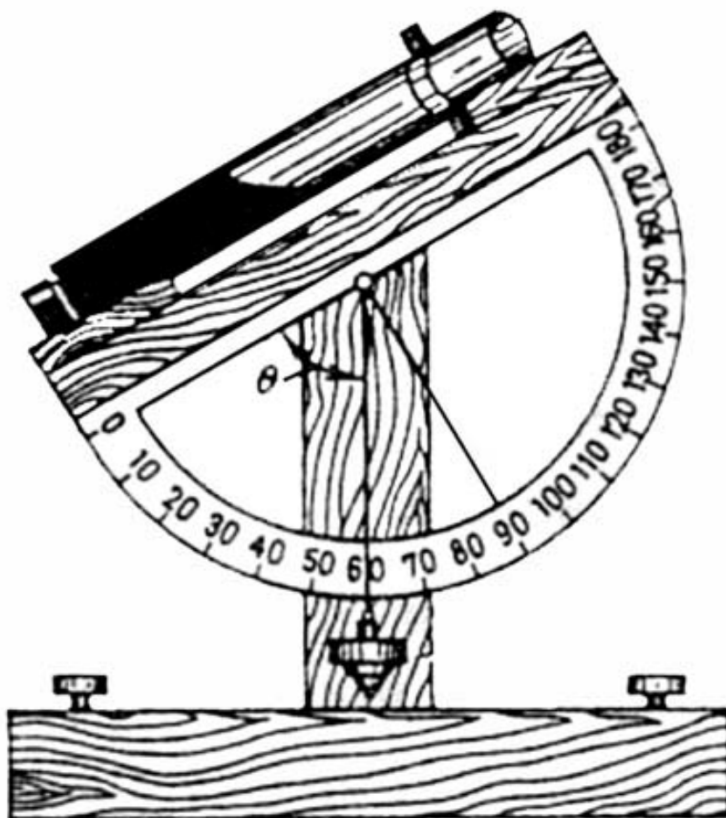
MERENJE ISKRIVLJENOSTI (DEVIJACIJE) BUŠOTINE

elipse. Određivanje padnog ugla izvodi se uz pomoć **goniometra sa uglomerom** (slika na narednom slajdu).

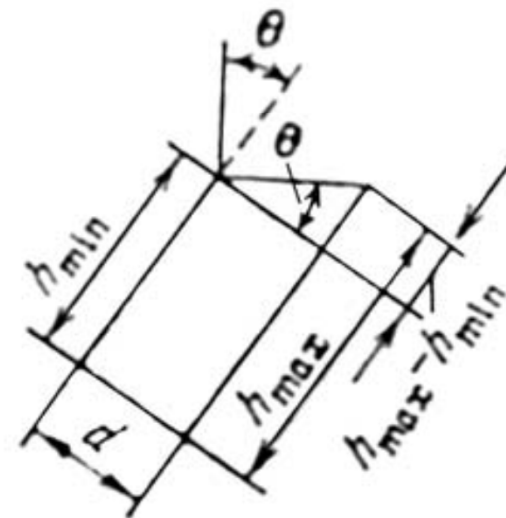
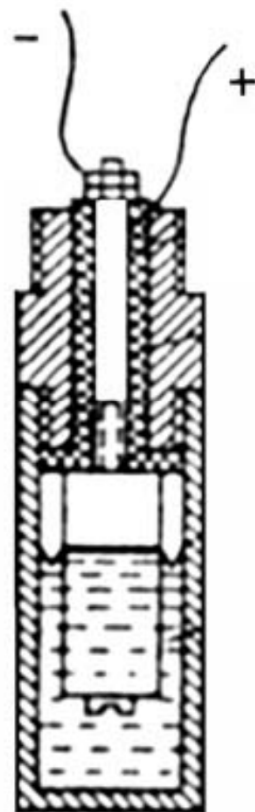
Iz epruvete se prospe kiselina a potom se sipa približno ista količina vode. Postavlja se na goniometar i pomeranjem diska (slika na narednom slajdu), dovodi se do poklapanja meniska tečnosti sa otiskom na epruveti. Tada se očitava ugao na preseku viska i uglomera.

Na sličan način, određivanje padnog ugla bušotine može se izvesti pomoću **pribora sa elektrolitom**. Padni ugao određuje se na osnovu obrazovanja taloga bakra na cilindričnoj katodi pri propuštanju električnog kola kroz elektrolit. Katoda je izrađena od tanke bakarne cevi sa poniklovanim površinama. Elektrolit je rastvor od 100 ml destilovane vode, 15 gr bakarsulfata, 10 ml sumporne kiseline i 20 ml etilalkohola. Elektrolit se sipa u posudu koja predstavlja anodu, a u nju se ubacuje katoda sa navrtkom od plastike, na kojoj su izvodi za eklektično kolo (slika na narednom slajdu). Po istom principu, kao u prethodnom slučaju, pribor se spušta u bušotinu, nakon čega se povezuje u strujno kolo jačine 150 - 300 mA i napona 3 - 6 V u trajanju od 2 - 3 min. Zatim se pribor vadi, i mere se najkraća i najduža ivica na delu katode sa elektrolitički izdvojenim bakarnim talogom. Na bazi geometrijskih odnosa, poznatog prečnika katode i izmerenih veličina, sračunava se nagib bušotine.

MERENJE ISKRIVLJENOSTI (DEVIJACIJE) BUŠOTINE



Goniometar /13/



*Pribor sa
elektrolitom za merenje
nagiba bušotine*

MERENJE ISKRIVLJENOSTI (DEVIJACIJE) BUŠOTINE

Merenja devijacije bušotine, pomoću **fluorovodonične kiseline i elektrolita** su prosta i jeftina, ali omogućavaju merenja **samo u jednoj tački** i to samo nagiba. Ako su potrebna pouzdanija i kompletnija merenja padnog ugla i azimuta pada u više tačaka po dubini bušotine, pri jednom spuštanju i izvlačenju pribora, onda se koriste znatno složeniji aparati (instrumenti) koji su poznati pod nazivom **inklinometri**.

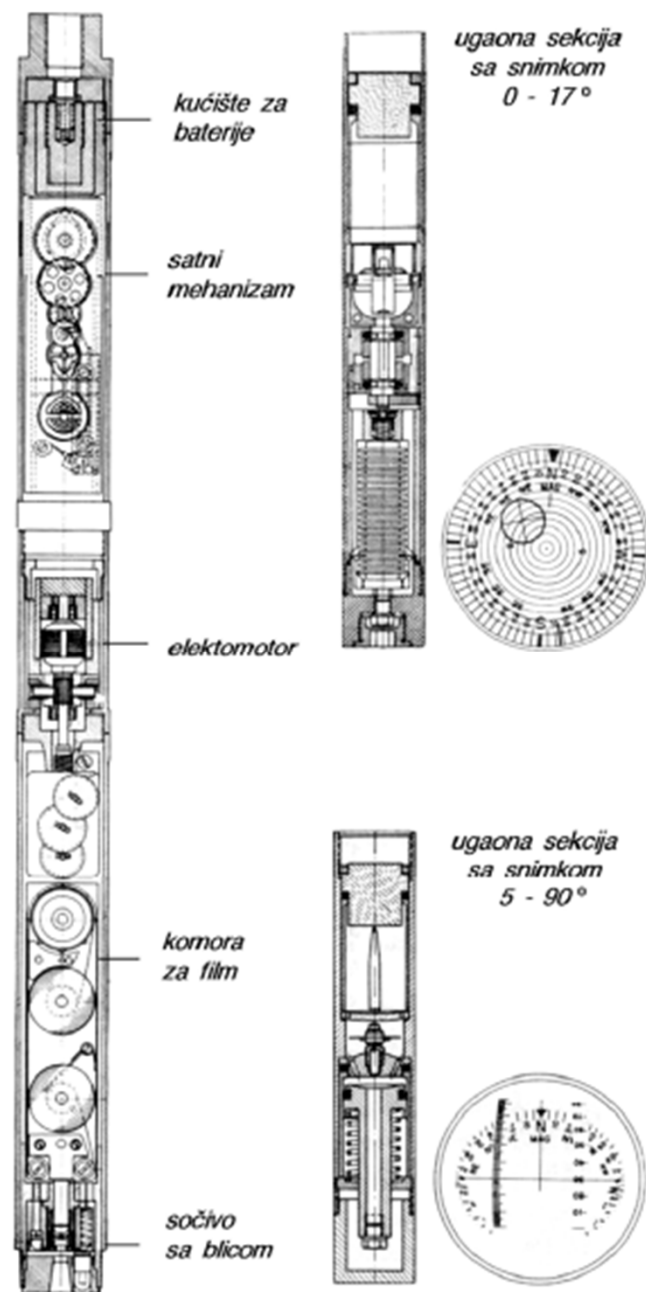
Konstruktivna rešenja inklinometara su različita, a princip rada im se zasniva na fiksiranju položaja magnetne igle i viska ili žiroskopske ugaone sekcije, u trenutku kada se instrument nađe na željenoj dubini. Instrumenti na principu magnetne igle i viska ne mogu se koristiti u **magnetičnim stenama** niti u zacevljenim bušotinama. Od mnoštva instrumenata koji se danas koriste, za merenje devijacije bušotina, u upotrebi je instrument **“Multi shot DT”**. Njegov princip rada zasnovan je na kameri, kojom se na pokretni film prenosi slika ugaone sekcije. Da bi se znalo sa koje je dubine snimak, kamera je podešena da na svaki minut snima ugaonu sekciju.

Inklinometar na principu kamere, prikazan na slici na narednom slajdu, sastoji se od: prelaznice na bušaću cev sa kućištem za baterije, satnog mehanizma, elektromotora, komore za film, sočiva sa blicom i ugaone sekcije.

MERENJE ISKRIVLJENOSTI (DEVIJACIJE) BUŠOTINE

Kada je instrument spušten u bušotinu do dubine merenja obično se sačeka 3 minuta da bi kamera napravila tri ista snimka. Zatim se instrument spušta do sledeće tačke merenja i postupak se ponavlja. U tabeli snimanja devijacije bušotine, beleže se potrebni podaci, vreme i dubina, na osnovu kojih se određuje broj snimka za odgovarajuću tačku merenja. Na osnovu očitanih uglova i azimuta pravaca otklona, sa snimaka ugaone sekcije, i poznatih dubina sračunavaju se koordinatne razlike, koje se koriste za crtanje dijagrama devijacije bušotine.

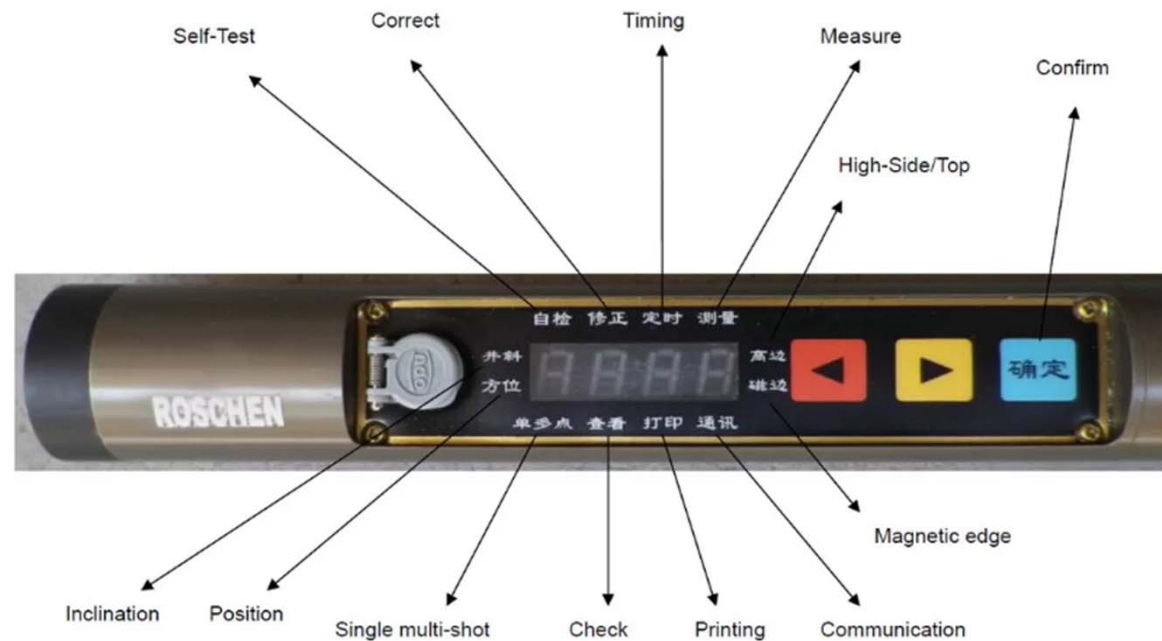
Inklinometar na principu kamere /26/



MERENJE ISKRIVLJENOSTI (DEVIJACIJE) BUŠOTINE



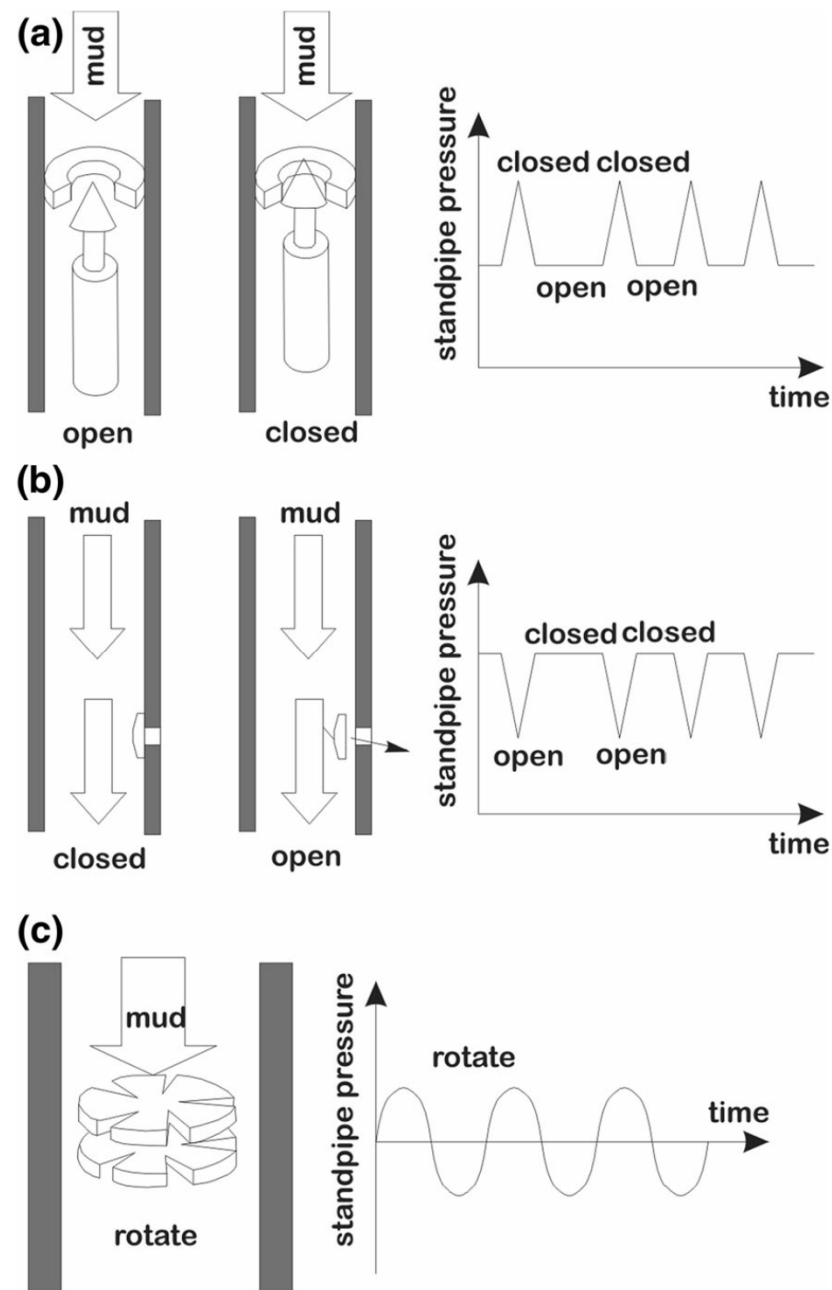
<https://www.explorationcoredrilling.com/sale-3429467-multi-shot-electronic-inclinometer-for-oil-drilling-exploration-drilling.html>



MERENJE ISKRIVLJENOSTI (DEVIJACIJE) BUŠOTINE

Određivanje devijacije se može vršiti na osnovu merenja pritiska u isplaci, slika. Posebnim senzorima, a nakon stvaranja pritiska u isplaci zatvaranjem isplačnog sistema, na površini terena meri se pritisak u isplaci. Posebnim postupkom mereni podaci se pretvaraju u odgovarajuću informaciju o položaju bušačkog pribora.

Vrste merenja pritiska u isplaci a) Pozitivan puls, b) Negativan puls, c) Kontinualni talas (Ma i dr., 2016)

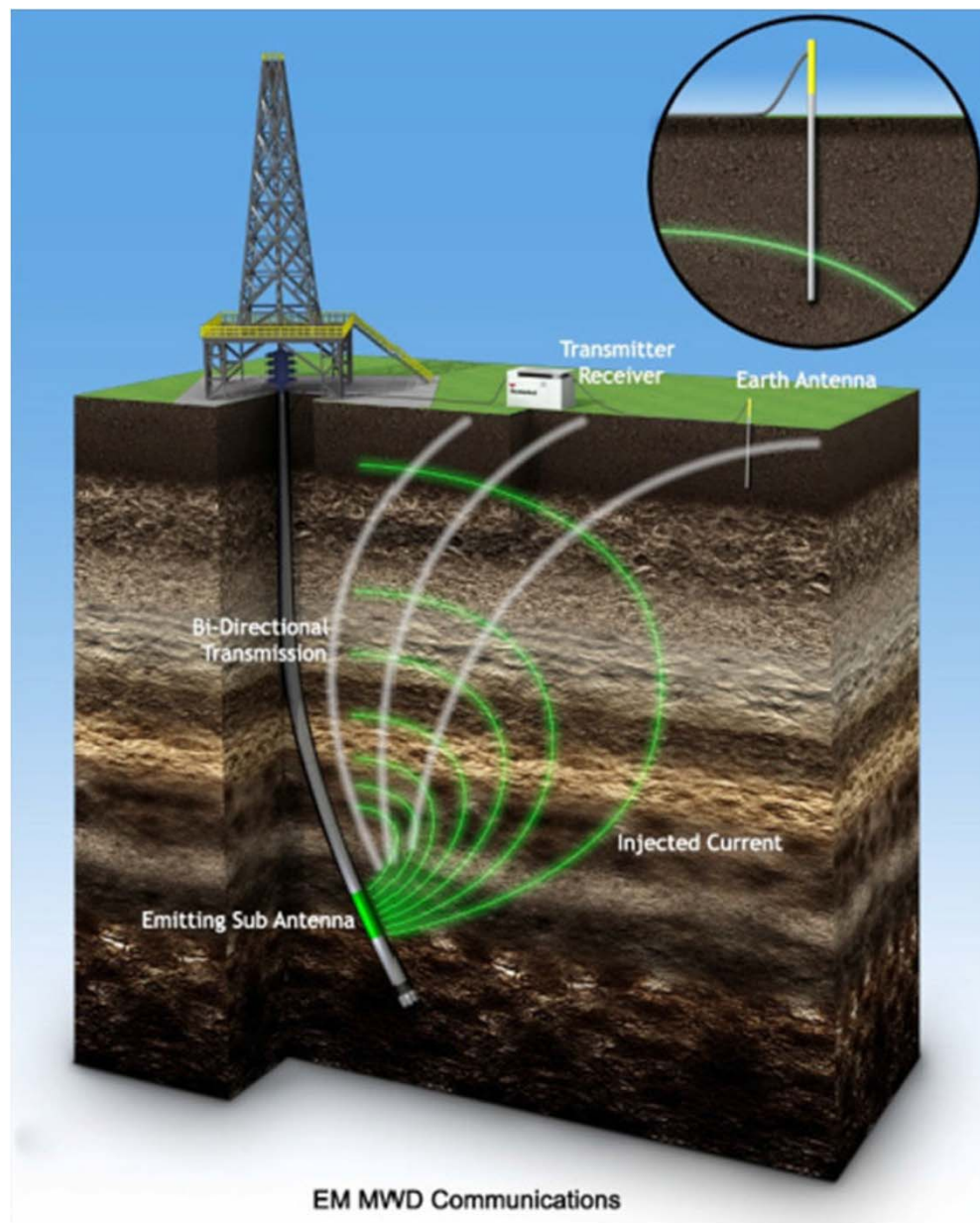


MERENJE ISKRIVLJENOSTI (DEVIJACIJE) BUŠOTINE

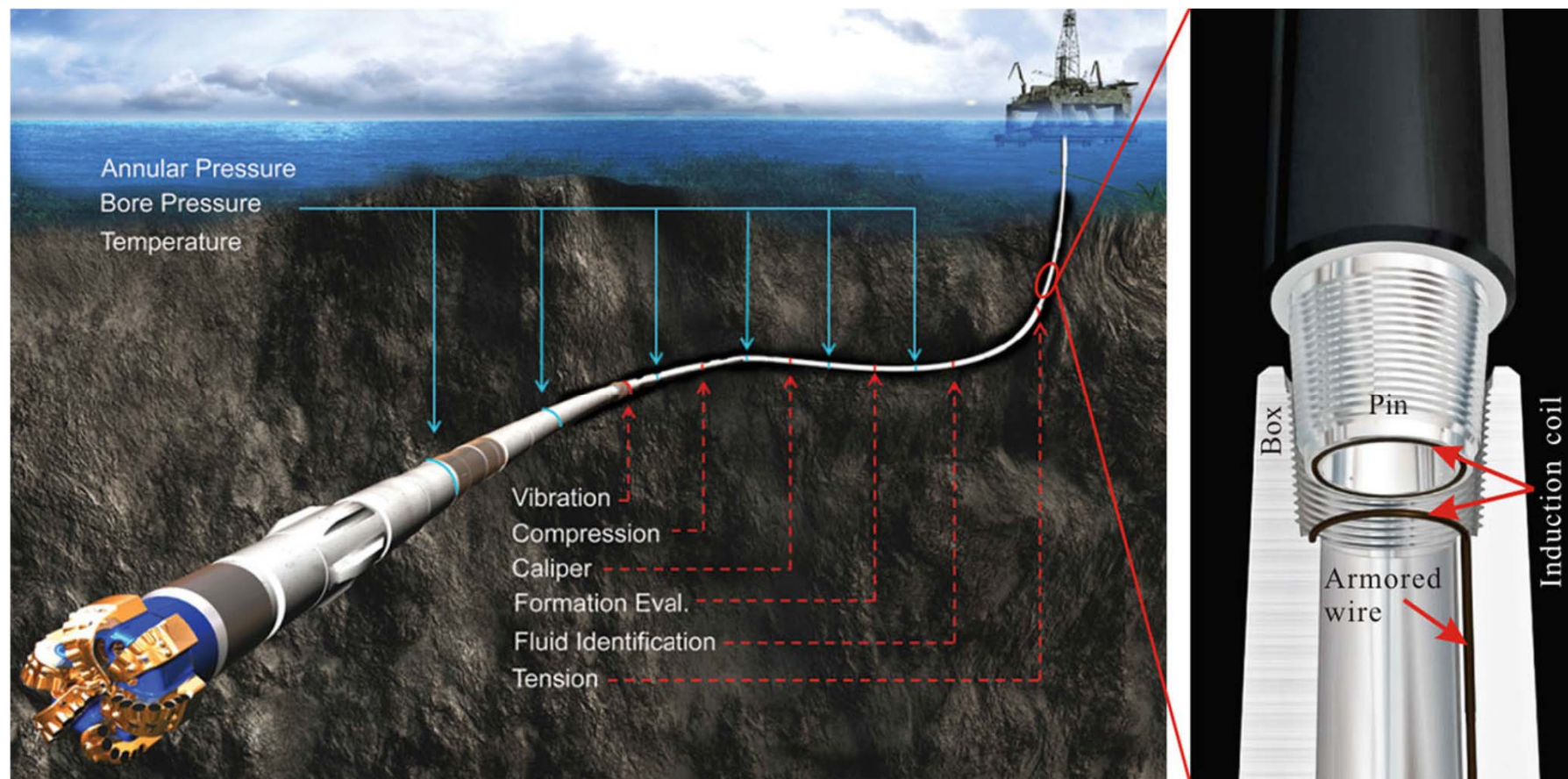
Elektromagnetna telemetrija - Antena (predajnik) ugrađena u bušači pribor emituje elektromagnetne talase koji se registruju antenom (prijemnikom) na površini terena.

Postupak je jeftin, ali se ne može koristiti za bušotine velikih dubina zbog slabljenja i gubljenja signala, a u zavisnosti od geoloških uslova lokacije.

Šematski prikaz merenja devijacije po principu elektromagnetne telemetrije (preuzeto iz Ma i dr. 2016)



MERENJE ISKRIVLJENOSTI (DEVIJACIJE) BUŠOTINE



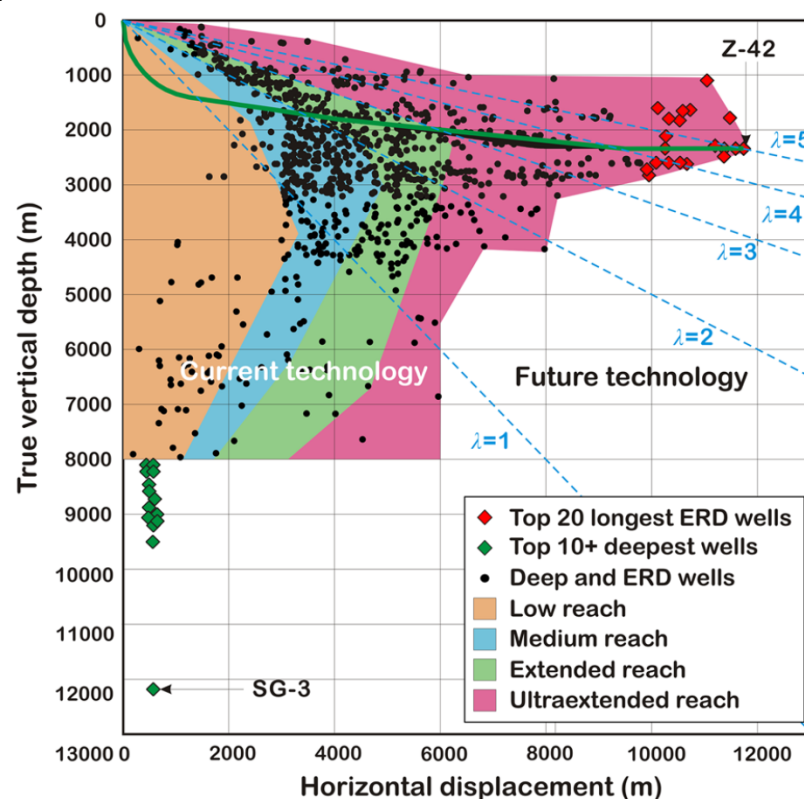
Šematski prikaz merenja devijacije sa ugrađenim sistemom električnih žica u bušaći pribor - *Wire drill pipe sistem* (prema Edwards i dr. 2013)

Sistem električnih navoja unutar bušaćeg pribora - Na ovaj način dobijaju se podaci o elementima pada bušotine, karakteristikama okolne stenske mase i tehničkim karakteristikama bušaćeg pribora u realnom vremenu na površini terena.

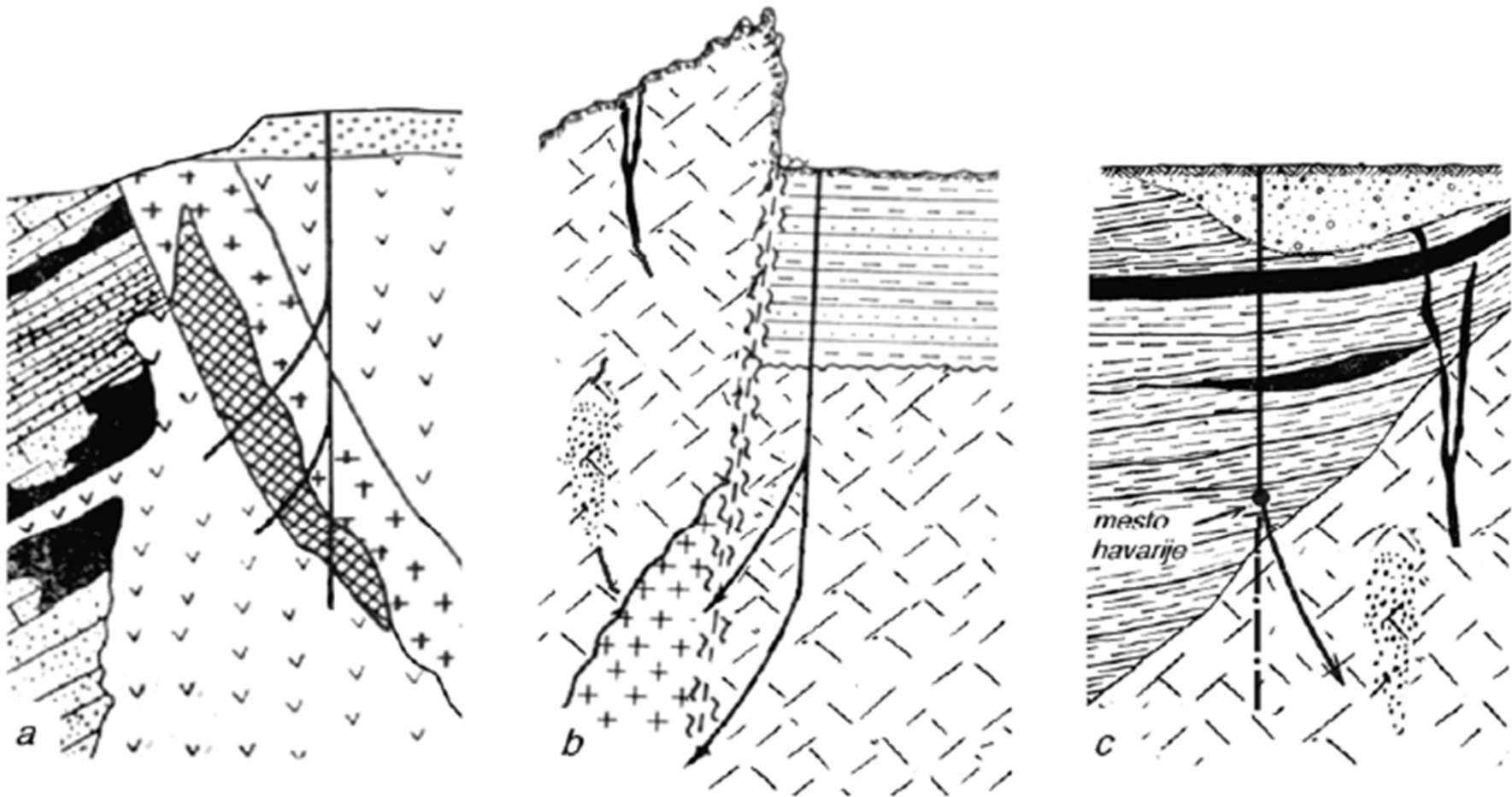
USMERENO BUŠENJE

Zbog nekih specifičnih zahteva, uslova i okolnosti, često se nameće potreba za **usmerenim** odnosno, **dirigovanim bušenjem** (slika). Usmereno bušenje se najčešće izvodi zbog:

- **potrebe održavanja vertikalnosti**, odnosno zadatog pravca bušotine;
- **specifičnih geoloških uslova u kojima se nalaze neka: rudna tela, ležišta nafte, hidrotermalne vode** (slika na narednom slajdu);
- ekonomskih razloga;
- **pojeftinjenja istraživanja** ili eksploatacije mineralnih supstanci višekanalnim bušotinama (slika na narednom slajdu);
- **otklanjanja nastalih havarija u toku bušenja** (slika na narednom slajdu).

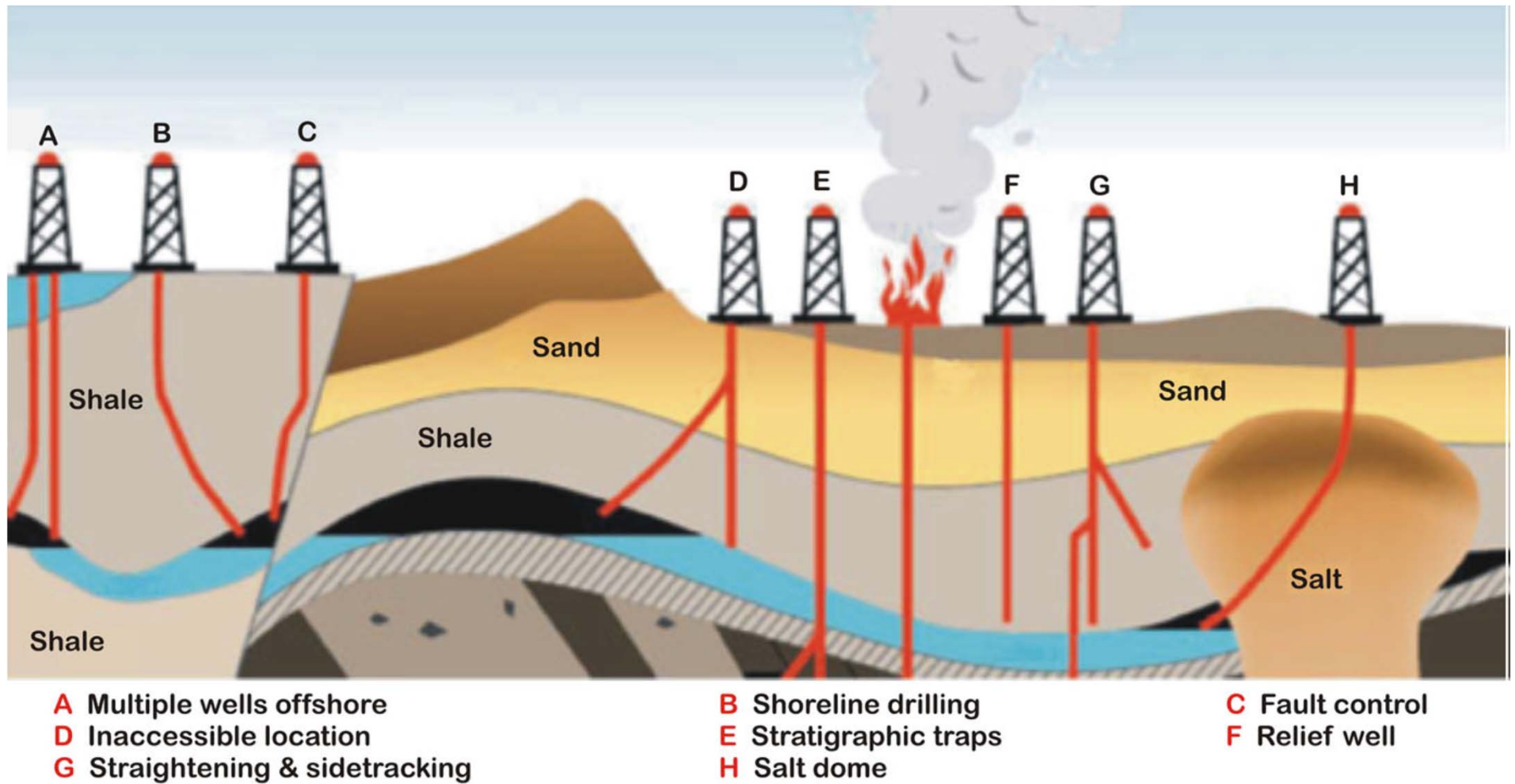


USMERENO BUŠENJE



*Različiti primeri dirigovanog bušenja;
a - istraživanje ležišta,
b - istraživanje termomineralnih voda,
c - izbegavanje mesta havarije*

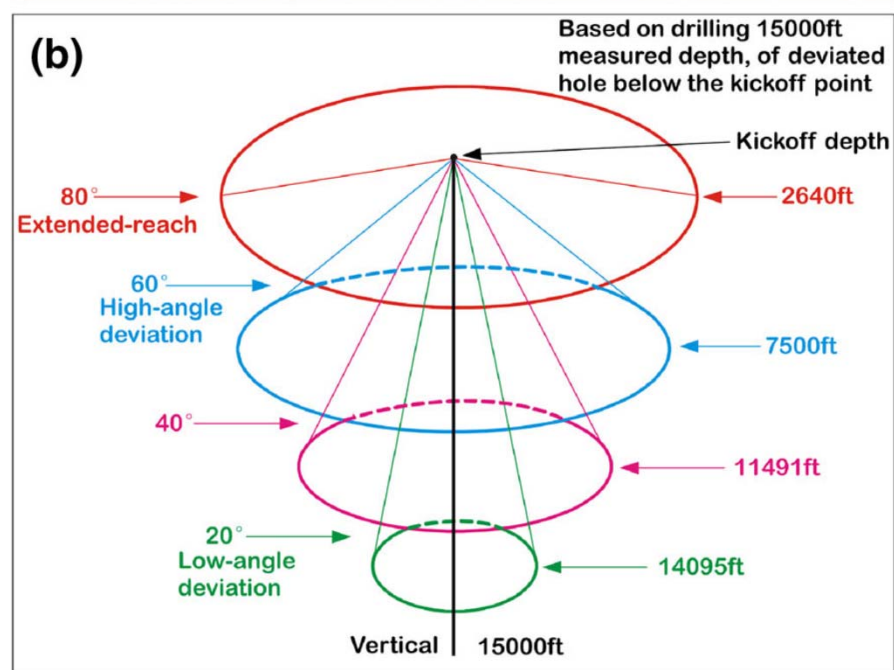
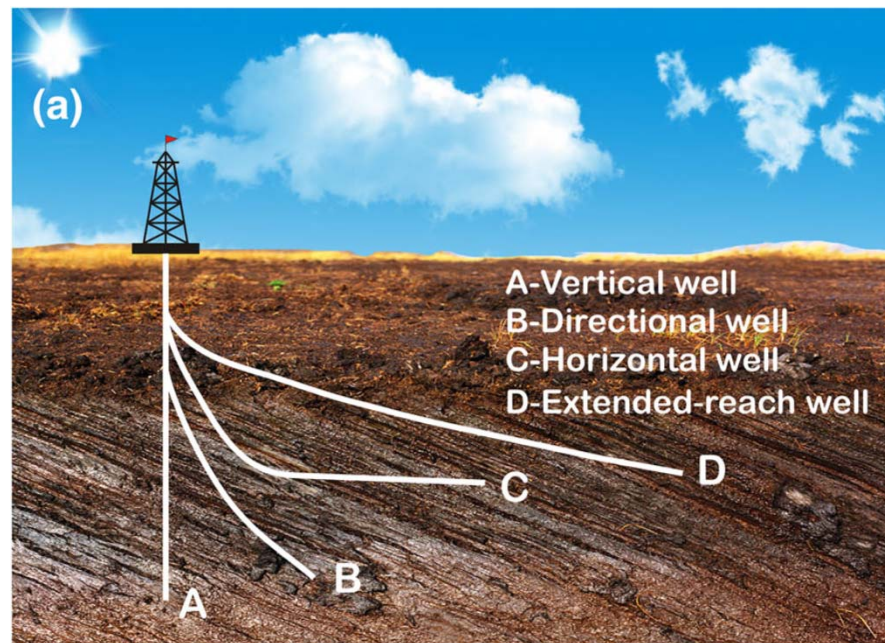
USMERENO BUŠENJE



Neke primene usmerenog bušenja (Sebastian i dr. 2016)

USMERENO BUŠENJE

Podela usmerenog bušenja prema otklonu bušotine od vertikale, horizontalno bušenje se javlja u slučaju kada je otkolon preko 60-70° (uglavnom 70 do 90°) (preuzeto iz Ma i dr. 2016)



USMERENO BUŠENJE

Skretanje bušotine radi izbegavanja mesta zaglave ili havarije u bušotini vrlo je čest slučaj. Ovom metodom spašavaju se bušotine koje su blizu završnoj dubini, a pre svega iz ekonomskih razloga odnosno, da bi se izbeglo bušenje novih. Skretanje bušotine moguće je izvesti na više načina, pomoću raznih vrsta **skretnica**. U svakom slučaju, pre skretanja u bušotini se izrađuje **cementni čep**. Čep se formira ubacivanjem cementne smeše u bušotinu, kroz bušaće šipke, do visine koja je za 10 - 15 m iznad mesta zaglave ili havarije. Preko cementne smeše ubacuje se isplaka i sačeka se da cement veže, nakon čega se mogu preduzeti naredne operacije skretanja bušotine. Skretanje bušotine je najjednostavnije izvesti pomoću **krive šipke**. Šipka $\varnothing$ 50 mm zakrivljena za 2 - 3°, montira se iznad jezgrene cevi, i spušta se u bušotinu. Pod malim pritiskom i sa malim brojem obrtaja, nastavlja se sa bušenjem sve dok se ne izvadi najmanje 2 m jezgra punog profila. **Pun profil jezgra ukazuje da je bušotina krenula novim kanalom**. Izbušeni interval se zacevljuje, a bušenje nastavlja sa smanjenim prečnikom. Na ovaj način moguće je skrenuti bušotinu samo ako je cementni čep tvrdi od okolne stene. U suprotnom, i ako je bušaća šipka dovoljno zakrivljena do skretanja neće doći, jer će se kruna usecati u cementni čep koji je mekši od okolne stene.

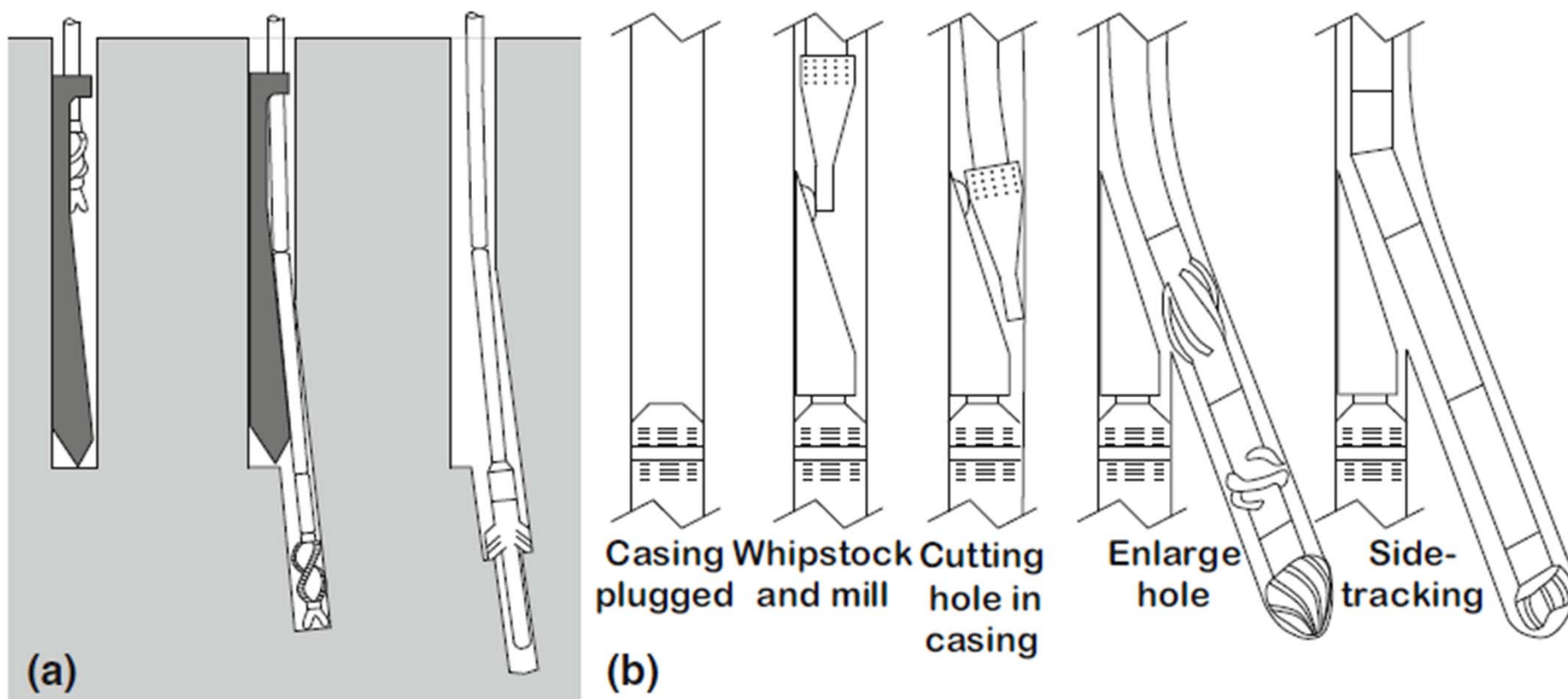
USMERENO BUŠENJE

Za skretanje bušotina na većim dubinama, ili za skretanja bušotina u određenom pravcu, koriste se skretnice u obliku **klina**. Postoje **stacionarni klinovi**, za jednokratnu upotrebu, koji nakon skretanja bušotine ostaju u njoj i usmeravaju bušači pribor u nastavku bušenja (slika na narednom slajdu). Pored njih, postoje i **klinovi za višekratnu upotrebu**, koji se nakon skretanja vade iz bušotine (slika na narednom slajdu).

Bez obzira koja se vrsta klinova (skretnica) koristi, postupak skretanja bušotine je skoro isti. Jedina razlika je što se stacionarni klin mora prvo spustiti uz pomoć obložne kolone, pa se zatim spušta bušači pribor, dok se klin za višekratnu upotrebu istovremeno spušta sa priborom za bušenje. Klinovi se spuštaju na cementni čep pri čemu se, ukoliko je potrebno, vodi računa o njihovoj orijentaciji za skretanje u željenom pravcu. Zatim se, pod malim pritiskom i sa malim brojem obrtaja, nastavlja sa bušenjem intervala 1 - 1,5 m, koji odgovara maksimalnoj dužini jezgrene cevi. Prilikom prvog vađenja pribora iz bušotine vadi se obložna kolona, kojom je spušten stacionarni klin, ili klin za višekratnu upotrebu. Kada je bušotina produbljena za najmanje 3 - 5 m smatra se da je skretanje uspelo. Nakon toga bušotina se zacevljuje, a bušenje se nastavlja sa smanjenim prečnikom.

USMERENO BUŠENJE

Pored navedenih načina skretanja bušotina, često se koriste **skretači sa neprekidnim dejstvom**, a posebno za dirigovano bušenje po unapred projektovanim zakrivljenim trasama bušenja (slika na narednom slajdu).

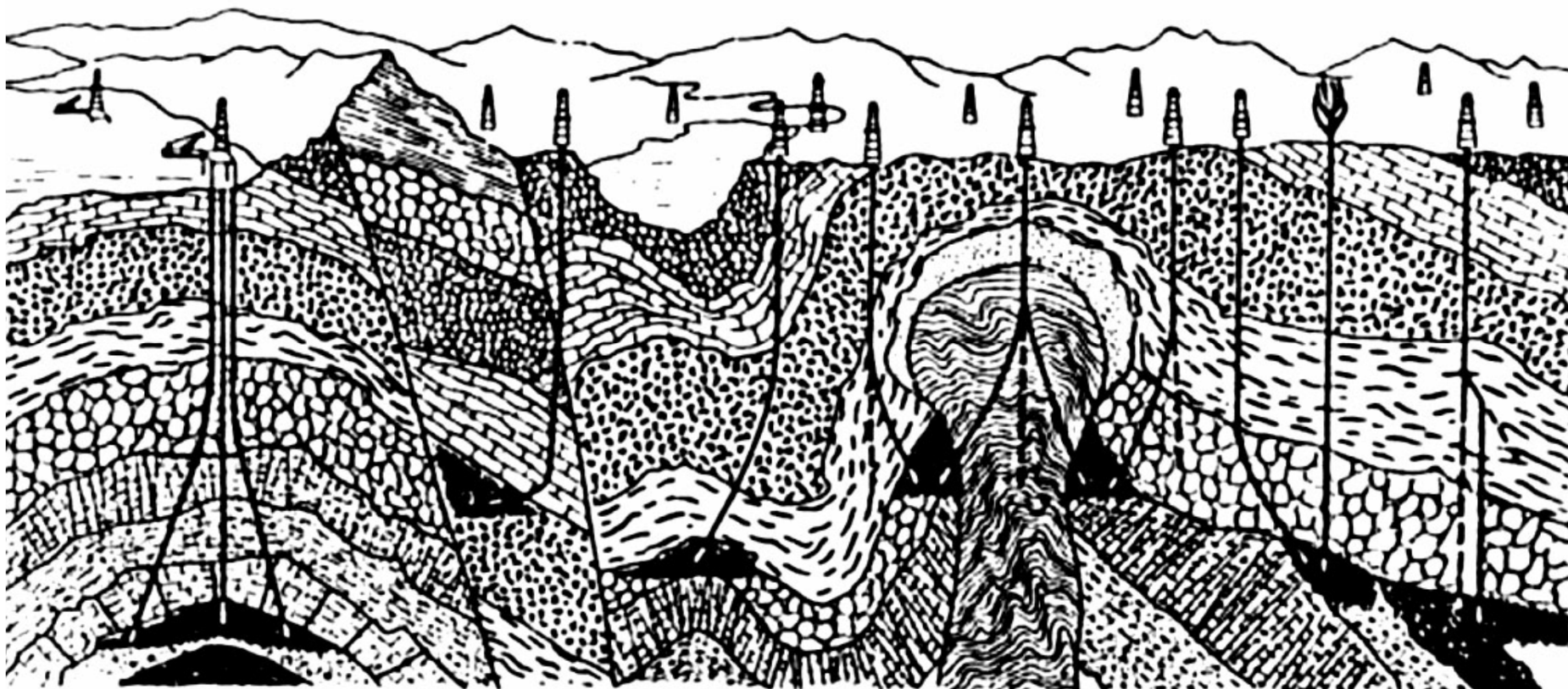


Šematski prikaz klinova: a - za jednokratnu, b - za višekratnu upotrebu
(preuzeto iz Ma i dr. 2016)

USMERENO BUŠENJE

Skretači sa neprekidnim dejstvom **imaju niz prednosti**, u odnosu na navedene postupke, a osnovne su:

- u procesu skretanja ne menja se prečnik bušenja;
- skretanje bušotine odvija se neprekidno, bez operacija spuštanja i podizanja pribora;
- postepeno krivljenje bušotine ne ograničava rad bušačkog pribora.



Primeri dirigovanog bušenja za istraživanje i eksploataciju ležišta nafte /21/

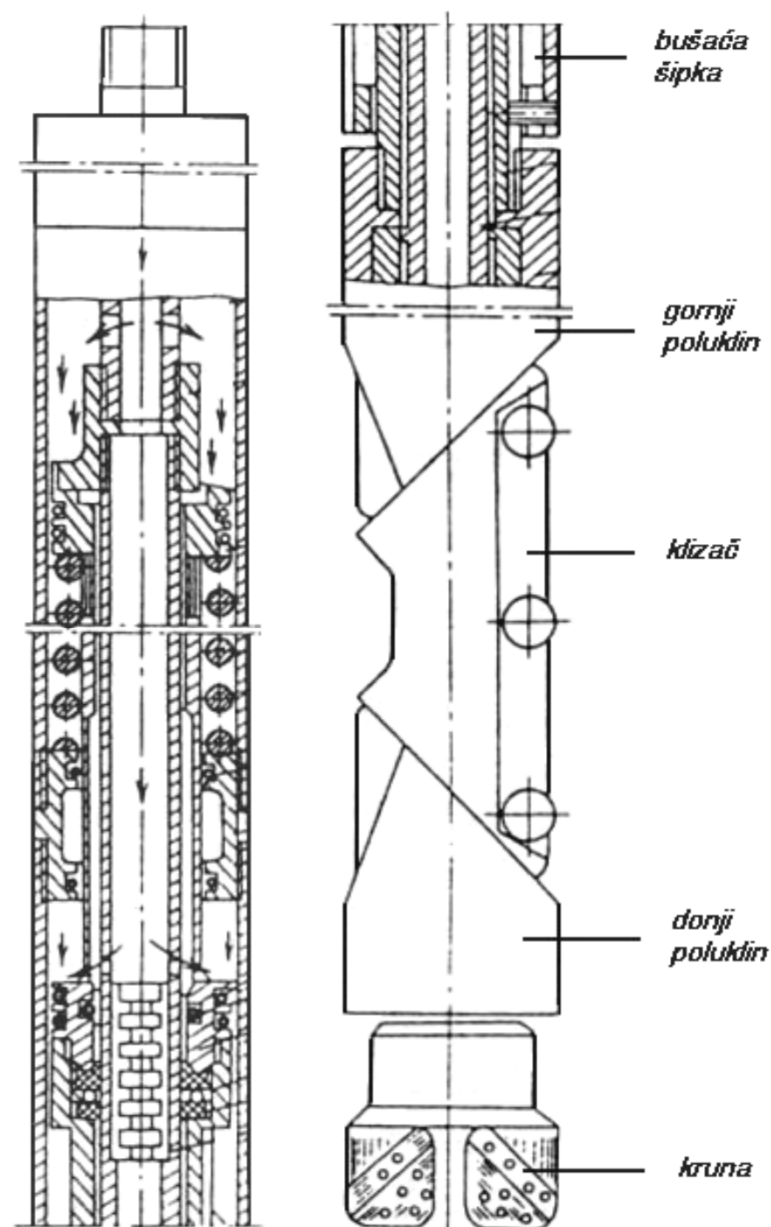
USMERENO BUŠENJE

U svetu postoji veći broj, konstruktivno različitih skretača sa neprekidnim dejstvom. Svi rade na principu **asimetričnog razaranja stene na dnu bušotine. Prema načinu izazivanja asimetrične sile koja se prenosi na krunu skretači sa neprekidnim dejstvom dele se na: mehaničke, hidrauličke i kombinovane** (mehaničko-hidrauličke). Za izazivanje asimetrične sile na krunu, kod mehaničkih skretača, koristi se osovinski pritisak, kod hidrauličkih pritisak isplake, a kod kombinovanih osovinski pritisak i pritisak isplake.

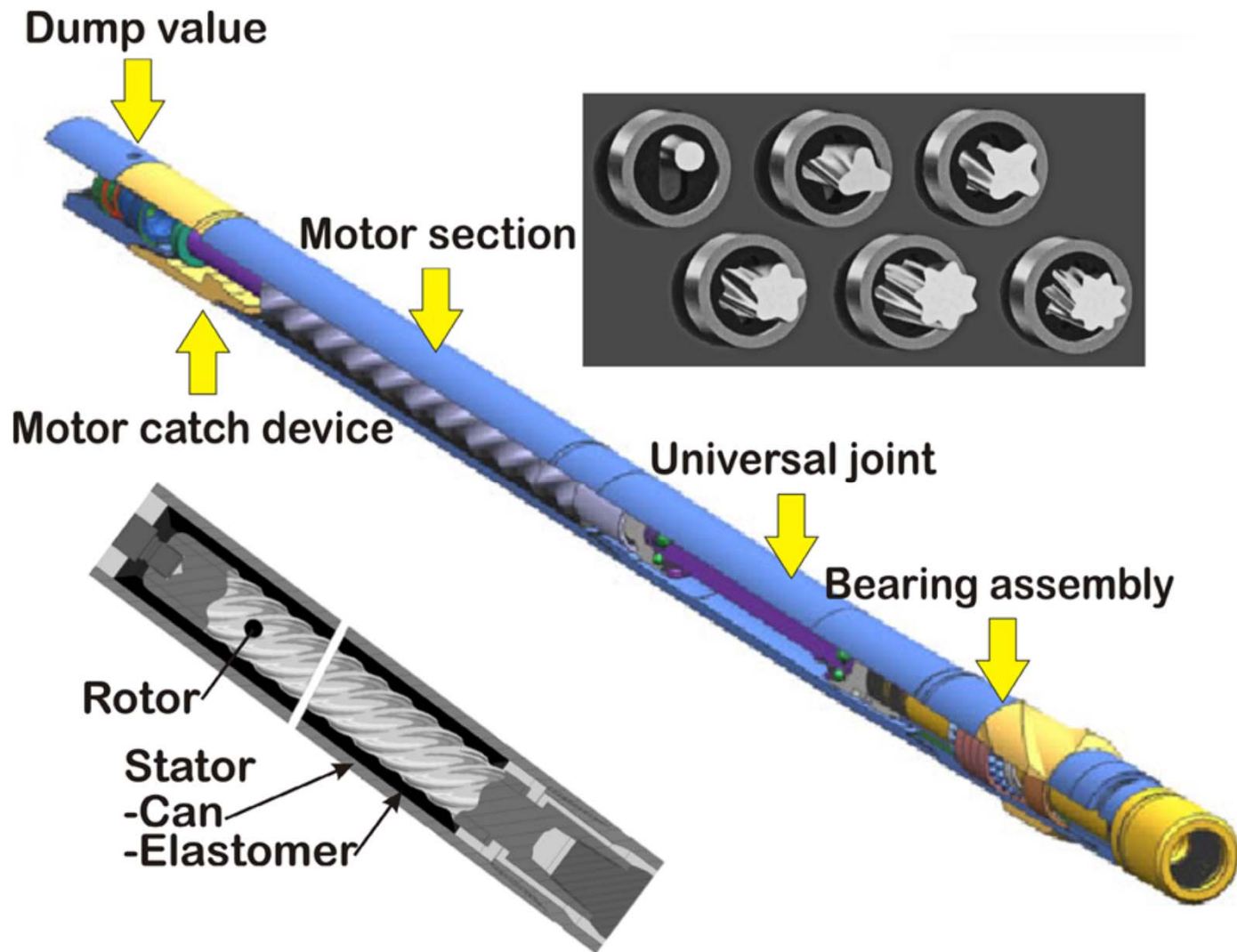
Hidraulički skretač sastoji se od polu klinova i klizača, kroz koje prolazi vratilo na kome je navrnuta kruna (slika na narednom slajdu). Pri međusobnom približavanju poluklinova, koje se izaziva pritiskom isplake, dolazi do izvlačenja klizača. Klizač izlazi van gabarita bloka skretača, oslanja se točkovima o zid bušotine i istovremeno potiskuje krunu na suprotnu stranu. Promenom pritiska isplake reguliše se sila koja dejstvuje na skretač odnosno, stepen krivljenja bušotine. U nastavku su prikazani pojedini primeri skretača zvanovani na različitim principima (slike na narednim slajdovima).

USMERENO BUŠENJE

Hidraulički skretač /14/



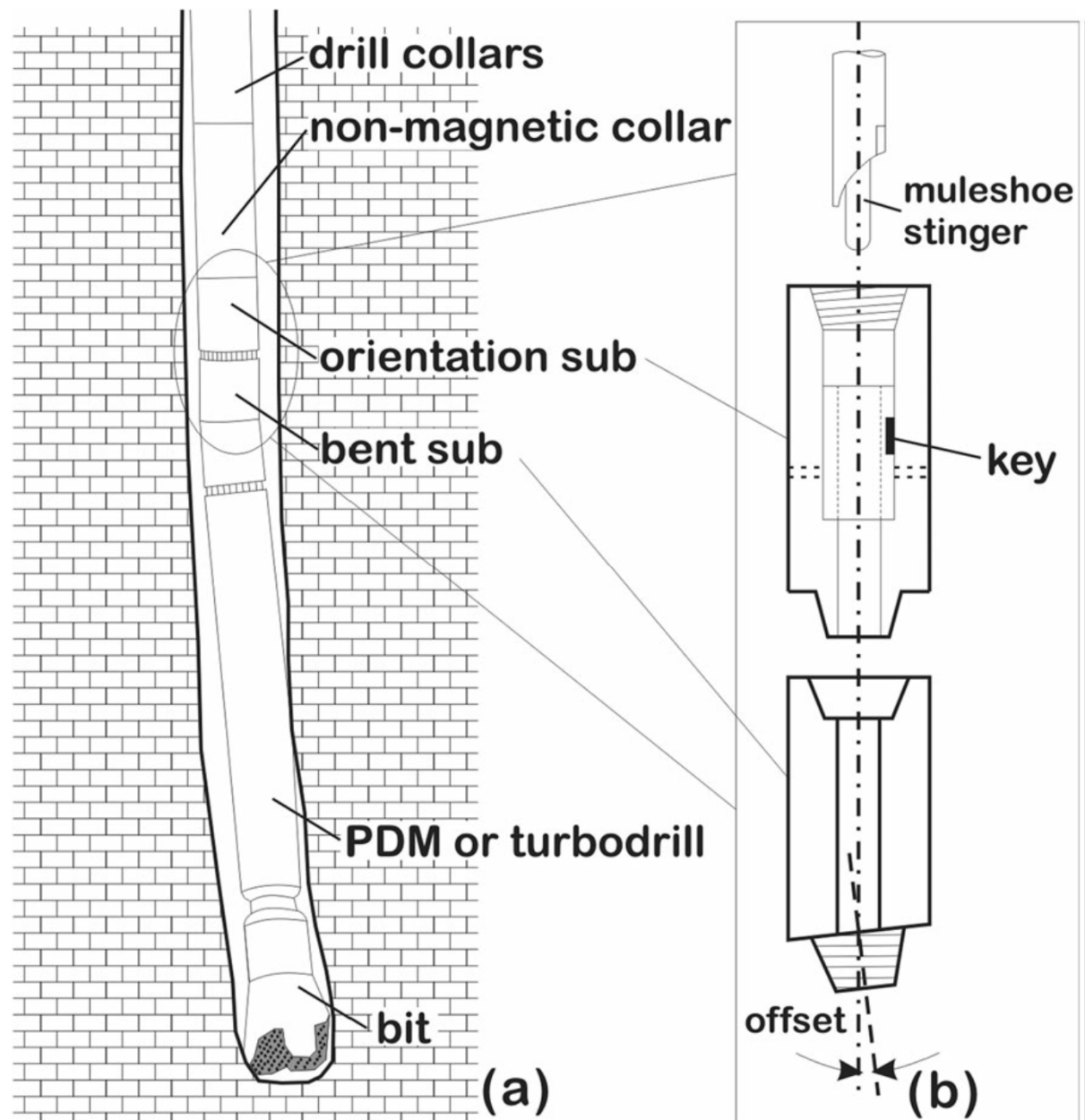
USMERENO BUŠENJE



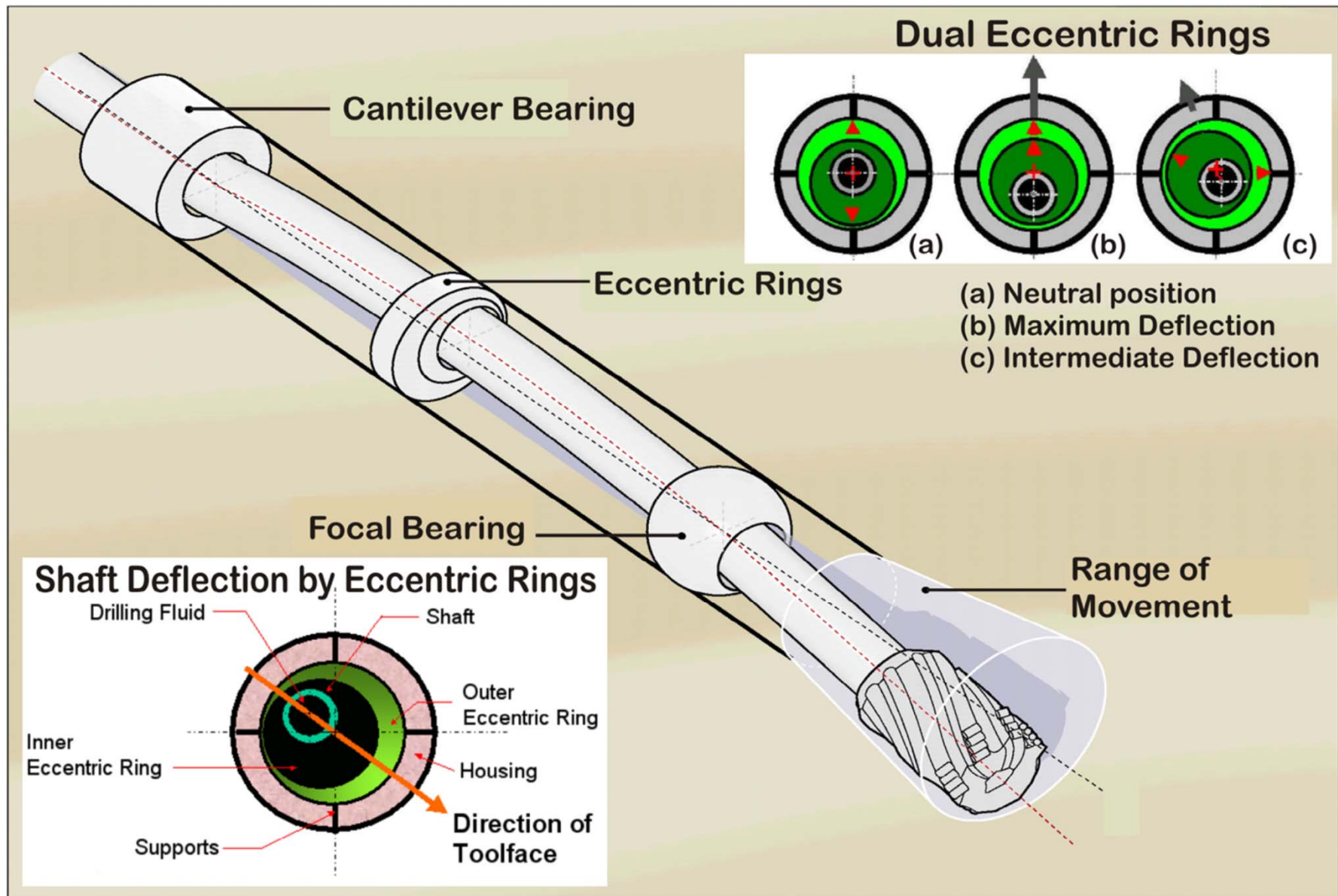
*Skretanje po principu motora ugrađenog u bušaći
pribor, PDM sistem (Ma i dr., 2016)*

USMERENO BUŠENJE

Skretanje po principu nastavka za orijentaciju i nastavka za skretanje, oba su dužine po dve stope (Ma i dr., 2016)



USMERENO BUŠENJE



Skretanje po principu ekscentričnih prstenova, The Halliburton Sperry-sun Geo-Pilot sistem (Ma i dr., 2016)