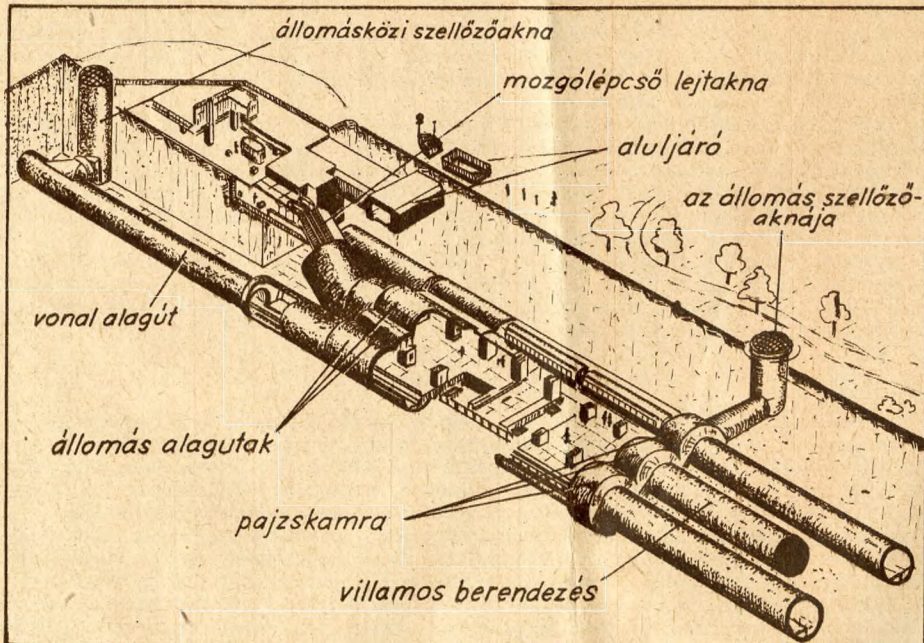


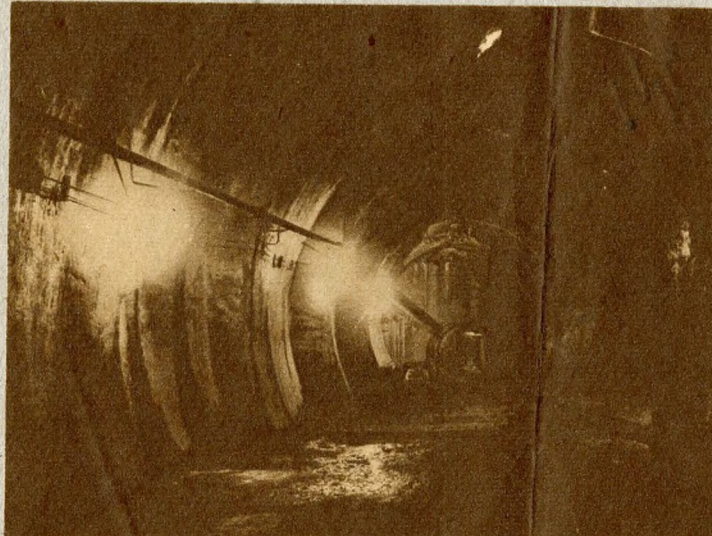
III. Az építkezés fontosabb műszaki problémái

Lapunk előző két számában ismertettük a földalatti létesítésének a talajjal és a vízzel, illetve az építkezés mélységével kapcsolatos problémáit.

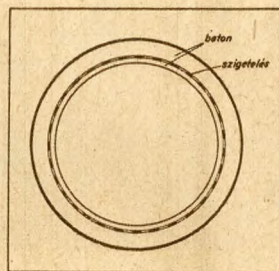
A mélyvasút-építkezés műszaki munkálatainak ismertetését a legcélzerűbb egy jellemző részlet bemutatásával megkezdeni. Első ábránkon nagy méreteivel mindjárt feltűrik az állomás hármaskörű *peronalagútja*. A rövidebb középsőbe vezet le a ferde *mozgólépcső*, s onnan közelíthető meg az a két szélső alagút, amelyben az induló, illetőleg az érkező vonatok megállnak. Természetesen oda torkollnak a kétirányú közlekedés *vonalalagútjai*. (A két pályának nem lenne érdemes egy közös vonalalagutat építeni, mert így sok kihasználatlan „holttér” maradna.) A lépcsővel átellenben van az úgynevezett *pajzskamra*, amelyből az állomás alagútjait készítő fúrópajzsokat indítják

Mélyvasút jellemző részlete





A Bazilika mellett épült aknához kapcsolódó csömszölt beton alagút



A helyszínen készülő szigetelt betonalagút keresztmetszetének vázlata

(lásd alább). Emellett helyezkedik el a *szellőzőakna* és rendszerint a középső alagút egyik részében biztosítanak helyet az *elektromos berendezéseknek*.

Az állomás hármass feladata: a vonatok megközelítése, az energiaellátás és a szellőzés.

A kocsik motorjai 600—900 volt feszültségű egyenárammal működnek. Egyenáram azonban csak nagy veszteséggel vezethető el messzire. Ezért a szellőzőaknán keresztül nagyfeszültségű váltóáramot juttatnak az állomásra, és ott az erre szolgáló alagútrészben elhelyezett *egyenirányítók*, illetőleg *transzformátorok* segítségével átalakítják a szükséges feszültségű egyenárammá.

A nagy teljesítményű gyorsvasúti kocsik óriási mennyiségű energiát fogyasztanak, s ez a fékezés és a súrlódás folytán csaknem 100 százalékgig hővé alakul át. Ehhez hozzáadódik még a transzformátorok, a világítás és az utasok termelte hő. (Ez utóbbi az egész hőmennyiségnek 5—7 százalékat is eléri!) A mély fekvése miatt is hőpalackként viselkedő alagútban a meleg csak felhalmozódik, de nem távozik el: ha *szellőztetés*-sel nem távolítanak el, odalent lassan tűrhetetlenné válna a forróság. A levegőcsere tehát emiatt is nagyon fontos.

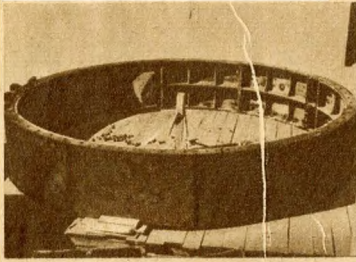
Egy-egy *szellőzőakna* nemcsak minden állomáson, hanem minden állomásközi vonalalagútban is van. A három-hat méter átmérőjű, kútszerű építmények alsó végükön vízszintes alagúttal csatlakoznak az állomáson a pajzskamrához, a pályán pedig a két vonalalagúthoz. Nyáron az állomás aknáján szívják be és a pályák aknáin nyomják ki a levegőt. Télen megfordítják az áramlás irányát, hogy az állomáson tartózkodó emberek már fölmelegedett levegőhöz jussanak.

Ábránkból kitűnik, hogy a földalatti vasút építményeit, helyzetük alapján, három csoportba sorolhatjuk: a közel *vízszintes* helyzetű alagutakra, a *függőleges* aknákra és a *ferde* lejtaknákra (amilyen a mozgólépcső alagútja). E háromféle helyzet más-más építési módszert kíván. Vegyük sorra őket!

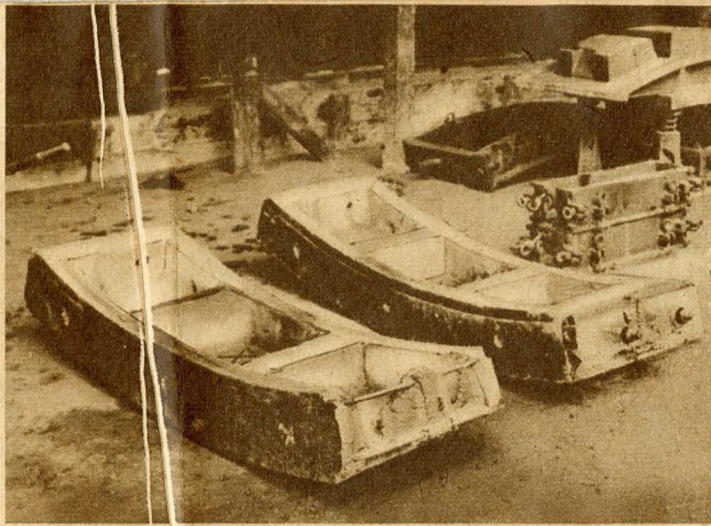
Az alagutak építése

A földalattinak a *rövid* és a *különleges* (nem egyszerű cső) alakú (tehát egyedi kialakítást kívánó) alagútjait másként kell építeni, mint a hosszabbakat. Az előbbieket a *helyszínen betonozzák*. Az erre használt beton eléggé átengedi a vizet, ezért szigetelik, s a szigetelést újabb falazattal kell megtámasztani. A rövid és a különleges alakú alagutak fala tehát két betonrétegből és az általuk közrefogott szigetelőrétegből áll.

Az ilyen helyszínen „csömszölt” betonalagutat — például a szellőzőaknához csatlakozó vízszintes járatot vagy a pajzskamrát — olyasformán építik, mint a bányákban ösödök óta a szén- vagy az ércmező megközelítésére való járatokat. E „*bányászmodszert*”-rel a létesítendő üregből csak olyan kis részletekben vájják ki a földet, hogy a szabad földpartot mindig biztonságosan megtámaszthassák. Az üreget úgynevezett tűzőpallókkal (vastag, széles, kb. másfél méter hosszú deszkákkal) kibélelik, és ezt a bélést gömbfából (gerendákból) összeállított keretekkel támasztják meg, dúcolják alá. A



Öntöttvas tübbingekből összeállított alagútgyűrű



Vasbeton tübbingek törési kísérlet után

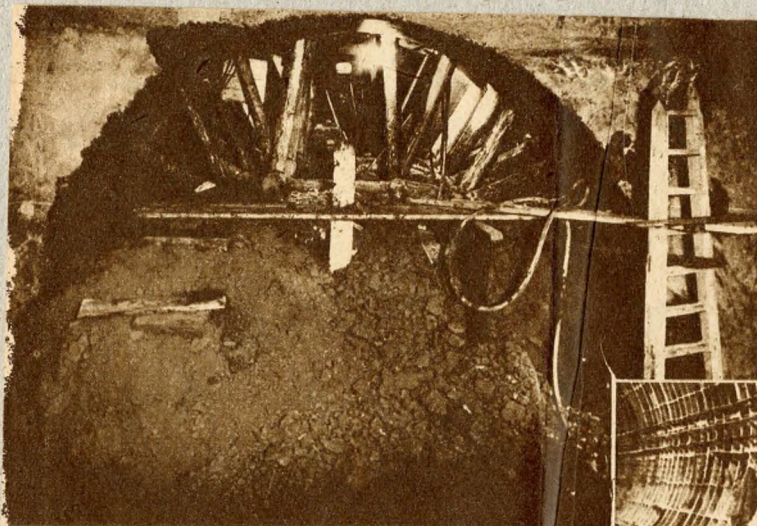
szilárd tartásról keményfa ékek gondoskodnak. A munkát általában táróhajtással kezdik. A *táror* kis méretű alagút, amelyben a pallózást egyforma, kapu alakú dückeretek támasztják meg. Ennek fokozatos bővítésével alakítják ki a kívánt méretű és alakú üreget. A teljesen kivájt üregbe a dúcolaton belül — tőle egy bizonyos távolságra — zsálasutat készítenek, és a kettő közé öntött beton lesz a végleges falazat. A föld sohasem maradhat megtámasztatlanul, mert ez kizárhatóan következményekkel járhat. A takarékoság viszont azt kívánja, hogy a dúcoló faanyagot a falazat építésekor lehetőleg hiánytalanul visszakapják. A kiváló műszaki érzéket és lelkiismeretességet kívánó vágármesterségnek ez is egyik próbaköve.

A bányászmodszert csak kellő szilárdságú talajban alkalmazhatják. Alapelemét, a *táror*t ugyan teljesen záró tűzőpallózással még folyós homokban is „kihajthatják”, bővíteni azonban itt már nem lehet. Ilyenkor kerül sor a talaj *szilárdítására*, mégpedig — a talajtól függően — injektálással (cementpép talajba sajtolásával), vegyi anyagok révén vagy talajfagyasztással (lásd első, 1964/6. számunkban megjelent cikkünket).

A *hosszabb alagutakat* nem építik már bányászmodszerral; itt a falazatot alkotó *elemeket előre gyártják*, és ez nagyon meggyorsítja a munkát. Ezek az íves falelemek: a *tübbing* és az *idomkő*. A *tübbing* anyaga vagy *öntöttvas*, vagy különleges eljárással készült, szinte teljesen vízzáró *vasbeton*. Meghajtott sütőpepsihez hasonlít. A merevítő bordákkal belülről rekeszekre (kazettákra) osztott tübbingeket a peremükön átdugott csavarok erősítik egymáshoz, így alakíthatók ki a falazatot alkotó „*tübbinggyűrűk*”. Az *idomkő* a tübbinghez hasonló méretű tömör *beton* vagy *vasbeton* elem. Inkább száraz talajban alkalmazzák. Összekapcsolásukra csapok is elegendők, mert a kör keresztmetszetű alagútra ható erők enélkül is egyensúlyban tartják a szerkezetet. A *vasbeton tübbing* és az *idomkő*ek vízhatlanságát egyaránt autoklávban végzett gőzöléssel biztosítják (lásd a Kislexikont). Hogy a már összeállított teljes falazat vízhatlan legyen, arról az elemek közti hézagokba tömődött ólom vagy duzzadó cementtel kevert habarcs gondoskodik.

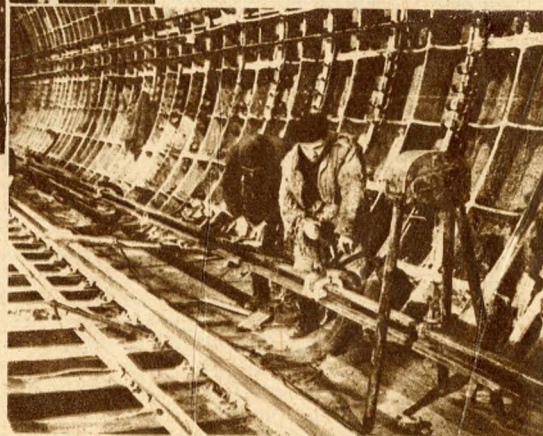
A hosszú alagutak építésének leghatásosabb munkaeszköze a *pajzs*. Ez voltaképpen — mint első cikkünkben már említettük — mozgó dúcolás, földmegtámasztás: egy olyan acélhengere, amelyet a már elkészült falazat végére támaszkodó hidraulikus sajtók tolnak előre. Húsz-harminc darab sajtó több mint 1000 mozdony vonóerejének megfelelő hatással dolgozhat. Az egyszerű pajzsban elől pódiumok vannak, s a vágórok rajtuk állva fejtik a földet légalapácsokkal (amilyenekkel az aszfaltot bontják az utcán). A pajzs „*farokrészeben*” akkora védett tér van, amelybe egy falazatgyűrű éppen beépíthető. Amikor ez a gyűrű a helyére kerül, a pajzs középső részében fölerősített sajtók erre támaszkodva egy gyűrűhossznyival előretolják a pajzsot abba az üregbe, amelyet a vágórok a pajzs előtt vájtak. A farokrészben ekkor megint keletkezik egy gyűrűhossznyi tér és a sajtók dugattyúit visszahúzza az építési ciklus előlről kezdődik. A kivájt földet csillekbe lapátolva az aknában levő felvonó felé irányítják.

A pajzsokba újabban a kézi munkát főlegessé tevő, sok időt megtakarító *földfejtő*



Bányászmodszerral készülő alagút ducolása. A közepén látható keret a táró gerendázata

Szerelik az áramvezető sít az öntöttvas tübbing alagútban



gépezetet szerelnek. Nálunk az egyszerű pajzzsal eddig elért csúcsteljesítmény napi 4 méter előrehaladás; a gépi pajzsok „világrekordja” napi 27 méter. Lágyabb talajban úgy dolgozik, mint a répaszeletelő: a homlokfelületét lezáró tárcsára sugárirányban szerelt késeknek egy kissé kiálló éle szeleteket vág a talajból. Keményebb talajban a szerkezet a vakondok munkáját utánozza: a tárcsa helyére erős acéltartókból keresztet szerelnek, amelyek szárain végig kopásálló anyagú karmok vannak. A gép a keresztet szelmalom módjára forgatja, miközben a karmok kimarják a földet. A földki termelő szerkezethez egy rakodógép is tartozik. Ez a földet emberi kéz érintése nélkül rakja a csillékbe.

Nagyon puha talajban a pajzs földfejtő berendezés nélkül is „gépivé” válik. Ilyenkor ugyanis homlokfelületét lezárják egy acélszerkezettel, amelyen ablakszerű nyílások vannak. Amikor a sajtók a pajzsot előrenyomják, óvatosan megnyitják az „ablakokat”, és a lágy talaj — akárcsak a tubusból kinyomott fogkrém — beáramlik a pajzsba. Arra persze vigyázni kell, hogy csak annyit engedjenek be belőle, amennyinek a helyét az előretolt pajzs elfoglalja, különben a felszín süllyedni kezdene.

Pajzzsal általában vizes talajban építkeznek, ezért — a víz visszazorítása végett — rendszerint sűrített levegőben dolgoznak (lásd első cikkünket). Minthogy ez káros az emberi szervezetre, Párizsban mostanában egy új megoldással kísérleteztek. A pajzsot egy keresztirányú acélfallal kettéosztották. A fal mögött voltak a vájárok és az előretoló sajtók. A fal elé — a pajzs orrába — a hátsó térből kezelhető földfejtő kalapácsokat szereltek. Sűrített levegőt csak a fal előtti részbe nyomtak, s a vájárok a légzáró fal védelmében a szabad levegőn dolgozhattak. Sajnos, e szellemes elgondolás alaposabb kipróbálását megakadályozta az, hogy a több mint 12 méter átmérőjű (négy emeletnyi magasságú) pajzs homlokán a vártnál jóval nagyobb földnyomás keletkezett, s ez egyelőre lehetetlenné tette a szerkezet tervszerű működését.

A hosszabb alagútszakaszokat most már csak akkor építik pajzs nélkül, ha sziklában dolgoznak. Ilyenkor nincs szükség a talaj megtámasztására, fejteni viszont csak robbantással lehet. Három-öt centiméter átmérőjű fúrókkal egy-két méter hosszú lyukakat mélyítenek, és ezekbe helyezik erős fojtással a robbanóanyagot. E munkához fúrókocsit is alkalmaznak. Ennek rögzített helyen levő fúrói egyszerre fúrják ki a lyukakat. A fúrókocsi nagysága az alagút méretétől függ: például a Mont Blanc-alagútban egy 100 tonna súlyú, 16 fúróval felszerelt monstrumot, a stockholmi földalatti építésekor pedig csak egy kimustrált teherautót használtak erre a célra.

A robbantást rendszerint azzal kezdik, hogy a fejtési homlok közepén „betörő

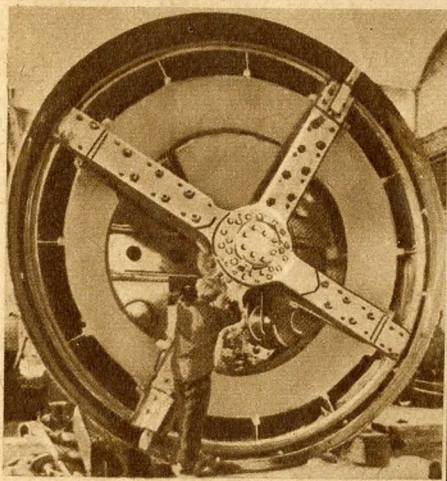
lövésekkel” egy kisebb mélyedést készítenek. Ezzel — szabad felülete lévén — könnyebben lerepeszhető robbantással a homlok kőzetanyagának többi része. Robbantáskor a millszekundus (magyarul: ezredmásodperc) módszert alkalmazzák: egy elektromos szerkezet az egymás mellett sorakozó lyukakban levő robbanóanyag-tölteteket ezredmásodpernyi időközökben gyújtja. A kőzet fokozatosan jön mozgásba, minden következő szikladarabnak már több a szabad felülete, s így gazdaságosabb a munka.

A robbantás — tudomány. A meglévő repedéseket és a kőzet hasadásának irányát megfigyelő s a hatást előre elképzelni tudó jó „lőmester” a robbanóanyag ügyes felhasználásával sok pénzt megtakaríthat.

Az aknamélyítés

A földalatti vasút *függőleges* helyzetű szellőzőaknájának rendszerint laza, talajvízes rétegen kell áthaladnia, ezért keszonsüllyesztéssel építik (lásd első cikkünket). Régebben ezeket a keszonokat a talaj nyomása bizonyos mélységben már „megfogta”, nem engedte tovább csúszni. Újabban különleges minőségű agyagból és vízből kevert „sárral” töltik ki a betonfal és a talaj között hagyott hézagot, és ezzel a súrlódást a legcsekélyebbre csökkentik. Így jóval ragyobb mélységre is könnyen lejutnak, és a légy „burkolatban” a függőleges irányt is jobban megtarthatják.

Szilárd, száraz talajban persze nincs szükség keszonra. Például a pesti metró Széna téri szellőzőaknáját az ősi kútúró módszerrel építették: kiásták az üreget — megtámasztani sem kellett —, és benne felhúzták az akna falát.



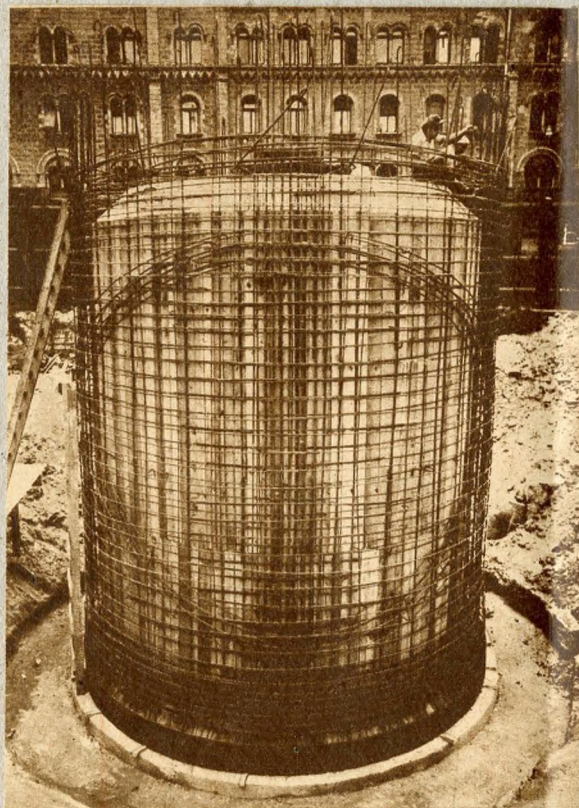
A „világrekorder” gépi pajzs előlről

A lejtakna

A mozgólépcsőt magába fogadó *ferde* lejtakna építése különleges megoldást követel. A felszín alatt rendszerint laza szerkezetű, vízzel telt talajban általában fagyasztással építik a 7–9 méter átmérőjű alagutat. Nálunk olcsóbb megoldást dolgoztak ki, s ezt alkalmazták a múlt évben az Astória Szállónál levő állomáson is. A lejtakna felső részét, akárcsak a szellőzőaknát, keszonsüllyesztéssel készítik. Ezzel beérnek a vízzáró agyagrétegbe.



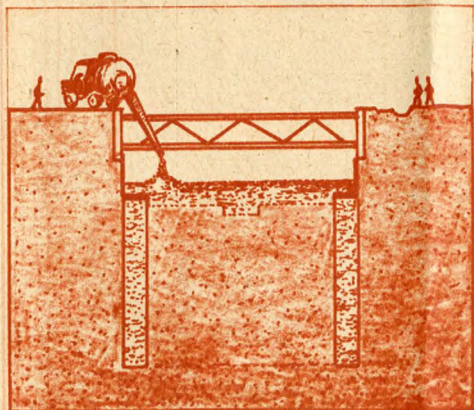
A gépi pajzs hátsó része. Jól látszanak az előretoló sajtók



Betonozás és süllyesztés előtt levő akna
a Rákóczi úton

Ekkor az alagútból alulról fölfelé kezdik meg az építést, mégpedig a tömör agyagban jól alkalmazható bányászmodszerral. A két aknarészt aztán csatlakoztatják egymáshoz.

Milánói módszerrel épülő alagút vázlata. A két, már meglévő fal és a föld fölé elkészítik a földémet, ezután következik az úttest helyreállítása, majd a föld kiemelése a beton elemek közül



A kifejtett föld útja

A metró építkezésének legnagyobb méretű mellék munkája a föld elszállítása: kereken egy millió m³ földet kell megmozgatni. Ebből a földmennyiségből Budapesttől Kecskemétig embermagaságú vasúti töltést építhetnénk.

A csillékebe rakott földet a szellőzőaknába szerelt felvonóhoz továbbítják. Ez a felvonógép helyezkedik el a pesti földalatti munkahelyein most is látható nagy vasállványok, a „csilleplató”-k kiálló tornyában. A felvonó egy-egy „kas”-ában két csille érkezik a csilleplátónak 7 méter magasán elhelyezett kisvasúti „rendező pályaudvar”-ára. Ott a csilléket görgőkön forgó, fekvő henger alakú buktatószerkezetbe tolják, s ez hossz tengelyük körül megforgatja őket, úgyhogy a föld az alatta elhelyezett nagy acéltartályba hull. Ennek feneke acéltagokból készült szállítószalag. Ha megérkezik a földet elszállító gépkocsi vagy villamosvasúti tehervagon, csak meg kell indítani a szállítószalagot, s ez önműködően teletölti őket. Az üres csilléket a „rendező pályaudvar” vágányain visszatolják a felvonóhoz. Ilyenformán a föld a csillébe rakástól kezdve emberi kéz érintése nélkül kerül a felszíni szállító járműre.

A kéregvasút építése

A mélyvasutak építésének fontosabb részletei után érdemes megemlítenünk a jóval egyszerűbb kéregvasút-építkezést is. Itt voltaképpen kétféle eljárást alkalmaznak. Ezeket legtalálósabban angol nevék lefordításával jelölhetnénk: az egyik a „*vájd ki és fedd be*”, a másik a „*fedd be és vájd ki*” módszer.

Az előbbi olyan építkezés, amelyet az úttestről kiásott, nyílt munkagödörben végeznek. Ezt a módszert alkalmazták az Astóriánál levő aluljáró esetében is. Ez egyúttal a legegyszerűbb változatra is példa: itt a gödör szélét részösen alakították ki. Ha nincs elég hely, a gödör függőleges oldalfalú lesz, de ezt már meg kell támasztani. A kiásott gödörben éppúgy építik az — itt négyzetes — alagutat, mint egy házat: az alaplemeze falakat húznak, majd földemmel fedik be az építményt.

Ez a módszer hosszú időre megbénítja az utca forgalmát. De ezt a hátrányt — bár tetemes költséggel — megszüntethetik: például a londoni földalatti új vonalának egyik állomása úgy készül, hogy a gödör fölé cölöpökön álló alacsony



A csilleplató tartányából futószalag szórja a földet a szállító teherautóra

acélfedélzetet építettek a tér forgalmának biztosítására.

Erre sincs szükség a „fedd be és vájd ki” olasz szabadalmú — *milánóinak* is nevezett — módszer alkalmazásakor. Itt a négyszög keresztmetszetű alagútnak először az oldalfalait építik meg, mégpedig olyan munkagödörben, amelybe ember nem léphet. Az árokásó géppel készített árkot ugyanis a földkiemelés ütemének megfelelően *bentonitpéppel* töltik ki (lásd a *Kislexikont*). A bentonittal telt gödörbe a fenéig leengedett csövön keresztül folyós betont engednek. A nehezebb beton fölfelé kiszorítja a bentonitot, s ezt a következő gödörszakaszba folytatják át. Mindaddig nem kell az utca forgalmát leállítani, mert a két fal építése csak két-három méter széles sávot vesz igénybe. Ezután néhány napra elterelik a forgalmat, fölszedik a burkolatot, és a falakra, illetőleg a köztük még ott levő talajra ráépítik a földemet. Ezután helyreállítják a burkolatot (a beton megszilárdulását nem kell megvárni, hiszen a talaj alátámasztja), és a forgalom ismét zavartalanul folyhat. Amikor a földem megszilárdult, a kész oldalfalakkal és a földemmel határolt térből géppel kiemelik a földet, és elkészítik az alaplemezt. E megoldásnak az az óriási előnye, hogy a forgalmat alig zavarja, mindamellett nem sokkal drágább a fordított sorrendet követő módszernél. Egyetlen hátránya az, hogy vizes talajban költséges, mert akkor — a helyszínen betonozott zárt alagútakéhoz hasonlóan — háromrétegű falat kell készíteni. A bentonitpéppel telt gödörben ugyanis nem helyezhető el a szigetelés.

Enyedy László