

# Geotechnikai sajátosságok egy nagy átmérőjű föld alatti gázvezeték építésének előkészítő munkáinál

Szitnyai György  
GEOSZI, szobela@gmail.com

Szoboszlai Béla  
GEOSZI, szobela@gmail.com

Gálos Miklós  
BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, miklos.galos@gmail.com

**ÖSSZEFOGLALÁS:** A tanulmány figyelemfelhívóan mutatja be azokat a legfontosabb geotechnikai, geofizikai, földrajzi, földtani és környezetvédelmi körülményeket, melyek vizsgálata és értelmezése a nagy átmérőjű föld alatti acélcső távvezeték és annak kiszolgáló létesítményeinek (állomások), valamint a természeti képződmények vagy mesterséges létesítmények keresztezési műtárgyainak tervezéséhez, kivitelezéséhez, valamint az ezekhez szükséges számos hatósági engedély beszerzéséhez alapvetően szükségesek voltak.

*Kulcsszavak:* föld alatti távvezeték, geotechnika, mérnökgeológia

## 1 ELŐZMÉNYEK

Az európai földgáz ellátás biztonságának növelése céljából nemzetközi összefogással – Ázsia és Európa között – egy nagy átmérőjű, föld alatt elhelyezett, földgázszállító tranzit távvezeték építését tervezik, mely Magyarországon is keresztül halad.

Az ilyen jellegű létesítmények tervezése és építése során számos (és sokszor egymásnak ellentmondó) műszaki, környezetvédelmi és szociológiai követelményt kell kielégíteni. Az ezzel kapcsolatos kompromisszumos megoldások kidolgozása egyfajta optimalizációs feladat, melynek eredményessége alapvetően a természeti környezet ismeretének szintjétől függ.

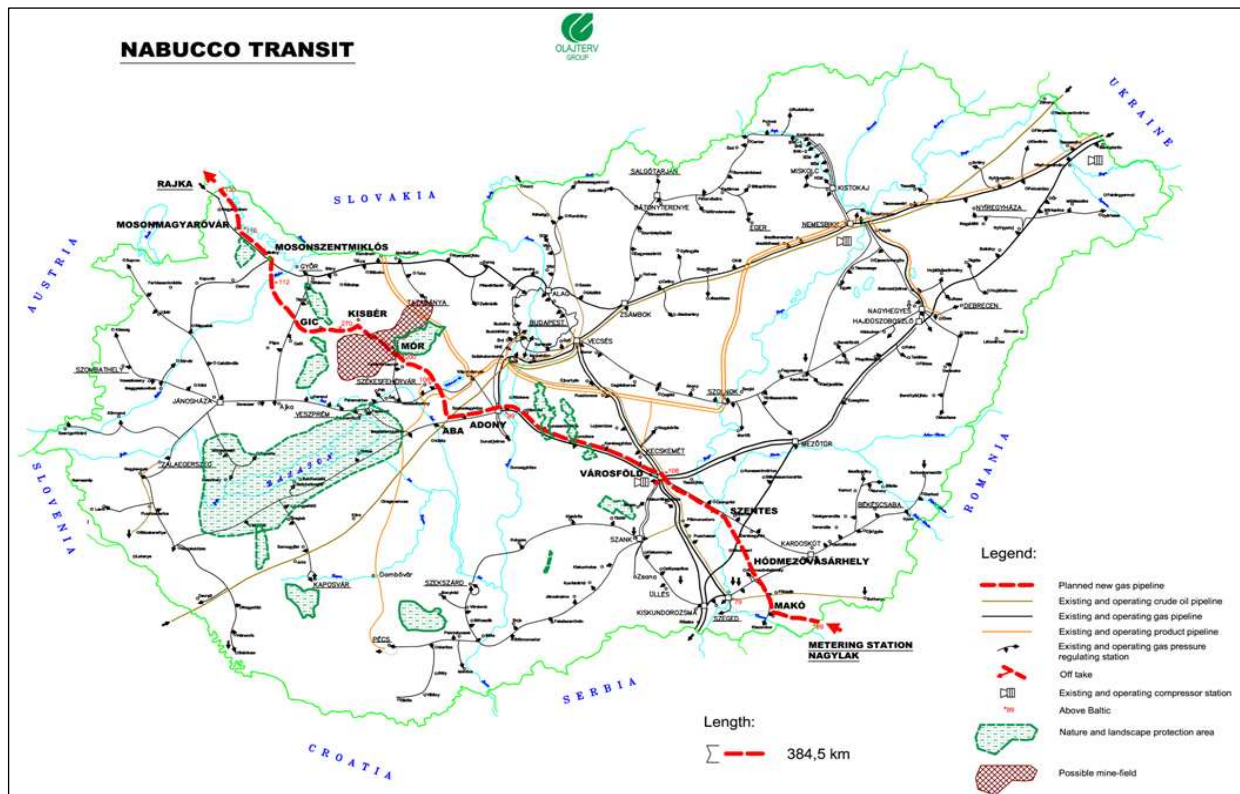
Az említett természeti környezetre vonatkozó ismeretek megszerzését célozzák az előzetes műszaki tervezési folyamat során elvégzett adatgyűjtési, feltárási és vizsgálati munkák. Ezek elsősorban geotechnikai jellegűek, de ezek mellett igen fontos a kapcsolódó társtudományok (földtan, vízföldtan, geofizika, földrajz, környezetvédelem) részvétele, kiegészítő szerepe is.

Az előbbieken említett szempontok figyelembe vételével és az említett műszaki tudományok tárgykörén belül tehát az elvégzett vizsgálatok és az elkészített geotechnikai dokumentáció alapvető célja volt:

- a gázvezeték tervezéséhez, engedélyezéséhez, építéséhez és üzemeléséhez szükséges alapinformációk szolgáltatása, azok kiértékelése, valamint az ezekkel kapcsolatos alapvető számítások elvégzése;
- a vezeték nyomvonala mentén, illetve annak hatásterületén belül mindazon körülmények feltárása és megismerése, melyek alapján a szükséges részletességgel tisztázhatók a tervezett létesítmények és azok természeti környezetének kölcsönhatásai;
- az elvégzett vizsgálatok és azok eredményei alapján a létesítmények olyan optimális módon történő megépítésének és üzemeltetésének megvalósítása, mely – a lehető legkisebb költség-ráfordítás és környezetkárosító hatás mellett – garantálja a létesítmények szakszerű, biztonságos működését.

## 2 A VEZETÉK JELLEMZŐI, TERVEZÉSI ALAPADATOK

A tervezett DN1400 mm átmérőjű és PN90 bar nyomásfokozatú földgázz szállító távvezeték mintegy 384 km hosszú szakasza Nagylak térségében érkezik hazánk területére, s Magyarországot DK-ÉNy irányban átszelve Rajka közelében hagyja el országunkat. A nyomvonalat az 1. ábra mutatja.



1. ábra. A vezeték nyomvonalának étnézet térképe

A tervezéshez kiadott vezetéképítési irányelvek és az ezzel kapcsolatos későbbi hatósági egyeztetések alapján:

- A vezeték fektetési mélysége az általános vonali szakaszon 2,2–2,4 m vagyis a záradék-vonal feletti földtakarás mintegy 0,8–1 m.
- A közúti keresztezések esetében a pályaszint alatti minimális földtakarás 2,0 m, a csőszakasz biztonsági tényezője 2,0 és szükség esetén teherelosztó vb. lemezt kell beépíteni. Az átvezetést alárendelt utak esetében nyílt-árkos átvágással, a főutak esetében sajtolással oldják meg.
- A vasúti keresztezéseknél a pályaszint alatti minimális földtakarás 3,5 m, a csőszakasz biztonsági tényezője 2,0 és védőcsövet kell beépíteni. Az átvezetést általában sajtolással végzik.
- A kis vízfolyások, csatornák és árkok keresztezésénél a mederfenék alatti minimális földtakarás 1,5 m. Az átvezetést általában vezérárokkal történő átvágással végzik, víz alatti árokkotrás vagy szád-falás megtámasztás mellett.
- A nagy vízfolyások keresztezésekor mederfenék alatti minimális földtakarás folyók esetében 3,0 m, a Duna esetében 5,0 m. A nagy vízfolyások melletti töltések keresztezésénél a töltésláb alatti minimális földtakarás 2,5 m és az indító- ill. fogadó-aknák töltéslábtól mért minimális távolsága I. rendű töltéseknél 25 m, II. rendű töltéseknél 10 m. Az átvezetés jellemzően vízszintes irányított átfúrással (HDD), egyszerűbb esetben átsajtolással történik.

A nyomvonalon kívül összesen mintegy 430–440 keresztezés valamint 14 mérő-, átadó- és szakaszoló-állomás tervezésére van szükség.

A geotechnikai dokumentáció elkészítéséhez felhasznált geotechnikai, geofizikai és környezetvédelmi vizsgálatok, mérések és számítások az érvényes európai nemzetközi szabványok szerint, illetve egyes speciális esetben az erre vonatkozó hazai előírások szerint történtek.

## 3 A NYOMVONAL MENTI TERÜLETEK SAJÁTOSÁGAI

A nagy nyomású földgáz szállítására alkalmas csővezeték önmagában kellő szilárdsággal és megfelelő rugalmassággal rendelkezik. Ugyanakkor a folyamatos szerkezeti kialakítású vonalas létesítményt az

igen eltérő adottságokkal és sajátosságokkal jellemezhető területrészekben történő áthaladása során számos veszélyforrás érinti. Ezek feltárására, megismerésére vonatkozó legfontosabb körülményeket a következőkben ismerhetjük meg.

### 3.1 Geotechnika

A tervezett nyomvonal talajadottságainak feltárása, környezeti viszonyainak megismerése és az egyéb szempontok (pl. nemzetközi szintű műszaki követelmények, gazdaságosság, környezetvédelem, műszaki biztonság, hatósági előírások, technológiai megoldások, problémás talajkörnyezetek, stb.) figyelembe vétele összetett és körültekintő geotechnikai szemléletű munkát, gondos geotechnikai előkészítést követelt meg.

A tervezett nyomvonal helyszíni bejárását követően és társtervezők által szolgáltatott tervezési műszaki adatok ismeretében összeállított feltérési terv alapján történt a fúrások és szondázások vizsgálatok helyének kijelölése. A feltérások és a talaj-, illetve a talajvíz-minták laboratóriumi vizsgálatai alapján megismerhetővé vált a nyomvonal menti rétegződés, a talajvíz helyzete és a vezeték magába foglaló talajkörnyezet talajfizikai, talajmechanikai sajátosságai.

Ezen vizsgálatok alapján kimutathatók voltak azok a helyszínek és körülmények, melyek mind a tervezésnél, mind pedig a vezeték és kiszolgáló létesítményeinek építésénél fokozott gondosságot igényelnek. Ilyenek például a nagyobb vízfolyások (szivárgások, hidraulikus gátállékonyság), a magas talajvízállású (víztelenítési problémák), a tőzeges (felúszás veszély), valamint a löszös (roskadás veszély) területek, a földrengés esetén talajfolyósodásra hajlamos térségek, az összeálló kőzetek (fejtesi nehézségek) területei, valamint az alábányászott (utólagos felszínsüllyedés), a csúszásveszélyes (lejtőmozgások) illetve felszíni erózióra (kitakarási veszély) hajlamos térségek.

A helyszíni feltérások közvetlen célja, hogy a vezeték nyomvonala mentén a szükséges részletességgel tárja fel az altalaj rétegződési viszonyait, a rétegek anyagi összetételét és talajfizikai jellemzőit valamint a talajvíz helyzetét.

A fúrások és szondavizsgálatok elhelyezését, egymástól mért távolságát (telepítési sűrűségét) a tervezett létesítmény vagy a keresztezett műtárgy kivitelezési és műszaki igényei valamint a morfológiai, rétegződési adottságok (változékonyság, vastagság, stb.) határozták meg. Ennek során figyelembe lettek véve az erre vonatkozó hatályos műszaki szabványok és előírások is, de alapkövetelmény volt, hogy a kapott eredmények alapján a létesítmények biztonsággal megtervezhetőek és kivitelezhetőek legyenek. Ennek megfelelően a nyomvonal szakaszon, illetve a síksági területeken és a viszonylag egységes rétegződésű részekben nagyobb; míg a keresztezések és állomások helyén, illetve a hegyvidéki-dombsági területeken és a változatos rétegződésű részekben kisebb feltérési távolságokat kellett alkalmazni.

A vonali szakaszokon általában 1–2 km távolságokban 6 m mélységű; az út- vasút- és kisvízfolyás-kereszteзésekben 10–50 m távolságokban 6–10 m mélységű; az állomások területén egy-egy 6 m mélységű; a nagyobb és jelentősebb főút- és nagyvízfolyás-kereszteзésekben 100–300 m távolságokban 15–35 m mélységű fúrások, valamint CPTu és DPSH szondavizsgálatok történtek. Az említett fúrások adatait, rétegződési körülményeit és a talajfizikai jellemzőket egyedi fúrásjelvények, míg az „in situ” helyszíni szondavizsgálatok eredményeit külön adattáblázatok dolgozzák fel.

Össességében a tervezett nyomvonalon 346 db 100–130–150 mm átmérőjű, 2,3–15 m mélységű fúrás mélyült, 2247 fm hosszúságban. Továbbá 49 db 180 mm átmérőjű 23,1–35 m mélységű fúrás készült, 1331 fm hosszúságban. A tervezett irányított átfúrásokhoz (HDD) 41 db 14,5–35 m mélységű CPTu szondavizsgálat 1076 fm hosszúságban, valamint 11 db 13,6–30 m mélységű DPSH szondavizsgálat 300 fm hosszúságban készült. A Magyaralmás település előtti szakaszon 5 db 5–6 m mélységű kőzetfúrásra is sor került, 27 fm hosszúságban. A mintavételezés általánosan a 0,5 m-es mélységi lépcsőben történt, csak a nagy vastagságú és azonos talajösszetételű rétegek esetében nőtt 1 m-re.

A fúrások célja az altalaj rétegződésének, anyagi összetételének és a talajvíz helyzetének felderítése, valamint a talajminták kinyerése volt. A CPTu szondavizsgálattal a talajrétegek anyagi összetételének meghatározása már csak megközelítő pontossággal történhet, viszont a talajfizikai jellemzők egy része ezzel az „in situ” módszerrel a ténylegeshez közeli értékével határozható meg. Mivel a durvaszemcsés talajokból (pl. a Kisalföld területén települő durvakavicsos Duna-terasz összletből) csak zavart minták nyerhetők, ezzel a módszerrel csak a talaj szemszerkezete határozható meg pontosan. A DPSH szondavizsgálattal viszont megismerhető a talajok „in situ” tömörségi állapota, mely alapján már megbízhatóan következtethetünk az egyéb talajfizikai paraméterekre is.

A fúrások és a szondázások vizsgálatok tehát egymást jól kiegészítő feltérési módszerek, melyek segítségével a legeltérőbb talajadottságok mellett is megbízhatóan felderíthetők a rétegződési adottságok, a talajösszetétel és a talajfizikai jellemzők.

A helyszíni feltárások Ø100 mm-es BORRO, Ø130 mm-es WITTE, Ø150 mm-es ML-1, Ø180 mm-es G-1 és UGB-50 típusú fúróberendezésekkel, illetve PAGANI TG 73-200 típusú kombinált szondázó (CPTu és DPSH) berendezéssel a készültek. A kinyert zavart talajmintákon a víztartalom és a talajazonosító vizsgálatokon kívül a szerves anyag tartalom meghatározására; a zavartalan magmintákon pedig számos triaxiális vizsgálatra és fázisos összetétel vizsgálatra került sor. A talajvíz mintákból általános építési-kémiai (agresszivitási) vizsgálat készült.

A helyszíni feltárások a gázvezeték magyarországi szakaszának nyomvonala mentén történtek, konkrétan a vonali szakaszok, a keresztezések és az állomások területén. Az adatgyűjtés és az egyéb kiegészítő vizsgálatok viszont – a körülményektől, a helyszíni adottságoktól, a vizsgálatok jellegétől és a vizsgált elem sajátosságaitól függően – a vezeték nyomvonalától számított 1–2 km távolságig terjedtek.

A rendelkezésre álló adathalmazok kiértékelése alapvetően grafikus módszerekkel, a lineáris interpoláció és az extrapoláció alkalmazásával történt (pl. rétegződés). Az átlagértékek számításával történtő meghatározása általában az egyszerű matematikai átlag képzési elve szerint történt, egyes esetekben azonban a rétegvastagsággal vagy a feltárási távolsággal súlyozott átlagok segítségével (pl. talajvízszint, szivárgási tényező). A talajfizikai jellemzők karakterisztikus értékeinek meghatározásakor statisztikus módszerekkel számoltunk, a Student-féle eloszlás alapján.

Azt az előzőekben ismertetett módszerekkel összegyűjtött adathalmazok kiértékelése, értelmezése és felhasználása kapcsán azonban fontos szem előtt tartani, hogy:

- A nyomvonal mentén elvégzett konkrét helyszíni vizsgálatok és az adatgyűjtés során beszerzett adatok nagy része pontszerű, vagyis az így szerzett adatok pontosak ugyan, de csak a vizsgálati pont szűk környezetét reprezentálják. Az adatgyűjtés alkalmával beszerzett adatok kisebbik része viszont területi jellegű, vagyis egy adott területre általánosan jellemző ismereteket tartalmaz, s helyileg attól kisebb-nagyobb eltérésekre számítani kell.
- Lényeges továbbá, hogy a tervezett létesítményeket magába fogadó földtani közeg térben folyamatosan (de nem lineárisan) változó tulajdonságokkal (agyagi összetétel és talajfizikai sajátosságok) rendelkezik.
- A geotechnika feladata, hogy az előbbieken említett változó, de ténylegesen csak pontszerűen megismerhető adottságokat a tervezés során felhasználható egységes képpé (talajmodell) alakítsa. Ennek során olyan mértékű egyszerűsítésekre és általánosításokra van szükség, melyek rendelkeznek mindazzal a minimálisan szükséges biztonsággal, ami a kedvezőtlen eltérések esetében is biztosítja a létesítmény üzemszerű működését.

Az említett vizsgálati módszerrel megbízható kép alakult ki az altalaj rétegződési viszonyairól és a rétegek talaj-fizikai jellemzőiről, mely alapján a további tervezési és kivitelezési munkákra alkalmas reprezentatív talajmodellt lehetett kialakítani.

### 3.2 Földrajz, geomorfológia

A tervezett távvezeték morfológiai szempontból több eltérő jellegű, sík-, domb- és hegyvidéki tájegységen halad keresztül, melyek jellegzetességei a következők.

- 0 – 72.000 m szelvények között: Az Alföld nagy alaktani tájegységhez tartozó (ezen belül a Tiszántúl) Maros–Körös-köze és Alsó–Tisza-vidék (Tisza-árok) középtáj körzete, konkrétan a Csongrádi-sík és a Dél–Tisza-völgy kistájak helyszíne. A nyomvonal szakasz átlagos tengerszint feletti magassága 78–91 m, jellemzően alacsony-ártéri helyzetű, lefolyástalan, eróziós mélyedésekkel szabdalt terület, mely a Maros folyó hordalékkúp-síksága. A Tisza folyó felé lejtő terület – a folyó szabályozása előtt – időszakosan vízzel borított felszín volt.
- 72.000 – 186.000 m szelvények között: Az Alföld nagy alaktani tájegységhez tartozó (ezen belül a Duna–Tisza-köze) Duna–Tisza-közi Homokhátság középtáj körzete, közelebről a Kiskunsági-lőszhát, Kiskunsági-homokhát és a Dunamenti-síkság (ezen belül a Csepeli-sík) kistájak helyszíne. A nyomvonal szakaszon a 100.000 m-es szelvényig a terepfelszín a 79 m-es szintről fokozatosan emelkedik a 93 m-es szintre, majd a 145.000 m-es szelvényig a 125 m-es magasságra. Innen a terület már a Duna felé lejt, átlagosan a 94–97 m-es szintig. Ez az enyhén hullámos felszínű, gyengén szabdalt felszín a Duna hordalékkúp-síksága. Felszínét a közel párhuzamosan elhelyezkedő homokbucka csoportok és a szűk laposok, mélyedések jellemzik, melyet kisméretű időszakos tavak, vizenyős mocsarak és tágabb szikések tarkítanak. E felszíni formák általában ÉNy–DK irányultsággal rendelkeznek. A Duna közelében az ala-

csony-ártéri teraszra jellemző homokos háta, homokos parti övzátonyok és különböző feltöltöttségű morotvák (holtágak) találhatóak.

- 186.000 – 237.000 m szelvények között: Az Alföld nagy alaktani tájegységhez tartozó Mezőföld középtáj térsége, ezen belül pedig a Közép–Mezőföld kistáj helyszíne. A nyomvonal menti felszín a Dunamenti 97 m-es szintről fokozatosan (helyi 130–140 m-es kiemelkedésekkel tarkítva) emelkedik először a 105–125 m-es magasságra, majd a 230.000 m-es szelvénytől a 150–190 m-es szintre. A változó vastagságú lösszel fedett hordalékkúp-síkság jellegű területet a Seregélyesi-völgy két 150–180 m-es magasságra kiemelkedő, enyhén hullámos felszínű löszplatóra osztja. A löszplatókat az eróziós lepusztulási formák jellemzik, eróziós–deráziós völgyek, löszdolinák, löszmélyutak formájában.
- 237.000 – 270.000 m szelvények között: A Dunántúli-középhegység nagy alaktani tájegység több hegyvidéki középtáját (Velencei-hegyvidék, Bakony-hegység és Vértes-hegység) érintő térsége. Ezekben belül a Serédi-hát kistáj területe enyhén tagolt felszínű, lösszel fedett alacsony-dombság. A Bakonyt és a Vértest elválasztó Móri-árok kistáj ÉNy–DK csapásirányú, bonyolult szerkezetű, tektonikus eredetű völgy, melynek árkos süllyedékét hordalékkúp eredetű völgyalakzatok, lépcsős vetődések és kisebb magaslatok, dombok, tanúhegyek tagolják. A nyomvonal mentén a felszín 130–180 m tengerszint feletti magasságok között változik, helyenként 210–270 m-re kiemelkedő szakaszokkal tarkítva.
- 270.000 – 318.000 m szelvények között: A Dunántúli-középhegység nagy alaktani tájegység területéhez tartozó Bakonyvidék középtáj térsége, szűkebb értelemben véve a Súri-Bakonyalja és a Pápai-Bakonyalja (Pannonhalmi-dombság) a kistájak területe. A Súri-Bakonyalja jelentős szintkülönbségekkel rendelkező, eróziós völgyekkel erősen tagolt hegységelőtéri alacsony-dombság. A Pápai-Bakonyalja ehhez hasonló jellegű területrész, de kissé alacsonyabb felszínű és gyengébben tagolt táj. A nyomvonal menti felszín a 200–250 m-es magasságról fokozatosan süllyed először az átlagosan 140–170 m-es szintekre, majd tovább alacsonyodva a 125 m-es átlagszintre a Kisalföld síksági területéhez csatlakozik.
- 318.000 – 384.000 m szelvények között: A Kisalföld nagy alaktani tájegység Győri-medence középtájának körzete, ezen belül pedig a Csornai-sík, a Hanság és a Mosoni-síkság kistájak térsége. Ezek a lapos, közel vízszintes felszínű területek a Duna folyam, valamint a Rába, a Rábca és a Marcal folyók alacsony- és magas-ártéri hordalékkúp-síksága. A nyomvonal menti terepszintek nagyrészt 112–115 m-es átlagmagasságban hízódnak. A Mosoni-síkság területén viszont már ÉNy-i irányban – a határvidék felé – emelkedik, s itt a 120–130 m-es magasságot éri el.

### 3.3 Földtan

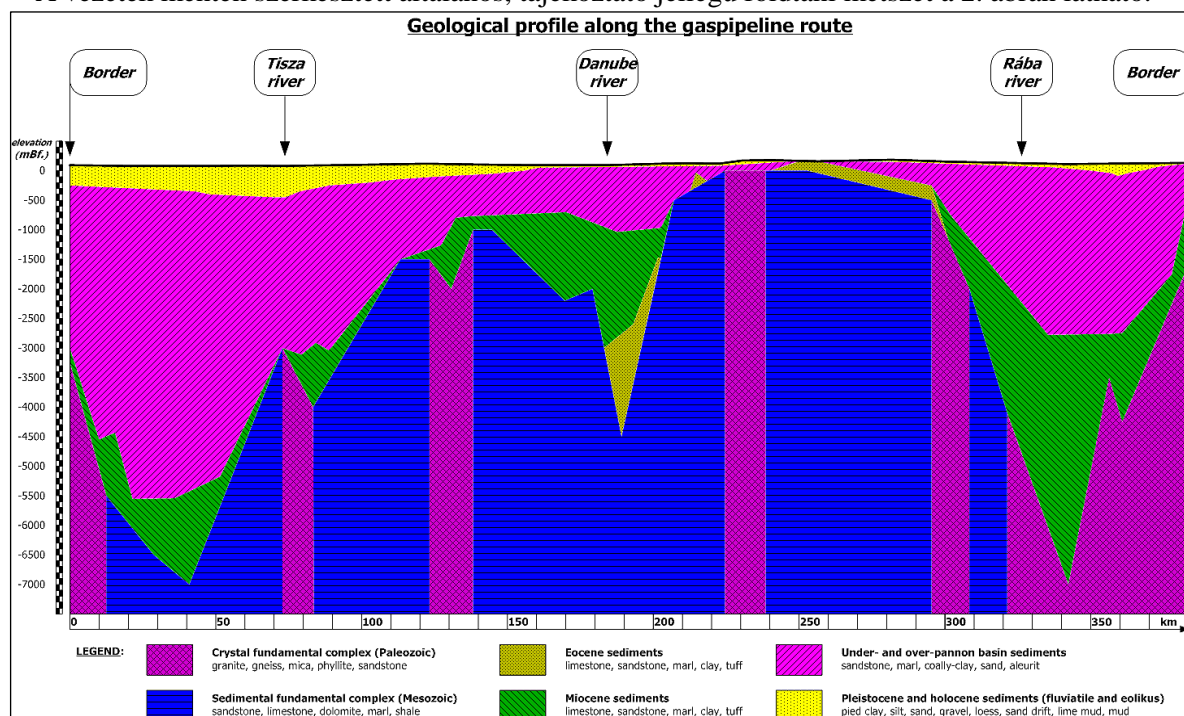
A nyomvonal menti földtani körülmények a következőkben foglalhatók össze.

- 0 – 72.000 m szelvények között: A Csongrádi-sík felszínét holocén kori öntéstalajok borítják zömmel iszap és agyag rétegek formájában, melyeket a Tisza és a Maros folyók terítettek el. Helyenként azonban az ártéri infúziós lösz és homok váltakozásából álló réteg együttesek is megtalálhatók. Ezek alatt a közvetlen alapréteget a nagy vastagságú pliocén kori rétegek alkotják homok, homokkő, aleurit, konglomerátum, tarka agyag, agyagmárga és mészmárga formájában. Az Alsó–Tisza-vidéket a folyó körzetében 10–30 m vastagságú holocén kori homokos és iszapos öntéstalajok, réti agyag és infúziós lösz jellemzi. Ez alatt a Tisza nagy vastagságú pleisztocén–holocén kori homokos és iszapos hordalékkúp képződményei települnek.
- 72.000 – 186.000 m szelvények között: A Duna–Tisza-közi Homokhátság építésföldtani alaprétegét a Duna pleisztocén kori hordalékkúpjának szemcsés anyagú teraszképződményei alkotják. Erre települtek változó vastagságban a holocén kori futóhomokos rétegek, a típusos lösz és az ártéri infúziós lösz képződmények, az öntéstalajok, a réti iszap és agyag talajok, a szikes területen mésziszapos üledékei és néhol a láptajok. A futóhomok és a lepelhomok összlet vastagsága átlagosan 5–10 m, de a Kiskunsági-homokhát területén helyenként több tíz méteres összvastagságban is megtalálható, vékonyabb löszös közbetelepülésekkel tagoltan. A Dunamenti-síkság, a Csepeli-sík területén már a felszínen, illetve annak közvetlen közelében megjelennek a Duna folyam pleisztocén és ó-holocén kori hordalékkúpjának szemcsés anyagú teraszképződményei.
- 186.000 – 237.000 m szelvények között: A Mezőföld térségének felszínét viszonylag vékony holocén kori talajtakaró fedi, melyet homokos–iszapos–agyagos öntéstalajok, réti agyag, kisebb foltokban mocsári láptalajok vagy futóhomok rétegek alkotnak. Ezek alatt 20–60 m vas-

tagságban pleisztocén kori (főleg Riss- és Würm-glaciális) lösztakaró helyezkedik el, melynek fekjében nagy vastagságú felső-pannon homokos és agyagos tengeri üledéksorozat települ. A Mezőföldön kialakult egykor egységes pannon-tábla a pleisztocén folyamán ÉNy–DK és DNy–ÉK irányú szerkezeti törésvonalak mentén összetöredezett, egyes részei kiemelkedtek vagy megbillentek, más részei lesüllyedtek és. Ezáltal egy völgyekkel (pl. Seregélyesi-völgy) részekre tagolt táblás (pl. Adonyi-hát) vidék alakult ki.

- **237.000 – 270.000 m szelvények között:** A Sörédi-hát felszínét 5–15 m vastag pleisztocén kori löszeredetű rétegek borítják, vékony homokos rétegek által tagoltan. Ez alatt már a felső-pannon homok és agyag rétegekből álló tengeri üledékek fekszenek. A Velencei-hegységgel érintkező peremi területein a karbon kori gránit-pluton helyenként felszínre kibúvó roncsaival is találkozhatunk. A 241.900 és 244.400 m-es szelvények között néhány fúrásban mészkő jelent meg 2,5–3,4 m mélységben. A Móri-árok területén az alacsonyabb térszíneket holocén kori folyóvízi hordalékok (kavics, homok, agyag), ártéri öntéstalajok (homok, iszap, agyag) és réti agyag talajok borítják; a magasabb térszíneket pedig pleisztocén kori löszeredetű talajok és lejtőüledékek (kötörmelék és lejtőagyag) fedik. Ezek alatt változatos elterjedésben felső-pannon homokos és agyagos üledékek, levantei homok talajok és az alaphegység mezozóos–karbonátos kőzetei települnek.
- **270.000 – 318.000 m szelvények között:** A Sári-Bakonyalja magasabb, dombvidéki részein pleisztocén kori löszeredetű rétegek (lejtőlösz, löszvályog), lejtőüledékek (kötörmelékes lejtőagyag); a mélyebb fekvésű völgyi részein pleisztocén kori folyóvízi teraszüledékek, holocén kori öntéstalajok és réti agyagtalajok borítják a felszínt 2–20 m vastagságban. Ezek alatt általában már az alaphegységi kőzetek nyomozhatók. A Pápai-Bakonyalja magasabb térségeit pleisztocén kori lejtőtörmelékes agyag és löszvályog talajok; a völgytalpak és vízfolyások környezetét pedig holocén kori öntéstalajok (homok, iszap, agyag) és réti agyagtalajok fedik. Ezek fekjében többnyire felső-pannon agyag, homok és konglomerátum települ.
- **318.000 – 384.000 m szelvények között:** A Csornai-sík és a Hanság területén a felszínen 1–3 m vastagságban holocén kori ártéri öntéstalajok (homok, iszap, agyag), réti agyagtalajok és mocsári üledékek (tőzeg, szerves iszap és agyag) települnek. A 350.300–351.000 m-es szelvények között i szakaszon 0,6–1,7 m vastag szerves–tőzeges mocsári talajok találhatóak. Az említett fedőrétegek alatt nagy vastagságú, pleisztocén kori durvaszemcsés, homokos kavics teraszüledék helyezkedik el. A 362.000 km szelvénytől kezdődően (nagyjából a Mosoni-sík területén) a holocén kori iszapos–agyagos öntéstalajok csak 0,3–0,8 m vastagságúak, ezek alatt szintén a már említett vastagságú, pleisztocén kori durvaszemcsés, homokos kavics teraszüledék található.

A vezeték mentén szerkesztett általános, tájékoztató jellegű földtani metszet a 2. ábrán látható.



2. ábra. Általános földtani metszet a nyomvonal mentén



## 3.4 Vízföldtan

**Felszíni vízfolyások és állóvizek.**

A vezeték összesen 64 nagyobb vízfolyást, két kisebb tavat, illetve mocsaras területrészt és számos időszakosan száraz kisebb patakot, árkot és csatornát keresztez.

A tervezett gázvezeték nyomvonala mentén a felszíni vízhálózat közepes sűrűségű, a regionális fővízgyűjtő a Duna folyam. A vízfolyások területenkénti helyzetét és folyásirányát ezen belül a Tisza folyó és a Duna folyam, illetve ezek nagyobb mellékfolyóinak (Körös, Rába, Rábca) helyzete határozza meg. A 0 – 145.000 m szelvények közötti részen a Körös és a Tisza folyók; a 145.000 – 270.000 m szelvények közötti területen a Duna folyam; a 145.000 – 384.000 m szelvények közötti szakaszon pedig először a Rába és a Rábca folyók, majd a végszelvény közelében a Mosoni-Dunaág a felszíni vizek közvetlen befogadója.

**Felszínközeli talajvíz.**

A feltárások időpontjában tapasztalt pillanatnyi talajvízállás helyzete a fúrásokban közvetlenül mérhető volt. Az arra alkalmas, illetve a műszakilag szükséges helyeken a talajvízből vett mintákon építési-kémiai (agresszivitási) vegyvizsgálatok is készültek. Az ideiglenes talajvízszint-észlelő kutak esetében – a folyamatos vízszint méréseken kívül – havi rendszerességgel rögzítésre került a talajvíz hőmérséklete és elektromos vezetőképessége is. A talajvíz tervezési és kivitelezési szempontból egyaránt fontos jellemző szélső értékeinek (a várható minimális és maximális talajvízszint) meghatározása az ideiglenes (a kisebb átmérőjű fúrások közül 63 db furat ideiglenes talajvízszint-megfigyelő kúttá lett átalakítva) és az állandó (VITUKI) talajvízszint-megfigyelő kutak észlelési adatainak alapján végezhető el. Itt kell megemlíteni, hogy Magyarország területét (a kifejezetten hegy-vidéki vagy magas-dombsági területek kivételével) több évtizedes észlelési adatsorral rendelkező VITUKI kúthálózat fedi le, melyek alapján a jellemző talajvízszintek és a talajvízszint ingadozásának szezonális (éves) változásai viszonylag nagy pontossággal ismertek. Az ideiglenes kutak ki-alkatása tehát azokon a helyeken történt, ahol a VITUKI kutak csak nagy távolságban találhatóak, illetve ahol azt a rétegződési és/vagy a terepadottságok azt szükségessé tették.

A tervezett vezeték-nyomvonal túlnyomóan talajvizes térségben halad. Ezekben a részeken a vezeték (a kivitelezés időszakában pedig a vezetékárok is) állandóan vagy időszakosan közvetlenül érintkezik a talajvízzel, illetve változó mértékben vízzel borított állapotú. Ez alól csak a Mezőföld térsége, az Adony és Perkáta környéki dombhátak területe, a Móri-árok lokális magaslatai, valamint a Bakonyvidék magasabb vonulatainak környezete kivétel.

A tervezett gázvezeték nyomvonala mentén a talajvíz becsült maximális szintjének felszín alatti mélységét a következő 1. táblázat ismerteti.

**1. táblázat. A becsült maximális talajvízszint felszín alatti mélysége**

Szelvény		Becsült maximális talajvízszint a terepszint alatt (m)	Szelvény		Becsült maximális talajvízszint a terepszint alatt (m)
-től (m)	-ig (m)		-től (m)	-ig (m)	
0	72 000	0,0 – 0,5	223 000	227 000	2,5 – 3,0
72 000	110 000	0,5 – 1,0	227 000	230 000	0,0 – 0,5
110 000	145 000	2,5 – 3,0	230 000	252 000	5,0 – 10,0
145 000	180 000	1,0 – 1,5	252 000	261 000	0,5 – 1,0
180 000	186 000	0,0 – 0,5	261 000	270 000	5,0 – 10,0
186 000	194 000	1,0 – 1,5	270 000	281 000	0,5 – 1,0
194 000	196 000	5,0 – 10,0	281 000	290 000	2,0 – 2,5
196 000	202 000	1,0 – 1,5	290 000	323 000	1,0 – 2,0
202 000	206 000	4,0 – 6,0	323 000	338 000	1,0 – 1,5
206 000	209 000	1,0 – 1,5	338 000	350 000	0,5 – 1,0
209 000	215 000	5,0 – 10,0	350 000	363 000	0,0 - 0,5
215 000	216 000	1,0 – 1,5	363 000	384 000	1,0 – 1,5
216 000	223 000	5,0 – 10,0	-----	-----	-----

### **Belvizek és árvizek.**

Részint a tervezés, főként azonban a kivitelezés szempontjából lényeges az időszakos belvízi elöntéssel és árvízzel érintett területek, illetve vonali szakaszok meghatározása. Ennek megállapításához a helyszíni vizsgálatok során nyert információkon kívül felhasználásra kerültek a területileg illetékes környezetvédelmi és vízügyi hatóságokkal (ATI-KÖVIZIG, KDV-KÖVIZIG, KÖDU-KÖVIZIG, ÉDU-KÖVIZIG) történt egyeztetések jegyzőkönyvei, valamint ezen hatóságok internetes honlapjairól beszerezhető egyéb erre vonatkozó információkat.

Ezek alapján megállapítható volt, hogy a tervezett gázvezeték nyomvonala mentén a környezethez képest mélyebb fekvésű, illetve a magas vagy felszínhez közeli talajvízállású, valamint a vízzáró felszíni agyagréteggel rendelkező területrészekben a tavaszi hóolvadás időszakában vagy a nagyobb esőzéseket követően belvízzel kell számolni. Az ilyen okok miatt belvízveszélyesnek mondható a vezeték 0 – 72.000 m és 340.000 – 360.000 m szelvények közötti szakasza.

Az állandó vízfolyások ártereiben (hullámtér) a tavaszi és/vagy az őszi időszakban kell árvízi elöntésre számítani.

### **Felszín alatti karsztvíz és rétegvíz.**

A tervezett nyomvonal mentén és annak közelében lévő területek karsztvíz és rétegvíz viszonyok tisztázása céljából felhasználásra kerültek a VITUKI nyilvántartásában szereplő mélyfúrású MÁFI karsztvíz kutak és az egyéb mélyfúrású rétegvíz kutak mérési adatai is. Ezen adatok és körülmények alapján határozható meg, hogy környezetvédelmi szempontból milyen kapcsolat áll fent a tervezett gázvezeték és kiszolgáló létesítményei valamint vizsgált víztípusok között.

A Móri-árok térségében a Dunántúli-középhegységet felépítő mezozoos–karbonátos alaphegységi kőzetekben (ezt zömmel mészkő alkotja) karsztvíz tározódik. Az alaphegységet változó, de általában számottevő vastagságú és túlnyomóan vízzáró tulajdonságú fedőrétegek takarják, így jellemzően fedett karsztról van szó. A 241.900 – 244.400 m szelvények közötti szakaszon a mészkő réteg a felszín közelébe emelkedik, itt már csak 2,5–10 m vastagságú löszös, agyagos fedőrétegekkel borított. Ezen a részen tehát lokális jelleggel fedetlen karszttal kell számolni.

Az Alföld, a Bakonyalja és a Kisalföld térségében a harmad- és negyed-időszaki (főként felső-pannon és pleisztocén kori) üledékek különböző mélységekben települő porózus, víztartó rétegeiben rétegvizek tározódnak. Az ezeken a területeken létesített általában 200–1.500 m mélységű artézi kutakban a rétegvizek nyugalmi szintje a felszín alatti 100–150 m-es mélységtől a terepszint feletti 1–2 m-es magasságig (pozitív rétegvíz nyomás) változik.

### *3.5 Földtani szerkezet, földrengések*

Az építési munkák a gázvezeték nyomvonal szakaszán a 2–3 m-es, a kiszolgáló létesítményeknél pedig a 2–5 m-es felszíni rétegeket érintik. Ennél mélyebbre csak kivételesen és csak lokális jelleggel, az irányított vízszintes átfúrások (HDD) és az átsajtolások esetében hatolnak, de nem lépik át a 30 m-es mélységet. Ezeket az érintett felszíni rétegeket szinte kizárólag a földtani értelemben fiatal (pleisztocén és holocén kori), talaj jellegű üledékek alkotják, s az új építmények csak elhanyagolható mértékben érintik az idősebb, kőzet jellegű földtani képződményeket.

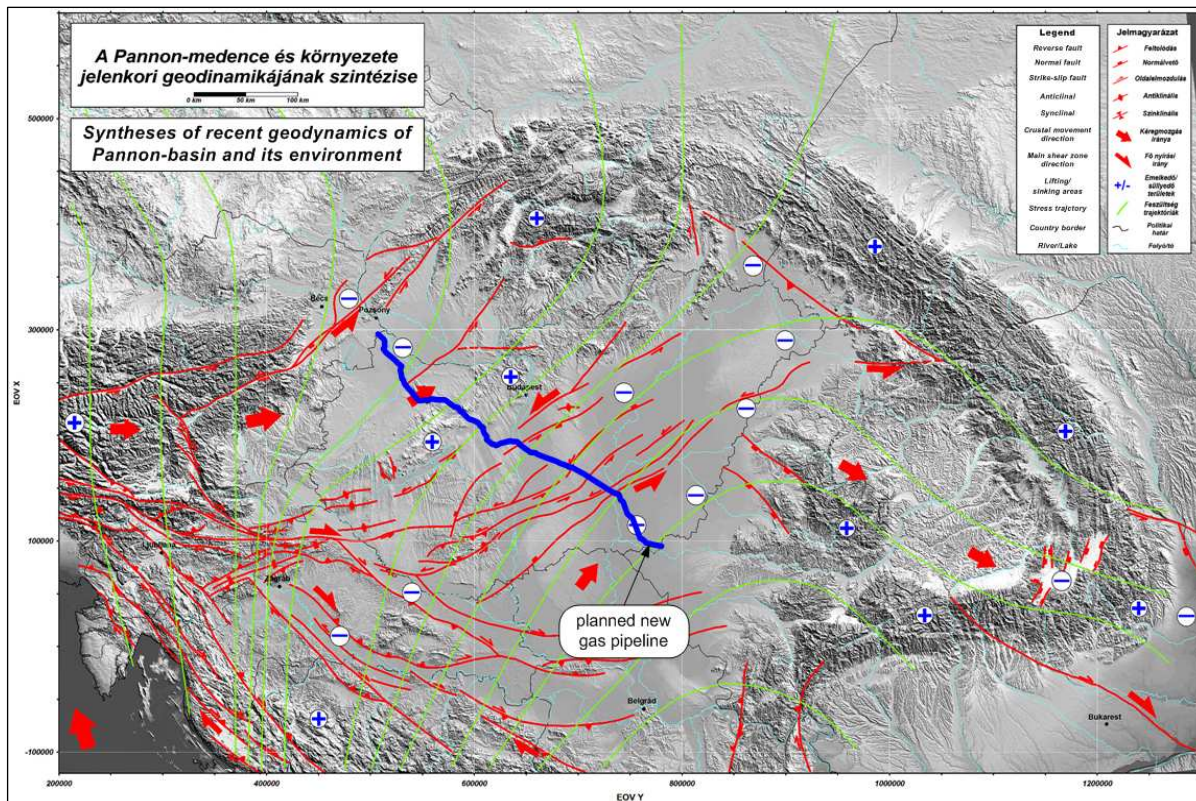
A korábbi földtani erők hatására kialakuló földtani–szerkezeti formák szinte kizárólag az idősebb, szilárd és változatos összetételű és felépítésű földtani képződményekben fordulnak elő, törésvonalak, vetők, eltolódások formájában. Ezek a jelenségek a felszíni 30 m-es vastagságú talajréteget már nem, illetve – a tervezett létesítmények műszaki sajátosságait és az egyéb követelményeket figyelembe véve – csak elhanyagolható mértékben érintették.

A földrengések tekintetében megállapítható, hogy a mai Magyarország területe általában véve csak kis, illetve közepes mértékben rengésveszélyes. A valaha tapasztalt legnagyobb földrengés Komáromban pattant ki 1763. június 28-án, magnitúdója a Richter-skála szerint 6,3 körülire becsülhető. Az évenkénti gyakorisággal jelentkező földrengések magnitúdója 3,6 körüli. Az általános megfigyelések szerint a földrengések alkalmával csak a rengéshullámok által keltett rezgések okoztak károkat, a felszíni talajrétegekben maradandó elmozdulásokat nem tapasztaltak.

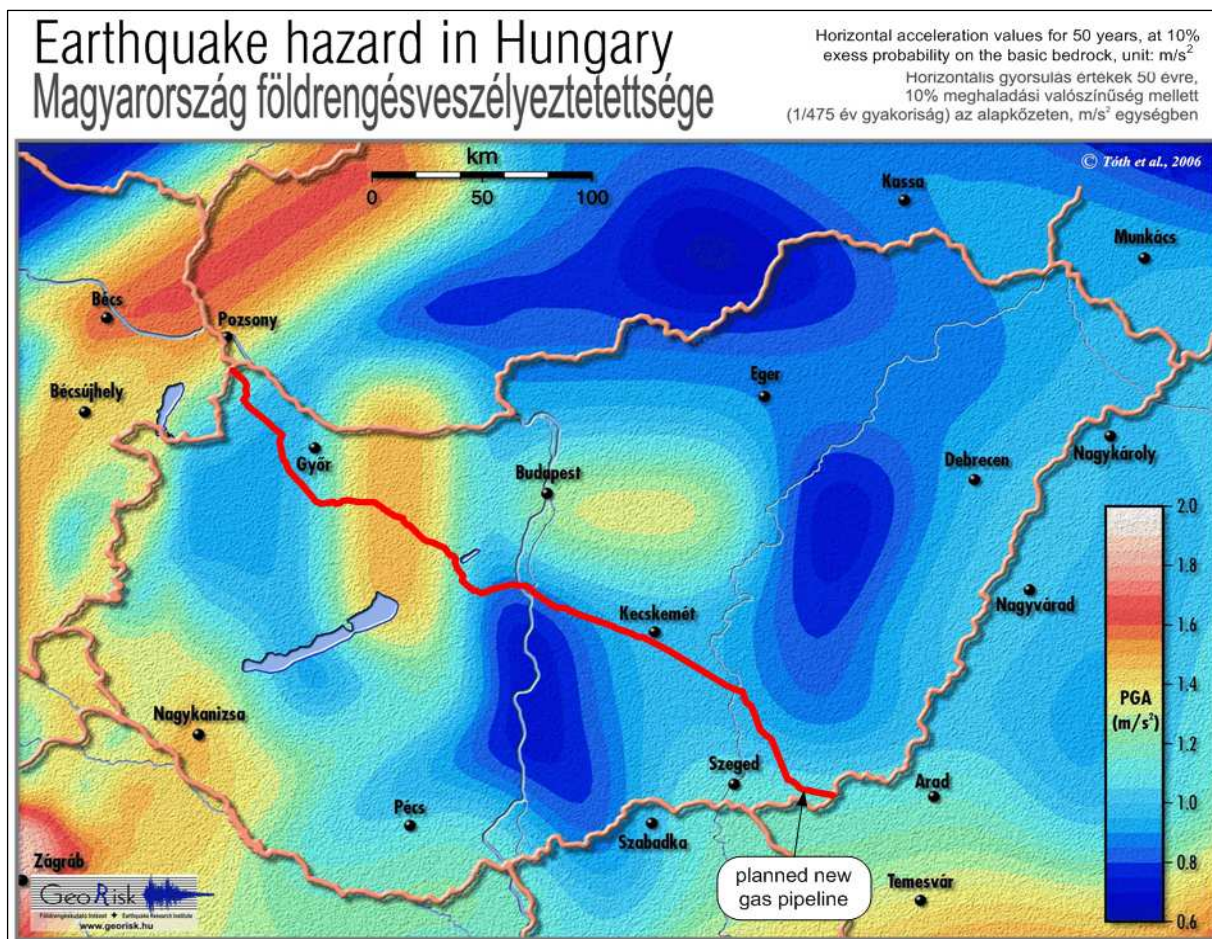
A Kárpát-medence, ezen belül hazánk területének jelenkori geodinamikai térképét a következő 3. ábrán mutatjuk be.

Magyarország földrengés-veszélyeztetettségének térképe (a terepezések alapjául szolgáló gyorsulási értékekkel) a 4. ábrán tanulmányozható.





3. ábra. A Kárpát-medence jelenkori geodinamikai térképe



4. ábra. Magyarország földrengés-veszélyeztetettségének térképe



### 3.6 Környezetföldtan, környezetvédelem, környezeti hatások

A geotechnikai munkarész összeállítása során részletes elemzés történt egyrészt a helyszíni geotechnikai feltárások készítése során létrejövő, másrészt a vezeték építési és üzemelési fázisában kialakuló környezeti hatásokra vonatkozóan.

A kockázati hatástényezők vizsgálata során a következő tevékenységeket és hatásokat kellett figyelembe venni.

- Az előzetes helyszíni bejárás és a feltárási munkák (fúrások, szondavizsgálatok) során felvontuló gépkocsik és berendezések talajfelszíni hatásai.
- A szondázási (statikus nyomószondák és dinamikus verőszondák) munkák hatásai.
- A fúrási munkák hatásai.
- A nagyobb vízfolyások melletti fúrásokban készített cementdugók kialakításának hatásai.
- Az irányított vízszintes átfúrások (HDD) hatásai.
- A vízszintes átsajtolások hatásai.
- A vonali szakasz vezetékárkai és hegesztő gödrei földkiemelésének és visszatöltésének hatásai.
- A technológiai létesítmények alapozási munkáinak hatásai.
- A rézsús munkatér határolások kialakításának hatásai.
- A szádfalas munkatér határolások kialakításának hatásai.
- A nyílt-víz tartásos víztelenítés hatásai.
- A Siemens-kutas vagy pont-kutas talajvízszint süllyesztés hatásai.
- A vákuum-kutas talajvízszint süllyesztés hatásai.
- Az építést követő tereprendezés hatásai.
- Az építést követően kialakuló fedetlen talajfelszínen fellépő eróziós hatások.
- Az elkészült vezeték talajvíz áramlásra gyakorolt hatásai.

A földtani közeget érintő hatások súlyosságának mértékét az erre a projektre kidolgozott 70223-NG-PRC-MS-0201 dokumentum 6.3. pontjában leírt szempontok szerint kellett mérlegelni, melyek a következők:

- A = Időbeli hatás: Mennyi idő múlva áll helyre az eredeti állapot?
- B = Földrajzi hatás: Mekkora területre terjed ki a hatás?
- C = Intenzitás: Milyen nagyságú elváltozást okoz?

A hatásokon belül az említett dokumentumban meghatározott tevékenységi lista szerinti tevékenységeknek a földtani közege, vagyis a talajszerkezetre (rétegződési viszonyok, porozitás, textúra) és a talajösszetételre (a talajt alkotó szemcsefrakciók aránya), illetve a hidrológiai viszonyokra (áramlási viszonyok, vízszintek) gyakorolt hatásait kellett mérlegelni. E tevékenységek a legtöbb esetben nem csak a talajkörnyezet állapotát, hanem a hatáskörzeten belüli létesítmények stabilitását, funkcionális biztonságát is befolyásolják. A hatásmátrix segítségével meghatározható alapállapotot ezen felül a hatások fellépési gyakorisága (valószínűsége) is befolyásolja. A maradvány (reziduális) hatások meghatározásánál mindig az alapállapotból (az eredeti természetes állapot) kell kiindulni, figyelembe véve az egyéb körülményeket, főként az alkalmazható megelőzési és/vagy kármentesítési lehetőségeket is.

A vizsgálatok eredményei röviden a következőkben összegezték.

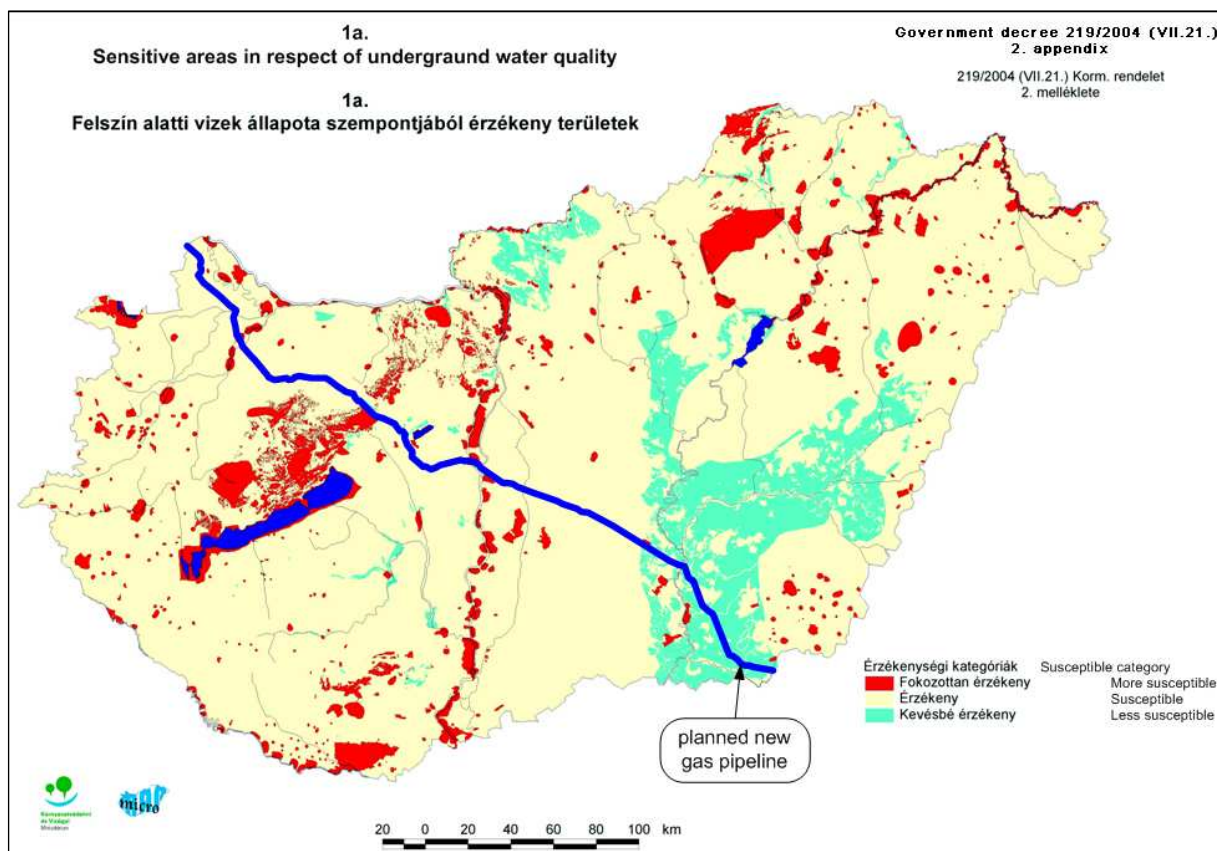
A tervezett létesítmények közvetlen hatáskörzetében (ez általánosságban néhány métert, kivételes esetekben néhány száz métert tesz ki) geotechnikai szempontból a legnagyobb környezeti változásokra főként a kivitelezési idő alatt lehet számítani. Ezek főként és alapvetően a szállítási feladatok, a földmunkák, a víztelenítés és a keresztezések kialakításának folyamán jelentkeznek. Ezek a változások azonban egyszerre csak viszonylag kis területre (a konkrét építési területre) terjednek ki és hatásuk nem lépi át a szokásos egyéb építési eljárások alkalmával megszokott értéket. Az építési munkálatok végeztével pedig a környezeti hatások nagy része megszűnik, az eredeti természetes viszonyok többnyire néhány napon vagy héten, de egy éven belül mindenképp helyreállnak, s a maradvány (reziduális) hatások már lényegében elhanyagolható nagyságúak.

Megállapítható tehát, hogy a tervezésre, a kivitelezésre, az üzemeltetésre és a környezetvédelemre vonatkozó szabványok, hatósági előírások és szakmai szabályok betartásával, valamint azok rendszeres ellenőrzésével az előre nem látható káresemények elkerülhetők, illetve elhanyagolható mértékűre csökkenthetők.

A gázvezeték és kiszolgáló létesítményei megépítésének tehát geotechnikai és mérnökgeológiai szempontból nincs akadálya. Az elméleti megfontolások és a valóságos tapasztalatok (hazánkban immár jó

néhány évtizede több hasonló építmény is megfelelően üzemel és eddig nem okozott kimutatható környezeti problémát) egyaránt azt jelzik, hogy az ilyen jellegű létesítményeknek a környezetre, illetve a környezetnek a tervezett létesítményekre gyakorolt káros hatásai minimálisak, tehát az ebből adódó kockázat is elhanyagolható.

Magyarország különböző szennyeződés-érzékenységi kategóriákba tartozó területeit a következő 5. ábra szerint lehet figyelembe venni.



5. ábra. Magyarország szennyeződés-érzékenységi területeinek beosztása

### 3.7 Geofizika

A talajba kerülő csővezetékét érő elektrokémiai korróziós hatások nagyságának megismerésére a nyomvonal mentén összesen 301 db geofizikai talaj-ellenállás mérés történt, jellemzően 1,5–3 és 5–10 m mélység között. Az erről készített jelentést az ELGI készítette el és adta ki a geotechnikai munka részeként, de önálló dokumentum formájában.

## 4 ÖSSZEFOGLALÁS

A tervezett létesítmény engedélyezési és kiviteli tervezéséhez, valamint a beruházás kivitelezéséhez, továbbá annak környezetvédelmi munkarészeihez (ESIA és KHT) készített geotechnikai és mérnök-geológiai dokumentáció összeállítására a magyarországi ilyen jellegű feladatokban szerzett több évtizedes szakmai tapasztalat, a gyakorlatban már bevált és igazolt műszaki megoldások, valamint az érvényes műszaki szabványok és építéshatósági jogszabályok, továbbá műszaki felügyeleti és minőségbiztosítási előírások alapján történt.

Az elvégzett helyszíni vizsgálatok alapján megnyugtató módon tisztázódtak a nyomvonal hatás-területén belüli geotechnikai adottságok, a földrajzi viszonyok, a domborzati sajátosságok, a földtani felépítés, a vízföldtani körülmények, a földtani-szerkezeti és földrengési adatok, a környezetvédelmi sajátosságok és a környezeti hatások.

Az alkalmazott vizsgálati és feldolgozási módszerek egyetlen lehetséges hátrányaként a nyomvonal szakaszon alkalmazott feltárások helyenkénti szükségesnél nagyobb távolsága említhető meg, mely alapvetően a helyszíni vizsgálatokhoz rendelkezésre álló idő rövidségével, alárendelten a vizsgálatokra fordítható anyagi lehetőségek szűkösségével magyarázható. Kétségtelen ugyanis, hogy a nagyobb feltárási sűrűség pontosabb és részletesebb adatokat szolgáltat. A nagy mértékben gépesített kivitele-

zési technológia ismeretében kérdéses ugyanakkor, hogy a feltárások számának növelésével elérhető kivitelezési költségcsökkenés és/vagy a tervezési biztonság növekedése arányban áll-e a vizsgálatok többletköltségeivel?

Mindezek alapján feltételezhető, hogy az esetleges kisebb helyi nyomvonal- vagy keresztezés-változások, illetve a későbbiekben konkretizálódó egyéb kiszolgáló létesítmények helyén további kiegészítő vizsgálatokra is szükség lehet. Megjegyzendő végül, hogy az eddigi geotechnikai vizsgálatok eredményeit az építés során tapasztaltakkal folyamatosan, napra készen pontosítani kell, hogy ez a kiemelten fontos létesítmény műszakilag, gazdaságilag optimálisan és a környezetvédelmi igényeket is kielégítő módon készülhessen el.

## KÖSZÖNET

A szerzők ezúton kívánnak köszönetet mondani Dr. Bartos Sándornak, aki a gátak hidraulikai állékonyságának vizsgálata során észrevételeivel és hasznos tanácsaival segítette a geotechnikai-mérnökgeológiai dokumentáció elkészítését. Köszönet illeti Párdányi Jenőt is, aki az összességében több száz oldalt kitevő geotechnikai dokumentáció angol nyelvű szakfordítását végezte, s néha bizony kissé szögletes mondatainkat kerekébbre, érthetőbbre igazította.

## IRODALOM

- Bulla Béla 1962. *Magyarország természeti földrajza* Tankönyvkiadó, Budapest  
Fodor Tamásné, Dr. Kleb Béla 1986. *Magyarország mérnökgeológiai áttekintése* MÁFI és Műszaki Könyvkiadó  
Galli László 1977. *A földtan alkalmazása a víz- és mélyépítésben* Somogy megyei Nyomdaipari Vállalat, Kaposvár  
Galli László 1987. *Munkagödör-víztelenítés* Műszaki Könyvkiadó, Budapest  
Mosonyi Emil, Papp Ferenc 1959. *Műszaki földtan* Műszaki Könyvkiadó, Budapest  
Pécsi Márton, Sárfalvi Béla 1960. *Magyarország földrajza* Akadémia Kiadó, Budapest  
Rónai András 1961. *Az Alföld talajvíztérképe* MÁFI  
Somogyi S., Ambrózy P., Ádám L., Galambos J., Juhász Á., Kozma F., Marosi S., Mezősi G., Rajkai K., Szilárd J. 1990. *Magyarország kistájainak katasztere* MTA Földrajztudományi Kutató Intézete