



# **GEOFIZIKALNE MERITVE V VRTINAH**

karotažne meritve

- 01** Geofizikalne meritve v vrtinah
- 02** Priprava vrtine za izvedbo geofizikalnih meritev
- 03** Karotažne sonde in področja uporabe
- 04** Zgodovina izvajanja geofizikalnih meritev na GeoZS
- 05** Karotažna ekipa GeoZS
- 06** Karotažna oprema GeoZS
- 07** Sonda za merjenje temperature in električne prevodnosti fluida (TCDS)
- 08** Sonda za merjenje električne upornosti in lastnega potenciala (ELXG)
- 09** Sonda za merjenje geometrije vrtine (BGGS)
- 10** Optični pregledovalnik (HiOPTV)
- 11** Akustični pregledovalnik (HiRAT)
- 12** Sonda za meritve akustične hitrosti in uspešnosti cementacije vrtine (FWS / CBL)
- 13** EKO Sonda (SWQS)
- 14** Merilec pretoka (HRFM)
- 15** Vzorčevalnik (WGSS)
- 16** 360° video kamera
- 17** Vzdrževanje in servis karotažne opreme

**TCDS**



**07**

**ELXG**



**08**

**BGGS**



**09**

**HiOPTV**



**10**

**HiRAT**



**11**

**FWS / CBL**



**12**

**SWQS**



**13**

**HRFM**



**14**

**WGSS**



**15**

**360°**



**16**

## Geofizikalne meritve v vrtinah

Geofizikalne meritve v vrtinah oziroma karotažne meritve so različne **meritve geofizikalnih parametrov** vzdolž vrtin ali vodnjakov. Pokažejo različne lastnosti prevrtanih geoloških plasti, stanje vrtine ali vodnjaka, morebitne poškodbe ter lastnosti vode po globini vrtine in vodonosnika.

V večini primerov se opravljajo zvezno, v določenih primerih pa točkovno. Meritve izvajamo mehansko (caliper), pasivno (temperatura, električna prevodnost, pH ...) ali inducirano (upornost, akustični pregled ...).

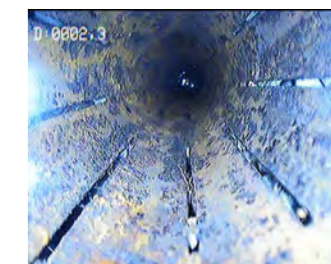
Geofizikalne meritve v vrtinah se uporabljajo predvsem na področjih **hidrogeologije, inženirske geologije, geotermije, pridobivanja mineralnih surovin, geoenergije ter varovanja okolja, geotehnike in gradbeništva**.

Zaradi znižanja stroškov in časa vrtanja se večina vrtin izvrti brez jemanja jedra kamnine oziroma se jedrujejo le posamezni

odseki. Če jedra ne odvezamo, se geološka sestava prevrtanih kamnin in sedimentov ugotavlja le na podlagi drobcev materiala, ki jih med vrtanjem iznaša iz vrtine v porušenem stanju. S karotažnimi meritvami lahko posnamemo ostenje vrtine in *in situ* izmerimo lastnosti kamnin in sedimentov.

Karotažne meritve omogočajo natančnejšo določitev litoloških prehodov in struktur ter določitev odklona in usmerjenosti vrtine. S tem jo je moč natančneje prostorsko opredeliti in bolje tehnično opremiti. Omogočajo tudi ugotavljanje litoloških sprememb, nezveznosti in kavern v vrtini, določanje mest in količine dotokov vode, pregledovanje stanja cevi in filtrov (poškodbe, mašenje, bakterijska aktivnost) ter odvzem intaktnih vzorcev fluidov.

Meritve se izvajajo v času izgradnje vrtine, med njeno uporabo, še posebej v primeru težav z rabo vode, in za ustrezno načrtovanje varne opustitve vrtine.



## Priprava vrtine za izvedbo geofizikalnih meritev

Priprava vrtine za izvajanje karotažnih meritev je odvisna od vrste načrtovanih meritev. Za pripravo programa meritev že pred njihovo izvedbo potrebujemo podatke o dostopu do vrtine in razpoložljivosti vira električnega napajanja, ker to določa ali potrebujemo agregat ali je mogoč priklop na omrežje. Potrebujemo tudi vse razpoložljive tehnične podatke o objektu, kot so: način vrtanja, premeri vrtanja, načrt cevitve in cementacije, vrsta črpalke v vrtini, verjetne poškodbe vrtine ipd.

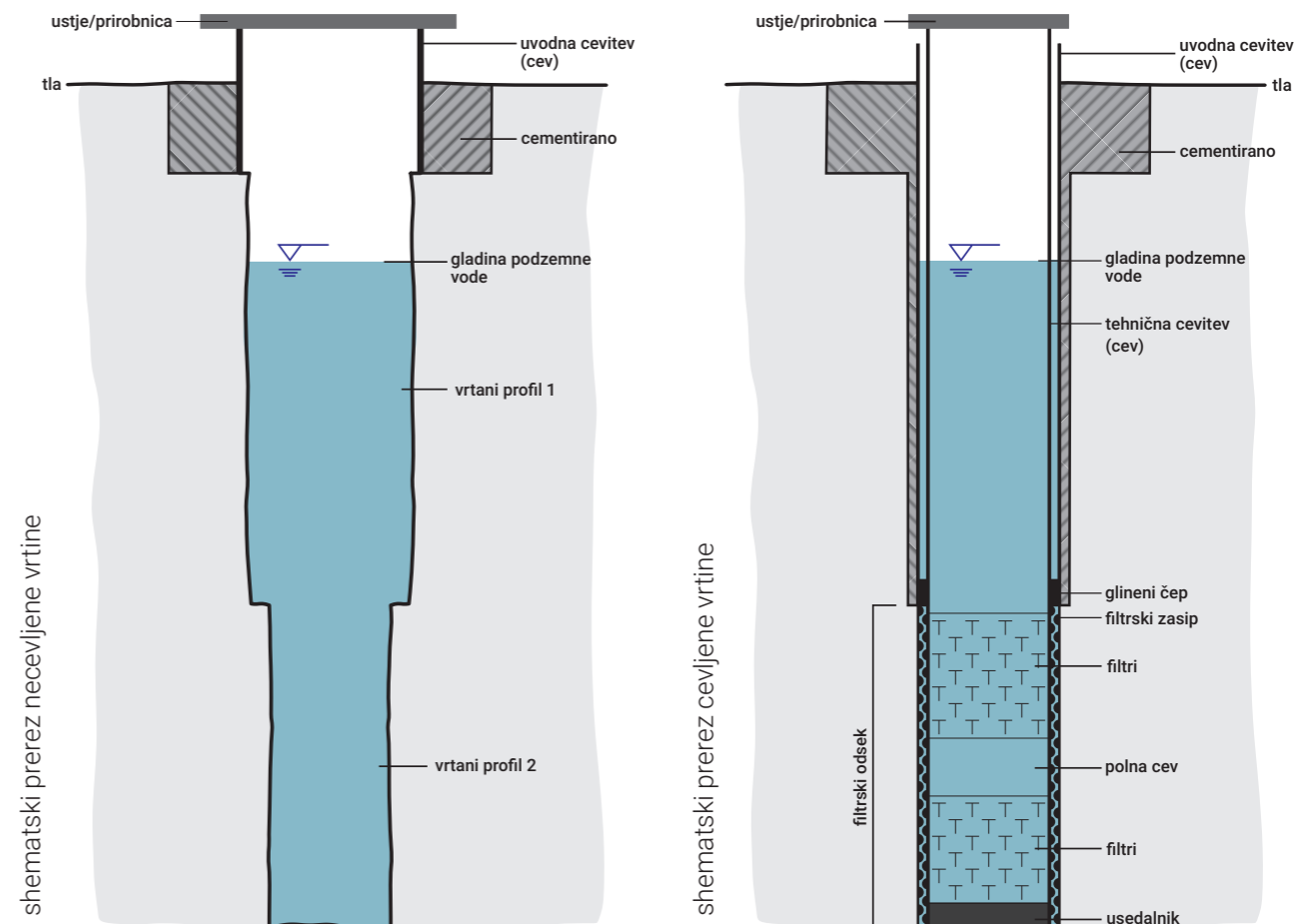
S pridobitvijo vseh teh podatkov lahko optimiziramo program izvajanja del in prilagodimo način priprave vrtine.

Pred izvajanjem meritev je vrtina lahko zapolnjena z različnimi fluidi oziroma tekočinami: z zrakom, izplako ali vodo. V necevljeni vrtini (odprtina ni zavarovana s cevjo ali filtri) lahko izvedemo meritve premera in odklona vrtine ter naravnega gama sevanja, ali pa ostenje pregledamo z optičnim ter akustičnim pregledovalnikom.

Tako pridobimo podatke, ki so ključni za odločitev glede vrste in mesta vgradnje opreme vrtine, saj tako **lahko določimo potrebne lastnosti in globino vgradnje polnih cevi in filtrov**.

Osnovni pogoj za pridobitev natančnih in zanesljivih podatkov o stanju vrtine je ustrezna predpriprava s čiščenjem. Z meritvami nato preverjamo, na primer, temperaturo in električno prevodnost vode, mesta dotokov vode, prehodnost, ohranjenost filtrov in podobno. Te podatke večkratnih meritev lahko skozi celoten življenjski cikel vrtine primerjamo med seboj in ugotavljamo vzroke za morebitne spremembe v izdatnosti ali kakovosti podzemne vode.

Meritve se vedno izvajajo od iste ničelne točke meritev, od prirobnice pri cevljenih vrtinah ali od kote tal pri necevljenih vrtinah. Pri predelavi ustja vrtine je treba jasno opisati spremembo merilnega mesta.



**Jedrovanje:** mehansko jemanje neporušenega vzorca geološkega materiala iz vrtine

**Litološki popis:** opisovanje in določanje kamnin in sedimentov po makroskopskih značilnostih vzorca

**Prehodi in strukture:** menjavanje vrst kamnin in/ali sedimentov, kar se vidi tudi v spremembi velikosti, oblike in razporeditve zrn

**Nezveznosti (diskontinuitete)** so opazne prekinitev normalnega geološkega zaporedja, ki so lahko posledica prekinitev odlaganja sedimentov, tektonskih premikov ali vdorov magmatskih teles

## Karotažne sonde in področja uporabe

Na Geološkem zavodu Slovenije trenutno razpolagamo z devetimi sondami in dvema kamerama. Dokupujemo in vzdržujemo jih preko različnih programov financiranja, npr. **ARRS infrastrukturnega programa Geološki informacijski center, ARRS raziskovalnega programa Podzemne vode in geokemija ter programa EPOS.**

Z nekaterimi sondami je možno meriti več geofizikalnih parametrov hkrati, kar ob morebitnem ugodnem naboru zahtevanih meritev zmanjša tako čas izvajanja meritev (še posebej v globokih vrtinah) kot končni strošek za naročnika.

Vse sonde so primerne za opravljanje meritev do globine 1000 m in temperature fluida do 60 °C.

Več sond ima vgrajen senzor zaznavanja naravnega gama sevanja, kar je v pomoč pri korekcijah meritev med različnimi sondami.

Kadar se meritve opravljajo v zelo gosti izplaki in sonda ni dovolj težka, da bi se pomikala navzdol, med njo in priklopno glavo namestimo dodatno utež, ki poskrbi za pravilno spuščanje sonde po vrtini.

Premer uporabljenih sond določa najmanjši notranji premer vrtin, pri katerem lahko opravljamo meritve in **znaša 50 mm.**

## Področja uporabe

Sonda		Voda in okolje	Rudarstvo in mineralne surovine	Obnovljivi viri energije	Geotehnika
TCDS	Sonda za merjenje temperature in električne upornosti fluida	●	●	●	○
ELXG	Električna sonda	●	●	○	○
BGGS	Sonda za merjenje geometrije vrtine	●	●	●	●
HiOPTV	Optični pregledovalnik	○	●	●	●
HIRAT	Akustični pregledovalnik	○	●	●	●
FWS/CBL	Sonda za meritev akustične hitrosti in preverjanje uspešnosti cementacije	●	○	○	●
SWQS	EKO Sonda	●	○	●	○
HRFM	Merilec pretoka	●	○	○	○
WGSS	Vzorčevalnik	●	○	○	○
360°	360° Video kamera	●	●	●	●

## Zgodovina izvajanja geofizikalnih meritev na GeoZS

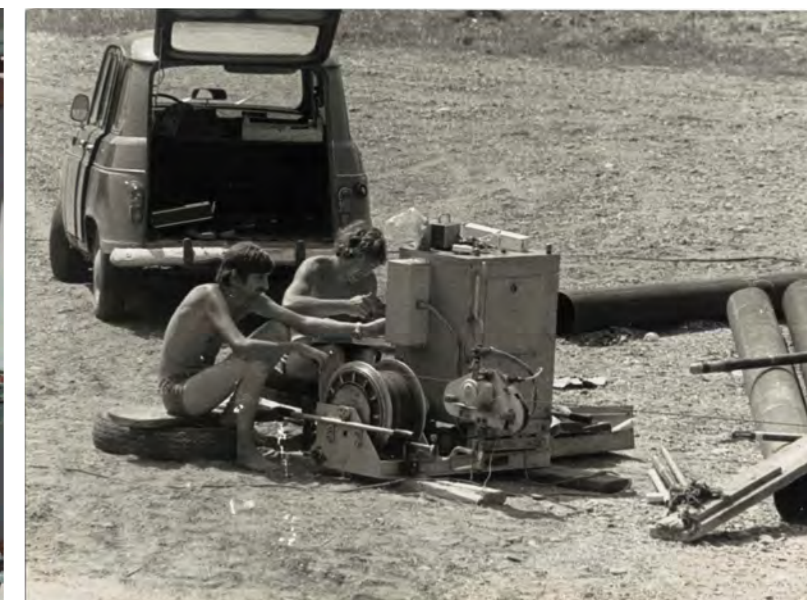
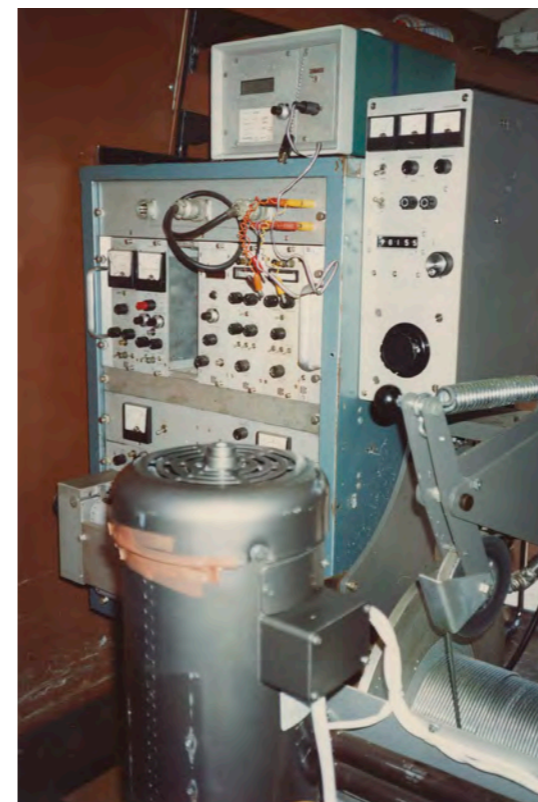
Geološki zavod Slovenije (GeoZS) ima dolgo zgodovino izvajanja geofizikalnih meritev s karotažno opremo.

V šestdesetih letih 20. stoletja smo večinoma merili le temperaturo v vrtinah in njihov odklon. V sedemdesetih letih smo kupili dva karotažna sistema Gearhart-Owen Industries, najprej za potrebe vrtanja v Iraku, leta 1978 pa smo to opremo začeli uporabljati v Sloveniji. Ena enota z osnovnimi hidrogeološkimi sondami je bila nameščena v predelanem ambulantnem vozilu Volga, druga s celotnim kompletom sond pa v ustreznem tovornjaku. GeoZS je imel za uporabo karotažne opreme usposobljeno operativno ekipo in interpretatorje geofizikalnih meritev. V tem obdobju so bile v uporabi tudi radioaktivne sonde, ki smo jih hranili v jedrskem reaktorju v Podgorici.

Zgodovinski pregled rabe karotažne opreme na Geološkem zavodu Ljubljana in kasnejšem Inštitutu za geologijo, geotehniko in geofiziko (v geotermiji, hidrogeologiji, geotehniko in pridobivanju mineralnih surovin) so v zborniku predavanj Zgodovina slovenske geodezije in geofizike iz leta 1995 objavili Ravnik in sodelavci.

SedANJI karotažni sistem Roberson Geo smo kupili leta 2005 in ga redno dopolnjujemo z novimi sondami. Opremo uporabljamo predvsem pri aplikativnih projektih, kjer je najbolj pogosto uporabljena video kamera. Karotaža pa postaja vse pomembnejša tudi pri izvajanju znanstvenih raziskav.

Na GeoZS imamo vzpostavljen sistem zagotavljanja kakovosti po mednarodnem standardu ISO 9001:2015. Naše certificirane delovne procese in karotažne meritve izvajamo v skladu z Navodili za izvajanje karotažnih meritev.



## Karotažna ekipa GeoZS

Meritve s karotažno opremo lahko izvajajo samo usposobljene osebe, ki obvladajo celoten proces meritev. Karotažno ekipo na GeoZS sestavlja več sodelavcev. Za običajno delo na terenu sta potrebna dva člana karotažne ekipe.

**Mag. Andrej Lapanje** je vodja karotažne ekipe, ki skrbi za razvoj področja ter nadzoruje kakovost izvedenih del.

Izkušena sodelavca **Tomislav Matoz** in **Simon Mozetič** sta operaterja karotažne opreme in interpretatorja meritev. Skrbita za redno vzdrževanje in popravila opreme ter opravita večino terenskega dela, zato sta večča dela v najbolj nenavadnih terenskih razmerah.

Na terenu jima največkrat pomaga **Jan Udovč**, ki postaja vse bolj spreten operater in interpretator, pri interpretaciji podatkov pomaga tudi **Dejan Šram**.

Glede na namen karotažnih meritev in območja raziskav se pri interpretaciji meritev vključujejo tudi strokovnjaki z znanjem regionalne in strukturne geologije. Pomožni operativni člani ekipe so tudi **Zmago Bole, Marko Hoetzl** in **Miroslav Medić**.



mag. Andrej Lapanje,  
univ.dipl.inž.geol

Geološki zavod Slovenije

01 280 97 85

andrej.lapanje@geo-zs.si



Tomislav Matoz

Geološki zavod Slovenije

tomislav.matoz@geo-zs.si



Simon Mozetič,  
dipl. inž. rud. in geotehnoł.

Geološki zavod Slovenije

simon.mozetic@geo-zs.si



Jan Udovč,  
mag. inž. geol.

Geološki zavod Slovenije

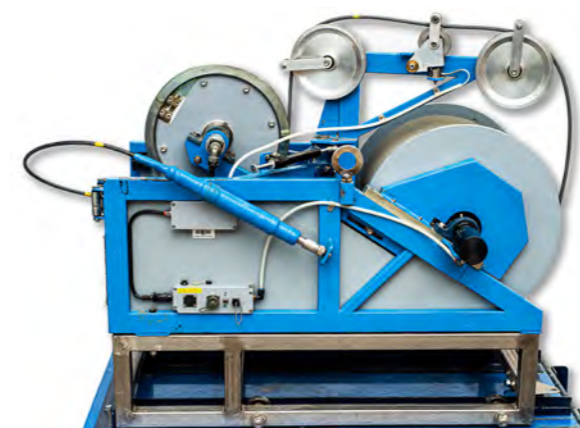
jan.udovc@geo-zs.si

## Karotažna oprema GeoZS



Proizvajalec celotnega sklopa karotažne opreme in merilnih sond, ki jih uporabljamo na GeoZS, je Robertson Geo iz Walesa. Kameri za video pregled vrtin s pripadajočo opremo je bila po naročilu izdelana v podjetju ECA Robotics iz Francije.

Osnovni sestavni deli karotažne opreme GeoZS so naslednji:



**Vitel** s 1000 m dolgo jeklenico za dviganje in spuščanje sond po vrtini. Vitel je nameščen v kombiniranem tovornem vozilu 4x4.

**Vir napajanja** je lahko prek električnega omrežja ali prenosnega agregata.

Nabor **sond** in **video kamer** je opisan v nadaljevanju.



Uporabljamo tudi **manjši prenosni vitel** s 150 m dolgo jeklenico. Namenjen je meritvam v plitvih vrtinah na lokacijah, kjer dostop s terenskim vozilom ni mogoč.



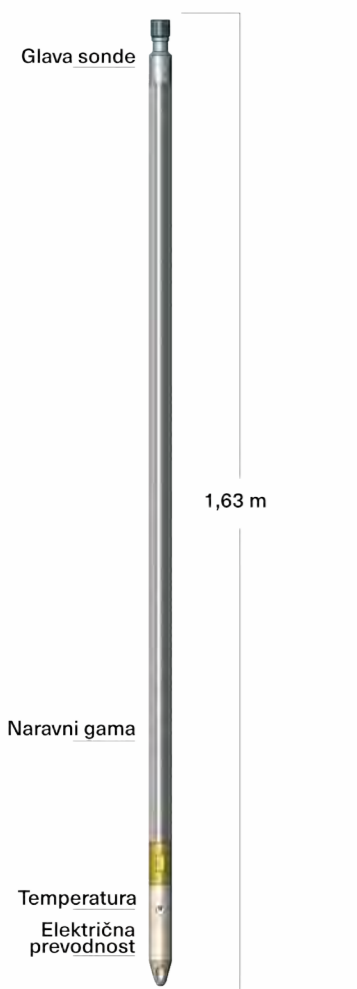
**Kontrolna enota za upravljanje vitla** omogoča uravnavanje hitrosti dvigavanja in spuščanja sonde do 30 m/min ter pozicioniranje do 1 cm natančno.



**Registrator** z računalnikom, ki omogoča pretvorbo, prikaz in zapis podatkov.



## Sonda za merjenje temperature in električne prevodnosti fluida (TCDS)



TCDS sonda je namenjena merjenju temperature in električne prevodnosti fluida ter naravnega gama sevanja. Uporablja se tako v cevljeni kot necevljeni vrtini, ki je lahko suha ali ima prisotno podzemno vodo ali izplako.

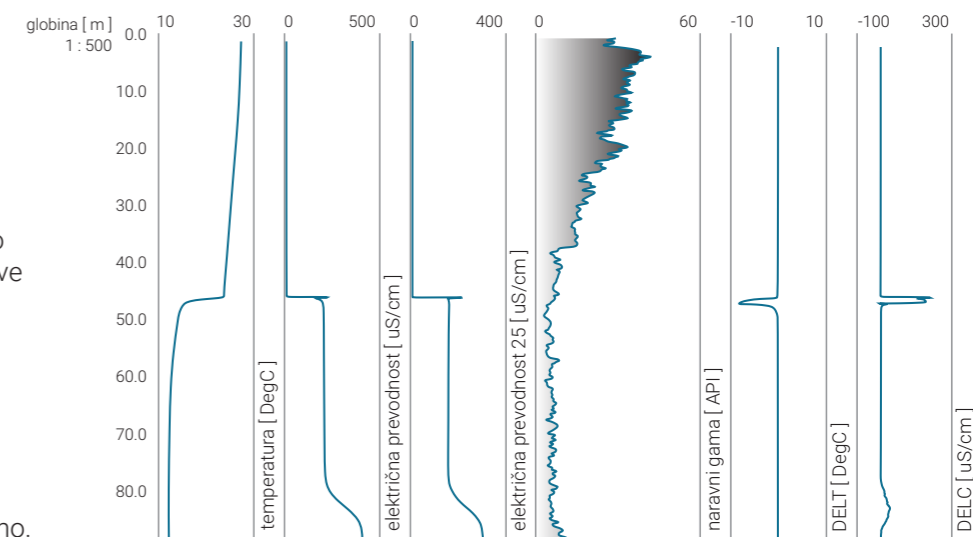
Meritve temperature in prevodnosti so podane v absolutnih in diferencialnih vrednostih, električna prevodnost pa se sproti preračunava na referenčno temperaturo 25 °C.

Sonda omogoča merjenje naravnega gama sevanja. To je pomembno zlasti za določitev litoloških meja v cevljenih vrtinah. Uporabno je tudi pri udarno-rotacijskem vrtanju s stisnjnim zrakom in sprotno začasno cevovjivo, kjer iz drobcev ni mogoče zanesljivo določati kamninske sestave.

Meritve izvajamo pri spuščanju sonde v vrtino, da ne pride do mešanja fluida v njej. Če je vrtina suha, je možna le meritev naravnega gama sevanja.

Zaradi majhnega premera (38 mm) in enostavne izvedbe je sonda primerna za meritve v vrtinah manjšega premera ter preverjanje njihove prehodnosti.

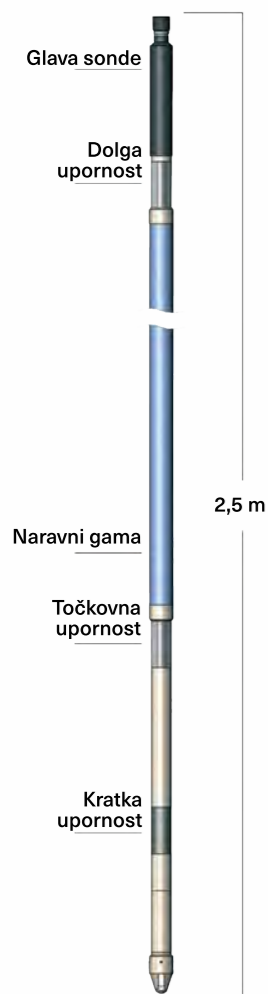
Meritve s TCDS sondo se izvajajo s hitrostjo 3–5 m/min.



S temi meritvami določamo spremembe litološke sestave (naravno gama sevanje), mesta dotokov fluida in območja različnih voda (sprememba temperature ter električne prevodnosti), gladino podzemne vode, temperaturni gradient, prehodnost vrtine in podobno.



## Sonda za merjenje električne upornosti in lastnega potenciala (ELXG)

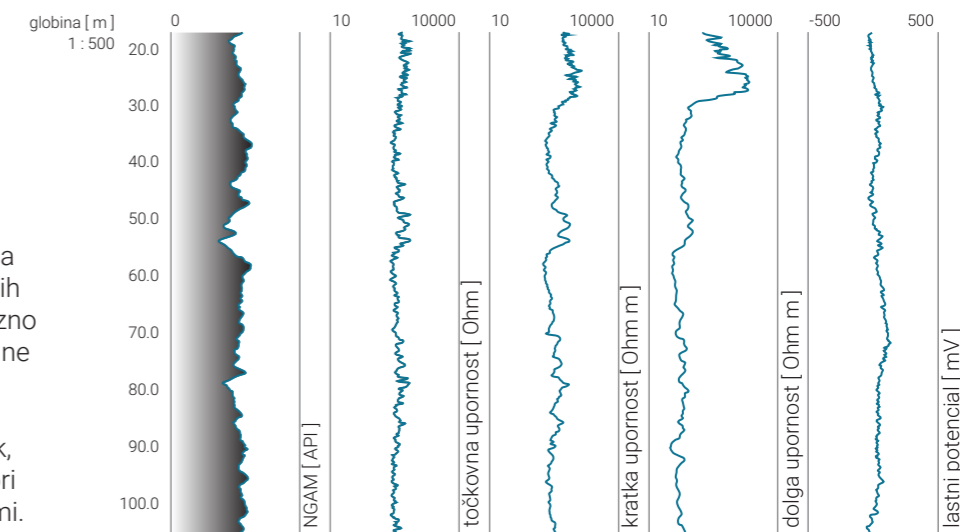


ELXG sonda kombinira meritve točkovne upornosti ter kratke in dolge specifične upornosti z meritvami lastnega potenciala kamnine ali sedimenta. Izvaja se v necevljeni vrtini omočeni z vodo ali izplako.

Med meritvijo skozi sondo spuščamo električni tok, ta pa se vrača preko neizoliranega opleta jeklenice, ki se prične 10 m nad priključno glavo sonde. Meritve različnih upornosti se izvajajo na različnih mestih na sondi in se primerjajo z vrednostmi na površini (ozemljitvena palica).

Sočasno se izvaja meritve naravnega gama sevanja, s katerim razločimo meje med različnimi vrstami kamnin. Dodatne informacije uporabimo kot pomoč za interpretacijo meritev ostalih sond.

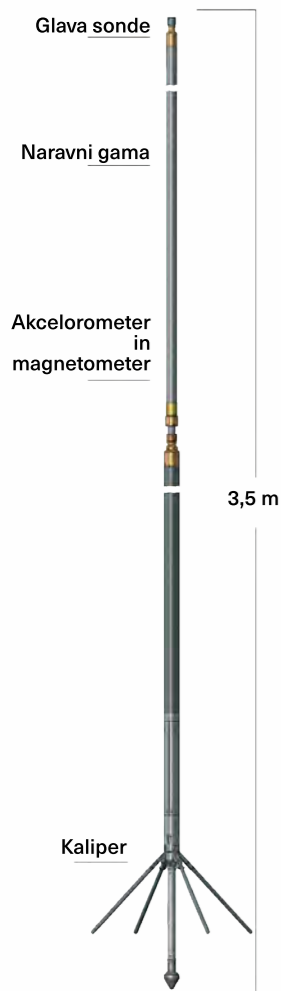
Meritve z ELXG sondo se izvajajo s hitrostjo 5 m/min.



Pridobljeni podatki služijo za določanje globine prepustnih in zdobljenih con, za ustrezno načrtovanje dolžine in globine filtrskih cevi, za določanje litološke sestave in mej med litološkimi členi (pesek, melj, glina) ter kot pomoč pri korelaciji plasti med vrtinami.



# Sonda za merjenje geometrije vrtine (BGGs)



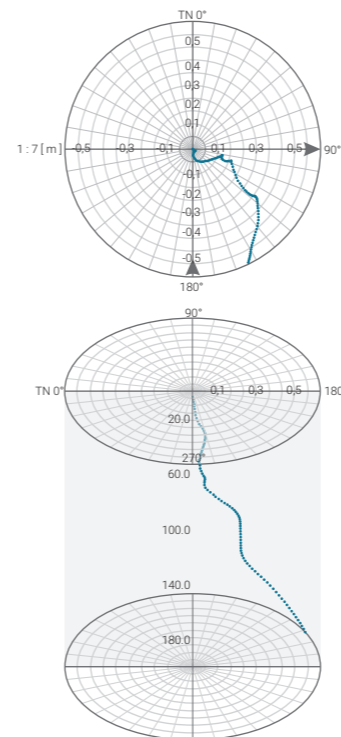
BGGs sonda je namenjena merjenju geometrije, odklona in azimuta vrtine z ali brez prisotnega fluida. Meritev se lahko izvaja v cevljeni ali necevljeni vrtini.

Sonda je sestavljena iz dveh delov. Spodnji del je tako imenovani kaliper in določa geometrijo vrtine (obliko po x in y osi, premer in volumen). Uporablja 4 tipala, ki se v vrtini odprejo in ob pomikanju navzgor merijo spremembe premera vrtine po dveh oseh.

Zgornji del za merjenje odklona in azimuta vrtine deluje s pomočjo akcelorometrov in magnetometrov. Zaradi magnetometrov je uporaba te sonde omejena le na necevljene vrtine oziroma takšne s plastičnimi cevmi. V primeru železnih cevi lahko izmerimo le odklon vrtine, azimuta pa ne. Ta del sonde uporabimo tudi, kadar potrebujemo le podatke o položaju vrtine v prostoru. Za medsebojno korelacijo meritev iz različnih sond ima sonda vgrajen tudi senzor za meritve naravnega gama sevanja.

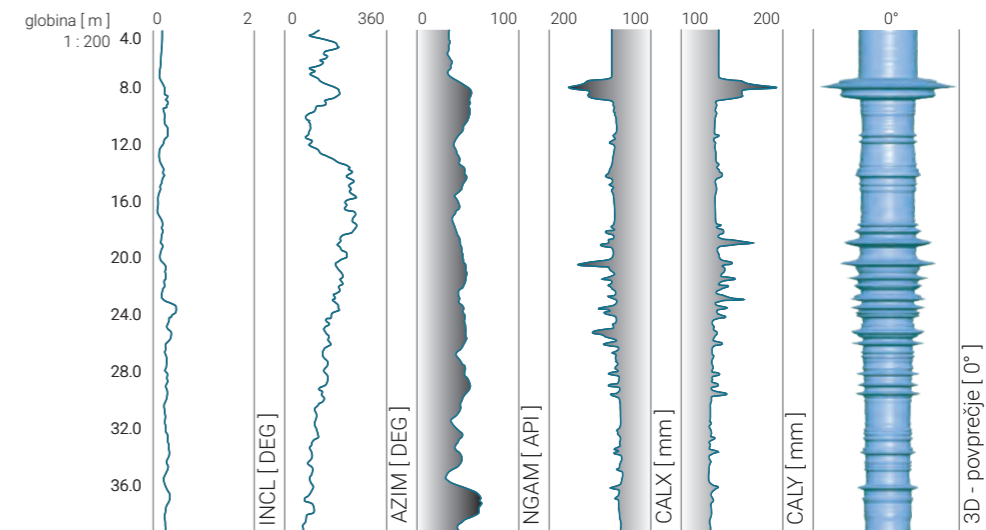
Meritve se izvajajo le med dviganjem od dna proti ustju vrtine. Za natančne meritve je nujna uporaba centralizerjev, ki sondo ohranjajo na sredini – v osi vrtine.

Meritve s BGGs sondo se izvajajo s hitrostjo 5 m/min.



Odklon vrtine v 3D

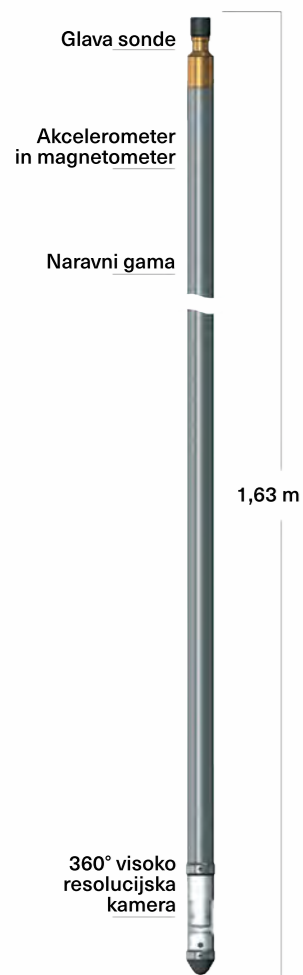
Lega vrtine v prostoru v tlorisu.



Meritve opisujejo geometrijo in položaj vrtine v prostoru ter meje med različnimi kamninami v njej.



## Optični pregledovalnik (HiOPTV)



Optični pregledovalnik (HiOPTV) je sonda, ki poda natančen 360° grafični prikaz ostenja vrtine ter lege vrtine v prostoru (odklon in azimut). Uporablja se v cevljenih in necevljenih vrtinah.

Sonda vsebuje kamero, ki preko paraboličnega zrcala fotografira ostenje vrtine na vsak milimeter. Rezultat je razprt valj ostenja, z njim pa lahko določamo tudi meje med plastmi ter njihovo orientacijo v prostoru in nezveznosti v vrtini.

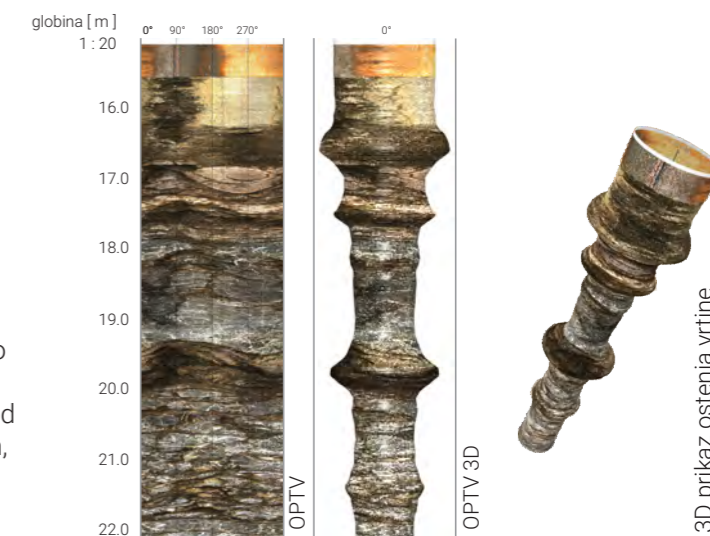
Za natančno meritev je obvezna uporaba centralizerjev, ki ohranjajo sondo na sredini vrtine.

Meritve se lahko izvajajo tako med dviganjem (priporočljivo) kot spuščanjem sonde po vrtini.

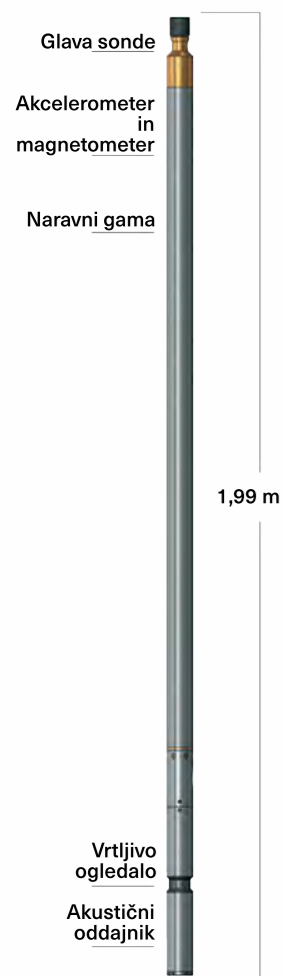
Uporaba te sonde je možna le v vrtinah, ki so ali suhe ali imajo čisto podzemno vodo.

Meritve s HiOPTV sondo se izvajajo s hitrostjo med 1 in 2 m/min, odvisno od premera vrtine.

Rezultati meritev podajajo vizualno sliko ostenja, s katero določimo meje med različnimi vrstami kamnin, lastnosti nezveznosti ter položaj vrtine v prostoru.



## Akustični pregledovalnik (HiRAT)



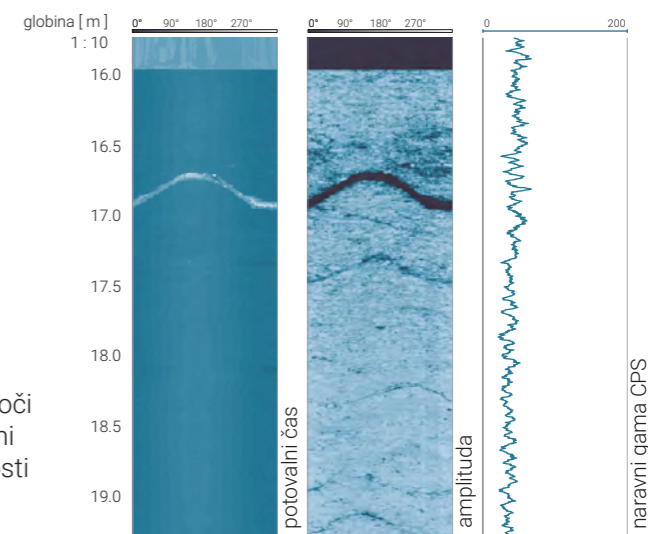
Visoko resolucijski akustični pregledovalnik (HiRAT) uporabimo, ko zaradi slabe vidljivosti (npr. kalna voda, izplaka ipd.) ne moremo uporabiti optičnega pregledovalnika. Meritev se izvaja tako v cevljeni kot tudi necevljeni vrtini.

Sonda zajame 360° sliko ostenja s pomočjo vrtljivega zrcala, ki usmerja ultrazvočni signal po obodu vrtine. Rezultat je razprt valj ostenja vrtine, kjer namesto grafične slike dobimo dve sliki. Prva je razprt valj z odbojnim časom potovanja ultrazvočnega signala od oddajnika do sprejemnika. Drugi pa razprt valj, ki pokaže jakost amplitude odboja.

Iz časa potovanja signala ugotovimo položaj in globino nezveznosti. Iz amplitude razberemo, ali so kamnine mehke ali trde in ali so razpoke zapolnjene.

Dodatna možnost uporabe akustične sonde je izračun premera vrtine, vgrajen pa ima tudi senzor za merjenje naravnega gama sevanja.

Meritve s HiRAT sondo se izvajajo s hitrostjo med 1 in 2 m/min, odvisno od premera vrtine.



Iz rezultatov meritev se določi meje med različnimi vrstami kamnin, lastnosti nezveznosti in praznin (npr. v krasu) ter premer vrtine.



## Sonda za meritve akustične hitrosti in uspešnosti cementacije vrtine (FWS / CBL)



FWS / CBL sonda se uporablja za dve vrsti meritev le v vrtinah, ki so zapolnjene z vodo ali izplako.

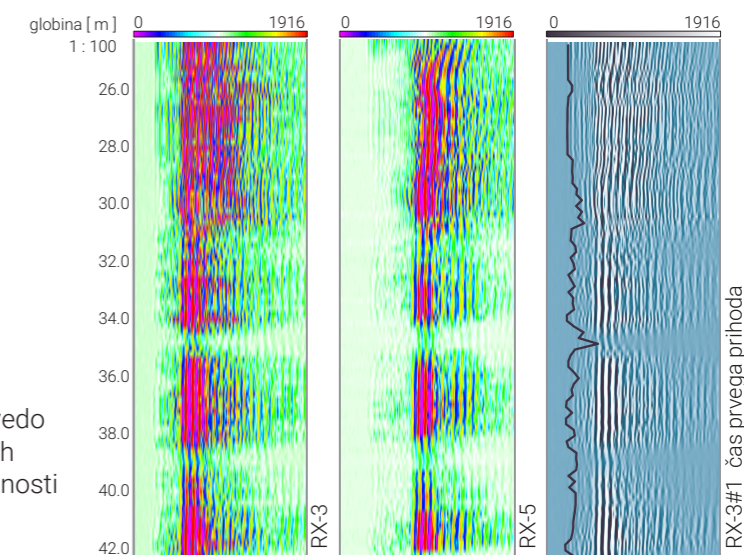
Pri meritvah v načinu FWS (angl. full wave sonic) merimo čas potovanja zvočnih valov med oddajnikom in sprejemniki ter na osnovi analize potovalnega časa določamo poroznost, trdnost in elastičnost kamnin ter nezveznosti v vrtini. Te meritve uporabljamo tudi za umerjanje seizmičnih meritev.

Pri meritvah v načinu CBL (angl. cement bond log) opravimo pregled kakovosti cementiranih odsekov cevitve in ugotovimo, ali je bila uspešna ali pa so določena območja za cevjo brez cementa, torej zapolnjena le s fluidom.

Sonda uporablja dva piezoelektrična oddajnika signala in dva sprejemnika. Izračuni potekajo na podlagi razlik med časi prihodov signalov in so odvisni od vrste kamnine in njenih lastnosti.

Za natančno meritev je obvezna uporaba centralizerjev, meritev pa se vedno izvaja med dvigovanjem sonde po vrtini.

Meritve s FWS / CBL sondo se izvajajo s hitrostjo 4 m/min.



Rezultati meritev nam povedo vrsto in lastnosti prevrtanih kamnin, prisotnost nezveznosti in kakovost cementacije cevljene vrtine.



## EKO Sonda (SWQS)



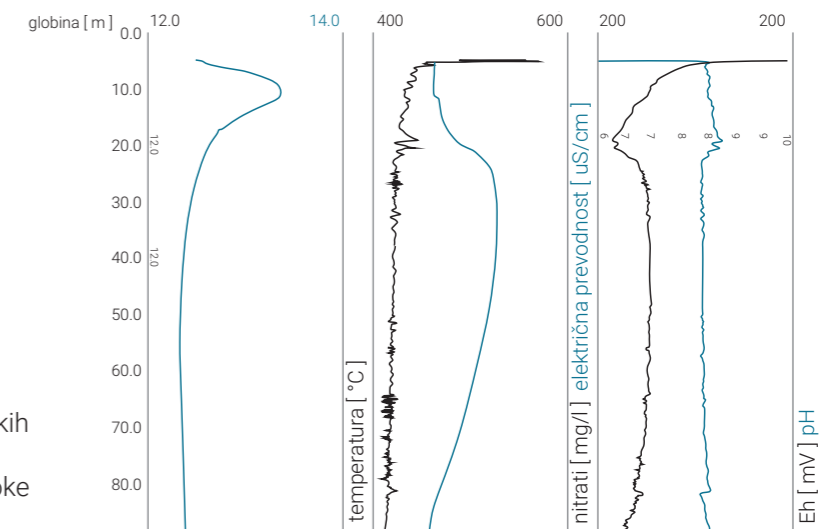
SWQS sonda se uporablja za *in-situ* meritve kakovosti podzemne vode. Omogoča zvezno merjenje več fizikalno-kemijskih parametrov po celotni dolžini omočenega dela vrtine tako v odprtih kot cevljenih vrtinah.

Sonda omogoča zvezno merjenje temperature, električne prevodnosti, vsebnosti kisika (% in ppm), pH in Eh fluida v vrtini ter tlaka vodnega stolpca nad sondo. S tem ugotavljamo pritoke različnih voda v vrtino in tako lahko sklepamo tudi na morebitne vdore onesnažene vode.

Zaradi *in-situ* meritev v vrtini ni potreben odvzem vzorcev fluida iz različnih globin, manjše je tudi tveganje kontaminacije vzorcev.

Meritve se izvajajo med spuščanjem sonde v vrtino.

Meritve s SWQS sondo se izvajajo s hitrostjo 1,5 - 3 m/min.

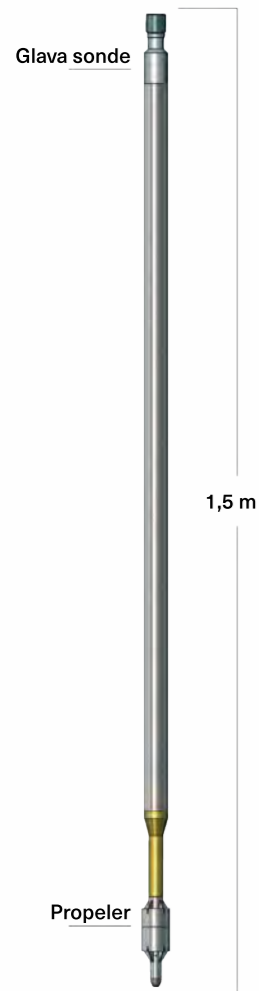


Rezultat meritev je zvezen podatek o fizikalno-kemijskih lastnostih fluida v vrtini, s čimer lahko ločujemo dotoke različnih voda.

EKO sonda ima zelo občutljive senzorje, ki so med skladiščenjem potopljeni v posebne raztopine. Zaradi izhlapevanja tekočine redno dotakamo. Sondo 1x mesečno priklopimo na karotažni sistem, da napolnimo baterije.



## Merilec pretoka (HRFM)



Z merilcem pretoka določamo območja dotokov in količino vode v vrtinah in vodnjakih ter prepoznavamo poškodbe v cevovi, ki lahko povzročijo odtekanje vode. Te meritve so zelo priporočljive za določitev najbolj produktivnega dela vrtine, kadar je dotokov več. Izvajamo jih v cevljenih in necevljenih objektih.

Sonda uporablja vertikalno vpet propeler, ki zazna pretok vode in loči med tokovi, ki potujejo navzgor, in tistimi, ki se gibljejo navzdol.

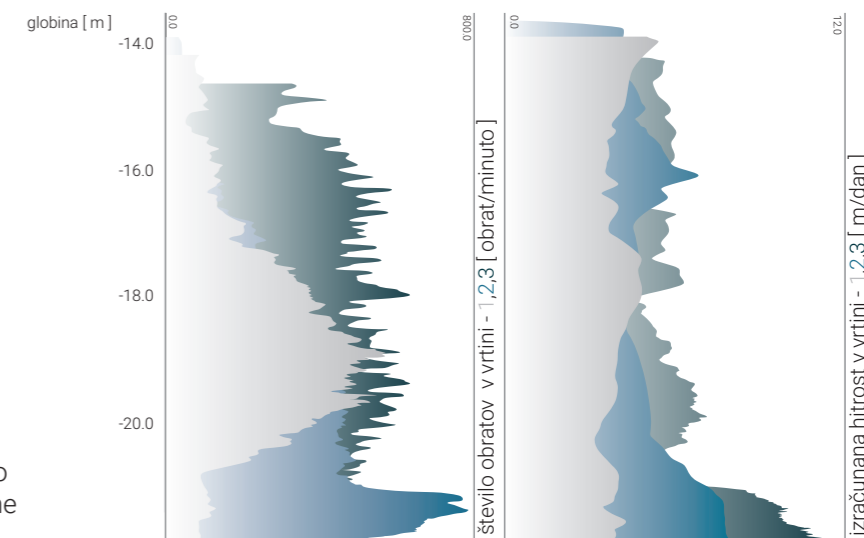
Meritve izvajamo na dva načina: z dviganjem ali spuščanjem sonde po vrtini ter tako, da sonda miruje na določeni globini.

Med izvajanjem meritev je priporočljivo enakomerno črpanje vode, ker so s tem pretoki večji in lažje zaznavni, s tem pa so meritve zanesljivejše.

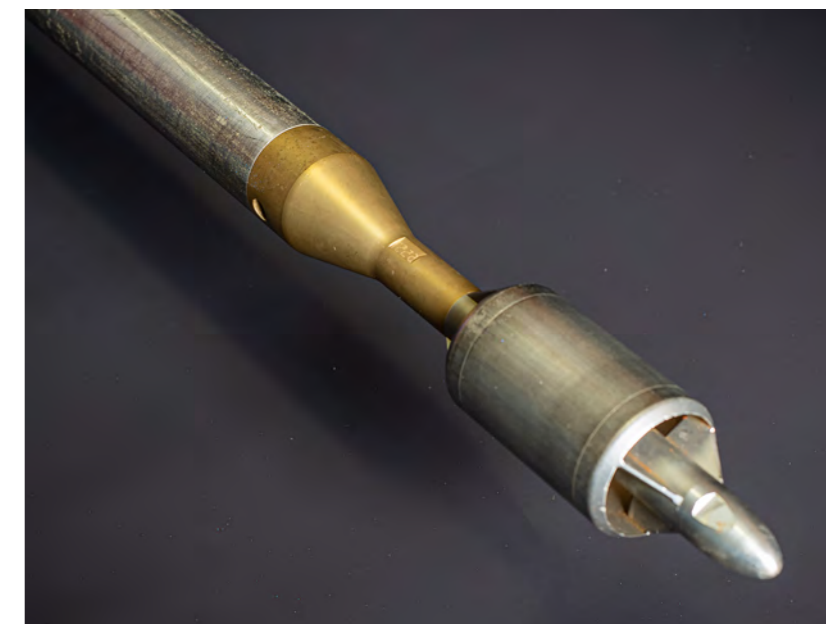
Pri meritvah je obvezna uporaba centralizerjev.

Meritve s HRFM sondo se izvajajo s hitrostjo med 2 in 7 m/min. Za boljše rezultate je potrebno opraviti več meritev pri različnih hitrostih.

Rezultati meritev povedo, na kateri globini se nahajajo dotoki ali iztoki vode iz vrtine ter njihovo količino.

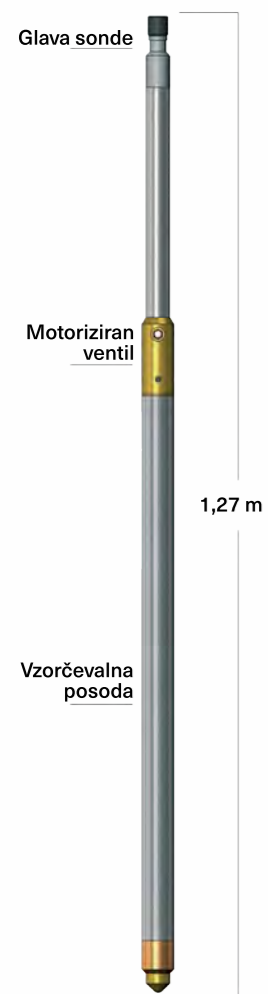


Z merilcem pretoka lahko ugotovimo, če cevine pušča.





## Vzorčevalnik (WGSS)



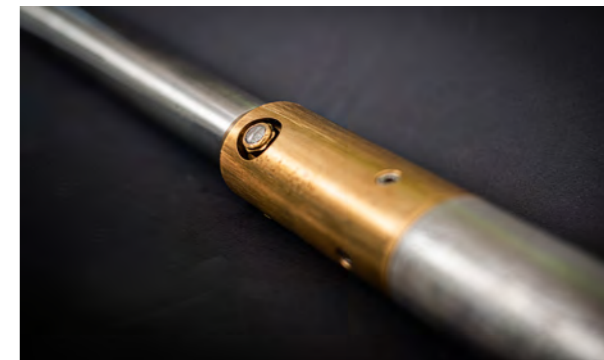
Vzorčevalna sonda je instrument za odvzem točkovnih vzorcev fluida iz cevljenih in necevljenih vrtin. Vzorčevanje je možno do globine 1000 m, največja prostornina vzorca pa znaša 0,5 L.

Sonda deluje na mehanski princip. Pred spuščanjem v vrtino se mehansko s posebnim vzvodom na vzmet napne bat, zato se v komori za vzorčenje ustvari podtlak. Z obračanjem vzvoda se bat zaskoči in ostane v istem položaju do dosežene globine vzorčenja. Na izbrani globini se z električnim impulzom sproži bat, ki med pomikanjem po komori skozi posebno odprtino z membrano v komoro poseša vzorec. Na površini se vzorčevalnik razstavi in dobljeni vzorec izlije v embalažo. Glede na potrebno količino vzorca se postopek večkrat ponovi.

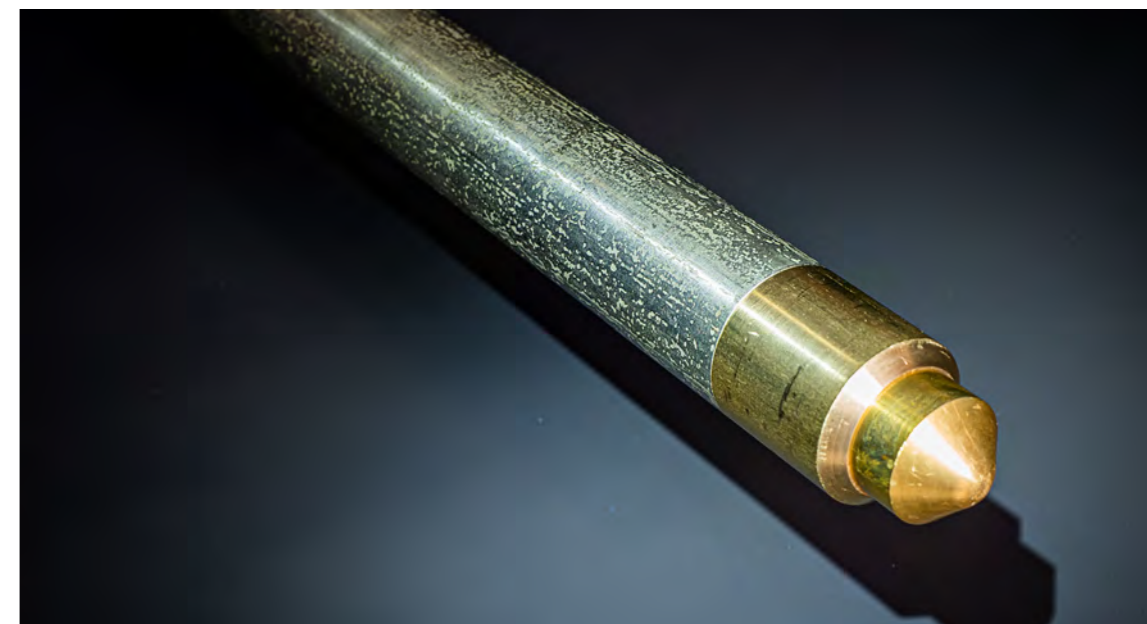
Odvzeti vzorci so intaktni in pod enakim tlakom, kot so bili na globini odvzema. Vzorčno posodo je možno sneti ter vzorec predati v laboratorij ali hrambo. Ker je sonda namazana z mastjo, je ne moremo uporabiti za odvzem vzorcev za določanje npr. mineralnih olj. Prav tako ni namenjena vzorčenju plinov.

Hitrost dviganja in spuščanja vzorčevalnika je do 30 m/min.

Z vzorčevalnikom lahko odzamemo intakten vzorec vode do globine 1000 m tudi, ko črpanje ni možno.

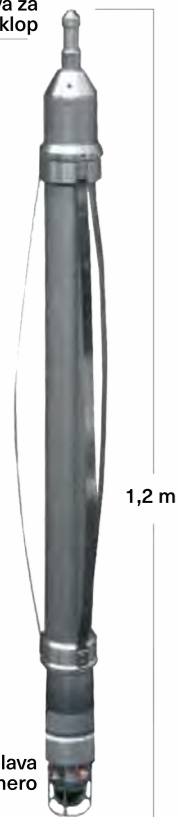


Odvzem vzorcev v različnih globinah omogoča ugotavljanje sestave vode iz posameznih con dotoka (kar je pomembno predvsem pri spremljanju širjenja onesnaženj), procese stratifikacije in mešanja voda.



## 360° video kamera

Glava za priklop



Gibljiva glava s kamero

Video kamera je najpogosteje uporabljeno orodje za pregled odprtih ali cevljenih vrtin, ki so lahko suhe ali polne vode, ter vodnjakov. Le v primeru prevelike kalnosti pregled ni mogoč.

Rezultat pregleda je vsakomur razumljiva vizualizacija oziroma slikovni ali video prikaz vrtine ali vodnjaka.

Ta nazorno pokaže stanje oboda in cevitve vrtine (zvitost, zarjavelost, poruški, spoji in prehodi cevitve ...), morebitne tujke (kamenje, sediment, ostanki vrtnega orodja ali merilnih sond ...), biološko aktivnost v vrtini (korenine, bakterijski filmi, živali ...) in lastnosti fluida (mehurčki prostega plina, prisotnost filma ogljikovodikov, motnost ...).

Objektiv kamere se vrti za 360° okoli svoje osi in premika po naklonu med 0° in 180°. Pregled je možen do globine 1000 m.

Pregled s kamero se izvaja z različnimi hitrostmi, odvisno od potreb in stanja vrtine.



## Vzdrževanje in servis karotažne opreme

Karotažna oprema se uporablja v zelo zahtevnih delovnih okoljih. Skoraj vsi sestavni deli so redno izpostavljeni visokim tlakom, nateznim silam, temperaturnim nihanjem, vodi, izplaki in podobnim razmeram, zato je potrebno opremo redno vzdrževati.

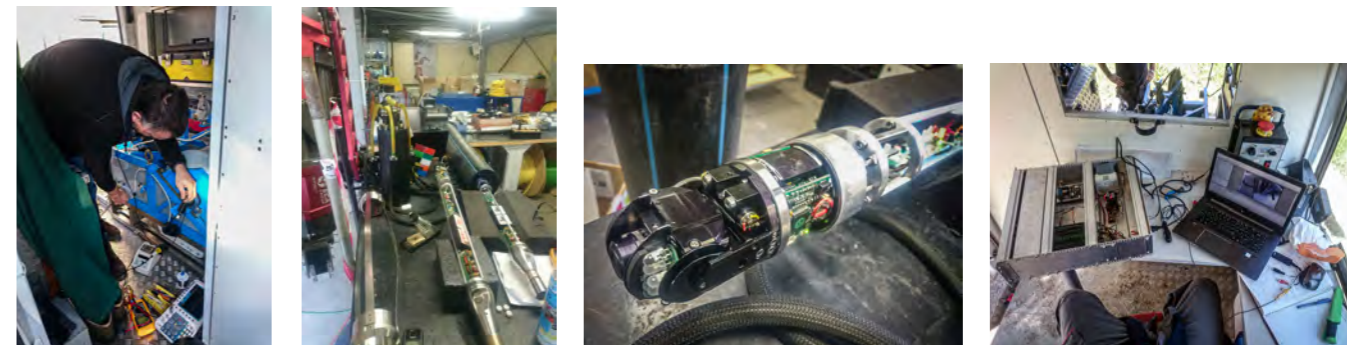
Večina sond potrebuje za pravilno delovanje redno umerjanje in preverjanje delovanja.

Najpogosteje, pred vsako terensko meritvijo, izvedemo umerjanje senzorjev sonde za merjenje geometrije vrtine (caliper). Dvakrat letno umerjamo sonde za zaznavanje naravnega gama sevanja. Pri ostalih sondah izvajamo kalibracijo po potrebi.

Baterije EKO sonde polnimo mesečno, njenim senzorjem pa redno dodajamo elektrolitske tekočine za ustrezno skladiščenje.

Vsaki nekaj let je potrebno zamenjati jeklenico, saj se z leti in uporabo razteza in obrablja. Ob menjavi jeklenice pregledamo tudi glavo za pritrjevanje sond.

Ob hujših poškodbah, ali če kalibracije ne moremo izvesti, opremo pošljemo proizvajalcu na uradni servis in testiranje.



## Geofizikalne meritve v vrtinah

karotažne meritve

**Avtorji:** Simon Mozetič, Tomislav Matoz, Andrej Lapanje, Nina Rman

Grafična zasnova in oblikovanje: Staška Čertalič, Simon Mozetič

Fotografije: Simon Mozetič

Izdal: Geološki zavod Slovenije (GeoZS), Ljubljana, september 2020

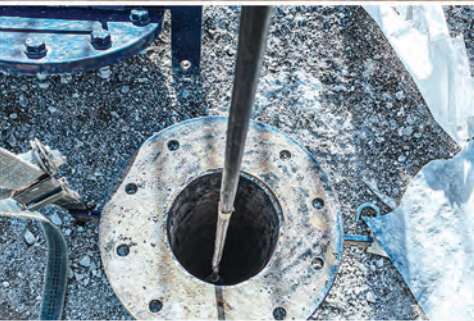
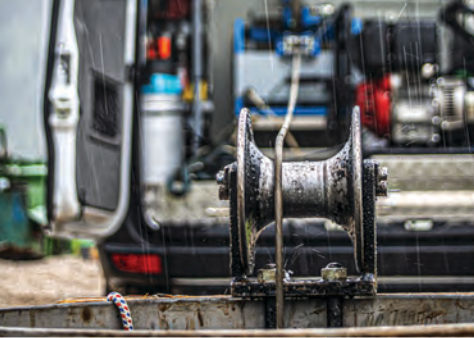
Kataložni zapis o publikaciji (CIP) pripravili v Narodni univerzitetni knjižnici v Ljubljani  
COBISS.SI-ID=27393027  
ISBN 978-961-6498-69-2 (pdf)



Publikacija je brezplačna.

Brošura je pripravljena in natisnjena s sredstvi Javne agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije v okviru raziskovalnega programa Podzemne vode in geokemija ter infrastrukturnega programa Geološki informacijski center. Programa zagotavljata tudi sofinanciranje dela karotažne opreme.

Del opreme je sofinanciran tudi v okviru projekta »Razvoj raziskovalne infrastrukture za mednarodno konkurenčnost slovenskega RRI prostora – RI-SI-EPOS s strani Republike Slovenije in Evropske unije iz Evropskega sklada za regionalni razvoj.



Geološki zavod Slovenije  
Dimičeva ulica 14  
1000 Ljubljana  
[www.geo-zs.si](http://www.geo-zs.si)