

**NÉHÁNY GONDOLAT A KARSZTÖKOLÓGIAI RENDSZER
SÉRÜLÉKENYSÉGÉRŐL**

**SOME THOUGHTS ABOUT THE VULNERABILITY OF THE
KARST GEOECOSYSTEM**

KEVEINÉ BÁRÁNY ILONA

SZTE TTIK Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék
Szeged, Egyetem u. 2. keveibar@geo.u-szeged.hu

Abstract: As is well known, karsts have different properties than other types of stone and are very vulnerable. Water pipe, water reservoir and water abilities are the most important features of karstic rocks. At the same time, however, this is the biggest source of danger as the system is open. As a result of human activity, damage processes in the 3D karst system have accelerated in recent decades. Pollutants from the environment quickly enter the system with infiltrating water, where there has not enough time to clean the contaminants due to the rapid water movement. Only 10% of the Earth's surface is made up of karstic rocks, but their significance is very high, as the world's population's water demand is almost 1/4 part of karst water. Such use of karst water in itself justifies the multifaceted examination of the vulnerable karst ecosystem. The elements of the karst ecosystem are closely related to the type of utilization. The task of the research is to investigate the changes occurring during the utilization, to qualify the current state and to propose appropriate utilization. But to do this, the root causes of the vulnerability need to be investigated, to determine the most important tasks by knowing them. Previous research has mainly focused on the vulnerability of karstic waters, and several methods have been proposed for mapping it (LÓCZY 2006). The study provides a brief insight into environmental changes affecting the karst ecosystem and the need for vulnerability testing. Summarize the causes of the vulnerability and make some suggestions to resolve the most important issues.

Keywords: karst climate, soil and vegetation, karst ecosystem, karst and man, vulnerability of karsts

Bevezetés

A karsztos területek kutatása az utóbbi évtizedekben a környezeti tényezők karsztra gyakorolt hatásának kutatása irányába fordult. A karsztok más kőzettípusoktól eltérő tulajdonságokkal rendelkeznek és nagyon sérülékenyek. A vízvezető, víztározó és vízáadó képesség a karsztos kőzetek egyik legfontosabb tulajdonsága. Egyúttal azonban ez a legnagyobb veszélyforrás is, mivel a rendszer nyitott. A külső környezetből a szennyező anyagok a beszivárgó vízzel gyorsan bejutnak a rendszerbe, ahol a gyors vízmozgás miatt nincs elegendő idő a víz megtisztulására. A földfelszínnek csupán 10%-a épül fel karsztos kőzetekből, jelentőségük mégis igen nagy, mivel világ lakosságának vízigényét 1/4 részben karsztvízzel elégítik ki. A karsztvíz ilyen mértékű használata már önmagában is indokolja a sérülékeny

karszt-ökorendszer sokirányú vizsgálatát. A karsztok látványértéke is jelentős, megőrzésük a jövő generációk számára igen fontos. Ahhoz, hogy megvédjük a karsztok értékeit, fenntartható kezelésre és védelemre van szükség. A tanulmány néhány olyan folyamara hívja fel a figyelmet, amelyek a rendszerben elsősorban antropogén hatásra lépnek fel. Felismerésük a kedvezőtlen hatások csökkentése és megelőzése érdekében feltétlenül kívánatos a jövőben.

A karsztok sérülékenysége

A karszt-ökorendszer érzékenysége az 1980-as és 1990-es években egyre inkább nyilvánvalóvá vált. A nem karsztos anyagok gyorsan bejutnak a karsztvízrendszerbe és a karsztos oldást módosítják vagy károsítják a több millió évig fejlődő természetes formákat (*JAKUCS* 1987, *TRANTER* et al 1997, *BÁRÁNY KEVEI*, 1998, *TROFIMOVA* 1999). Egyre inkább hangsúlyossá vált a karsztok gyakorlatorientált kutatása (*DALLAS* et al 1988, *PFEFFER K-H*, 1990). Előtérbe került a karsztok megőrzésének kérdése is (*SHARPLES* 1993, *DAY* 1996, *DIXON*, *DUHING* 1996, *KIERNAN* 1997, *URICH* 2002, *KEVEINÉ BÁRÁNY*, 2008). A kutatások megállapították, fontos feladat a karsztos formák és folyamatok sokféleségének (geodiverzitás) megőrzése.

A karsztok sérülékenysége azt fejezi ki, hogy egy szennyezés, vagy károsítás milyen könnyen terjed a rendszerben, és milyen károkat okoz. A veszélyforrás a káros hatás, a sérülékenység a káros hatás következmények súlyossága, a kockázat a kedvezőtlen események valószínűsége. A kockázati térképek (risk map) számszerűsítik a káros események bekövetkezésének valószínűségét (*MC CALL*, *MARKER*, 1989). A sérülékenység értékelését a karsztokon a karsztvizek szennyeződés vizsgálatával közelítették meg a kutatók (*HASHIMOTO* et al. 1982, *FOSTER* 1987, *DOERFLINGER* et al. 1999, *ZWAHLEN* 2003, *RAVBAR*, 2007).

A karsztvíz egy része víznyelőkön keresztül, vagy a karsztos és nem karsztos kőzetek határán, illetve a talajon keresztül jut a karsztba. A talaj bizonyos határig szűri a vizet, a víznyelőkön és a közethatáron bejutó vizek azonban további szűrés nélkül jutnak a rendszerbe. A járatokban sem kötődnek meg a szennyező anyagok. A víz követése a felszín alatt nem egyszerű, mivel a járatokban gyorsan mozog a víz, a járat-rendszerek a karsztban összetartóak, a szennyeződés nem hígul fel mozgás közben. Egy víztározó közettest sérülékenysége függ attól, hogy pl. egy mezőgazdasági eredetű (pl. nitrát-terhelés, szerves-anyag) anyag, vagy nehézfém jut be a rendszerbe.

FOSTER (1987) szerint a sérülékenység mértéke függ a szennyezés jellegétől is.

Az egyre szennyezettebb felszíni vizek, és a klímaváltozással járó időjárási szélsőségek a felszín alatti vízkészletek felértékelődéséhez vezetnek. A karsztvizek mennyiségi és minőségi védelme a karsztos hidrológiai–földtani–ökológiai rendszer működésének, folyamatainak, viselkedésének megértése nélkül nem képzelhető el. Ennek egyik eszköze lehet a sérülékenységi becslés és térképezés.

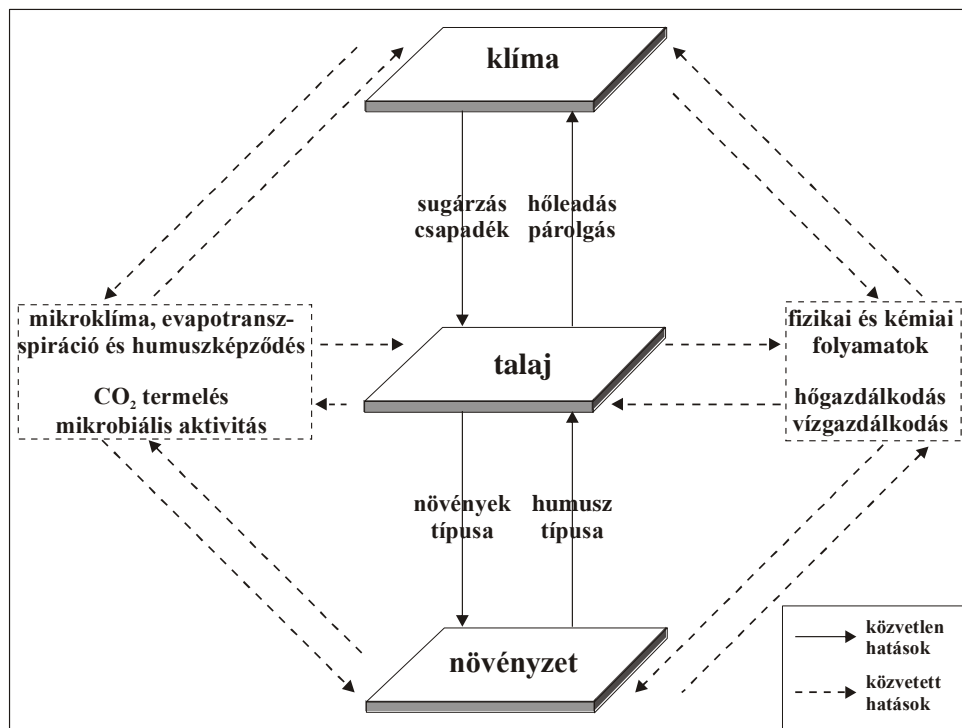
A sérülékenységi vizsgálatok több országban a törvényhozás részét képezik. Eredményeik nagy segítséget jelentenek a döntéshozatalban, környezeti hatásvizsgálatoknál, illetve a fenntartható tájhasználat megszervezésében is. A Postojnai Karsztkutató Intézet kutatói a sérülékenység meghatározására kidolgoztak egy módszert, amely a talajtani, kőzettani, meteorológiai, hidrológiai és geomorfológiai adatokat alapul véve, három tényezőt vizsgált: a fedő réteget, a beszivárgási viszonyokat, és a csapadékot. Térinformatikai eszközökkel elkészítették a résztényezők speciális térképeit, s azok additív értékelésével megrajzolták a vizsgált terület vízrendszerének sérülékenységi térképét. Magyarországon *SZŐNYI* et al. (1998) végzett sérülékenységi vizsgálatot a Keszthelyi-hegységben, ahol a kutatók a beszivárgást befolyásoló (a vadózus övre- és a karsztvíz tározóra) vonatkozó paramétereket vizsgálták. A szlovén módszert Magyarországon a Bükk Nemzeti Park Kis-fennsíkján tesztelték (*IVÁN* et al. 2011), ahol dolinák, barlangok, forrásmésző-kiválások, szakadékdolinák, karsztforrások képezték a vizsgálat alapját. A fedőrétegeket, a beszivárgás és a csapadék értékeket vették alapul a sérülékenység meghatározásánál. Megállapították, hogy a dolinasoros víznyelők a fedetlen karszton igen sérülékenyek, ahol fedőrétegek található ott kevésbé mutatható ki a sérülékenység. A tanulmány a továbbiakban néhány olyan folyamatváltozást mutat be, amely jelentősen hozzájárul a karsztok sérüléséhez.

A klíma–talaj–vegetáció kapcsolata a karsztökológiai rendszerben

A karsztok ökoszisztémájának (abiotikus és biotikus elemeinek) integrált kutatása napjainkban egyre fontosabbá válik. Az utóbbi másfél évtizedben került előtérbe tudományterületünkön az ökoszisztéma szolgáltatások vizsgálata (*KEVEINÉ BÁRÁNY, KISS, TANÁCS, SAMU* 2016), mivel a különböző környezeti hatások jelentősen megváltoztatták a karszt-ökoszisztémák értékeit. *COSTANZA* et al. (1997) a Föld ökoszisztéma vizsgálata során 17 ökoszisztéma szolgáltatást (és azok funkcióit) különített el. Közülük a

karsztok vízellátási-, eróziós kontroll-, refúgium- és rekreációs szolgáltatása révén emelhetők ki.

A 2000. évtől fontossá vált a karszt-ökorendszer érzékenységének vizsgálata, melynek célja a karsztok felszíni és felszín alatti folyamatainak, s ezáltal a formaképzésnek természetközeli megőrzése. Az epikarsztban a változások motorja a klíma-talaj-növényzet kölcsönhatása (1. ábra). Ez a három szféra irányítja az anyag- és energiaáramlási folyamatokat. Bármelyik tényező változása kiváltja a másik kettő változását, ami viszont hat az egész rendszer további működésére.



1. ábra. A klíma -, talaj -, és növényzet kapcsolata a karszt-ökorendszerben
 Fig 1. Connection of climate, soil and vegetation in the karstecological system
 direct effect ———> indirect effect - - ->

A talajborítás, annak puffer és filter képessége miatt bizonyos ideig kiegyenlítheti a káros hatásokat (savanyúság, műtrágyázás, peszticidek stb), hosszabb időtartamú terhelés után azonban ez a kiegyenlítő hatás csökken vagy megszűnik. A kopár karsztokon közvetlenül jut a víz a rendszerbe, de az ún. allochton (nem karsztos területekről érkező) vízfolyások is közvetlenül vezetnek be a víznyelőkön a szennyezett vizeket a rendszerbe (2. ábra). A

gyors vízmozgás miatt ebben az esetben nem működik semmiféle belső helyreállító képesség (autore restoration).



2.ábra. Kopár karszt (Mallorca, Nagy Britannia), allogén víznyelő (Aggtelek)
Fig 2. Barren karst (Mallorca, Nagy Britannia), allogenic sinkhole (Aggtelek)

Általában az a szakmai vélekedés, hogy a karsztok talajai visszameszeződnek és a pH értékük bázikus. Az általunk vizsgált karszttalajok pH értékei az aggteleki-, bükki- és mecseki karszton savanyú, gyengén savanyú illetve semleges kémhatást jeleznek. A mecseki és aggteleki talajok valamivel savanyúbbak, mint a bükkiek. Több száz talajminta között sok 5,0-ös pH

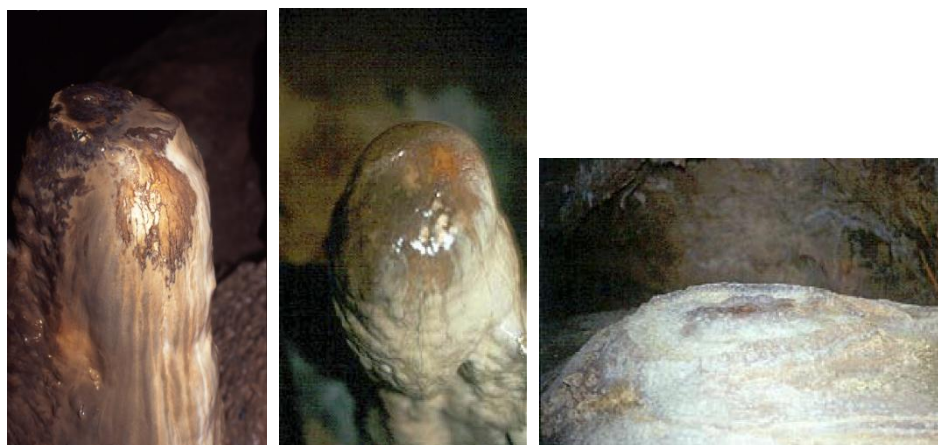
érték is előfordult, ami jelzi ezeknek a talajoknak a savanyodását (I. táblázat).

I. táblázat.
Table I

A talaj pH különböző ökológiai viszonyok között az aggteleki karszton
. Soil pH values under various ecological conditions on the Aggtelek karst

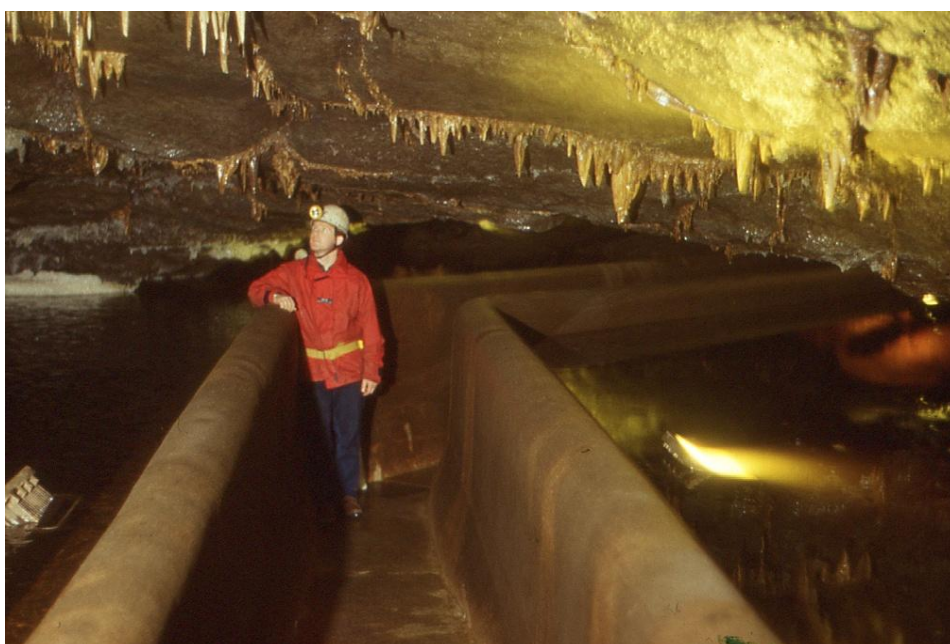
Kémhatás	Összes [%]	Tölgyerdő	Rét	Fenyőerdő	Szántó
Erősen savanyú (<4,5)	2 (3,3 %)	2 (2,57 %)	0	0	0
Savanyú (4,5-5,5)	26 (42,6 %)	20 (57,1 %)	2 (11,1 %)	4 (100 %)	0
Gyengén savanyú (5,5-6,8)	16 (26,2 %)	6 (17,1%)	10 (55,6 %)	0	0
Semleges (6,8-7,2)	7 (11,5 %)	4 (11,4 %)	3 (16,7 %)	0	0
Gyengén lúgos (7,2-8,5)	10 (16,4 %)	3 (8,6 %)	3 (16,3 %)	0	4 (100 %)
Összes	61 (100 %)	35 (100 %)	18 (%)	4 (100%)	4 (100 %)

A szivárgó- és befolyó vizek savasodása odavezetett, hogy cseppkő visszaoldódások (degradáció) jelentek meg a több ezeréves barlangi cseppköveken. Ilyen visszaoldódás nemcsak a Közép-európai barlangokban (a Baradlában és a szlovák Szabadság barlangban), de az atlantikus régióban Írországban a Marble Arch barlangban is megfigyelhető (3. ábra).



3.ábra. Cseppkő visszaoldódások a magyar Baradla-, a szlovák Szabadság és az ír Marble Arch barlangban (Cuilcagh-hegység)
Fig 3. Degradation of dropstone in Baradla (Hungary), in Szabadság (Slovakia) and in Marble Arch cave (Ireland, Cuilcagh Mountain)

Az Észak-írországi Marble Arch barlang (a 665 m magasságú Cuilcagh-hegységben) és környezete a 1990-es évek végén az Európai Unió segítségével örökségvédelem alá került, ma már Geopark. A barlang vízgyűjtőjén hatalmas tőzeg területek találhatóak, amelyek a gyors tőzeg kitermelés miatt megsérültek. A tőzeg savanyú humuszt termel, s a sérült tőzeg területekről a savanyú kémhatást előidéző növénymaradványok nagy csapadékok idején bemosódnak a barlangba, ahol cseppkő visszaoldódásos jelenségeket alakítanak ki. A barlang mennyezetén ezek a roncsolódott szervesanyag maradványok sok helyen megfigyelhetők (4. ábra).



4. ábra. A Marble Arch barlang áradás után
Fig 4. Marble Arch cave after flooding

Az utóbbi évtizedekben a talajok pH változásai és a szűrő-képesség csökkenése következtében megnöttek a nehézfém terhelések (XIANDONG, THORTON 1993, BÁRÁNY KEVEI et al. 2001, TIPPING et al. 2010, RUIZHAN et al. 2012). A vizsgált magyar karsztok közül az Aggteleki (II. táblázat) és Bükk karsztok nehézfém terhelése nagyobb, mint a Nyugat-mecseki karszté. Ez valószínűsíthetően azzal magyarázható, hogy az Aggteleki karszt a szlovák iparvidékről kapja a szennyezést, másrészt a két hegység között korábban elhelyezkedő vegyipari tengely, és az itt található ércdúsító is hozzájárult a nagyobb terheléshez. A talajok nehézfém szennye-

zése a karsztvizek szennyeződéséhez vezetnek (SZŐKE, BÁRÁNY-KEVEI 2003). A probléma komoly tényezővé vált a világ karszt területeinek jelentős részén. A nehézfémekkel terhelt vizek károsak az egészséges barlangi környezetre, de szennyezik a források vizét is, ezért annak ivóvízként történő felhasználása is problematikusá válhat a közeljövőben (KRESIC 2012).

II. táblázat.

Table II

A talajok nehézfém tartalma különböző növényzettel borított területeken, eltérő pH, és szervesanyag függvényében Aggteleken
 . The heavy metal content of soils in different vegetation areas depending on different pH and organic matter in Aggtelek

Aggtelek	Ökológiai jelleg	Nehézfém [ppm]					pH [H ₂ O]	Szerves-anyag[%]
		Cd	Pb	Ni	Co	Cr		
minta								
1	Tölgyes	2.44	96.0	60.9	22.7	54.0	5.49	15.1
2	Tarló	0.48	29.9	23.9	14.5	40.6	7.66	16.3
3	Rét	1.20	43.9	65.1	17.6	72.2	7.31	12.6
4	Tölgyes	0.85	36.9	56.0	14.1	69.5	5.00	12.7
5	Rét	0.68	68.0	48.1	24.3	56.3	5.35	26.6
6	Rét	0.90	47.0	46.4	19.7	55.0	5.71	28.0
7	Fenyő	0.90	42.4	53.8	14.3	67.9	5.21	15.8
8	Tölgyes	0.87	46.9	43.9	18.2	53.3	4.33	19.3
9	Tölgyes	1.90	75.4	55.0	15.7	62.0	5.00	72.6
10	Rét	1.60	56.3	54.5	14.9	62.5	7.03	77.8
11	Tölgyes	2.00	57.4	57.7	13.9	67.4	6.29	43.1
12	Tölgyes	0.74	58.3	55.7	13.9	65.0	4.85	29.7
13	Tölgyes	0.95	68.1	78.6	27.1	87.9	4.93	33.0
14	Tölgyes	1.13	56.5	44.3	20.8	52.3	4.86	18.0
15	Rét	0.98	56.9	48.7	18.1	53.6	5.77	32.3
16	Tölgyes	0.76	53.6	45.6	13.7	55.7	4.40	44.0
Háttér koncentráció		0,5	25,0	25,0	15,0	30,0		
Megengedett határ		1	100	40	30	75,0		

Fontos mutatója tehát a karszt-ökorendszer sérülékenységének a modernkori nehézfém szennyezés. A fémszennyezés a karszttalajokat, a karsztvizet és forrásokat, de a karsztok növényzetét is fenyegeti. Amennyiben a talajon keresztül szivárog be a víz a rendszerbe, a talaj tulajdonságai (szövet, szerves-anyag tartalom és kémhatás) csökkenthetik a szétterjedés időtartamát és megkötések révén, annak mennyiségét is. Ezért az utóbbi évtizedekben megkezdjük a nehézfém szennyezések vizsgálatát a karsztos talajokban, vizekben és növényzetben (BÁRÁNY KEVEI et al. 2001, KEVEINÉ BÁRÁNY et al. 2002, SZŐKE, KEVEINÉ BÁRÁNY 2003, BÁRÁNY KEVEI et al. 2006, KASZALA, BÁRÁNY KEVEI 2015). Vizsgálataink szerint a talaj puffer-képessége lassíthatja, esetleg megakadályozhatja a nehézfémek gyors

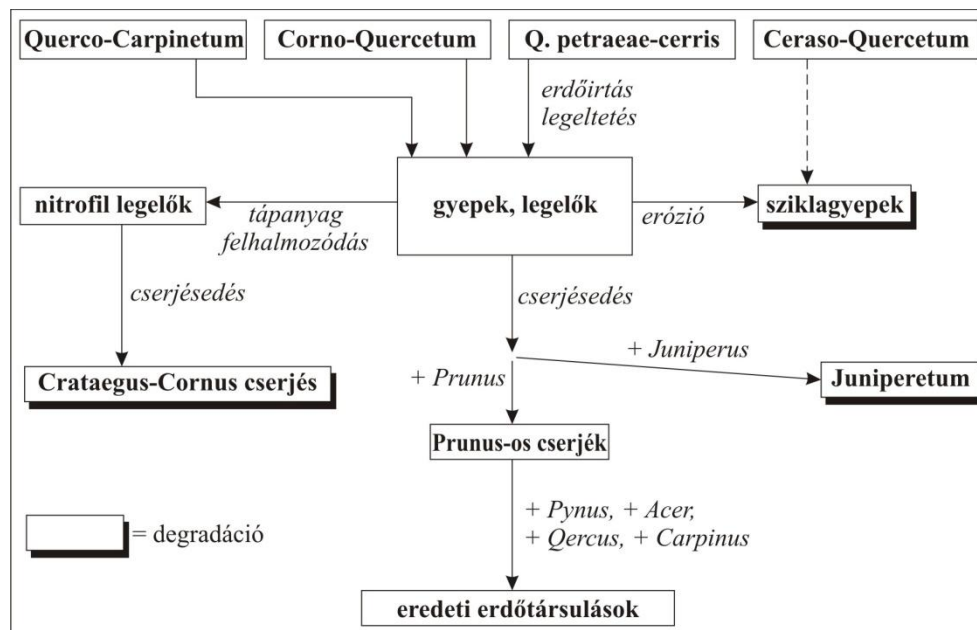
bejutását a karsztrendszerbe és a karsztvízbe, ami csökkenti a rendszer sérülékenységet. A talajból a növények különbözőképpen (akkumuláló, toleráló és távoltartó fajok) veszik fel a nehézfémek egy részét (BÁRÁNY, MEZŐSI 1999), amit az eredmények értékelésénél figyelembe kell venni. A savanyú talajok mobilizálják a nehézfémek többségét, így csökken a talaj védőszerpe és nő a rendszer sérülékenysége. Másrészt viszont a talajok jó minőségű humuszanyagai és az agyagos talajalkotók megköthetik a nehézfémeket, ezáltal csökkentik a sérülékenységet.

A karsztos tavakon az utóbbi 20-30 év alatt jelentős mértékben felerősödött az eutrofizáció. A benádasodás ezeken a területeken általában az antropogén hatásokkal van összefüggésben. Az Aggteleki tónál egyértelmű a kapcsolat a településből származó kommunális szennyező anyagokkal (5. ábra). A szlovák kutatók a Gömör-Tornai Karszt határon túli részein is regisztrálták ez a folyamatot (SAMU et al. 2012)



5. ábra. Az Aggteleki-tó 1984-ben (baloldal) és 1999-ben (jobboldal) az eutrofizálódás után
Fig 5. Aggteleki lake in 1984 (link) and in 1999 (right) after the eutrofication

Az erdőgazdálkodás korábban káros kezelési módokkal környezetvédelmi szempontokból okozott változásokat a karsztok állapotában (TANÁCS et al. 2007). A tarvágás, az új erdei utak létesítése, a természetes felújítások csökkentése, nem őshonos fajok telepítése megváltoztatta a karsztfejlődés természetes dinamikáját, az erdőfelújítások csökkentették az erdők faji diverzitását. Ugyanakkor a mezőgazdaság által művelt területekről is jelentős mennyiségű karsztidegen anyag jutott a karsztokra műtrágyázás, peszticidek kijuttatása és a kommunális szennyezések következtében. A 90-es évek végétől vált fontossá a mezőgazdasági művelés hatásainak (BURRI et al. 1999) vizsgálata a karsztokon. Az erdőirtás és legeltetés, de a környező területek mezőgazdasági tevékenysége is hozzájárult az aggteleki dolinák növényzetének átalakulásához (6. ábra).



6. ábra. A dolinák másodlagos asszociációinak fejlődése emberi tevékenység után Aggteleken
(Bárány és Horváth 1999)

Fig. 6. Possible development of secondary grass associations after human activity in dolines in Aggtelek

A karsztok sérülékenységének fontosságát a jelen tanulmány csak néhány példa segítségével kívánta hangsúlyozni. A teljesség igénye nélkül, összegzésként megállapítható, hogy a sérülékenységet a karsztok 3D-s hatásfelületén, az alábbi tényezők erősítik napjainkban:

- a talajerózió (soil erosion),
- a szárazodás (desertification),
- a kőzet kitermelése (quarrying)
- a karsztvízszint csökkenése (water level decrease),
- a karsztos tavak eutrofizációja (eutrophication of lakes),
- a karsztvizek szennyeződése (organic and inorganic pollution),
- a karsztos talajok és a csepegő vizek elsavanyodása (acidification of soils and dripping water),
- a karsztok talajainak és vizének nehéz-fém-szennyezése (heavy metal pollution of soils and percolations water) ,
- a karsztok növényzetének uniformizációja és az őshonos növények eltűnése (uniformization and disappearance of native plants),
- a cseppkő visszaoldódása a barlangokban (dropstone degradation in the caves).

Következtetések

A fenti károsodásokat az emberi tevékenység az utóbbi századokban jelentősen felgyorsította. A karsztrendszer folyamatainak módosítására csak a karsztfelszíneken van lehetőség, a karsztokba jutott káros anyagok kiszűrése már nem lehetséges, ott már az öntisztulás (autore restoration) nem működik. Fel kell tárnunk ezért a jövőben minden olyan károsodást, ami a sérülékenység következménye, és fokozott védelemben kell részesíteni a karsztos területeket:

- első lépésben az egész vízgyűjtő területet kell védeni,
- ki kell terjeszteni a tájvédelmet azokra a karsztokra, amelyek ma még extenzív földművelés területei,
- meg kell tiltani az erdőirtásokat, a szükséges kitermelés helyén őshonos fajokat kell telepíteni,
- meg kell szüntetni a nagymérvű vízkitermelést, csak annyit kell használni, amennyi visszapótlódik,
- a vízgyűjtőkön az ipari termelést csökkenteni vagy teljesen meg kell szüntetni (ércbányászat, kőbányászat)

A fenti feladatok integrált megoldása csak multidiszciplináris projektek keretében lehetséges. Az IUCN a közelmúltban adta ki "*A Karszt Világörökségi Jellemzőinek Globális Áttekintése: Jelenlegi helyzet, jövőbeli kilátások és irányítási követelmények*" (IUCN, WILLIAMS, P. 2008) tematikus tanulmányt, amelyben a szakemberek a karsztrendszerek értékelésével és kezelésével kapcsolatos kérdésekben további hasznos tanácsokat találnak.

IRODALOM

- BÁRÁNY KEVEI, I. (1998): Geocological system of karsts. – Acta Carsologica. Krasoslovni Zbornik, XXVII/1. Ljubljana. pp. 13-25.
- BÁRÁNY KEVEI, I., HORVÁTH, A. (1996): Survey of the interaction between soil and vegetation in karstecological system /at Aggtelek, Hungary/. – Acta Geographica Szegediensis, Tom. XXXV. 1994-94. pp- 81 - 87.
- BÁRÁNY KEVEI, I., MEZŐSI, G. (1999): The relationships between soil chemistry and the heavy metal content of vegetation on karsts. – In.: (Ed. Bárány Kevei, I. & Gunn, J.) Essays in the ecology and conservation of karst. pp. 47-53.
- BÁRÁNY KEVEI, I., GOLDIE, H., HOYK, E., ZSENI, A. (2001): Heavy metal content of some Hungarian and English karst soils. – Acta Climatologica at Chorologica. Tom. XXXIV-XXV. pp. 81-92.

- BÁRÁNY KEVEI, I., ZSENI, A., HOYK, E., KASZALA, R.* (2006): Investigations of heavy metal pollution in the karst regions of Hungary. in.: Halasi-Kun.G.J. (edits) Pollution and water resources. – Columbia Univ. Sem. Procced. XXXVI. 2004-2006. Sustainable development in Central Europe. 181-191.
- COSTANZA, R., d'ARGE, R., GROOT, R., FARBER, S., GRASSO, M., ANNON, B., LIMBURG, K., NAEEM, S., O'NEILL, R. V., PAURELO, J., RASKIN, R. G., SUTTON, P., van den BELT, M.* (1997): The value of the world's ecosystem services and natural capital. – NATURE. 387. pp. 253-260.
- DALLAS, L. P., TROESTER, J. W., MOORE, J. E.* (1988): Karst Hydrogeology in the United States of America. – 21st Congr. Int. Associat. of Hydrogeol. Karst Hydrlogy and Karst Environment Protection 1. U.S. Geological Survey Open-File Report. pp. 88-476.
- DAY, M. J.* (1996): Conservation of karst in Belize. – Journal of Cave and Karst Studies, 58. pp. 139-144.
- DIXON, G., DUHINGH, N.* (1996): Compilation and Assessment of Some Places of Geoconservation Significance; – Report to the Tasmanian RFA Environment & Heritage Technical Committee, December 1996, 78 p., Regional Forest Agreement, Commonwealth of Australia and State of Tasmania.
- DOERFLINGER, N., JEANNIN, P. Y., ZWAHLEN, F.* (1999): Water vulnerability assessment in karst environments: a new method of defining protection areas using a multi-attribute approach and GIS tool (EPIKmethod). – Environmental Geology 39(2). pp. 165-176.
- FOSTER, S. S. D.* (1987): Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy. – Environmental Geology and Water Sciences 13. pp. 39-43.
- HASHIMOTO, T., STEDINGER J. R., LOUCKS D. P.* (1982): Reliability, resiliency and vulnerability criteria for water resource system performance evaluation. – Water Resources Research 18.(1) pp. 14-20.
- IVÁN, V., MÓGA, J., FEHÉR, K., MIKLÓS, B.* (2011): Karszt-sérülékenységi vizsgálatok a bükkfi Kis-fennsík karsztján. – Karsztfejlődés XVI. pp. 167-183.
- JAKUCS, L.* (1987): Traces of effects of acidic rain (sedimentation) in the re-dissolution of cave dripstones. – ENDINS. Mallorca. pp. 49-59.
- Karst and agriculture in the world (1999) (Eds. *BURRI, E.* – *CASTIGLIONI, B., SAURO, U.*, Int. Journal of Speleology, 28 B (1/4) 1999. Publ. Quarterly by Societa Speleologica Italiana. 198 p
- KEVEINÉ BÁRÁNY I.* (2008): Geodiverzitás és tájdiverzitás. – Földrajzi Közlemények 132(4). pp. 431-439.

- KEVEINÉ BÁRÁNY I., ZSENI A., KASZALA R.* (2002): A talaj és a növényzet nehézfém-tartalmának vizsgálata karsztos területen. *Karsztfejlődés*. VII. pp. 297 – 315.
- KEVEINÉ BÁRÁNYI I., KISS M., TANÁCS E., SAMU A.* (2016): Ökoszisztéma szolgáltatások és biogeomorfológiai visszacsatolások a karsztokon. *Karsztfejlődés*. XXI. 157-175. DOI: 10.17701/16.157-174
- KIERNAN, K.* (1997): Landform classification for geoconservation; In: Eberhard, R.(ed.), *Pattern and Process: Towards a Regional Approach to National Estate Assessment of Geodiversity*, 1997. – Technical Series No. 2, Australian Heritage Commission & Environment Forest Taskforce, Environment Australia, Canberra. pp. 21-34.
- KRESIC, N.* (2012): Water in karst: Management, vulnerability, and Restoration. *Ground Water*.–51:656.doi: 10.1111/gwat.12094. 2012 | ISBN-10: 0071753338 | ISBN-13: 978-0071753333 | Edition: 1. 736 p.
- LÓCZY D.* (2006): Nemzetközi áttekintés a karsztok sérülékenységének minősítési módszereiről. – *Karsztfejlődés* XI. pp. 209-221.
- MC CALL, J., MARKER, B.* (eds.) (1989): *Earth science mapping for planning, development and conservation*. – Graham & Tritman, London, 288 p.
- RAVBAR, N.* (2007): *The protection of karst waters: a comprehensive Slovene approach to vulnerability and contamination risk mapping*. – ZRC Publishing, Ljubljana. 254 p.
- RUISHAN CHEN, CHAO YE., YUNLONG CAI., XIAOSHI XING* (2012): Integrated Restoration of Small Watershed in Karst Regions of Southwest China. – *A Journal of the Human Environment*© Royal Swedish Acad. of Sciences 201210.1007/s13280-012-0296-z.
- SAMU, A., FEKETE, I., BÁRÁNY KEVEI, I.* (2012): Sequential extraction procedure for the speciation of heavy metals in the sediments of swallow karstic lakes on the Aggtelek and Slovak karst (Hungary and Slovakia). – *Slovensky Kras, Acta Carsologica Slovaca*, 50(1) pp. 55-64.
- SHARPLES, C.* (1995): *Geoconservation in forest management - principles and procedures*. – *Tasforests*, 7. pp. 37-50, Forestry Tasmania, Hobart, Dec. 1995.
- SZŐKE E., KEVEINÉ BÁRÁNYI I.* (2003): Karsztvíz vizsgálatok az aggteleki karszton, különös tekintettel a nehézfém-szennyezésre. – *Karsztfejlődés* VIII. pp. 173-185.
- SZŐNYI-MÁDL, J.–FÜLE, L.* (1998): Groundwater vulnerability assessment of the SW Trans-Danubian Central Range, Hungary. – *Environmental Geology* 35(1) pp. 9-18.

- TANÁCS, E., SAMU, A., BÁRÁNY-KEVEI, I.* (2007): Forest structure studies in Aggtelek National Park (Hungary). *Acta Climatologica et Chorologica*. Tom. 40-41. pp. 123-133.
- TIPPING, E., ROTHWELL, J.J., SHOTBOLT, L., LAWLOR, A.J.* (2010): Dynamic modelling of atmospherically-deposited Ni, Cu, Zn, Cd and Pb in Pennine catchments (northern England). – *Environmental Pollution* 158 1521-1529. • DOI: [10.1016/j.envpol.2009.12.026](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2009.12.026)
- TRANter, J., GUNN, J., HUNTER, C., PERKINS, C.* (1997): Bacteria in Castleton Karst, Derbyshire, England. – *Quarterly Journal of Engineering Geology*. 30. 171-178. <https://doi.org/10.1144/GSL.QJEGH.1997.030.P2.09>
- TROFIMOVA, E.V.* (1999): Karst caves in the Irkutsk Amphitheatre, Russia: ecological condition and problems of conservation. – In.: *Essays in the ecology and conservation of karst*. (Szerk.: Bárány-Kevei, I., Gunn, J.). pp. 153-160.
- URICH, P.B.* (2002): Land use in karst terrain: Review of impacts of primary activities on temperate karst ecosystems. – Wellington, New Zealand: Department of Conservation. Volume 198 of Science for conservation, ISSN 1173-2946
- Vulnerability and Risk Mapping for the Protection of Carbonate (Karst) Aquifer. (2003): *ZWAHLEN, F.* (eds.) – COST Action 620. Final Report. Neuchatel. 297 p. ISBN: 92-894-6416-X
- WILLIAMS, P.* (2008): World Heritage Caves and Karst. A Thematic Study. N°2. 1-26
- XIANDONG, L., THORTON, I.* (1993): Multi-element contamination of soils and plants in old mining areas, U.K. – *Applied Geochemistry, Suppl.* 2. pp. 52-56.