

ÚJ TERMÉSZETI ERŐFORRÁS? A HASZNOSÍTHATÓ FÖLDTANI KÖZEG OSZTÁLYOZÁSA, ÉRTÉKELÉSE ÉS SZABÁLYOZÁSA

A NEW NATURAL RESOURCE? THE TYPOLOGY, ASSESSMENT, AND GOVERNANCE OF UNDERGROUND SPACE USE

Hámor Tamás¹, Hámorné Vidó Mária^{2*}

¹PhD, önkéntes oktató, Pécsi Tudományegyetem, Pécs
²PhD, tudományos főmunkatárs, Pécsi Tudományegyetem
vido.maria@pte.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmány a hasznosítható földtani közeg kormányzási modelljének kidolgozását szorgalmazza más felszín alatti természeti erőforrásokkal egységben, ide értve ezek felmérését, osztályozását, hasznosításuk fenntarthatósági és kritikalitási értékelését. Az új szabályozási koncepció összhangban áll a fenntarthatóság, a körkörös gazdaság, az erőforrás-hatékonyság, a reziliencia, a nyílt stratégiai autonómia, és a jó kormányzás uniós politikákkal. Munkahipotézisként, ez az országos és regionális stratégiai hatásvizsgálatok kiterjesztett alkalmazásával és a területfejlesztés térfejlesztéssé alakításával valósítható meg, amely feltételezi több tudományág, szakmai hatóság és döntéshozatali szint harmonizált tevékenységét, átjárható térinformatikai rendszerek kifejllesztését és rendszeres frissítését (4D).

ABSTRACT

The present study is to promote the development of a new governance model of underground space use in harmony with the extraction of other underground natural resources, including the survey, the classification, and the sustainability and criticality assessment of these resources. The new governance concept is in line with the European Union policies on sustainability, circular economy, resource efficiency, resilience, open strategic autonomy, and good governance. In theory, this new governance is feasible with the enhanced application of the strategic impact assessment and the transformation of land use planning into 3D spatial development. It implies the co-operation of multiple disciplines, competent authorities, and decision makers at different levels, and the development of transparent and updated (4D) geoinformation systems.

Kulcsszavak: földtani közeg hasznosítása, természeti erőforrások értékelése, stratégiai hatásvizsgálat, térfejlesztés

Keywords: utilization of underground space, natural resource assessment, strategic impact assessment, spatial development

* levelező szerző

BEVEZETÉS

A felszín alatti térrész, avagy a földtani közeg hasznosítható természeti erőforrás. Hámorné Vidó Mária és szerzőtársai (2021) osztályozásukban hét típusát különítik el: gáz- és víz- (energia) tározás, ipari szén-dioxid-elhelyezés, hulladék-elhelyezés, védelmi alkalmazás, kutatás és archiválás, városi és interurbán infrastruktúra. Az osztályozás kiterjeszhető a kinyerhető földtani erőforrásokra: szilárd ásványi nyersanyagok, szénhidrogének, geotermális energia, felszín alatti vizek, geofizikai erőterek. A két nagy csoport összefoglalóan a földtani erőforrások vagy felszín alatti természeti erőforrások. A földtani erőforrások egységes értékelésére és új kormányzási modelljére szükség van, mert a jelenlegi tervezési és engedélyezési gyakorlatban ezek hasznosítása gyakran a többi rovására történik, környezetvédelmi és vagyongazdálkodási konfliktusokat teremtve.

A földtani közeget az emberiség a prehisztorikus időktől használja, a barlangokat menedékként, a tűzköveket és más kőzeteket használati tárgyak nyersanyagaként (von der Tann et al., 2020). A legmélyebb ismert barlang 2,2 km, a legmélyebb felszín alatti létesítmények a 12,3 km mély fúrólukak. A kitermelt ásványi nyersanyag mennyisége meghaladja a teljes biomaszta tömegét, az éves kitermelés 65 Gt (Elhacham et al., 2020). A földtani közeg hasznosítása a szabad felszíni terület csökkenése, az ingatlanárak növekedése, az új hasznosítási igények megjelenése és a technológia fejlődése eredményeként felgyorsult az utóbbi évtizedekben.

A kutatók több csoportja foglalkozik a kérdéskörrel, a városi és az interurbán felszín alatti infrastruktúrával, a felszín alatti természeti erőforrások kinyerésével és a térinformatikával. Kevés kutatás vizsgálja a hasznosítások közötti konfliktusokat és ezek fenntartható megoldását (Field et al., 2018; Volchko et al., 2020). A földtani erőforrások több szempontú osztályozásáról a U.S. Geological Survey (USGS) által készített tanulmány ismert (Jenni et al., 2018), de ez nem tér ki az e tanulmányban taglalt összes erőforrásra, és nem tartalmaz kritikalitási értékelést. A Pécsi Tudományegyetemen e problémaegyüttes megoldásainak kidolgozására indult el egy interdiszciplináris OTKA-kutatás 2022 decemberében, „A felszín alatti természeti erőforrások egységes értékelése a térfejlesztéssé átalakuló területfejlesztésben” címmel, a tanulmány ennek első eredményeit mutatja be.

A FÖLDTANI KÖZEG JELENLEGI HASZNOSÍTÁSAI ÉS OSZTÁLYOZÁSUK

Az ásványi anyagok kitermelése az egyik legrégebbi emberi tevékenység, és mintegy 800 000 km² földterületet érint (Cherlet et al., 2018). A dél-afrikai Mponeng-aranybánya a világ legmélyebbje (4 km), a legnagyobb külféjtés a Bingham Canyon-bánya (USA), 1,2 km mély és 4 km átmérőjű. Milliányi mélyfúrás hatol

a felszín alá változatos céllal és mélységben. A legmélyebb fúrás a Szahalin-2 szénhidrogén-kutató fúrás Oroszországban (12 376 m) és a Maersk BD-04A (12 290 m) Katarban.

A földtani közeg hasznosításának egyik leggyorsabban fejlődő csoportja a gáz, a cseppfolyósított gáz, a sűrített levegő, a hidrogén és szintetikus gáz, az energetikai víztározás és a termálenergia-tárolás, amelyek az energiaellátás napi vagy szezonális kilengéseit céloznak kiegyenlíteni, de a háborús zavarokra is megoldást jelenthetnek. Ezeket egykori szénhidrogénmezőkbe, letermelt bányákba, kősóformációkba vagy sósvizes rétegvíztartókba telepítik. Az ipari szén-dioxid földtani elhelyezésének feltétele a földtani és a mérnöki gátak hosszú távú együttes működése. A befogadó képződmények hasonlóak a gáztározásra alkalmas formációkhoz, ma huszonhat ilyen létesítmény működik a világon.

A megújuló geotermikusenergia-szektorban a sekély hőszivattyús rendszerek 2–200 m mélyek, a geotermikus kútpárok és tripletek több száz méter mélyek. A nagyobb projektek mélysége a szénhidrogénmezőkéhez hasonló és a „Hot Dry Rock” technológia is használ ferdített vagy horizontális fúrásokat és hidraulikus rétegrepesztést. A geotermikus energia és a radioaktivitás mellett kevésbé hasznosított geofizikai erőforrás a Föld mágneses és gravitációs tere (navigáció, ár-apály energia, földtani kutatás), a kőzetek piezoelektromossága és a litoszféra nyomástervei.

A felszín alatti vizek kb. kétmilliárd ember számára jelentik az elsődleges ivóvízforrást. E vízkészletek jelentős része feltételesen megújuló és veszélyeztetett a sós rétegvizek átfertődése, a hidrodinamikai egyensúly megbolygatása, a gondatlan mélyfúrások és az elmúlt kétszáz év szennyeződéseinek leszivárgása okán. A felszín alatti vizek a legsérülékenyebb földtani erőforrások, ezekhez kötődik a legtöbb környezeti és jogi konfliktus.

A települések felszín alatti infrastruktúrája hatezer éves történelmi kategória. A hagyományos alkalmazások mellett (víz- és energiaellátás, csatorna, temetkezés, raktározás, polgári védelem, közlekedés, vezetékes telekommunikáció, bányászat) az épületek egyre mélyebbre terjeszkednek, a Deep Pit Hotel Sanghajban a legmélyebb a világon, az egykori kőfejtőbe települt tizenhat szintes szálloda 80 m mély. A Gjøvik Olimpiai Csarnok Norvégiában 55 m mély, Európában a legmélyebb garázs Leidenben 22 m mély, Hangcsouban (Kína) egy 12 szintes parkoló 40 m mély. A városok alatt is folyik a geotermikus energia és a szénhidrogének kitermelése ferdített és horizontális mélyfúrásokkal.

Az interurbán felszín alatti infrastruktúra, a „nyomvonalas létesítmények” (csővezetékek, kábelek, alagutak) az energia- és vízellátás, szennyvíz, közlekedés, telekommunikáció, ipari szén-dioxid, egyéb folyékony és gáznemű anyagok felszín alatti szállítása céljából terjedt el. A leghosszabb alagutak elérik a 100 km-t és a 17,6 m átmérőt, a Gotthard alagút 2300 m. A világ autóalagútjainak a hossza kb. 30-40 ezer km, a többi alagúttal együtt kb. 200 ezer km. Az Elon

Musk-féle Hyperloop 1000 km/óra sebességű kapszula alacsony nyomású zárt csőrendszerben közlekedne városok között. A világ szénhidrogén-vezetékeinek hossza 2 millió km. Megkezdődött a nagyfeszültségű egyenáramhálózat (URL1) telepítése az Egyesült Államokban és Kínában, kisebb teljesítményű vonalak Európában is működnek.

A világon keletkező 2 milliárd tonna települési hulladék kb. 33%-a földtani lerakóban kerül ártalmatlanításra. A radioaktív hulladékok földtani elhelyezése hosszú távú, biztonságos ártalmatlanítási módszer. Európában Belgium, Finnország, Franciaország, Svédország és Svájc rendelkezik felszín alatti laboratóriummal a nagy aktivitású hulladék elhelyezésének vizsgálatára. Az egyesült államokbeli Waste Isolation Pilot Plan (WIPP) perm időszakos evaporit formációban települ 700 m mélyen, ez a világ első nagy aktivitású radioaktív hulladék-lerakója, transzurániumokat tartalmazó katonai hulladékokkal. A nukleáris kísérleti helyszínek 75%-a (1528) felszín alatti mélyfúrás, 150–800 m mélységgel.

A felszín alatti védelmi létesítmények igen elterjedtek. A második világháború idején Németország 143 hadiüzemet telepített a felszín alá, de jelenleg is nagy alapterületű létesítmények ($\geq 200\,000\text{ m}^2$) üzemelnek világszerte, például Corsham Computer Center, Rudloe Manor (Nagy-Britannia), Pantex Plant, Cheyenne Mountain Complex (USA).

A felszín alatti kutató laboratóriumok és archívumok is a hasznosítás bővülő szegmenséhez tartoznak. A kínai Csinping Laboratórium a neutrínó és a sötét anyag befogására a világ legmélyebb létesítménye, 2,4 km mély. A Gran Sasso Nemzeti Laboratórium Olaszországban 400 m mély, területe 6000 m^2 . A Svájcban működő CERN ciklotron alagútja 27 km hosszú. Az antarktiszi IceCube Neutrínó Observatórium egy köbkilométeres detektor a jégben, 2500 m mélyen. Németország kulturális örökségét 400 m mélyen a Barbarastollen-bányában védik. A norvégiai Spitzbergák Nemzetközi Magbunker 60 m fedőközete alatt a permafrosztban növénymagokat tárolnak. Digitális társadalmunk különösen kitett a napkitöréseknek, ezért a szerverközpontok és digitális archívumok a felszín alá települnek, a GitHub Arktikus Kódbunker 250 m mélyen, nem messze a magbunkertől, a Spitzbergák permafrosztjában nyílt forráskódokat tárol.

A földtani közeg hasznosításában értelmezhető a körkörös gazdaság a létesítmények többcélú vagy időben változó hasznosításával. Így a WIPP-ben a radioaktív hulladék lerakása mellett neutrínóbefogás is zajlik. Canfrancnál, a spanyol-francia határon lévő vasúti alagút ma nemzeti laboratórium. Kuala Lumpurban egy 9,7 km hosszú, 30 m mély, 13,2 m széles „okosalagút” magába fogad egy elterelt folyót, infrastruktúra-kábeleket és egy közutat, amely áradáskor vízelvezetésre alakítható át. A bányatárségek többcélú hasznosítására számtalan példa van (Hámor et al., 2021; Hámorné Vidó et al., 2021).

A hasznosítható földtani közeget nem lehet a többi földtani erőforrástól elkülönítetten tárgyalni. Az 1. táblázat e két csoport osztályozását ábrázolja, feltüntetve

a mélységközöket, az erőforrások jellegét és típusát. A „stock” (statikus készlet) vagy „flow” (dinamikus készlet) típusú, megújuló vagy nem megújuló (véges) kategóriák jól ismertek. A „kritikus” minősítési eljárás a nem energiahordozó nyersanyagok és az infrastruktúra esetében ismert (EB, 2020a). Az osztályozás további szempontja, hogy a létesítménynek mennyiben feltétele a földtani alkalmasság, illetve a műszaki kivitelezés. Az utóbbira mindig szükség van, de több esetben a mérnöki megoldások nem képesek önmagukban pótolni a földtani alkalmasságot. Az osztályozás elvégezhető az alkalmas földtani formációk közötti típusa vagy geotechnikai és vízföldtani jellemzőik alapján is, de a lenti osztályozás gyakorlatiasabb, figyelembe veszi a kitermelési és hasznosítási célokat, a jogi hagyományokat, és a tárolandó vagy kitermelendő anyagok halmazállapotát.

1. táblázat. A földtani erőforrások osztályozása, mélységköze és típusa (Hámorné Vidó et al., 2021 nyomán)

Földtani erőforrások		Mélységköz	Erőforrás típusa	
kinyerhető földtani erőforrások	szilárd ásványi nyersanyagok	0–4000 m	stock típusú	nem megújuló, részben kritikus
	kőolaj és földgáz	0–6000 m (12,4 km)	stock (és flow) típusú	nem megújuló, részben kritikus
	geotermális energia	0–6000 m	flow típusú	megújuló (feltételesen)
	felszín alatti vizek	0–2000 m		feltételesen megújuló, kritikus
	geofizikai erőterek	n. a.		végtelen, megújuló
földtani közeg hasznosítása	gáz- és víz- (energia) tározás	100–3500 m	természeti és mérnöki gátak	véges
	ipari szén-dioxid-elhelyezés	1000–3500 m	természeti és mérnöki gátak	véges
	hulladékéelhelyezés	0–1500 m	természeti és mérnöki gátak	végtelen
	védelmi alkalmazás	0–1000 m	mérnöki és természeti gátak	végtelen
	kutatás és archiválás	0–2400 m	mérnöki és természeti gátak	végtelen
	városi infrastruktúra	0–100 m	mérnöki alkotás	véges, kritikus
	interurbán infrastruktúra	0–2300 m	mérnöki alkotás	végtelen

A földtani közeg hasznosításának fő gátjai (*a*) a konfliktus a kinyerhető földtani erőforrásokkal, vagy (*b*) több hasznosítás vetélkedése ugyanazon alkalmas földtani rezervoárért (ti. megfelelő porozitás, áteresztőképesség, repedezettség, zárórétegek, vízmentesség, hozzáférhetőség stb.). Ezek a konfliktusok legkétszóbb a hatósági engedélyezések során jelentkeznek, és bírósági perekbe is torkollnak. Elég itt utalni arra, hogy idehaza a felhagyott mélyfúrások tulajdonjoga bírósági eljárást eredményezett, és az Egyesült Királyságban az ingatlanokról szóló törvényt (Trespassing Act) módosítani kellett a felszíni ingatlanok alá húzódo ferdtített és horizontális kutak miatt. Az Unió jogszabályi környezetének ismertetését Hámorné Vidó Mária és szerzótársai (2021) elvégezték, és konklúzióként megállapították, hogy a földtani erőforrások és az ezekhez tartozó értékláncok jelentős részét szabályozza az uniós jog, de a nemzeti szuverenitási körbe tartozók kivételt képeznek, így a talaj, altalaj, földtani közeg hasznosítása, a szilárd ásványi nyersanyagok kutatása és kitermelése, a területfejlesztés és településrendezés.

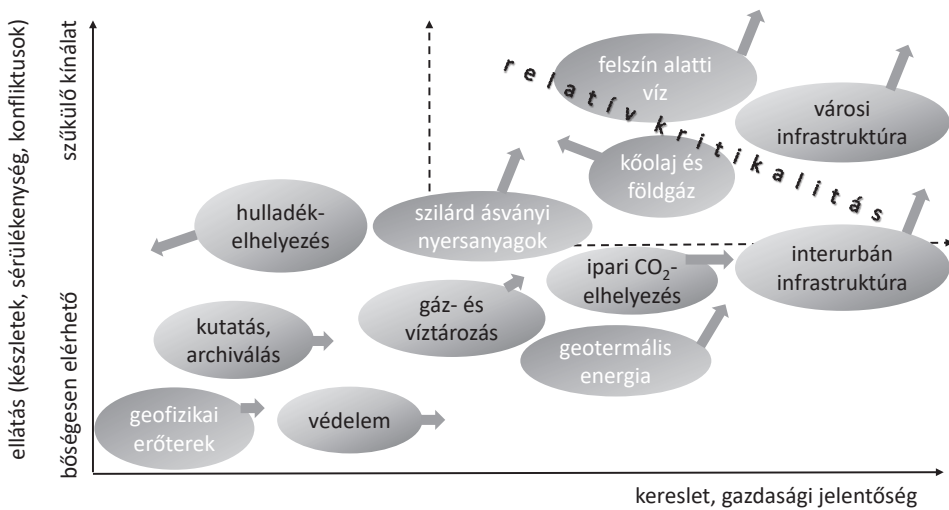
A földtani erőforrások kritikalitási elemzése

Az erőforrások minősítése az abszolút (technológiai vagy földrajzi elérhetőség) vagy a relatív szűkösség (gazdasági jelentőség, kereslet, gazdaságosság) szempontjából közgazdasági kategória. Ezen alapul az ásványvagyon készletminősítése, kiegészítve a környezeti és társadalmi fenntarthatósági kritériumokkal. Az ökoszisztémákra az eszmei értékszámítást alkalmazzák. A kritikus infrastruktúrák irányelv nem mennyiségi alapon definiál („eszközök, rendszerek..., amelyek elengedhetetlenek a létfontosságú társadalmi feladatok ellátásához, valamint amelyek megzavarása vagy megsemmisítése jelentős következményekkel járna”) (Tanács, 2008, URL3).

A kritikus nyersanyagokra való kereslet és kínálat összefüggését fejlesztette tovább az EU egy kompozit indikátorra (EB, 2020a), amely magában foglalja a vállalati koncentrációt, az exportőr ország jó kormányzási mutatóját, az EU importfüggőségét, a kereskedelemgatólító tényezőket a kínálati oldalon, illetve a helyettesíthetőségi potenciált és az ágazati hozzáadott értéket a gazdasági jelentőség oldalon. Az *1. ábra* kísérletet tesz a földtani közeg hasznosítások relatív kritikalitásának kvalitatív meghatározására Európában, más földtani erőforrásokkal is összevetésben. A vízszintes tengelyen a kereslet és a gazdasági jelentőség szerepel, a függőleges tengelyen a kínálati oldal magában foglalja az elérhetőséget (földtani és földrajzi elérhetőséget), az ellátásbiztonságot (a kinyerhető erőforrások vonatkozásában), valamint a sérülékenységet a földtani közeg hasznosítások kontextusában (politikai és terror kitétség, környezetvédelem). A nyilak a trendeket hivatottak jelezni.

A paraméterek eltérhetnek országonként, de megállapítható, hogy a felszín alatti vizek és a felszín alatti városi infrastruktúra a leginkább konfliktusokkal terhelt, és a szűkösség is ezekre a legjellemzőbb. A szénhidrogének jelentős erőforrások, az Európán belüli készletek alárendeltek, de a dekarbonizációs erőfeszítéseknek köszönhetően ezek kritikalitása csökkenő tendenciát mutat. Ezzel szemben a nem energetikai szilárd ásványi nyersanyagoknál a kritikus nyersanyagok száma kilenc év alatt megduplázódott (14 → 30), és e trend tartós.

Az ipari szén-dioxid elhelyezésében a megfelelő földtani formáció, a gazdaságos befogás és a szállítás a gátló tényezők. A gáztárolás és az energetikai víztározás gazdasági jelentősége növekvő. A geotermikus energia kinyerése rutinfeladat, szerepe nő, de a legjobb rezervoárok elérhetősége és fenntarthatósága kihívást jelent. Az interurbán felszín alatti infrastruktúra gazdasági jelentősége kimagasló, egy része már *ex lege* kritikusnak vagy „közös érdekűnek” minősül. A körkörös gazdaság mutatója, hogy a földtani hulladékelhelyezés jelentősége, a radioaktív hulladékok kivételével, csökken. A honvédelmi, kutatási, archiválási hasznosítások növekvő tendenciájúak, de ritkaságuk miatt a földtani tér nem jelent korlátot. A geofizikai erőterek kiaknázása ma elenyésző, de lényegében végtelen erőforrás.



1. ábra. A földtani erőforrások relatív kritikalitása és ennek várható jövőbeli alakulása (Hámorné Vidó et al., 2021 nyomán)

A modell a felszíni erőforrásokkal való kölcsönhatásokat nem veszi figyelembe, és nem számszerűsíti a közgazdasági, környezetvédelmi és társadalmi nettó hozamot, ezért egyfajta szakértői becslés.

Jó kormányzás, a földtani közeg új szabályozási koncepciója

A földtani erőforrások konfliktusai azt jelzik, hogy szabályozásuk nemzeti szinten sem jó. Brad Field és szerzőtársai (2018), valamint Yevheniya Volchko és szerzőtársai (2020) szerint az első engedélyes „mindent visz” („first-come-first-served”), amely aligha feleltethető meg a jó kormányzás és a gondos erőforrás-gazdálkodás alapelveinek. A legtöbb országban a földtani közeg átfogó szabályozása feltételezné az Alkotmány, a Polgári Törvénykönyv és a nemzeti vagyronról szóló törvény módosítását a kérdéses tulajdonjogi helyzetek tisztázására (például: ingatlanok mélységi kiterjedésének lehatárolása, felhagyott bányatérsegek és mélyfúrások, valamint a földtani közeg tulajdonjoga). Az EU eddigi próbálkozásai a talaj és „altalaj”, a területfejlesztés és az ásványi nyersanyagok gazdálkodásának szabályozására rendre elbuktak. Ezek a nemzeti szuverenitás anyagi megtestesítői, eredeti elemei a nemzeti vagyonnak, a tagállamok a szubszidiaritási elvre és az alapszerződési felhatalmazás hiányára hivatkozva vétőzták meg az eddigi kezdeményezéseket (Christmann et al., 2014; Montanarella, 2015). Az új globális kihívások miatt (Covid19, háborúk, extrém időjárás, dekarbonizáció, terrorizmus), valamint a nyílt stratégiai autonómia (EB, 2021) és a reziliencia (Makana et al., 2016) igénye miatt a szabályozási keretrendszer fejlesztése elodázhatatlan, és már jelentek meg erről politikai utalások (EB, 2020b; EP, 2022). A földtani erőforrások, ezen belül a hasznosítható földtani közeg egységes közösségi szabályozása azonban a közeli jövőben nem tűnik megvalósíthatónak a fent vázoltak miatt.

Tagállami szinten a fentiek orvoslására alkalmas lehet a stratégiai hatásvizsgálat, amely országos és regionális programokra alkalmazandó az ágazati konfliktusok megelőzésére. E mellett az országos és regionális területfejlesztési terv az a tervezési szint és jogintézmény, amely alkalmas a fejlesztési célok és az ezeknek megfelelő földtani térrészek felmérésére, a versengő hasznosítások összevetésére a továbbfejlesztett kritikalitási elemzéssel. Mindkét eljárás biztosítja a szakmai egyeztetések és a társadalmi viták lefolytatását.

Ehhez szükséges a jelenlegi, jellemzően kétdimenziós tervezési és nyilvántartási rendszerek térbeli, sőt négydimenziós, időbeli változások követésére alkalmas továbbfejlesztése, és ezek átjárhatóságának biztosítása. A geológiai szolgálatok, bányafelügyelet, környezetvédelmi felügyelőségek, földhivatalok, építésügyi hatóságok és vízügyi igazgatóságok azok az állami szervezetek, amelyek rendelkeznek a megfelelő tudásbázissal, és amelyek képesek az adatfrissítések hatósági kikényszerítésére, valamint a közérdekű adatszolgáltatásra.

Az itt vázolt koncepcióhoz hasonlóan Hollandia radikális intézkedési sorozat keretében a Környezeti és Tervezési Törvény (Omgevingswet, URL2) módosításával integrálta a térfejlesztésre vonatkozó jogszabályokat. A területfejlesztési terveket egységes környezeti terv váltja fel, az engedélyeket digitális „egy-

ablakos” rendszerben lehet benyújtani, de a kérelmet a helyi vagy a regionális hatóság vizsgálja meg, és adja ki az engedélyt. Jasper Griffioen és szerzőtársai (2014) a hollandiai 3D-felszín alatti információs rendszer fejlesztését mutatták be az új integrált térfejlesztési program szolgálatában. A hasznosítható földtani közeg felmérésére a Német Föderális Földtudományi és Természeti Erőforrás Intézet is 3D modellezési projektet indított, a Német Környezetvédelmi Ügynökség pedig definiálta a „potenciálisan hasznosítható zónák” körét (Kahnt et al., 2015). A EuroGeoSurveys által kifejlesztett European Geological Data Infrastructure információt szolgáltat a felszín alatti erőforrásokról és a földtani veszélyforrásokról.

ÖSSZEFOGLALÁS

A felszín alatti térrész vagy földtani közeg régóta hasznosított természeti erőforrás, amelynek a jelentősége napjainkban felértékelődik. Számos földtani erőforrás már kritikusnak tekinthető, vagy az lesz a jövőben, ideértve a földtani közeg egyes hasznosításait, például a városi infrastruktúrát. A mai szabályozási és hatósági keretek és a tudásbázis nem képes hatékonyan megfelelni e kihívásnak, ezt jogi és környezeti konfliktusok jelzik. Uniós jogalkotásra kevés az esély, a megoldást tagállami szinten a stratégiai hatásvizsgálat kiterjesztett alkalmazása és a területfejlesztés térfejlesztéssé alakítása jelentheti. A földtani erőforrások harmonizált kormányzása segítheti a társadalmi és gazdasági rezilienciát, amely válságok idején különösen fontos.

A tanulmány elkészítése az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával működő K142550 számú projekt keretében, a K_22 pályázati program finanszírozásában valósult meg.

IRODALOM

- Cherlet, M. – Hutchinson, C. – Reynolds, J. et al. (eds.) (2018): *World Atlas of Desertification*. Luxembourg: Publication Office of the European Union, DOI: 10.2760/06292, <https://wad.jrc.ec.europa.eu/atlas>
- Christmann, P. – Diercks, T. – Marlet, C. et al. (2014): *Recommendations on the Framework Conditions for the Extraction of Non-energy Raw Materials in the European Union. Report of the Ad Hoc Working Group on Exchange of Report of the Ad Hoc Working Group on Exchange of Best Practices in Minerals Policy and Legal Framework, Information Framework, Land-Use Planning and Permitting*. Brussels: DG GROW, <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/5571/attachments/1/translations/en/renditions/native>

- EB – Európai Bizottság (2020a): *Study on the EU's List of Critical Raw Materials*. Brussels, DOI: 10.2873/11619, <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/42883/attachments/1/translations/en/renditions/native>
- EB – Európai Bizottság (2020b): *A Bizottság Közleménye az Európai Parlamentnek és a Tanácsnak – 2020. évi stratégiai előjelzési jelentés – A reziliensebb Európa felé vezető út felvázolása*. /COM/2020/493/ Brüsszel, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0493>
- EB – Európai Bizottság (2021): *A Bizottság Közleménye az Európai Parlamentnek, a Tanácsnak, az Európai Központi Banknak, az Európai Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a Régiók Bizottságának – Az európai gazdasági és pénzügyi rendszer: A nyitottság, az erő és a reziliencia előmozdítása*. /COM/2021/32/ Brüsszel, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/ALL/?uri=CELEX:52021DC0032>
- Elhacham, E. – Ben-Uri, L. – Grozovski, J. et al. (2020): Global Human-Made Mass Exceeds All Living Biomass. *Nature*, 588, 442–444. <https://fisherp.mit.edu/wp-content/uploads/2021/01/s41586-020-3010-5.pdf>
- EP – Európai Parlament, az Európai Unió Tanácsa és az Európai Bizottság együttes nyilatkozata (2022): *Az EU 2023. és 2024. évi jogalkotási prioritásai*. 2022/C 491/01, 1–6.
- Field, B. – Barton, B. – Funnell, R. (2018): Managing Potential Interactions of Subsurface Resources. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*, 232, 1, 6–11. DOI: 10.1177/0957650917717628, <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0957650917717628>
- Griffioen, J. – van Wensem, J. – Oomes, J. L. et al. (2014): A Technical Investigation on Tools and Concepts for Sustainable Management of the Subsurface in the Netherlands. *Science of the Total Environment*, 485, 810–819. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2014.02.114
- Hámor T. – Vidal Legaz, B. – Zampori, L. et al. (2021): *A Review of European Union Legal Provisions on the Environmental Impact Assessment of Non-Energy Minerals Extraction Projects*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. DOI: 10.2760/705726
- Hámorné Vidó M. – Hámor T. – Czírok L. (2021): Underground Space, The Legal Governance of a Critical Resource in Circular Economy. *Resources Policy*, 73, October, DOI: 10.1016/j.resourpol.2021.102171, <http://publicatio.uni-sopron.hu/2178/1/Underground-space-the-legal-governance-of-a-critical-resource-in-circular-economyResources-Policy.pdf>
- Jenni, K. E. – Pindilli, E. – Bernknopf, R. et al. (2018): *Multi-Resource Analysis – Methodology and Synthesis*. (Circular 1442) Reston, VA: U.S. Geological Survey, DOI: 10.3133/cir1442, <https://pubs.er.usgs.gov/publication/cir1442>
- Kahnt, R. – Gabriel, A. – Seelig, C. et al. (2015): *Unterirdische Raumplanung –Vorschläge des Umweltschutzes zur Verbesserung der über- und untertägigen Informationsgrundlagen, zur Ausgestaltung des Planungsinstrumentariums und zur nachhaltigen Lösung von Nutzungskonflikten*. Teil I. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/unterirdische-raumplanung-vorschlaege-des>
- Makana, L. O. – Jefferson, I. – Hunt, D. V. L. et al. (2016): Assessment of the Future Resilience of Sustainable Urban Sub-Surface Environments. *Tunneling and Underground Space Technology*, 55, 21–31. DOI: 10.1016/j.tust.2015.11.016
- Montanarella, L. (2015): Agricultural Policy: Govern Our Soils. *Nature*, 528, 7580, 32–33. DOI: 10.1038/528032a, <https://www.nature.com/articles/528032a>
- Volchko, Y. – Norrman, J. – Ericsson, L. O. et al. (2020): Subsurface Planning: Towards a Common Understanding of the Subsurface as a Multifunctional. *Resource Land Use Policy*, 90, 104316. DOI: 10.1016/j.landusepol.2019.104316, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026483771931316X>

Von der Tann, L. – Sterling, R. – Zhou, Y. (2020): Systems Approaches to Urban Underground Space Planning and Management. A Review. *Underground Space*, 5, 144–166. DOI: 10.1016/j.undsp.2019.03.003, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2467967418301119>

URL1: https://en.wikipedia.org/wiki/High-voltage_direct_current

URL2: <https://www.government.nl/topics/spatial-planning-and-infrastructure/revision-of-environment-planning-laws>

URL3: *A Tanács 2008/114/EK irányelve (2008. december 8.) az európai kritikus infrastruktúrák azonosításáról és kijelöléséről, valamint védelmük javítása szükségességének értékeléséről.* <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX:32008L0114>