

## 25 éves a Csalagút<sup>1</sup>

### 1. Történelmi előzmények

Anglia és Franciaország közötti „száraz” összekötés megvalósítása nem új gondolat. Már a régi, római birodalom idejében is felmerült egy tenger alatti alagút létesítése. A technika akkori színvonala mellett ennek kivitelezése lehetetlennek bizonyult. Napóleon is álmódzott egy csatorna alatti alagútról, melyen keresztül csapatokat tudna Angliába szállítani. Bukása után elképzelését félretették.

A XIX. sz. második felében és a XX. század elején a Suez-i, ill. Panamacsatorna sikeres megépítése után már technikailag nagyobb esélyt láttak egy csatornaalagút létesítésére. A gond az volt, hogy míg az előző kettőt a felszínen, addig a Csalagutat a tenger alatt kellett megépíteni.

A XX. század első felében – a kedvezőtlen nemzetközi helyzet és a két

világháború miatt – gondolni sem lehetett egy ilyen, nagy horderejű műtárgy felépítésére. 1959-ben angol-francia részvétellel alakult egy műszaki munkacsoport, melynek sikerült olyan tanulmánytervet letenni az asztalra, amit mindkét kormány elfogadott. Hosszabb előkészítés után 1972-ben elkezdődtek a munkálatok, azonban az angol kormány 1975-ben az egészet leállította.

1984-ben a londoni és párizsi kormány- most már véglegesen – megállapodott a Csalagút építésében. Az egyezményt Margaret Thatcher brit miniszterelnök és François Mitterand francia elnök párizsi találkozáján szentesítették. 1986-ban megalakult a közös EUROTUNNEL Társaság (fele-fele tulajdoni arányban) mint a beruházás fő lebonyolítója.

### 2. A Csalagút tervezése

Már korábban eldöntötték, hogy a Csalagutat Anglia és Franciaország között a La Manche csatorna Doveri-szorosában, a két legközelebbi

szárazföldi pont (Dover–Calais) összekötésével építik meg.

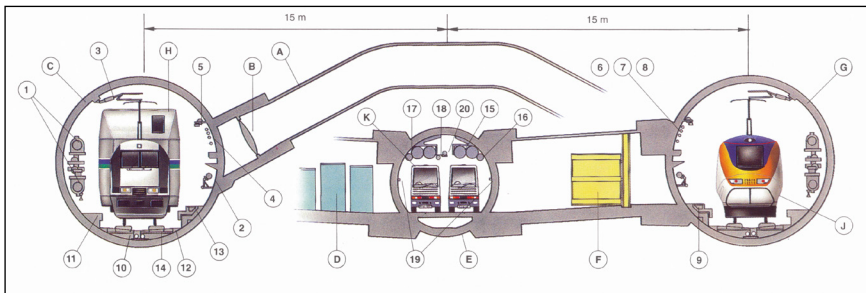
A terveket angol, francia, német, osztrák és három magyar mérnök-ből<sup>2</sup> álló nemzetközi munkacsoport készítette. Megállapodtak néhány alapfeltételben:

- Három alagutat kell építeni. Kettőt a vasúti közlekedés céljára 7,5 m átmérővel (ezek az ún. közlekedő alagutak), kettő között pedig egy 4,5 m átmérőjű szervizutat. A két közlekedőalagút egymástól való tengelytávolsága 30 m.
- Az alagutak között az átjárhatóság biztosítására 350 méterenként egy 3 m átmérőjű, összekötő alagutat kell építeni.
- A levegőcsere és a hőkiegyenlítés céljából 250 m-ként egy 2,5 m átmérőjű, felső vezetésű (a szervizutat nem érintő) csövet kell a közlekedő utak közé beépíteni.

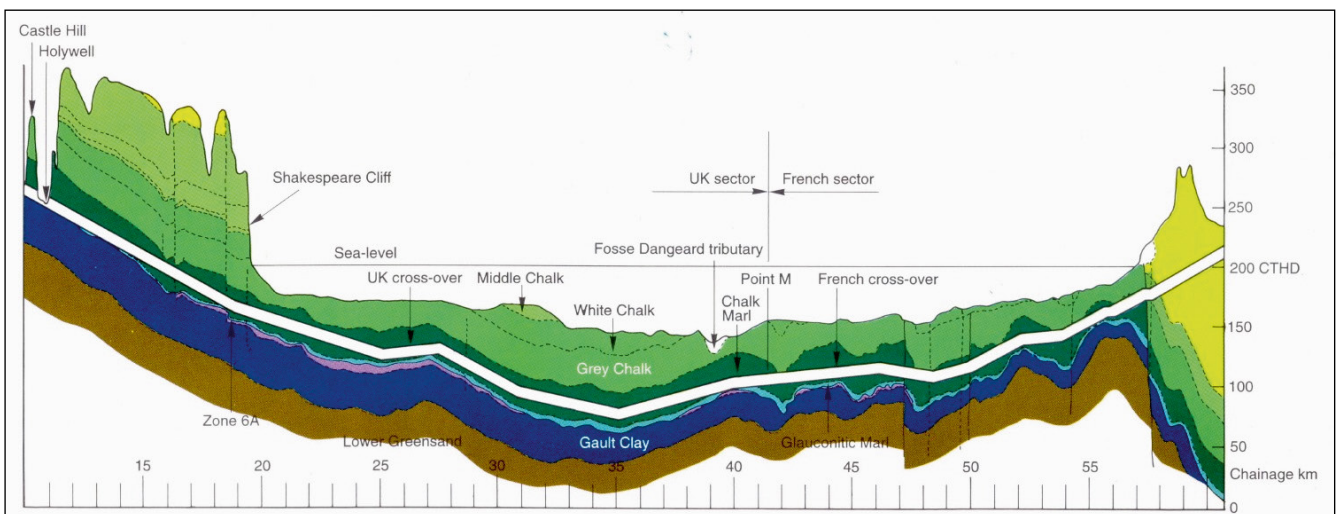
Az alagút függőleges (magassági) értelemben való vezetése gondot jelentett. A geológiai fúrások eredményei (mágminták) azt mutatták, hogy a tenger szintje alatt, 50–100 m mélységben, egy jól fúrható és meglehetősen száraz, mészmárga réteg fekszik. Ez a réteg azonban nem vízszintes, hanem jelentős, hullámzó magasságkülönbségekkel rendelkezik. A réteg a tenger szintje alatt 20–130 m között található.

<sup>2</sup> A tervezési munkákban az UVATERV három munkatársa vett részt: Pethő Csaba, Strébely Erzsébet és Vagács József.

<sup>1</sup> A csatornaalagút kifejezés rövidített alakja angol mintára: chanel tunnel – chunnel



A Csalagút metszete (Wikipédia\_Tambo)



A Csalagút függőleges vonalvezetése (Wikipédia\_Tambo)

Az alagutat 50 km hosszúra tervezték, melyből a tenger alatti rész 38 km. A szárazföldi részeken lévő „kibúvó” lejtaknák hosszát az angol oldalon 8,5, míg a francia oldalon 3,5 km-ben szabták meg.

A fúrásokat a part közelében mindkét oldalon függőleges aknából indították. Ezeken az aknákon keresztül történt a munkagépek levitele, a kitermelt föld (meddő) felszínre hozatala és a dolgozók szállítása. A találkozási pontot nem középre, hanem az angol parttól 22 km-re, míg a francia parttól 16 km-re tervezték. Ennek az volt az oka, hogy az angol oldalon – az altalaj száraz és porózus állapota miatt – könnyebben és gyorsabban lehet fúrni, mint a francia oldalon. A szervizút fúrási folyamatát biztonsági okból úgy tervezték, hogy néhány száz méterrel mindig előzze meg a közlekedőalagutak fúrását. Ezzel lehetőség nyílt az esetleges irányhiba korrekciójára.

### 3. Geodéziai előmunkálatok

A bevezetőben utaltam arra, hogy az alagútrendszer építése 1975-ben elkezdődött ugyan, de később leállították. Ebből az időszakból rendelkezésre álltak a két ország háromszögelési hálózatának korábbi összekapcsolásából származó irány-, hossz- és azimutmérési jegyzőkönyvek. A számításokat a francia Institute Géographique National és az angol Ordnance Survey közösen végezte. Alapfelületül az 1924. évi Hayford-ellipszoidot választották. A kiegyenlítés elvégzése után a fúrási kezdőpontokban a hibaellipszisek tengelyei nem voltak nagyobbak 10 cm-nél.

Még az építési munkák megkezdése előtt a hálózatot műholdas helymeghatározási módszerrel (GPS) is ellenőrizték. A kétféle módszerrel végzett mérések relatív hibája (kiegyenlítés után) a 38 km-es szakaszon vízszintes értelemben 4 cm-nek adódott. Ez a hálózati megbízhatóság az elvárásokat kielégítette.

A magassági rendszerek összekapcsolása terén már nehezebb volt a helyzet. Mindkét ország más kiinduló alapszintet használt. A két rendszer összekapcsolása szárazföldön

lehetetlen volt. A csatorna miatt háromféle megoldás kínálkozott:

- a) a) trigonometriai magasságmérés,
- b) hidrodinamikai (tengeri) mérés és
- c) műholdas módszer (GPS).

A trigonometriai magasságmérés 40 km-es távolságban, tenger felett, ködös időjárási viszonyok mellett, különböző hőmérsékleti viszonyok között, 50-80 cm-es bizonytalanságot eredményezett, ezért ezt a módszert elvetették. A tengeren végzett hidrodinamikai szintezés esetén úgy találták, hogy a különbség a két ország magassági rendszere között  $0,30 \text{ m} \pm 8 \text{ cm}$ . A GPS-szel mérve ugyanaz a különbség  $0,20 \text{ m} \pm 8 \text{ cm}$ . Végül a tervezők a hidrodinamikai szintezés eredményét fogadták el. Azért, hogy az építkezés közben ne kelljen negatív értékekkel számolni, az egységes magassági vonatkozási szintet 200 méterrel lefelé eltolták. A hálózat pontjainak vízszintes koordinátáit egy síknegyedbe helyezték, így minden pont X- és Y-koordinátája pozitív értéket kapott.

### 4. A Csalagút építése

1987. december 1-jén az alagút fúrás mindkét oldalon megkezdődött. A munka a találkozási pontig 3 évig tartott. A találkozási pont – mint korábban említettem – a kiindulástól az angol oldalon 22 km-re, míg a francia oldalon 16 km-re volt.

A három alagút mindkét végén hat fúrópajzs dolgozott. További hat pajzs tartalékban állt rendelkezésre. Az építés közbeni ellenőrző méréseket geodétacsoportok végezték. Hat helyen hat csoport dolgozott, létszámuk 30-50 fő között mozgott. Az alagút építése során mobil WC-ről nem lehetett gondoskodni, ezért a szükségletek elvégzése az egyéni leleményességen múlt.

Az alagutakban létesített sokszögvonalakat – a különösen szigorú tűrések miatt – sokszor kellett újra mérni. Az átlagosan 100 m hosszú oldalanként az irányeltérés:  $\pm 0,5''$ , a hosszeltérés:  $\pm 2 \text{ mm}$  és a magassági eltérés  $\pm 2 \text{ mm/km}$  lehetett. (Itt jegyzem meg, hogy a városi metróhálózatok építésénél, kb. 500 m-ként, függőaknák segítségével biztosítják a kapcsolatot a felszíni és föld alatti ponthálózat között.

Erre a Csalagút egész hosszában nem volt lehetőség.)

A Csalagút építése során 4,9 millió  $\text{m}^3$  földet termeltek ki. A meddőt a szárazföldön különböző helyeken úgy rakták le, hogy az a környezetet ne csúfítsa el. A fúrás éjjel-nappal, váltott műszakban folyt. Hatalmas, 250 m hosszú, 760 tonna súlyú pajzsokkal dolgoztak. Ezeket a fúrópajzsokat kifejezetten erre a célra fejlesztették ki, és gyártották le. A közlekedőalagutakon dolgozó pajzsok 7,5 m, míg a szervizúton dolgozók 4,5 m átmérőjűek voltak. Az alagutak kibélelésére 1,5 m hosszú, vasbeton tübingeket használtak. A tübingeket robotok tették a helyükre, és a munkások csavarozták össze. Mögéjük – a vízszigetelés érdekében – 10 atmoszféra nyomással speciális anyagot injektáltak. A pajzsok átlagos napi előrehaladása 50 m volt.

A szervizalagúton folyt a munkások szállítása is. 183 vasúti kocsi látta el ezt a feladatot, és havonta mintegy 130 000 km-t közlekedtek. A projekten hét év alatt, több mint 13 000 munkás és mérnök dolgozott. A személyek felszínre való szállítása legalább egy órát vett igénybe. A dolgozók közül – sajnálatos módon – közel 1400-an megsérültek, 190-en csonkolt balesetet szenvedtek, és 11-en meghaltak. Az utóbbiak nevét emléktábla őrzi az alagút bejáratánál.

Az alagútrendszer felénél, a partoktól mintegy 19 km távolságra, hatalmas méretű, ún. „keresztvezőkamrát” építettek. Erre azért volt szükség, hogy két mozgó vonat egymás elől ki tudjon térni. A kamra szélessége 40 m, hossza több száz méter. Tübingekkel kibélelni nem lehetett, erre speciális módszert dogoztak ki.

Minden alagútépítés rémálma a vízbetörés. 1988 márciusában az angol oldalon, nagy mennyiségű (300 l/perc) víz tört be az alagútba. A geológusok megállapították, hogy nem tengervízről, hanem rétegvízről van szó. A vízfolyások járatait gyantával kevert betonnal tömték el. Három hónapi szakadatlan küzdelem után a vízbetörést sikerült megszüntetni. A fúrást ezalatt természetesen leállították.





A Csalagút francia bejárata Coquelles-nál (Wikipedia\_Billy)

## 5. Geodéziai művezetés

Minden alagút építésének kritikus része – kétirányú fúrás esetén – a találkozás. A geodétákra, akik az építést folyamatosan irányították és ellenőrizték, nagy felelősség hárult. A vízszintes méréseket giriteodolittal, míg a magasságmérést szabatos szintezőkkel végezték. A megbízhatóság érdekében a méréseket sokszor kellett megismételni. A végellenőrzést egy független, német geodéziai iroda végezte. 1990 szeptemberében, amikor már közel voltak a találkozási ponthoz, végrehajtották az utolsó ellenőrzést. Ekkor az alagutakban minden munkát leállítottak, hogy a zavaró tényezőket kiküszöböljék. 1990. november 1-jén a két fúrópajzs már csak 100 m-re volt egymástól.

Az utolsó szakaszon a munkát a kritikus találkozási pontig már kézi erővel, kézi fúrással végezték. 1990. december 1-jén érkeztek meg a találkozási ponthoz. Nagy volt az öröm és megkönnyebbülés, amikor az angol fúrómester a francia oldalon megjelent. Ezután annyira kitágították a lyukat, hogy azon át tudott férti a mester, és megtörtént a baráti kézfogás valamint a pezsgős koccintás. A találkozás metrikus eredménye a következő:

- keresztirányú eltérés 36 cm,
- hosszirányú eltérés 7 cm,
- magassági eltérés 6 cm.

1991. január végére a szervizalagút elkészült. További három évig tartott a közlekedőalagutak, a vasúti hálózat,

az elektromos berendezések, a világítás stb. kiépítése. A Csalagút ünnepélyes átadása 1994. május 6-án, a francia oldalon, II. Ezsébet angol királynő és Mitterrand francia elnök jelenlétében zajlott le.

## 6. Gazdasági elemzések

A Csalagút tervezése és építése világviszonylatban is egy rendkívüli és hatalmas műszaki teljesítmény volt. Műszaki szerepét tekintve mindkét ország vasúti hálózatának a része. Az alagutakban speciális, francia gyártmányú (Eurostar) vonatok 160 km/ó sebességgel közlekednek. A Párizs–London távolságot a korábbi kilenc óra helyett három óra alatt teszik meg. A gépkocsikat és kamionokat az alagutakban speciális vasúti kocsik szállítják. Naponta átlagosan 3000 kamion és 10 000 személygépkocsi veszi igénybe a szolgáltatást. Közel 300 vasúti szerelvény közlekedik naponta, ami 15 percnkénti sűrűséget jelent. A teljes közlekedést az angol oldalon egy vezérlőközpontból állandóan figyelik és ellenőrzik.

Valamennyi munkálatot, a tervezéstől a befejezésig, az EUROTUNNEL angol–francia konzorcium, magántőkéből finanszírozta. A beruházó az építéssel a TML<sup>3</sup>-t bízta meg. A hét éven át tartó munka 21 milliárd dollárba került. Ezt a hatalmas összeget a bankok azzal a feltétellel bocsátották rendelkezésre, hogy a beruházásnak

<sup>3</sup> TransManche Link, brit-francia építési konzorcium

55 év alatt a bevételekből meg kell térülnie. A karbantartási, üzemeltetési és fenntartási költségek az EUROTUNNEL-t terhelik.

A Csalagút megépítése bizonyította, hogy a mérnöki tudás és a fejlett technika mire képes. Az elmúlt negyedszázad alatt jelentősebb működési fennakadás nem történt. Ez az igen gondos műszaki figyelő szolgálat munkájának köszönhető. A Csalagútért nap mint nap dolgozó személyek a feladatukat életcélként tekintik. Büszkék arra, hogy itt dolgozhatnak. Munkájukról, valamint az egész építés történetéről a BBC angol tv-társaság, dokumentumfilmet készített, melyet 2019-ben a NAT-GEO TV is bemutatott. Nagyon örülünk, hogy – ha mégoly csekély mértékben is de – magyar szakemberek is részt vehettek ebben a grandiózus vállalkozásban.

Befejezésül, köszönetemet fejezem ki Strébely Erzsébetnek, az UVATERV irányító tervezőjének, a Csalagút-tervezés egyik magyar résztvevőjének, a kézirat átnézéséért, valamint a hasznos tanácsokért.

## Irodalom

- Jakobs, E. 1991. Die Bau- und Vermessungsarbeiten für Kanaltunnel Dover-Calais. (Vermessungs Technik, No. 1)
- Pethő Csaba 1989. A csatornaalagút munkái. (UVA-Híradó).
- Strébely Erzsébet 1991. A La Manche csatorna tervezése a magyar résztvevő szemével (UVATERV Híradó, 3. sz.).
- Vagács Géza 1991. A csatornaalagút és geodéziai munkái. Geodézia és Kartográfia 3. sz.

Dr. Székely Domokos