

244 ÉPÜL a budapesti METRÓ

Okoz-e gondot a talaj és a víz?

Amióta ismét hozzáfogtak fővárosunk új föld alatti vasútvonalának építéséhez, sokan újra felvetik a régi kérdéseket. Vajon leküzdhető-e a laza homok és a vizek okozta nehézségek? Vajon nem jár-e veszéllyel a Duna alatt végzett munka? Vajon tartósan biztonságos lesz-e az alagút? — Még olyan emberek is akadnak, akik szentül hiszik, hogy Budapesten egyáltalán nem lehet metró építeni.

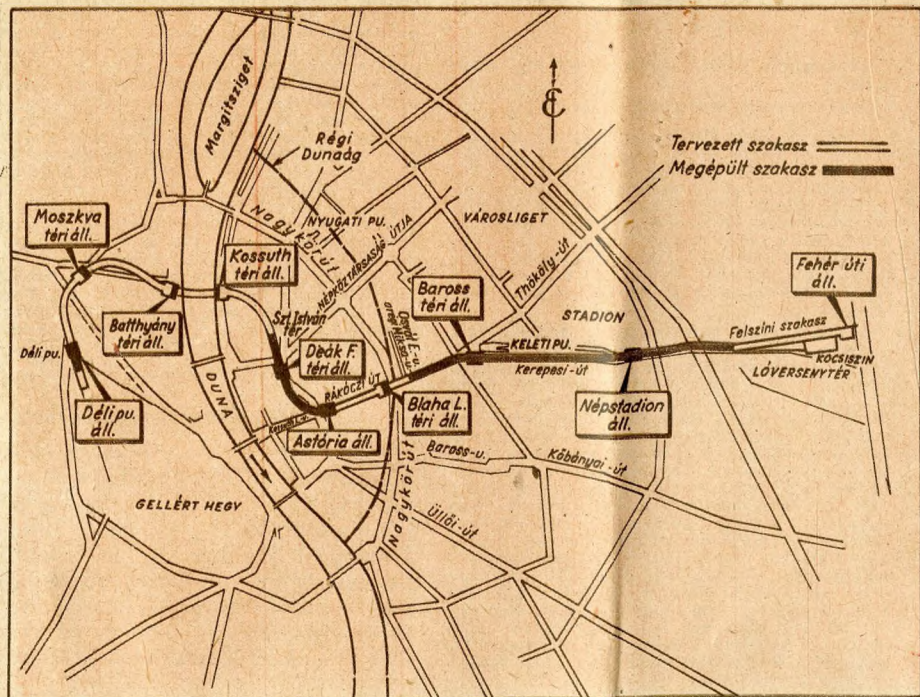
Jogosak-e ezek az aggályok?

Annyi bizonyos, hogy a föld alatti vasút építésére fővárosunk talajának egy része valóban nem olyan alkalmas, mint sok más világvárosé. Budapesten nagyon is változatos rétegekben kell építkezni,

és csupán egy viszonylag rövid alagút-szakasz halad sziklában, mégpedig az eléggé szilárd budai márgában. Csakhogy igazi veszélyt és akadályt *csupán váratlan* körülmények okozhatnak! A földalatti építést azonban alapos felderítő munka előzte meg. A nyomvonal mentén 100—200 méterenként átlagosan 50 méteres kutatófúrásokat mélyítettek, s a belőlük származó talajmintákat több szempontból is tüzetesen megvizsgálták. Így eléggé áttekinthető képet kaptak a mélyben rejlő rétegekről.

Mint hogy az alagút építésének és fenntartásának valamennyi problémája a talajjal, illetőleg a benne található vizekkel kapcsolatos, összetételüknek és tulajdonságaiknak ismerete a látszólag

A metró vonalának térképe. A sötéttel jelzett részekben a terhet hordó szerkezet már elkészült; a szaggatott vonal az egykori Duna-ág útját mutatja



más természetű akadályokra is fényt derít. Ezért cikkünkben a budapesti talajviszonyok ismertetésével igyekszünk válaszolni az imént felsorolt kérdésekre.

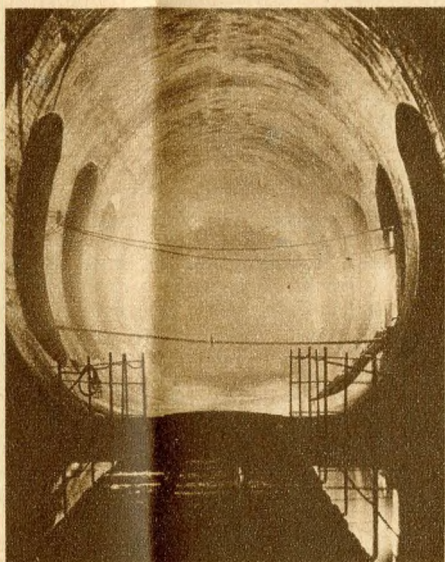
Mindenekelőtt nézzük meg a térképet: a gyorsvasút a Déli pályaudvarnál kezdődik, és a várost nyugat-keleti irányban átszelve, a Kerepesi út és a Fehér út keresztezéséig húzódik. A teherhordó szerkezet az útvonal nagyobb részén már el is készült. (Lásd a térképen a sötét vonalat.) Ennek taglalásával nem foglalkozunk, hiszen ott túljutottak a nehezen, és a kész alagút már nem okoz gondot. A még hiányzó Népstadion—Fehér úti részen a felszínen fog közlekedni a vasút. Marad tehát a Déli pályaudvar és a Szent István tér (Bazilika), illetve az Astoria-sarok és az Osvát Ernő (Miksa) utca közötti szakasz. Ezek talajviszonyait ismertetjük, annál is inkább, mert ott a körülmények eléggé eltérők, s ha ezt választjuk cikkünk vezérfonalául, voltaképp minden problémával megismerkedhetünk.

A Déli pályaudvar és a Moszkva tér között az alagút márga kőzetben készül. Ez elég kemény ahhoz, hogy ne kelljen az omlás veszélyétől tartanunk, víz azonban bőven akad benne. Lássuk hát most, hogy milyen hatással vannak a vizek az alagút építésére.

A készülő metró munkálatai során a legfontosabb feladat a védekezés problémájának megoldása, tehát az, hogy távolartsák a vizet az alagúttól. Ez pedig attól függ, hogy a talajban miként, milyen formában helyezkednek el és esetleg milyen sebességgel törhetnek elő a vizek.

Ebből a szempontból két formát különböztetünk meg: 1. a felszínhez közel levő talajvíz és a vízzáró rétegek közé zárt rétegvíz a talaj szemcséi között maradó hézagokat foglalja el, nagy felületet érint, és a szemcsék között inkább csak szivárogni tud (az ilyen talajban történő alagútépítést lásd később); 2. a sziklás, szilárd kőzet hasadékaiban, üregeiben folyó hideg vagy a nagy mélységből feltörő meleg vizek viszonylag kis helyen tömörülnek, és ha valahol járatukra rábukkan a csákány vagy a fúró, rendszerint erős sugárban törnek elő.

A Déli pályaudvar mellett a földalatti állomás építésekor bukkantak is ilyen hideg forrásokra. Ezeket az építkezés idejére elvezették, illetve kiszivattyúzták, s az alagút elkészültével a szigetelt fal elrekesztelte őket. Az állomás három — csaknem 10 méteres átmérőjű — alagútja még 1952-ben elkészült. Hőforrást a



A Déli pályaudvari állomás középső része

földalatti vasút nyomvonalán eddig a márgában nem találtak. Pedig elég régóta ismerik e hely talajviszonyait: a Vérmezőnek ebben a sarkában még 1831-ben 150 méter mély kutatófúrást mélyítették le. Ez volt az egyik első ilyen fúrás. De az sem volna baj, ha az építkezés során mégis feltörne valahol meleg víz. Erre is volt már példa a fővárosi mélyépitések történetében: 1888-ban az Erzsébet-híd budai lánckamrájának építésekor egy sziklarepedésből óránként 196 ezer liter 47 C fokos hőmérsékletű víz tört fel. Ezen úgy segítettek, hogy a munkagödört egy búvárharang formájú építménnyel lefedték, ebbe a zárt térbe sűrített levegőt nyomtak, s ez visszaszorította a vizet. A hasadékok azután eltömték, vagyis a meleg vizet elrekesztették. Budapest nagyobb mélyépitkezésesein ennek a módszernek az alkalmazása azóta is mindennapos, tehát most sem okozna gondot. Eszerint a források felbukkanása nem is annyira az építkezés, mint inkább az ott dolgozók szempontjából kellemetlen, mert az átázástól még a vízhatlan öltözék sem védi őket eléggé.

A Déli pályaudvar és a Moszkva tér között tehát sem a talaj, sem a víz nem akadályozhatja a metró építését.

A Moszkva tértől a Dunáig (a Batthyány térig) tartó talajszakaszt a jellemző, hogy a felszín alatt — egy keskeny parti

sáv kivételével — nagy mélységig csak *agyagréteg* húzódik. Ez elég szilárd, és alig ereszti át a vizet, vagyis ott az építők csak kevés, szivárgó vízzel találkozhatnak. Nem is okozott hát gondot a Szénátér alatti állomás majdnem egyharmad részének megépítése.

Az eközben végzett vízvizsgálatok azonban más veszélyt jeleztek. A talajból szivárgó víznek feltűnően nagy volt a szulfáttartalma (lásd a Kislexikonban a szulfátok címszót), már pedig ez tönkreteszi a betont. Szerencsére kiderült, hogy a szulfátok jó része az építkezéssel kapcsolatban keletkezett. Az agyag ugyanis piritet (vasból és kénből összetett ércet) tartalmazott, s ezt az alagút fúrásakor odakerült levegő és a megindult vízszivárgás alakította át különféle szulfátvegyületekké. A kivájt üreg falazása és a falazat szigetelése után megszűnt a szulfátképződés, úgyhogy most a talajvíz szulfáttartalma nem haladja meg azt a mértéket, amelyet az ilyen helyen alkalmazott különleges szulfátálló cement károsodás nélkül elbir. A metró további vonalán nem fordult elő jelentősebb szulfátmennyiség.

A Batthyány térig sem lesz tehát különösebb akadály a építkezésnek. S ezzel elérkeztünk a Dunához.

A *Duna alatt* ugyancsak az említett *agyagréteg*ben halad majd az alagút, és víznyomás sem lesz több fölötte, mint a parti sávban. A Duna mélysége ugyanis általában azonos a parti kavicsrétegben levő víz vastagságával. A víznyomásapedig tudvalevően csak a mélységtől függ,

tehát például egy 5 méter mély folyó éppen olyan nyomással hat a fenékre, mint az 5 méter vastag talajvízréteg.

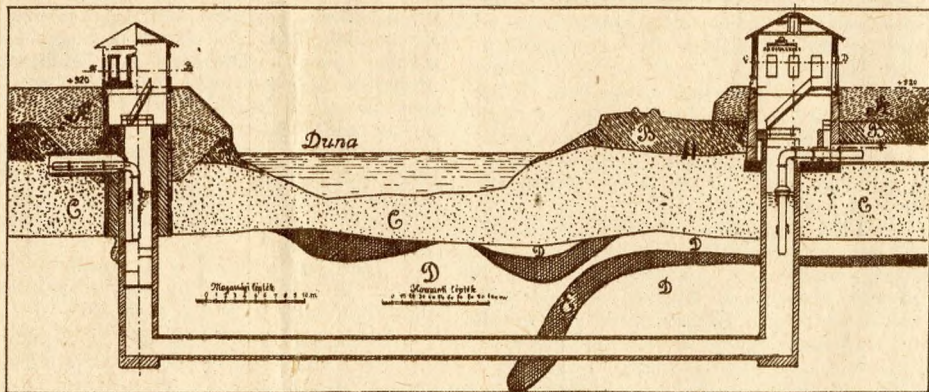
Egyébként már régóta *hét alagút* vezet át a Duna alatt, s közülük három akkora, hogy járható. Az elektromos kábelek és az ivóvíz átvezetésére hivatott alagutak közül az első még 1893—94-ben készült. Sem építésük, sem használatuk közben *nem* volt baj velük.

Csupán egyetlen probléma adódhat ezen a szakaszon, mégpedig az, hogy a tömör agyagban itt-ott előforduló kis mennyiségű víz nagyon lágy. Ha ilyen helyen sokáig szigeteletlenül hagyják a helyszíni betonozással készülő alagút-falazatot, a lágy víz kimoshatja belőle a szabad meszet, s ezzel csökken a beton szilárdsága. Az ilyen helyeken tehát gyorsan el kell készíteni a szigetelést. Ezenkívül vagy öntöttvasból vagy előre-gyártott, nagy szilárdságú, nagyon tömör betonelemekből készítik az alagút falazatát.

A *pesti metró* még hiányzó részeinek építése már nehezebb körülmények között valósítható meg. Az ott található talajviszonyokról akkor kaphatunk hírt, ha megismerjük kialakulásának folyamatát.

A Belváros területén, több millió évvel ezelőtt, amikor a Duna még nem folyt rajta keresztül, egy *agyagtalaj medence* képződött. (Ebben épül a Keleti pályaudvarig vasútvonalunk következő szakasza.) Idővel, amikor a Duna áttörte a visegrádi kaput, az akkori nagy szintkülönbség miatt hatalmas erővel zúdult

A palotai sziget és Káposztásmegyér között a Duna alatt húzódó első alagút terve egy 1896-ban megjelent könyv alapján. A rajz egyúttal a folyó alatt levő talaj rétegződését is megmutatja. A metró nem sokkal mélyebbre épül, mint ez a régi alagút. A) töltés, B) agyagos homok, C) homokos kavics, D) kék, tömör agyag. E) homokos lágy agyag



a sík pesti területre. A metró Deák téri építkezésekor asztalnagyságú görgeteg kövek kerültek elő az agyagmedence felszínén. Ezeket a Duna görgette odáig, erőteljes sodrával. Ebben a rétegben meg is találhatjuk a Kárpát-medence északi részének csaknem minden kőzetfajtáját. A kisebb-nagyobb szemcseméretű kavicsok 8–10 m magasságban töltik fel az agyagmedencét. Olyasféle ez ott, mint amikor egy vízzel telt edénybe kavicsot szórnak. A kavicszemek nem tudnak egymáshoz simulni, s ezért a kavicsréteg köbtartalmának 35–40 százaléka víz. Ez a kavicsréteg ma is megvan az említett medence fölött, persze, homokos, iszapos feltöltéssel takartan. Ha eltávolítanánk ezt a kavicsréteget, nagy vízartalmának megfelelően három-négy méter mély tő maradna a helyén. Pest Belvárosa alatt tehát, ha négy-öt méter mélységre leásunk, vizet találunk, és ha még mélyebbre hatolunk, egészen az agyagmedencéig vízben kell dolgoznunk.

Ebben a talajban a víz másféle építkezést kíván meg, mint Budán. A sziklában bő hozamú a vízér, de csak egy-egy repedésben, járatban folyik, s a kőzetet nem bontja még. Ezért csak elvezetéséről, illetőleg kiszivattyúzásáról kell gondoskodni. *A szemcsés, porózus talajban a víz nagy felületen észlelhető, mozgása viszont — amíg nem háborgatják a talajt — nagyon lassú. A munkagödör létesítésével azonban módot adunk a víznek arra, hogy a talajrétegből eltávozzék, ezzel folyása meggyorsul, és magával ragadja a kisebb átmérőjű talajszemcséket. Ha ez a folyamat huzamosabb ideig tart, a talaj megroppan, és a rajta álló épületek megsüllyednek. A talajvizes rétegben tehát az építkezés során csak olyan mértékben növelhetjük a vízáramlás sebességét, hogy ne bontsa meg a talaj szerkezetét.*

Kiseb mélységű építkezésekor egyszerűen kiássák a gödört, középebe egy kisebb mélyedést, úgynevezett *zsompot* készítenek, és az ebben összegyűlő vizet szivattyúzzák. A kis mélység miatt nem keletkezik nagy szintkülönbség a talajban, illetőleg a zombban levő víz felszíne között, és ezért nem növekszik meg túlságosan a zomp felé tartó vízáramlás sebessége.

Ha nem túlságosan nagy mélységben vízzáró rétegbe, például agyagba ütközünk, a lemélyítendő munkagödört úgynevezett *szádfallal* vesszük körül. A szádfal egymáshoz szorosan csatlakozó, s cölöpverővel levert pallókból vagy acél-



A pesti Duna-part alatti — azóta elkészült — pajzskamrát 1951-ben kezdték építeni. Képlünk még abból az időből ered, és jól láthatjuk rajta a szilárd agyagot

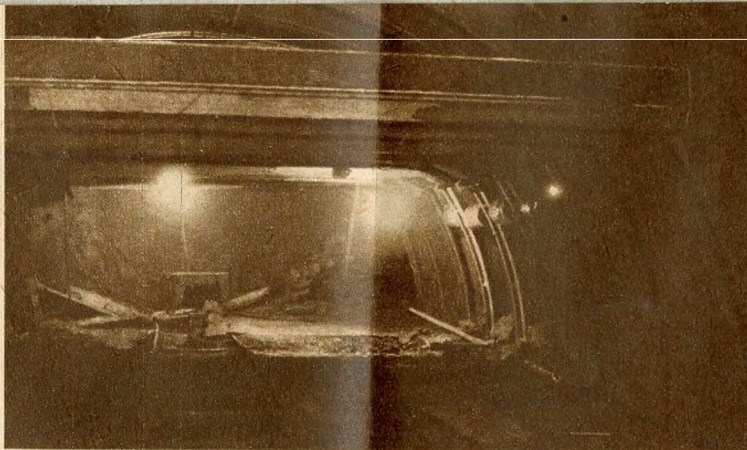
lemezekből áll. Az egymáshoz szoruló pallók között csak kevés víz jut a munkagödörbe, alulról pedig csak annyi, amennyit a többé-kevésbé vízzáró agyag átenged. Ha kevés a gödörbe befolyó víz-mennyiség, megint csak kissé változik meg a talajvíz sebessége.

A talajvíz megbolygatása szempontjából a legtökéletesebb eljárás a szekrény-süllyesztés, az úgynevezett *keszon*. Ilyen munkának voltunk tanúi az Astóriával szemközt, az aluljáró melletti földalatti állomás építésekor. A szekrény tulajdonképpen egy búvárharang, amely alól a benne dolgozók ássák a földet, úgyhogy a keszon mindig lejjebb süllyed. A víz távoltartása szempontjából közlekedő edénynek minősül: egyik szára maga a keszon, másik szára a vízzel telített talaj. A keszonban pontosan akkora légnyomást igyekeznek biztosítani, mint amekkora a talajvíz szintje és a keszon alsó pereme (úgynevezett vágóéle) között a vízoszlop magassága. Így a keszonban levő levegő éppen egyensúlyt tart a talajvízzel. Ha a nyomást pontosan szabályozzák, a talajvíz mozgása nem változik, és a talaj semmiféle károsodást nem szenved.

Ez a vízzel telített homokos kavicsréteg azonban a föld alatt csak az állomás építésekor okoz gondot. Az alagút maga ugyanis a már említett tömör és vízzáró agyagmedencében épül. Jókora hosszúságban már el is készült a Deák téri állomással együtt, amely három — a lánchídhoz hasonló méretű — alagútból áll.

Ezután következik azonban az építkezés *legnehezebb szakasza: az Astoriától a Nagykörútig*. Ott a legkedvezőtlenebbek a körülmények: a kavicsotakaró alatt az

**Folyik az építkezés
a Városháza alatt**



kor megszüntetik a hűtést, a talaj vizszakapja eredeti állapotát.

Ez az eljárás azonban nagyon költséges. Ezért új tervet készítettek, amely szerint az állomás az eredetileg leltérőben a kiindulási ponttól nem nyugat, hanem kelet felé húzódik majd. Ott már kedvezőbb a talaj.

A rossz, folyós homokban tehát már csak az állomásokat összekötő — kb. öt méter átmérőjű — vonalalagutat kell megépíteni, és a nyolc méternél nagyobb átmérőjű állomásalagutak már jobb talajba kerülnek. Erre a munkára egy különleges szerkezetű, szinte tökéletesen „zárt” ducolást biztosító fűrópajzsot terveznek. Azon a néhány helyen, ahol ezzel sem érünk el eredményt, a fagyasztásnál olcsóbb vegyi talajszilárdítást fogjuk alkalmazni: a furatokon keresztül olyan vegyi anyagokat juttatunk a talajba, amelyek szinte összeragasztják a homokszemcséket, ezzel erősen korlátozva folyásukat.

A Rákóczi úti vonalnak már régebben elkészült részén akadt azonban váratlan jelenség is. Ott, amikor a falazatot elkészítették, de még nem szigetelték, a kiemelt vízmintákban szulfátot találtak, holott az építkezéskor nem észleltek ilyent. Kiderült, hogy ezeken a helyeken kén tartalmú kohósalakcementtel készült habarccsal töltötték ki a falazat (az alag-

útbélés) mögött maradt ügynevezett hátúrt. Ennek a cementnek kimosódott kén tartalma mutatkozott a vizsgált vízmintákban. Betonfalban ez kárt is okozhatott volna, ezen a szakaszon azonban öntöttvas gyűrűkből készült az alagútbélés, ennek pedig a szulfát nem árt. A hézagoknak kohósalakcementtel való kitöltését mégis abbahagyták.

A metró felépítése tehát valóban hatalmas feladat, de végrehajtható — és különleges „veszélyek” sem fenyegetnek építkezés közben. A már elkészült falazatban — mint említettük — csak a szulfátos vagy a lágy talajvizek okozhatnak kárt, ha nem volnának szigetelve. A szigetelés azonban az alagutakat, mint mindenütt, úgy nálunk is beláthatatlan időre megóvjaa a rongálódástól. A most épülő vonalat egyébként idővel követi majd a többi. Az észak-déli irányúnak a tervezését máris elhatározták.

Reméljük, hogy néhány év múltán — a földalatti vasúton utazva — még a legaggodalmaskodóbb pesti polgár is elismeri az építkezés sikerét.

Enyedy László