

Alagutak építésének általános ismertetése, építési  
módszerek, eljárások

Nevem Fábián Miklós

A múlt század első felében születtem, építőmérnöki oklevelem a dátum 1968. májusban aranyoklevelet kaptam.

Életemet szinte teljes egészében a kivitelezésben töltöttem. Pályámat a KÉV-Metrónál kezdtem ezen kívül csak saját tulajdonú cégekben dolgoztam. Az utóbbi másfél évtizedben tanácsadással is foglalkoztam, tervezési projekteket is menedzseltem. A szívem máig a kivitelezésé.

A megadott címtől, tartalomtól egy kicsit eltérnék. Az alagútépítés nagyon széles spektrumának ismertetése helyett azokra az építési módokra fókuszálnék, amelyekkel Magyarországon volt módunk találkozni és amelyekkel a közeljövő közúti közlekedési projektek megvalósítása során foglalkoznia kell azoknak, akik a vonatkozó projektek közelébe férnek! (Ez a szempont elég jól egybeesik a személyes referencia listámmal!) A hiányt más alkalommal pótolhatjuk...

Vázlat:

- őskor
- XIX. század (CH)
- alagutak felosztása funkcióik szerint (Széchy + Fm)
- TBM ami nem feltétlenül pajs (csak rövidített felsorolás erősen butítva)
- Konvencionális alagútépítés (nem kell – de szabad -- félni a sötétben)
  - Fúrás mozi 2,5'
  - Robbantás mozi 1,0'
  - Fejtés
  - Szállítás
  - Elsődleges biztosítás
  - Spéci (homlok elé nyúló) biztosítások
  - Belső héj építése (zsalukocsi)
- Nyitott építési módok (cut & cower)
- Referenciamunkák Fm
- Közlekedési pályák magassági vonalvezetése
- München / Trudering
  - München és környéke geológiai felépítés
  - A müncheni metróhálózat fejlődése
  - Esettanulmány: Katasztrófa / Trudering
- MAÚT ÚME 2003 – 2018

2,3,4,5:

A föld alatti tereket már az **ősember** is használta. Még nem létesített ilyeneket, de ha rájuk talált, elfoglalta beköltözött.

Bányászkodásra, a föld alatt található értékek, ásványi kincsek feltárására is használta

És a megtalált föld alatti tereket igyekeztek a beköltözést követően otthonosabbá tenni, díszíteni is. Mivel tapétájuk nem volt, rajzoltak, festettek.

Az **ókor**ból már olyan föld alatti létesítmények is fennmaradtak, amelyeket nem a természet, hanem az ember alkotott tervezett, épített elsősorban vízellátási „projektekről” volt szó.

6,7,8,9,10,11:

A már mai értelemben vett **közlekedési** célú **alagutak** építése iránti igényt az emberek növekvő mozgási, helyváltoztatási igénye hozta magával. A távolsági, első sorban a vasúti közlekedés fejlődése hívta létre a legnagyobb alagútépítéseket. Ezek a munkák az alpesi országokban megkerülhetetlené tették az alagútépítéseket. A példáim Svájcban valók és a hagyományos alagútépítést mutatják:

6.: nagy élő munka ráfordítással jövesztettek, az üreg fölötti kőzet összes súlyát erős fából épített „**ÁCSOLATTAL**” vették fel

7.: Már akkor törekedtek gépesítési megoldásokra

8.: És az öreg mérnökök már akkor megpróbálták előre kitatálni, hogy milyen kőzetek jöhetnek szembe! k előre kitatálni, hogy milyen kőzetek jöhetnek szembe! k előre kitatálni, hogy milyen kőzetek jöhetnek szembe! >>> geológiai hossz-szelvényeket rajzoltak, mert

9.: csak ezen az alapon tervezhették meg a munkamódszereiket, fejtési és biztosítási megoldásaikat,

10.: Fejleszthették a gépeiket,

11.: Juthattak el a kis szelvényű fejtésektől a teljes szelvényig, végül a falazat beépítéséhez.

Hasonló művek világszerte épültek, az akkori Magyarországon is szép számmal.

12.: Az alagutak **funkcióik szerinti felosztásához** hivatkoznék Széchy Károly „Alagútépítéstan” című alpművére. Ebből vettem a táblázatom első két blokkját. Megjegyzem, hogy a német definíciók szerint csak azokat a föld alatti tereket tekintik alagútnak, amiben közlekednek, a közmű- ellátó, stb. létesítményeket nem hívják alagútnak. Széchy Károly listáját vagyok bátor kiegészíteni a piros betűkkel szedett harmadik blokkal, amit bőven tudnék izgalmas, lukratív képekkel is illusztrálni, ha hatórás előadásra kértek volna fel...

13.,14.,15.:

A **gépesített alagútépítési módszerek** közötti választást – más szempontok mellett – alapvetően a kőzetkörnyezet determinálja:

13.: A legegyszerűbb helyzet az, amikor a kőzet olyan szilárd, hogy sem a homlok, sem az alagút oldalfelülete nem igényel megtámasztást. Ilyenkor a GRIPPER TBM kerül alkalmazásra, ahol a maró tárcsa előre tolása az ún. GRIPPER-ekkel oldható meg.

Kevésbé állékony, de nem vízvezető kőzetben a homlok még megáll, de a falazatot már egy acél köpeny, a PAJZS védelmében kell elvégeznünk. A pajzs előre tolását hidraulikákkal a tübbingekhez képest végezzük. Ez volt a 4. metró Budapesten.

14.,15.: Ha a kőzet nem csak nem állékony, de talajvíz is jelen van, akkor nem csak a falat kell egy acél köpeny, PAJZS védelmében intéznünk, de a homlokot is meg kell támasztanunk, pl.

- a fejtmenyből képzett talajpéppel (EPB- pajzs)
- valamilyen folyadékkal (leginkább bentonitos zaggal, zagyos (Slurry) pajzs)
- sűrített levegővel (keszon)

A módszerek további alfajai is vannak, melyek még bőséggel variálhatók is. Minderről részletesebben olvashatnak majd a készülő ÚME vonatkozó függelékében, ill. a következő előadásra a fejezet szerzőjét is meghívhatják.

### **A konvencionális alagútépítés:**

A múlt század ötvenes éveiben alakult ki és NÖT (NATM) néven szabadalmaztatták. Legfontosabb jellemzője, hogy a geológiai és kőzetmechanikai alapelveket egy olyan építési eljárássá ötvözi, melynek során a környező kőzetek eredeti teherbíró képességét használja ki az alagutak biztonságos és gazdaságos megépítésére. A módszer az alpesi alagútépítésből elindulva világszerte meghonosodott, elfogadottá vált. Az elnevezés is sokáig tartotta magát.

Az ITA / AITES létrehozott egy bizottságot, amely feladatul kapta az alapelvek rögzítését. Ennek során kapta az építési módszer a címben jelzett nevét, angolul **Konventional Tunnelling**.

A következő tucatnyi dián és két kis moziban nem elijeszteni szeretném a kollégákat az alagútépítéstől, de azért arra is felhívnom a figyelmüket, hogy félni szabad, de nem feltétlen kell.

16.: Az alagútépítésnek fontos gépe a fúrókocsi. Ez a gép állítja elő a robbantásos alagúthajtáshoz szükséges fúrólyukakat és készíti elő a horgonyok helyét. Rövid 2,5 perces film mutatja be a technikát.

17.: 1 perces mozit mutatok a robbantásról, amiből nem tanulunk meg robbantani, de látunk valamit.

18.: A gépi fejtés nagyon hatékony megoldása a marófejes jövesztőgéppel való fejtés.

19.: Az alagúti baggerrel való fejtés a robbantással is kombinálható, de anélkül is megél.

20.,21.,22.: A fejtett anyag szállítása alapesetben dömperekkel történik. Ezek normális méretű (pl.közúti úrszelvénynek megfelelő) alagutakban kb. 14m<sup>3</sup>-es, ennek megfelelően 20to méretű járgányok, amelyek nagyon fordulékonyak és jó terepjáró képességűek!

23.,24.,25.: A következő diákon az elsődleges (ideiglenes) biztosítási munkák néhány megoldását mutatom be. A lényeg, acél ívtámok, vasszerelés ponthegeesztett hálókából és több réteg lőtt beton. A módszer filozófiai lényegéhez tartozik, hogy a biztosítást nem a lehető legkorábban, de nem is túl későn kell beépíteni, hanem a megfelelő időben, azaz lehetővé kell tenni a kőzetek befelé mozdulását, mert ilyen módon tud kialakulni a „boltozathatás” a kőzet és a beépített biztosítás együttdolgozása.

26.,27.: Ha a kőzet állékonysága nem megbízható (nincs meg a szükséges kohézió), akkor előfordulhat, hogy a fejtési homlok elé nyúló biztosításokat kell alkalmazni, vagy speciális talajkezelésekkel kell a kifejtett üreg állékonyságát biztosítani. Itt sem tudom a teljes arzenál bemutatni. Mindkét ábra az M6 autópályalánc egyik alagútjáról szól, amelyben előzőleg egy szakadás is volt!

28.,29.: Az alagút végleges teherviselő szerkezete normál esetben egy vasbeton belső héj, amelyet rendszerint zsalukocsi alkalmazásával építünk be, napi 10 ~ 12 m-es sebességgel. A belső héj építésének különösen nehéz (de szép) mozzanata a portálkoszorú építése, ami az alagútba történő behajtás meghatározó élményét okozza. Függőleges metszetben viszonylag könnyű ábrázolni ill. kiserkeszteni ezt az elemet, de az alagútszelvény ferde sikkal való metszését bezsaluzni a legjobb ácsokat is próbára szokta tenni (mérnöki együttműködés ellenére is).

### **Nyitott építési módok (cut & cover):**

Ezt az ügyet nem tárgyalnám részletesen, csak felsorolnám a legfontosabb elemeit:

- Falak épülhetnek résfalakból, fúrt cölöpökből, kéregpakettből, vagy monolit vasbeton szerkezetekből,
- A lefedések készülhetnek előregyártott elemekből (hídgerendákból, zsaluzott, vagy földre zsaluzott monolit vb. szerkezetekből),
- De a bányászati módszerekkel épülő alagutak felszín közeli szakaszai is kitarakással épülnek a bányászati szakasz keresztmetszetének megfelelő elrendezéssel.
-

## Referenciamunkák Fm:

A következő mintegy 50 képen olyan munkákat mutatok be, amelyeknek a kivitelezésében 1983 és 2002 között magyar munkások (több mint 200 fővel) és mérnökök (több tucat építő-, ill. bányamérnök) vettek részt a világ egyik legigényesebb piacán, Németország és Ausztria vezető szakképeinek alvállalkozóiként. A munkákat fele részben a KÉV-Metró németországi főépítésvezetőségének az égisze alatt, fele részben a budapesti székhelyű és mindvégig magyar tulajdonú TU-TI Bau Kft. által megkötött vállalás szerződések keretei között valósítottuk meg.

A referenciajegyzék a NÖT-ös, helyesebben a **konvencionális alagútépítés** fejtési és biztosítási munkáit is jól illusztrálja, mert a közel 20 éves tevékenység alatt előfordult:

- minden lehetséges geológiai formáció a sziklától a fosóhomokig,
- minden lehetséges méretű fejtési keresztmetszet az éppen csak járható 8m<sup>2</sup>-től a 200-m<sup>2</sup>-ig,
- ennek megfelelően minden lehetséges fejtési és biztosítási módszer, megoldás!

Egyben az alagutak felosztást is jól szemlélteti a jól cizellált tevékenységünk:

30.— 81. dia

## Közlekedési pályák (benne alagutak) vonalvezetése:

Széchy Károly definíciója: Az alagutak olyan föld alatti építmények, amelyek két pont közötti közlekedési, vagy szállítási összeköttetés céljára létesülnek.

Dr. Jáky szerint: Olyan vonalas mérnöki létesítmények, amelyek a felszínt elhagyva a föld belsejében folytatódnak.

Egyik fogalom-meghatározás sem tartalmazza, hogy arra szolgál, hogy az infrastruktúra fejlesztőinek (Építető, Tervező, Kivitelező, Üzemeltető) életét megnehezítse. Úgyhogy nem ebből kell kiindulni, hanem abból, hogy a pálya útjában lévő (természetes, vagy épített) akadályt küzdjük le általa, rend szerint környezetkímélő, sokáig fenntartható, kulturált megoldással!

A legtipikusabb akadályok a domborzatiak.

82.: egy légifotót mutatok egy svájci közútról. Nincs benne sem alagút sem híd, maximum néhány kisebb-nagyobb támfaldarabkára lehet következtetni

83.: A hazai hidász szakma egy ékkövéét mutatom! Mindenki felismeri a Kőröshegyi völgyhídat, ami több magyar rekordot tart. Kérdés, hogy általában a hegycsúcsokat kell-e viaduktokkal összekötni. (Mi lenne, ha Nepálban, vagy Svájcban is így akarnának eljárni?)

84.: Ehelyett ajánlanám megfontolásra egy németországi vasútvonal hossz-szelvényét, amely messze nem alpesi tájon, ellenkezőleg>>> középhegységes domborzatú vidéken halad.

85,86.: Akik úgy gondolják, hogy „lapos” sík tájon nem kellene alagutak, azoknak ajánlom a következő két képet a figyelmébe, amely a Dánia és Svédország közötti összeköttetést mutatja be. Egy létesítményen belül megfér a közúti és a vasúti kapcsolat az alagút a dán oldaltól egy mesterségesen létesített szigetig, onnan pedig egy szemet gyönyörködtető, műszakilag is izgalmas híddal!

87,88.: És ezért nem szabad az M0 autópálya alagútláncát támadni, kutyázni. A hazai példa szépen szemlélteti, hogy egy középhegységes tájon

- nem kellene völgyhídek a hegycsúcsok között
- nem kellene bázisalagutak,

az optimális vonalvezetés a dombok derékmagassága körül vezet, ami még tág teret ad a hídépítő szakma gyakorlóinak is az önmegvalósításhoz.

89.: amit még egy tajwani vasúti alagútról készült légifotóval is igazolok!

Hasonló prezentációk alkalmával felszokták vetni, hogy valóban reális-e, hogy az alagútépítés, benne a személyes és céges részvételünk tényleg egy sikersorozat, diadalmenet-e? Erre válaszul bemutatnék egy olyan esettanulmányt, aminek a során sikerült egy alagutat magunkra döntenünk:

## Esettanulmány: München Trudering (Katasztrófa)

90., 91.: Nem akarok geológusi (talajmechanikusi) babérokra törni, de mutatok két rajzocskát München és környéke geológiai felépítéséről. A lényeg röviden: a város a müncheni kavicssíkság közepén fekszik, Délről az Alpok moréna vidéke határolja, Észak felől harmadkori dombvidékek. München területe nem volt gleccservidék, de a gleccserek lefolyási területe volt, ahol az édesvízi molaszra a kavics feltöltést terítették a jégtömegek. A rétegek váltogatják egymást, nem homogén összletek.

92., ~ 96.: A város 1966.-ban nyerte el a '72-es olimpia rendezésének a jogát, csak ekkor kezdődött a metróhálózat kiépítése. (Állítólag Budapesten is jártak tanulni, hogyan kell egy ilyen beruházást előkészíteni és megvalósítani, azóta 100 km-t meghaladó hálózatot építettek ki.

97., ~ 103.: A '90-es években a repülőteret kitelepítették a városból és a helyén egy vásárvárost létesítettek. Ezt egy metróvonallal kellett megközelíthetővé tenni. Ezekben az években a városban minden föld alatti létesítményt, ami a föld alatt konvencionális módszerekkel épült – függetlenül attól, hogy a fővállalkozó melyik német, és osztrák cégekből álló konzorcium volt – alvállalkozóként a KÉV-Metró, majd a helyébe lépő TU-TI Bau Kft. épített.

97.: A tenderterv egy a harmad és negyedkori réteg határán építendő vonalvezetésből indult ki. Ehhez tetemes előzetes talajszilárdítás és keszon kellett volna.

98.: A kivitelezői konzorcium egy olyan célszerűbb műszaki megoldással nyerte el a munkát mi szerint a vonalat a biztonságosnak tűnő agyagmárga fedőréteg alá helyezték az alagutat, miáltal meg lehetett takarítani a talajszilárdítást és a keszonüzemet.

99.: Ez az elképzelés a fedő agyagmárga réteggel nem volt egyeztetve, ezért az egyik csőben először egy kis vízszivárgás keletkezett, ami később felerősödve már kavicsot is hozott és megállíthatatlanná vált.

100.: A fejünk fölött egy városi busz megálló volt, buszokkal, utasokkal, várakozókkal. A gyorsan kialakult föld alatti üregek egyre nőttek, majd a külszínig felszakadtak.

101.: A felszakadási tölcsérbe egy busz is beleesett, >>> 3 halott, 36 sérült, köztük súlyosak.

102.: A sajtó felkapta a témát, zömében dehonesztáló beállításban szerepeltünk.

103.: Ennek ellenére nagyrészt az eredeti terveknek megfelelően, ráadásul mindvégig az alvállalkozói közreműködésünkkel sikerült a munkát befejezni.

Senkit nem ítétek el, mindenki ellen megszüntettek minden eljárást, a jó Istenre fogták a bajt.

Fél évvel később a beruházó építési igazgatója írásban igazolta, hogy cégünk, csapataink bevetése a müncheni metró megvalósításában „**KÖZÉRDEK**”! A levelet természetesen azóta őrzöm...