

Topole imaju vrlo razgranat korijen sa velikom reproduktivnom snagom. Crnoj topoli (*Populus nigra*) odgovara vlažno tlo, ona zahtijeva mnogo svjetlosti i uspijeva do 1800 m nadmorske visine. Bijela topola (*P. alba*) uspijeva na manjim visinama i zahtijeva bolje tlo. Trepetljika (*P. tremula*) najbolje uspijeva na istočnim i sjevernim obroncima.

Bagrem (*Robinia pseudoacacia*) vrlo je dobar za vezanje pjeskovitog, prhkog i klizavog tla. Uspijeva do 800 m nadmorske visine na svakom tlu: suhom, mršavom, vlažnom, pjeskovitom i kamenitom. Vrlo je prikladan za blaža podneblja. Osjetljiv je na mraz. Ima razgranat korijen sa velikom reproduktivnom snagom. Raste brzo. Može se sijati ili saditi.

Pajasen (*Ailanthus glandulosa*) vrlo je pogodan za vezanje rastresitih tala zbog jako razgranatog korijena i njegove velike reproduktivne snage.

Od lišćarskog drveća upotrebljavaju se u manjoj mjeri javor, hrast, brijest, bukva, breza i dr.

Od četinjara primjenjuje se za pošumljavanje bujičnih terena bor, naročito u oblasti krša. Borovi crni i bijeli (*Pinus nigra* i *P. silvestris*) vrlo dobro uspijevaju i na slabim tlama. Crni bor bolje uspijeva na vapnenastim, a bijeli bor na pjeskovitim tlama. Borovi halepski i primorski (*P. halepensis* i *P. maritima*) uspijevaju na manjim visinama mediteranske klime; prvi i na vrlo siromašnom i suhom, a drugi na šljunkovitom tlu.

Od lišćarskog grmlja upotrebljavaju se vrlo uspješno za pošumljavanje bujičnih područja ove vrste: *Corylus avellana* (lijeska), *Cornus sanguinea* (divlji drijen, svib), *Crataegus oxyacantha* (trn, glog), *Hippophaë rhamnoides* (vučji trn), *Juniperus sabina* (klekovina), *Rosa canina* (šipak) i mnoge druge.

Pošumljavanje se obično vrši sadnjom reznica i presadnica, dosta rijetko sjetvom sjemena, obično u proljeće ili u jesen. Pošumljene površine moraju se održavati i štititi od oštećenja.

Pošumljavanje šireg bujičnog područja, zatim uzgoj, održavanje i iskorišćenje šuma spada u djelokrug rada općeg šumarstva. Sve te radove treba uskladiti sa potrebama i radovima na uređenju bujica užeg područja, što je od osobitog značaja za saniranje bujica spirnjača, kojih je uređenje zavisno od pošumljenosti njihovih perimetara.

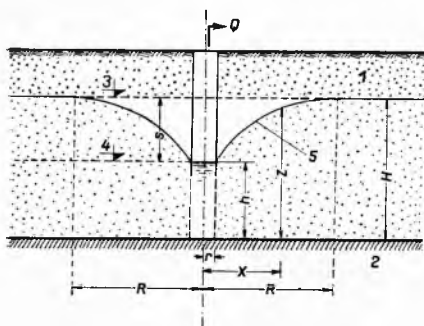
LIT.: F. Wang, Grundriß der Wildbachverbauung, Wien-Leipzig 1901/3. — C. Bernard, Cours de restauration des montagnes, Nancy 1927. — L. Hauska, Das forstliche Bauingenieurwesen, Bd. V: Wildbach- und Lawinenverbauung, Wien-Leipzig 1934. — V. Sejnski, Vodno graditeljstvo u poljodjelstvu i šumarstvu, Zagreb 1942. — S. Rosić, Uređenje bujica, Beograd 1948. — G. Strele, Grundriß der Wildbach- und Lawinenverbauung, Wien 1950. — A. Wehrmann, Die überströmten Querwerke der Wildbachverbauung, Wien-Leipzig, 1950. — R. Binder, Zahradzanie bystrin, Bratislava 1950. — S. Rosić, Nov sistem uređenja bujica, Beograd 1952. — S. Lazarev, Uređenje bujica, Sarajevo 1952. — L. Skatula, Hrazení bystrin a strži, Praha 1953. — F. Rainer, Bujice, u Šumarskoj enciklopediji, I, 136, Zagreb 1959.

J. Bač

BUNARI, vertikalne građevine koje služe zahvatanju (kaptiranju) podzemne vode. Primjenjuju se u snabdijevanju vodom naselja, industrije i individualnih potrošača. U našoj se zemlji veliki dio gradova snabdijeva vodom iz bunara, pored ostalih Beograd, Zagreb i Ljubljana.

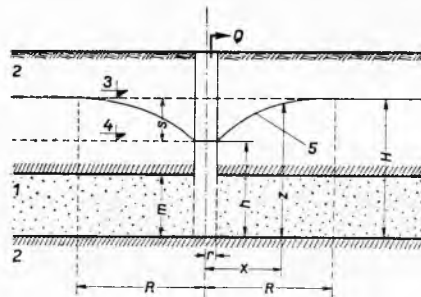
Bunari se grade i za druge svrhe: za zahvatanje nafte, za sabiranje vode iz drugih zahvatnih građevina (sabirni bunari), za ispuštanje vode u tlo, za temeljenje građevina i dr.

U našem se jeziku kao sinonim za naziv bunar upotrebljava također izraz *zdenac*.



Sl. 1. Shema dotjecanja vode u potpuni bunar sa slobodnom površinom. 1 vodonosni sloj, 2 nepropusna podloga, 3 statički nivo, 4 dinamički nivo, 5 depresiona linija

Podjela bunara. Prema hidrogeološkim uslovima, u zavisnosti od piezometarskih odnosa u vodonosnom sloju, razlikuju se bunari sa slobodnom površinom i artesički bunari. U prvom je slučaju (sl. 1) pritisak na površini vode jednak atmosferskom i statički nivo vode u bunaru izravnat je sa površinom podzemne vode u okolnom tlu; u drugom slučaju (sl. 2) pritisak je na povr-



Sl. 2. Shema dotjecanja vode u artesički bunar (potpuni). 1 vodonosni sloj, 2 nepropusni sloj, 3 statički nivo, 4 dinamički nivo, 5 depresiona linija, m debljina vodonosnog sloja

šini vode veći od atmosferskog i statički nivo vode u bunaru se obrazuje iznad vodonosnog sloja.

Ako je dno bunara spuštено do nepropusne podloge, naziva se bunar *potpunim* ili *savršenim*; ako se dno nalazi iznad nepropusne podloge, naziva se *nepotpunim*, *nesavršenim* ili *višecim* bunarom.

Strujanje vode prema bunaru. Izdašnost i ostali elementi za projektovanje i izgradnju kaptažnih bunara mogu se odrediti na osnovu poznavanja strujanja podzemne vode u vodonosnom sloju. Ovaj je problem u svom općem obliku složen i predmet je brojnih teorijskih i eksperimentalnih istraživanja. U tehničkoj praksi snabdijevanja vodom upotrebljava se za hidraulički proračun bunara niz jednostavnih i približnih metoda razvijenih na osnovu Darcyjevog zakona filtracije i Dupuitovih pretpostavki o uslovima strujanja.

Darcyjev zakon filtracije važi za strujanje podzemne vode kroz porozno tlo u uslovima laminarnog režima, koji odgovara malim brzinama, odnosno malim vrijednostima Reynoldsovog broja. U praksi se ovi uslovi najčešće i javljaju. Darcyjev zakon izražen je poznatom jednadžbom filtracije, koja glasi:

$$v_t = k \cdot i = k \cdot \frac{dz}{dx},$$

gdje je v_t brzina filtracije (računska veličina koja predstavlja srednju brzinu kojom bi voda proticala kroz cio dati poprečni presjek, uključujući i onaj dio koji je ispunjen čvrstim česticama; stvarna brzina proticanja vode je veća), k koeficijent zavisan od prirode tla (*Darcyjev koeficijent*), i hidraulički pad, z piezometarska visina, dx rastojanje na kojem piezometarska visina opada za dz .

Protok ili količina vode koja u jedinici vremena protiče kroz površinu tla F normalnu na smjer strujanja iznosi:

$$Q = v_t \cdot F = k \cdot F \cdot i.$$

Polazeći od ovog izraza, Dupuit je izveo osnovne jednadžbe za hidraulički proračun bunara okruglog presjeka. Pri tome je pretpostavio da je nepropusna podloga horizontalna i neograničenog prostranstva, a vodonosni sloj da je homogen i izotropan. Pokazalo se je da ove pretpostavke, koje pojavu strujanja vode prema bunaru prikazuju znatno pojednostavnjeno, mogu u većini slučajeva da zadovolje zahtjeve tekuće prakse. U nastavku su date jednadžbe za dva osnovna slučaja strujanja vode prema potpunom bunaru: bunar sa slobodnom površinom i artesički bunar.

Proračun bunara sa slobodnom površinom. Ako se iz jednog bunara sa slobodnom površinom crpe neka količina vode Q , nivo se vode u bunaru snizi (*dinamički nivo*) i iz okolnog tla dotiče u bunar podzemna voda. Voda se u vodonosnom sloju kreće radijalno prema bunaru, a njena površina poprima u okolini bunara oblik lijevka (*depresioni lijevak*), čija se dubina sma-

njuje sa udaljenošću od bunara. Rastojanje od osi do tačke gdje praktično više nema sniženja (depresije) naziva se *radijusom depresije* ili *radijusom djelovanja bunara*.

U uslovima koje je pretpostavio Dupuit postoji simetrija strujanja u odnosu na vertikalnu os bunara i depresiona linija dobivena presjecanjem depresionog lijevka sa ma kojom vertikalnom ravninom koja prolazi kroz os bunara izražena je jednačkom:

$$z^2 - h^2 = \frac{Q}{\pi k} \cdot (\ln x - \ln r),$$

gdje je r radijus bunara a h dubina vode u bunaru za vrijeme crpenja.

Istraživanja su pokazala da ova jednačba važi za sve tačke na slobodnoj površini vode osim u neposrednoj blizini bunara; međutim, to odstupanje nije za praktične proračune od naročite važnosti.

Polazeći od ove jednačbe može se odrediti koeficijent k pomoću pokusnog crpenja: pri tome se r i Q mogu da izmjere na bunaru, a za određivanje piezometarske visine z upotrebljavaju se posebni piezometri. Ako se u prednji izraz uvrste vrijednosti za rubne uslove: $x = R$ i $z = H$, dobiva se za izdašnost bunara izraz:

$$Q = \frac{\pi k (H^2 - h^2)}{\ln R - \ln r}.$$

Radijus depresije R može se odrediti ili mjerenjem na terenu ili približno pomoću empirijskih formula kao što je Sichardtova, koja za R daje ovaj izraz:

$$R = 3000 s \sqrt{k},$$

u kojemu je s sniženje vode u bunaru ($s = H - h$).

Prilikom određivanja izdašnosti bunara javlja se i problem određivanja maksimalne količine vode koju bunar može da primi. Kao praktičan kriterij za utvrđivanje ove veličine može da posluži vrijednost hidrauličkog pada pri kojem za određeno tlo laminarno tečenje prelazi u turbulentno (*kritični pad*).

Ako bunar ne dopire do nepropusne podloge (nepotpuni bunar), onda se izdašnost mijenja u odnosu na onu koju bismo izračunali uz pretpostavku da nepropusni sloj prolazi kroz dno bunara. Postoji cio niz formula za određivanje izdašnosti u ovom slučaju (Forchheimer, Abramov, Babuškin, Muskat, Boreli i dr.).

Proračun arteskog bunara. U slučaju podzemne vode pod pritiskom javljaju se za vrijeme crpenja vode iz bunara u piezometarskim odnosima pojave analogne pojavama na slobodnoj površini vode; za njih se upotrebljavaju i analogni nazivi: depresija, depresioni lijevak, radijus depresije.

Jednačba depresione linije za taj slučaj glasi:

$$z - h = \frac{Q}{2 \pi m k} \cdot (\ln x - \ln r),$$

gdje je m debljina vodonosnog sloja; za izdašnost dobiva se uvrštavanjem vrijednosti za rubne uslove $x = R$ i $z = H$ izraz

$$Q = 2 \pi m k \cdot \frac{H - h}{\ln R - \ln r}.$$

Proračun bunara u podzemnoj vodi koja se kreće. Jednačbe dobivene za bunare izgrađene u podzemnoj vodi koja miruje (Dupuitova pretpostavka) mogu se s uspjehom primijeniti i na bunare izgrađene u vodi koja se kreće, vodeći računa o činjenici da u pravcu tečenja vode ne postoji simetrija u odnosu na os bunara.

Napajanje bunara. U vodonosnim horizontima javljaju se kolebanja nivoa podzemne vode koja nemaju samo sezonski karakter nego su vezana i za višegodišnje promjene klimatskih uslova. Očigledno je da ova kolebanja utiču i na napajanje bunara, koji po svojoj funkciji u sistemu snabdijevanja vodom mora osiguravati postojanu izdašnost i u najnepovoljnijim uslovima eksploatacije. Ovo traži da se u svakom konkretnom slučaju, pored elemenata strujanja vode prema bunaru u uslovima pokusnog crpenja, što sigurnije utvrde i eksploatacione zalihe vode u vodonosnom horizontu u različito doba godine. To se postiže hidrogeološkim istraživanjima čiji je obim i program zavisao od niza prirodnih uslova i činilaca koji utiču na obrazovanje i režim podzemne vode.

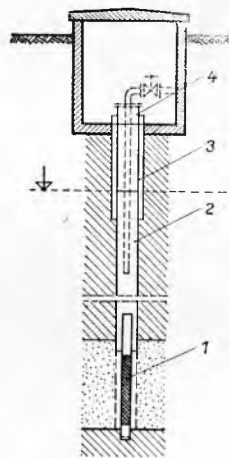
Konstrukcije bunara

Bunari se mogu prema načinu izgradnje podijeliti na bušene i na kopane. Moguća je i kombinacija kopanja i bušenja; onda govorimo o kombinovanim bunarima. Poseban slučaj predstavljaju bunari na horizontalnim drenovima.

Bušeni bunari (upotrebljava se i termin *cijevni bunari*) imaju vrlo široku primjenu u suvremenom snabdijevanju vodom. Oni

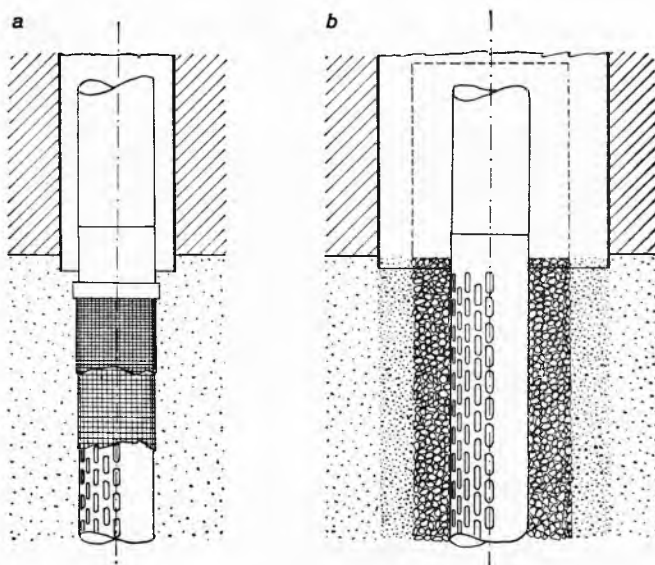
se mogu da spuste na velike dubine, lako se prilagođavaju prirodnim uslovima tla i podzemne vode, dobro odgovaraju sanitarnim zahtjevima, a iz vode se dosta jednostavno i ekonomično.

Dijametri bušenih bunara su relativno mali i obično se kreću u rasponu od 200 do 600 mm; bunari sa većim dijametrima izrađuju se samo u posebnim slučajevima, npr. u primjeni nasutih šljunčanih filtera. Metodama dubinskog bušenja izrađuju se bušotine, koje se pomoću obložnih kolona osiguravaju protiv zarušavanja. Za veće dubine upotrebljavaju se garniture obložnih kolona koje se teleskopski ugrađuju sa sve manjim dijametrom. U bušotinu ugrađuje se eksploataciona cijev, kroz koju se voda diže na površinu ili direktno ili pomoću posebne isusne cijevi.



Sl. 3. Shema bušenog bunara. 1 filter, 2 radna kolona, 3 zaštitna kolona, 4 glava bunara

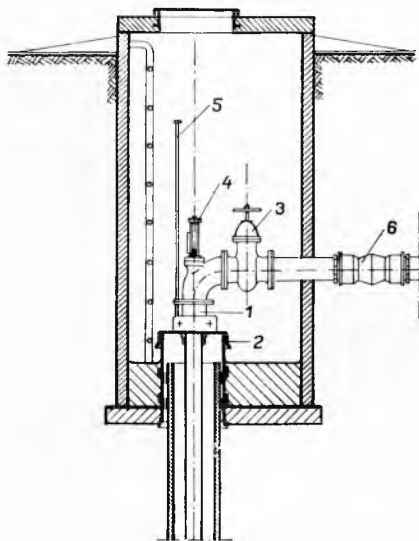
Dio bušenog bunara kroz koji ulazi voda naziva se *zahvatni dio*; taj se dio izvodi na razne načine zavisno od prirode vodonosnog sloja. U nevezanim i rastresitim slojevima ugrađuju se na zahvatnom dijelu filteri da bi se spriječilo unošenje sitnih čestica iz okolnog tla u bunar. Bunarski filter sastoji se od filterskog kostura (rešetke) i od filterске obloge. Kostur se izvodi tako da može preuzeti opterećenje okolnog tla i da je postojan prema kemijskim i elektrokemijskim djelovanjima. Za tu se svrhu najviše upotrebljavaju perforirane (filterske) cijevi izrađene od različitih materijala; prvenstveno se upotrebljava čelik ali se primjenjuju i drugi materijali, kao što su lijevano željezo, keramika, azbest-cement, plastične mase, porcelan i drvo. Perforacije filterske cijevi mogu biti različite po obliku i po izradi (okrugli otvori, duguljasti otvori, otvori sa mostićima, otvori sa zaliscima i dr.). Zavisno od filterске obloge razlikuju se dva osnovna tipa filtera: mrežasti filteri i šljunčani filteri. *Mrežasti* filteri imaju oblogu od mrežastog pletiva sa otvorima koji se odabiru prema granulometrijskom sastavu vodonosnog sloja. U praksi se upotrebljavaju ple-



Sl. 4. Osnovni tipovi bunarskih filtera. a mrežasti filter, b šljunčani filter

tiva od bakra, bronce, mesinga i čelika, a u posljednje vrijeme i od plastičnih masa i stakla. Mrežasti filteri se lako ugrađuju i traže bušotine sa relativno malim dijemetrom, ali oni imaju srazmjerno velike hidrauličke otpore i dosta se brzo zamuljuju. Zamuljeni mrežasti filteri mogu se isprati pomoću posebnih uređaja, a u nekim slučajevima mogu se i zamijeniti čistima, što sve omogućava da se produži vijek trajanja bunara. Šljunčani filteri su vrlo trajni i otporni, ali traže bušotine sa relativno velikim dijemetrom, dosta se teško ugrađuju i traže vrlo brižljivu granulometrijsku analizu ne samo vodonosnog sloja nego i šljunčane mase koja se ugrađuje oko filterske cijevi. Upotrebljavaju se naročito u sitnozrnim pijescima. Prema načinu ugrađivanja razlikuju se nasuti i montažni šljunčani filteri. Nasuti filteri se izvode tako da se u bušotinu spusti filterska cijev, a onda se prostor između nje i obložene cijevi ispuni šljunkom, i to obično u dva sloja različite granulacije. Montažni filter se sastoji od filterske cijevi na koju su pričvršćeni posebni džepovi ili posude u koje se prije spuštanja naspe šljunak u slojevima različite granulacije.

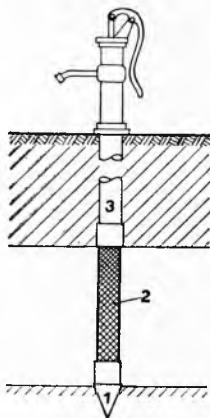
Bušeni se bunar na gornjem kraju završava bunarskom glavom, koja treba da omogući priključak bunara na crpku ili na zajednički sabirni vod, ako se radi o grupi bunara. Bunarsku glavu treba izvesti tako da voda u bunaru bude zaštićena od zagađenja sa površine. Na većim bunarima glava se postavlja u posebno okno



Sl. 5. Glava bunara u betonskom oknu. 1 usisna cijev, 2 bunarska kapa, 3 zatvarač, 4 vodomjer, 5 cijev za osmatranje vodostaja, 6 dilatacioni komad

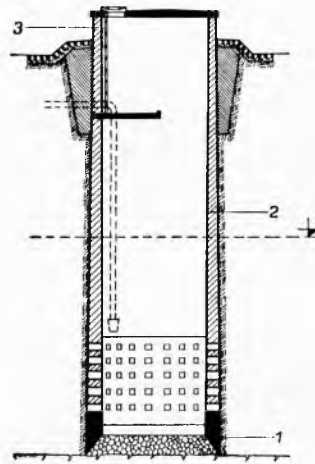
u koje se pored cijevi i armatura smješta i oprema potrebna za kontrolu, upravljanje i mjerenje.

Zabijeni bunari nazivaju se također Nortonovim ili abesinskim bunarima. To su jednostavni cijevni bunari koji se upotrebljavaju samo za manje ili privremene potrebe. Ne ugrađuju se pomoću bušenja nego direktnim zabijanjem u tlo. Mogu da se zabiju do dubine od ~ 8 metara a sastoje se od jedne čelične cijevi profila 50 do 60 mm sa perforiranim donjim dijelom i zašiljenim vrhom. Na gornji se kraj cijevi neposredno pričvršćuje crpka.



Sl. 6. Zabijeni bunar. 1 zašiljeni vrh, 2 filterska cijev, 3 radna (eksploataciona) cijev

Kopani bunari upotrebljavaju se za zahvatanje vode u plicim vodonosnim horizontima — obično do 20 m od površine zemlje. Izvode se sa kružnim presjekom čiji se dijametar kreće u granicama od 1,5 do 5 metara. Dijametri manji od 1,5 metra izbjegavaju se zbog poteškoća u radu. Kopani se bunari najčešće izvode metodom spuštanja sa potkopavanjem; pri tom se iskop vrši u



Sl. 7. Kopani bunar s trupom od betona. 1 vijenac, 2 trup, 3 glava

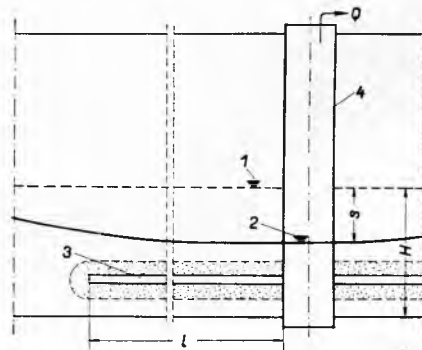
Osnovni konstruktivni elementi jednog kopanog bunara sa trupom od masivnog zida (zidanog bunara) jesu vijenac, trup i glava bunara.

Bunarski vijenac (nož, stopa) postavlja se ispod trupa bunara radi lakšeg napredovanja prilikom spuštanja, a također radi ojačanja donjeg dijela bunara. Izrađuje se od čelika, lijevanog željeza, armiranog betona, a u nekim slučajevima i od drveta.

Bunarski trup (bunarski plašt) izgrađuje se iznad vijenca i s njime treba da bude konstruktivno povezan. Za izgradnju se upotrebljava beton ili armirani beton, a rjeđe drugi materijal, kao što je kamen ili opeka. U unutrašnjosti trupa se obično smješta oprema potrebna za eksploataciju bunara (cijevi, armature, uređaji za upravljanje, kontrolu i mjerenje, a ponekad i crpke).

Glavu bunara obrazuje njegov nadzemni dio. Glava služi za to da zaštiti bunar od zagađivanja sa površine, da omogući ulaz u bunar radi kontrole i održavanja, a po potrebi i za smještaj jednog dijela opreme potrebne za eksploataciju. Glava bunara se pokriva, a njena okolina izvodi se tako da se spriječi prodiranje vode sa površine (kaldrmisana kosina, naboj od ilovače, odvodni jarci i dr.).

Bunari sa horizontalnim drenovima kaptažne su građevine koje se u Evropi šire primjenjuju tek poslije Drugoga svjetskog rata; ranije su bile primjenjivane samo u USA. Ove građevine predstavljaju kombinaciju sabirnog bunara (zidanog bunara sa



Sl. 8. Shema dotjecanja vode u bunar s horizontalnim drenovima. 1 statički nivo, 2 dinamički nivo, 3 horizontalni dren, 4 sabirni bunar

nepropusnim zidovima i dnom) i horizontalnih zahvatnih elemenata koji se sastoje od perforiranih cijevi (drenova). Ovi se elementi utiskuju pomoću hidrauličkih presa iz sabirnog bunara radijalno u okolno tlo do na daljinu od 80...100 metara od bunara. Na ovaj se način može da dobije mreža drenova sposobna da zahvati velike količine vode u hidraulički povoljnijim uslovima nego što su vertikalni zahvati.

Pojedini sistemi bunara sa horizontalnim drenovima razlikuju se prema načinu ugrađivanja cijevi. Po sistemu Ranney utiskuju se u tlo perforirane cijevi direktno, a po sistemu Fehlmann naj-

unutrašnjosti bunara a trup se spušta uslijed težine (ili, ako je potrebno, i dodatnog opterećenja). Da bi se smanjilo trenje pri spuštanju, trupu se daje koničan oblik sa glatkom spoljnom površinom. Iskop može da se obavlja ručno, upotrebom mehanizacije ili hidraulički.

Način zahvatanja vode zavisi od hidrogeoloških uslova i dubine bunara; voda može da u bunar ulazi ili kroz otvore u trupu ili kroz dno, a moguć je i kombinovani način. U slučaju da je vodonosni horizont sastavljen od sitnozrnog materijala koji bi mogao biti isplavljen prilikom ulaza vode u bunar, opremaju se otvori za ulaz vode pješčano-šljunčanim filterima.

prije se utiskuju obložne cijevi i onda se pod njihovom zaštitom ugrađuju perforirane cijevi.

Zaštita vode u bunaru

Voda u bunaru može da se zagadi ne samo na mjestu zahvata nego i u vodonosnom sloju. Stoga je potrebno projektom predvidjeti ne samo adekvatno oblikovanje trupa i glave bunara nego i određene mjere zaštite u području koje gravitira zahvatu. Da se isključe — ili što je moguće više smanje — uticaji zagađivanja koje dolazi s površine, određuje se oko bunara zaštitna zona, koja se sastoji od više pojasa — obično se predviđaju tri pojasa sa različitim režimom u svakom od njih. Za pravilno utvrđivanje elemenata zaštitne zone potrebno je poznavati hidrogeološke i sanitarne prilike područja.

LIT.: M. Muskat, The flow of homogeneous fluids through porous media, Michigan 1946. — H. H. Гениев, Н. Н. Абрамов, В. Н. Павлов, Водоснабжение, Москва 1950. — E. Bieske, Bohrbrunnen, München 1953. — H. E. Babbitt, J. J. Doland, Water supply engineering, New York 1955. — П. К. Киселев, Справочник по гидравлическим расчетам, Москва 1957. — Н. Ф. Федоров, Справочник по водоснабжению и канализации, Москва 1959. — J. Brix, H. Heyd, E. Gerlach, Die Wasserversorgung, München 1963.

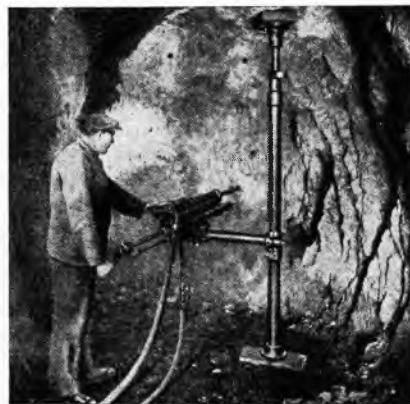
A. Trumić

BUŠAČI ČEKIČI, stapni strojni alati na komprimirani zrak za izradu minerskih bušotina u stijenama. Bušotine su okrugle rupe malog promjera i relativno male dubine: promjer bušotina u rudarskom podzemnom radu obično ne prelazi 65 mm a dubina 5 m, dok na površinskim kopovima promjeri i dubine mogu biti nekoliko puta veći.

Sve do druge polovine XIX st. rupe za miniranje izradivale su se pretežno ručno, čekićem i dlijetom, a tek tada počinje šira primjena strojnog bušenja, i to kao posljedica izgradnje mnogih željezničkih tunela kao i potrebe korišćenja i siromašnih rudnih ležišta. Presudno je poboljšanje rada strojnih bušaćih čekića pronašao J. G. Leyner 1897 konstrukcijom uređaja za automatsku rotaciju svrdla. Otada se bušaći čekić u biti nije izmijenio, ali je došlo do tehnološkog poboljšanja materijala, izrade, povećanja koeficijenta korisnog učinka, povećanja broja udara i smanjenja potroška zraka. Tako danas, uz dobro rukovanje i njegu, trajnost čekića iznosi do 20 000 izbušenih metara.

Bušaći čekići rade na principu udara stapa na usadnik svrdla. Kinetička energija svakog udara prenosi se preko svrdla na dlijeto koje se pri tom svojim klinastim oštricama usijeca u materijal. Nakon svakog udara dlijeto se zaokrene za određeni kut da se ne bi zaklinilo. Prvobitni su čekići imali stap spojen sa svrdlom; ovakvi se čekići i danas upotrebljavaju u specijalnim slučajevima, npr. za podvodna bušenja. Moderni čekići imaju stap sa stapajicom koji se slobodno kreće u cilindru čekića i periodički udara po usadniku svrdla. Broj udara inosi 1500...3400/min i ovisi o dužini stapaja i vrsti razvodnika; broj okretaja svrdla varira između 100 i 200/min. Što je abrazivnija stijena to broj okretaja mora biti manji. Potrebni je natpritisak komprimiranog zraka od 4 do 7 at. Napredak bušenja proporcionalan je povećanju pritiska,

dužine cilindra čekića. Razvodnik komprimiranog zraka smješten je ili u cilindru ili na njemu, a može biti ventilni ili klizni. Brzoudarni čekići kratkog stapaja obično imaju ventilne razvodnike u obliku kuglica (jedne ili dviju), pločice, sočiva ili prstena. Sporoudarni teški čekići s dugim stapajem ($> 2'$) obično imaju klizne razvodnike (stapne, cijevne i dr.). Klizni su razvodnici bolji.



Sl. 2. Stupni bušaći čekić

Radni alat svakog čekića je *svrdlo*, čelična šipka s dlijetom na jednom a usadnikom na drugom kraju. Svrdla se izrađuju od ugljičnog ili legiranog čelika, s kružnim, šesterokutnim ili osmerokutnim presjekom od 22 do 32 mm. Danas se najviše upotrebljavaju dvije vrste svrdala: šuplja s odvojomom krunom i svrdla od jednog komada s pločicama metalnih karbida uložnim u dlijeto (monoblok-svrdla). I odvojiva kruna ima uloške metalnih karbida, a spaja se sa šipkom bilo konusnim produžetkom bilo vijčanom navojem. Promjeri oštrica kruna variraju od 28 do 70 mm, a kut oštrica od 80 do 120°. Dlijeta najčešće imaju jednostruku ili dvostruku oštricu ili su križnog oblika.

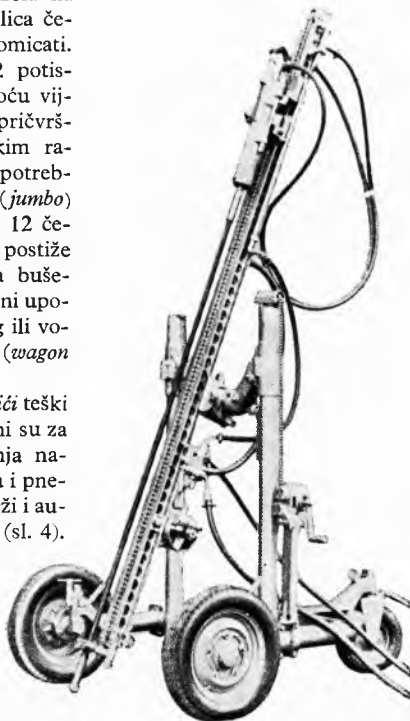
Bušaći se čekići dijele na ručne, stupne i teleskopske.

Ručni bušaći čekići teški su 12...30 kg i upotrebljavaju se za izradu bušotina usmjerenih naniže ili približno horizontalno. U potonjem slučaju čekić se oslanja na pneumatsku potpornu nogu koja se zglobno spaja sa čekićem. Sl. 1 prikazuje takav čekić sa potpornom nogom i svrdlom s odvojomom krunom odnosno dlijetom. Teleskopski cilindar noge dobiva komprimirani zrak iz pneumatske mreže preko regulacionog ventila; cilindar se može izvlačiti 90 do 150 cm.

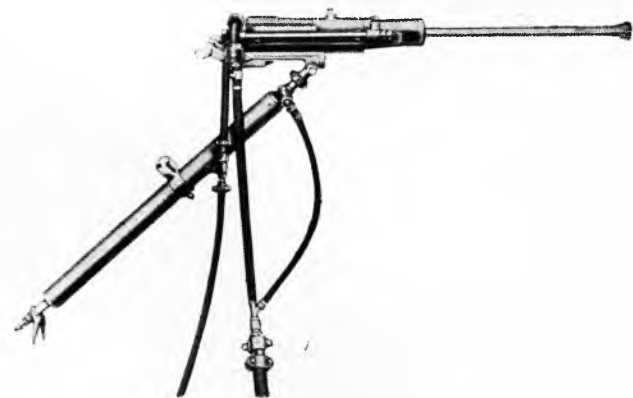
Stupni bušaći čekići, teški 30...90 kg, postavljaju se ispred radilišta na vertikalnom čeličnom stupu i služe za izradu uglavnom horizontalnih bušotina (sl. 2). Iz jednog položaja može se izbušiti više rupa, jer se konzola na kojoj je montirana vodilica čekića može vertikalno pomicati. Čekić prikazan na sl. 2 potiskuje se manuelno pomoću vijčanog vretena i matice pričvršćene za čekić. Na jamskim radilištima većeg profila upotrebljavaju se bušaća kolica (*jumbo*) na koja se montira i do 12 čekića; jumbo-kolicima postiže se potpuna mehanizacija bušenja. Za bušenja na površini upotrebljava se teški tronog ili vozilo na tri gumena točka (*wagon drill*; sl. 3).

Teleskopski bušaći čekići teški su 37...55 kg i predviđeni su za vertikalna i strma bušenja na više. Sastoje se od čekića i pneumatskog cilindra koji drži i automatski potiskuje čekić (sl. 4). Svrdlo se okreće manuelno ručicom ili automatski. Obično je između stapajice i usadnika uložena nakovanj.

Način rada svih tipova bušaćih čekića



Sl. 3. Stupni bušaći čekić tipa «wagon drill»



Sl. 1. Ručni bušaći čekić s potpornom nogom

ali pri povećanju pritiska treba povećati i silu potiska na čekić, i to za ~ 20 kp/at. Veličina potiska na čekić varira između 35 i 150 kp i ravna se prema težini i tipu čekića. Potrebna se sila potiska postiže ručno, mehanički ili preko posebnog pogona ili stapa. Čekić se pušta u rad preko upusne slavine na koju se privije gumena cjev dužine oko 10 m i unutrašnjeg promjera 16, 19, 25 ili 32 mm, već prema veličini čekića. Ova je slavina najčešće smještena blizu ručke čekića, a ispušna se slavina nalazi otprilike na sredini