

KARSTVIDÉKEK SÉRÜLÉKENYSÉGI ÉRTÉKELÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI

LÓCZY DÉNES⁵⁴

APPROACHES TO THE VULNERABILITY ASSESSMENT OF KARST REGIONS

Abstract: As other landscape units, karst regions have various functions and thus they can be evaluated for various purposes: for their origin, ecological, nature conservation and environmental potentials. For practical purposes assessments for water supply, recreation and health, forestry and agriculture, cultural (paleontological or archaeological) significance or development perspectives are feasible. The increasing pressure on the environment calls for detailed inventories in order to provide foundation for regional planning and conservation measures. The paper investigates the opportunities for the vulnerability assessment of karst areas, primarily on the basis of a procedure applied in British Columbia, Canada.

BEVEZETÉS

A karsztvidékek a Föld minden kontinensén fellelhető, nagy kiterjedésű, sajátos természetföldrajzi feltételekkel jellemezhető egységek (*Jakucs L.* 1971, *Veress M.* 2004). Más tájakhoz hasonlóan változatos funkciókat tölthetnek be (*Lóczy D.* 2002), így tájértékelésük is többféle megközelítésből történhet:

1. A *genetikai* szempontú *értékelés* az úgynevezett „karsztosodási potenciál” feltárására irányul. Ebben a megközelítésben arra vagyunk kíváncsiak, vajon teljesülnek-e egy adott helyen a karsztosodás feltételei. A kérdésre a legegyszerűbben részletes tematikus térképsorozat feldolgozásával lehet választ adni (mint pl. *Stokes, T.* 1999), melynek során elsősorban a kőzettest fajtáját, vegyi tisztaságát, domborzati helyzetét, vastagságát, folytonosságát kell feltárni. Ilyen, feltáró jellegű kutatásokra már csak a Föld ritkán lakott vidékein (pl. Alaszka vagy Kanada szubpoláris tájain, ahol sűrű erdő fedi el a karsztos formákat – BC Ministry of Forestry 2003 vagy a sivatagokban) lehet szükség a legújabb távérzékelési eljárások (IKONOS, LIDAR) alkalmazásával, hiszen egyéb helyeken a karsztokat már korábban kellő részletességgel feltérképezték.

2. A *biológiai* vagy *ökológiai* nézőpontból végzett vizsgálatok keretében a karsztvidékeket elsősorban sajátos élőhelyeknek tekintik, s a növény- és állatvilág életfeltételei szempontjából elemzik. *Hoyk E.* (1999) például a védetté nyilvánítás előtt álló Nyugat-Mecsek Tájvédelmi Körzet talaj- és növényzeti viszonyairól készített összefoglaló értékelést földrajzi információs rendszer alkalmazásával.

⁵⁴ Pécsi Tudományegyetem, Földrajzi Intézet, Természetföldrajzi Tanszék. 7624 Pécs, Ifjúság útja 6.
E-mail: loczyd@gamma.ttk.pte.hu

3. A karsztvidékek különleges élővilágukon kívül mint földtudományi értékek is jelentősek (vagy azoknak kellene lenniük) a természetvédelemben (Kiss G. 1996). Pennsylvániában a karsztformák sűrűsége a természetvédelmi értékelés alapja (Kochanov, W. E. – Reese, S. O. 2003).

4. Ha a környezeti szempontok kerülnek előtérbe, a karsztok tájökölógiai jelentősége, a karsztökológiai rendszer a kutatás tárgya. Az ilyen vizsgálatok lényegében a domborzati formák osztályozására kialakított (Howes, D. E. – Kenk, E. 1988) és hivatalossá tett (RIC BC 1997) rendszerek, térkép-jelmagyarázatok továbbfejlesztését, a karsztvidékekre történő alkalmazását, kiegészítését jelentik. Keveiné Bárány I. számos publikációja is ebben a témakörben született (Keveiné Bárány I. 2002) – inkább ugyan a rendszer működésének elemzése céljából, mint tájértékelési megközelítésben, de az utóbbit is összefüggések feltárásával, értékes adalékokkal támogatva.

5. Természetesen számos alkalmazott, gyakorlati szempontból is lehet minősíteni a karsztos területeket, például

- a. vízellátási;
- b. rekreációs, gyógyászati;
- c. erdő- és mezőgazdasági;
- d. kulturális (öslénytani, régészeti)
- e. mérnökgeológiai jelentőségük (beépítési potenciál) alapján (1. ábra).



1. ábra A felszíni karsztformák értékelési szempontjai (BC Ministry of Forestry 2003b)

Figure 1 Possible assessment approaches to surface karst features
(BC Ministry of Forestry 2003b)

Elmondható és nem véletlen, hogy a nemzetközi szakirodalomban a gyakorlati (elsősorban vízellátási) megközelítésű értékelések olvashatók a legnagyobb számban.

A változatos lehetőségek közül a jelen tanulmány a karsztvidékek sérülékenységi vizsgálatát (**Chatwin, S.** 1999) emeli ki. Mivel a karsztot ért káros környezeti hatások is elsősorban a vízellátás biztonságát érintik, a sérülékenységi értékelés – a fenti osztályozásban – egyrészt elméleti tájékológiai, másrészt gyakorlati megközelítésnek is felfogható.

A KÜLÖNBÖZŐ VÍZBÁZISOK SÉRÜLÉKENYSÉGE

Az emberi társadalom igényeinek kielégítésére nyerhet vizet réteg- és részvíztározókból, folyókból, tavakból, de – ha a szükséges energia nem számít szűk keresztmetszetnek, mint a Közel-Keleten – még tengervíz sóatlanításával is. A karsztvíztározók nem csupán közvetlenül, hanem közvetett módon is szolgáltatnak ivóvizet, a porózus rétegvíztározókat is „feltöltik”. A Pécs vízellátásában döntő szerepet játszó pellérdi és tortyogói ivóvízbázis is a Nyugat-Mecsek karsztvidékéről nyeri utánpótlását. Jelentős folyók erednek karsztforrásokból, tehát vizük hasznosításakor szintén végső soron a karsztot „csapolják meg”.

A sérülékenység az angol és a francia nyelvű irodalomban ugyan már elég egységesen értelmezett fogalom, de más nyelvekben (így a magyar szaknyelvben is) csak mostanában honosodik meg. Az egyik mértékadó német tájértékelő monográfia (**Bastian, O. – Schreiber, K.-F.** 1999) sem említi meg, csupán „káros hatásra való érzékenységgént” (*Empfindlichkeit gegenüber Beeinträchtigungen*) írja körül.

A szűkebb értelemben vett sérülékenységi vizsgálatoknak nem célja, hogy meghatározzák, milyen mértékű a szennyeződés kockázata, hiszen a kockázat összetettebb fogalom, mint a sérülékenység. A sérülékenység (*vulnerability*) csupán arra vonatkozik, hogy bizonyos külső hatás (szennyeződés) hogyan terjed, milyen károkat okoz a vizsgált közegben. A veszélyforrás térképe (*hazard map*) a veszélyforrás fajtáját és mértékét mutatja be, a sérülékenységi térkép azt, hogy az érintett népesség vagy környezet mennyire érzékeny erre a veszélyforrásra, a kockázattérkép (*risk map*) pedig számszerűsíti annak a valószínűségét, hogy valamilyen típusú és intenzitású, kárt okozó esemény be is következik (**McCall, J. – Marker, B.** 1989). Magát a kockázat mértékét (R) a veszély valószínűségéből (H), a sérülékenységből (V) és a veszélyeztetett elemekből (E) számítják ki (**Varnes, D. J. – IAEG** 1984):

$$R = HVE.$$

Magyarországon – egyebek mellett – az ár- és belvízveszély, az ezzel kapcsolatos sérülékenység és kockázat megbecslése, térképezése jelent időszakos feladatot (**Nagy L. – Tóth S.** 2001).

Visszatérve a tanulmány tárgyaként megjelölt témához, felvetődik a kérdés: miért érzékenyebb a karsztokban tározott vízkészlet a szennyeződésre, tehát kör-

nyezeti szempontból miért sérülékenyebb, mint más vízbázisok (*Kentucky Geological Survey* 2005)?

1. A tározó kőzetbe víznyelőkön át részben közvetlenül jut be a csapadékvíz, nem szivárog át megtisztító „talajszűrőn”.
2. Arra sincs lehetőség, hogy az esetleges szennyező anyagok a járatokban áramló vízből kiszűrődjenek, megkötődjenek.
3. A szennyező anyagok mozgását nem lehet olyan könnyen megfigyelni, mint a felszíni vízfolyásokban.
4. Terjedési pályáik nem állapíthatók meg egyszerűen a felszín domborzatából.
5. A karsztos víztározóban jóval gyorsabban áramlik a víz, mint a szemcsés tározókőzetben, ezért havária esetén kevés idő van az érintett felhasználók riasztására.
6. A vízvezető járatok összetartó rendszert alkotnak, ezért a szennyeződés nem oszlik el, nem hígul fel.

A fenti sajátosságoknak megfelelően a karsztok sérülékenységi értékelésére a nemzetközi szakirodalomban a más felszíneken megszokottaktól némileg eltérő módszereket javasolnak.

A SÉRÜLÉKENYSÉG ÉRTÉKELÉSÉNEK NEMZETKÖZI MEGKÖZELÍTÉSEI

A kezdetek

Természetesen sérülékenységi elemzések már a sérülékenység fogalmának pontosítása előtt is születtek. A kiterjedt karsztvidékekkel büszkélkedhető Franciaországban például már jó három évtizeddel ezelőtt hidrogeológiai és geomorfológiai térképezés segítségével tárták fel a sérülékenység területi különbségeit, és ebből a szempontból rangsorolták a karsztvidékeket (*Albinet, M. – Margat, J.* 1970). Ki kell még emelni a Hollandiában a talajok és a talajvíz sérülékenységéről szóló, a TNO Hidrológiai Kutatási Bizottsága által rendezett konferencia eredményeit (pl. *Foster, S. S. D.* 1987).

DRASTIC index

Kézenfekvőnek tűnik, hogy a karsztvidékekre olyan mutatót alkalmazzunk, amely a felszín alatti vizek sérülékenységének osztályozásában máshol már „bevált”. Annak megállapítására, hogy a rétegvizek milyen mértékben érzékenyek a különböző eredetű szennyeződésekre, a legelfogadottabb talán a DRASTIC betűszóval jelölt amerikai módszer használata (*Aller, L. et al.* 1985). Kanadában, Izraelben, Ausztráliában, majd az Európai Unió több országában is elterjedt (elsőként Portugáliában – *Lobo-Ferreira, J. P. – Oliveira, M. M.* 1997). Magyarországon is történtek kísérletek az alkalmazására (*Tózsá I.* 2001).

A módszert nagy pórustérfogatú szemcsés, tehát nem karsztos víztartó köze-
tek sérülékenységi elemzésére dolgozták ki. A hét tényezőt, amelyekből a mutató
összetevődik, nem a névben szereplő betűsorrendben, hanem logikusan átrendezve
érdeemes tárgyalni:

- a. A *helyzeti* tényezőt a *talajvíztükör felszín alatti mélysége* (D) jellemzi.
- b. A *domborzat* (T) adatait digitális terepmodellből nyerik, elsősorban a lejtés
szögére van szükség.
- c. A rendszer *dinamikájára* utal a *vízutánpótlódási faktor* (R).
- d. *Anyagi* tulajdonságokat fejez ki a *tározókőzet* (az adott esetben a karsztos
kőzet) *jellege* (A)
- e. *vízáteresztése* (C);
- f. a *vadózus öv* hatása (I) és a
- g. *talajtípus* (S).

Az index kiszámításakor a fenti faktorok különböző súlyokat kapnak: a D és
az I 5-öt, az R 4-et, az A és a C 3-at, az S 2-t, a T pedig 1-et. A módszer karsztokra
történő alkalmazásában módosításokat kell tenni. A D tényező semmiképpen sem
lehet olyan jelentős, mint az eredeti változatban, hiszen szűrőhatással, a szennye-
ződésnek a szivárgási távolsággal történő fokozatos „lecsengésével” nem számol-
hatunk, ezért a víztükör mélységét valamilyen, a karsztos vízvezető formák sűrűsé-
gére vonatkozó paraméterrel szokás helyettesíteni. Ennek a feltételnek a tükrében
lehet meghatározni a C tényező valós értékét is, mivel az ebben az esetben nem te-
kinthető a kőzetrepedezettség és -rétegzettség egyszerű függvényének.

A DRASTIC módszer előnye, hogy a földtani térképezéskor általánosan al-
kalmazott, s így földrajzi információs rendszerbe jól beépíthető, egyszerű, könnyen
összegezhető paramétereken alapul. Hátránya, hogy inkább csak nagyobb területek
áttekintő (1:500.000 méretarányú) értékelésére használható fel, ill. csak „általános”
szennyeződéssel képes számolni.

Mivel a DRASTIC-index karsztos területekre átalakítás nélkül nem megfele-
lő, világszerte, így Magyarországon is (*Mádl-Szőnyi J. – Füle L.* 1998), a sérülé-
kenységet befolyásoló tényezők rendszerszemléletű, földrajzi információs rend-
szerrel támogatott elemzésével kísérleteznek.

Távérzékeléses adatgyűjtéssel és információs rendszerrel támogatott sérülékeny- ség-elemzés Brit-Columbiában

Kanada legnyugatibb tartományának, a Sziklás-hegység karsztvidékeit ma-
gába foglaló Brit-Columbiának a Környezetvédelmi Minisztériuma az 1990-es
években bizottságot hozott létre a természeti erőforrások katasztrofizálására. Ebben
azokra a gazdag tájértékelési hagyományokra is alapoztak, amelyek Kanadában az
1960-es évek óta alakultak ki (*Lóczy D.* 2002). A bizottságon belül a karsztvidékek
„feltárazására” külön csoport szerveződött. 1997-ben ugyan már karsztos jelekkel
is kiegészítették a felszínalakító folyamatok és felszínformák elemzési, osztályozá-
si és térképezési útmutatóját (*RIC BC* 1997), de időközben további igények merül-
tek fel. A második változatban is elkészült bizottsági jelentés (*BC Ministry of*

Forestry 2003) világszerte az egyik legrészletesebb és legkorszerűbb módszertani dokumentum, tulajdonképpen kézikönyvként is használható. Nagy értéke, hogy külön kitér a karsztvidékek sérülékenységének minősítésére is. Térképezési egységként, poligononként állapítja meg az általános sérülékenység mértékét. Először a karsztosodás mértékének jellemzésére kidolgozott paramétereket közlik (1. táblázat).

1. táblázat A kanadai vizsgálatban felhasznált karsztosodási paraméterek és relatív jelentőségük: P = elsődleges; S = másodlagos; T = harmadlagos jelentőségű tulajdonság (BC Ministry of Forestry 2003a nyomán, egyszerűsítve)

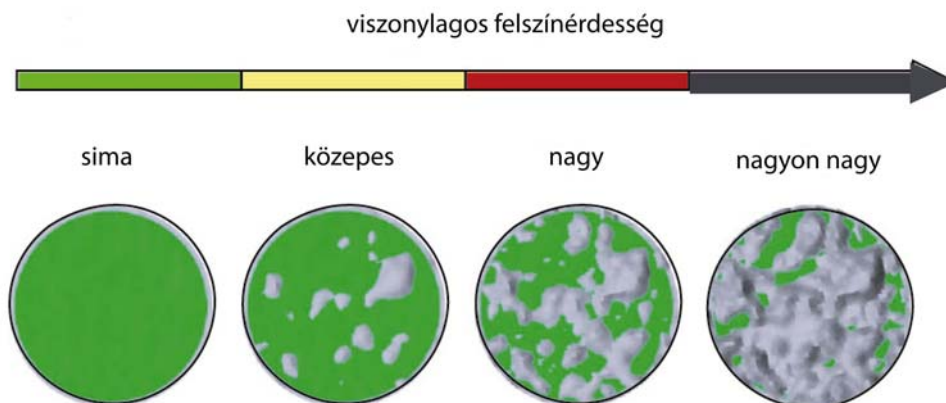
Table 1 Karstification parameters used in the Canadian investigation and their relative significance: P = primary; S = secondary; T = tertiary property (simplified from BC Ministry of Forestry 2003a)

paraméter	1.	2.	3.	4.	5.	
1. az epikarszt fejlettsége	ismeretlen (u), nem látható (n)	gyengén fejlett (s) – ritkán (>2 m) sekély (<0,5 m mély) oldódásos formák	közepesen fejlett (m) – közepes táv.-ban (<2 m) 0,5-1 m mély formák	jól fejlett (h) – sűrűn (<0,5 m), mély (1-2 m) formák	erősen fejlett (i) – nagyon sűrűn (<0,25 m), jellemzően >2 m mély formák	P
2. a felszíni karsztformák sűrűsége (forma/ha)	nincs megfigyelt v. feltételezett forma	kicsi (1-5)	közepes (5-10)	nagy (10-20)	igen nagy (>20)	P
3. a felszín alatti karszt fejlettsége	felszíni vízhálózat, üreg nem feltételezhető	nincs barlangbejárat, de bűvópatak közzethatáron	ismert barlangbejárat, bűvópatakok, források	-	-	P

A karsztos felszínformákat az alábbi csoportokba osztják:

- barlangnyílások;
- pozitív formák (pl. humok);
- negatív formák (pl. dolinák, hasadékkarrok);
- vonalas elemek (pl. peremek, szurdokok);
- laterális formák (pl. sziklaívek, -hidak);
- a vizek eltűnésének és felbukkanásának helyei (víznyelők ill. karsztforrások).

Térképi jelölésükre a Nemzetközi Barlangtani Unió (IUS) által javasolt jelkulcs módosított változatát használják (IUS 2005). A felszíni karsztformák sűrűségét a távérzékeléses forrásanyagokból a felszín érdekessége alapján is meg lehet becsülni (2. ábra). A terület jellemzését további – közettani és domborzati – paraméterek egészítik ki (2. táblázat). Külön figyelmet szentelnek a karsztos kisformák felszíni eloszlásának (3. táblázat).



2. ábra A felszínérdesség vizuális megállapításának segédábrája
(Forrás: *BC Ministry of Forestry* 2003a)
Figure 2 Auxiliary chart for establishing surface roughness
(Source: *BC Ministry of Forestry* 2003a)

2. táblázat A brit-Columbia-i karsztok felmérésében és sérülékenységi vizsgálatában
felhasznált kőzet- és domborzati paraméterek
(*BC Ministry of Forestry* 2003a nyomán, egyszerűsítve)

Figure 2 Rock and relief parameters used in the inventory and vulnerability assessment
of karsts in British Columbia (simplified from *BC Ministry of Forestry* 2003a)

Paraméter	1.	2.	3.	4.	5.	
4. oldódó kőzetek megnevezése	kősó (kód: s)	gipsz (g)	dolomit (d)	mészkö (ls)	-	S
5. oldódó kőzet-fajták aránya a poligonban (%)	<10 (X-1)	10-20 (X-2)	20-50 (X-3)	50-80 (X-4)	>80 (X-5)	S
6. a felszíni kőzet vastagsága (cm), az alapkőzet felszínre bukkanása	2-20, gyakori (x)	20-50, többszöri (s)	50-100, kevés	100-200, ritka	>200, nincs	S
7. felszínalakító folyamat	hólavina (-A)	folyó oldalazó eróziója (-B, -E ^A), parterózió (-I, -J)	szélerózió (-D)	csuszamlás (-F), törmelékfolyás (-V)	karsztos süllyedések (-K, -P)	T
8. lejtőkategória(°)	igen meredek (>25)	meredek (15-25)	közepes (10-15)	enyhe lejtő (5-10)	sík (<5)	T
9. lefolyásviszonyok	Kitűnő	Jó	Közepes	gyenge	-	T
sérülékenység általános foka	kicsi (L)	közepes (M)	nagy (H)	nagyon erős (V)	-	
A terepi megkutatottság mértéke (%)	teljes – 75-100	nagy – legalább kétszer felvételezett poligon – 50-75	közepes – egyszer felvételezett poligon – 20-50	kicsi – csak interpoláció v. műholdkép adat – <20	-	

3. táblázat A karsztos mikroformák (másodlagos tulajdonság, S) térképezése
Table 3 Mapping karstic microfeatures (secondary property, S)

kód	a mikroformák és elhelyezkedésük leírása
Kc	humok és mélyedések sűrű hálózata (<50 m táv. a humok között, >10 m magasságkülönbség)
Kh	közepesen sűrű hálózat (50-100 m, 5-10 m magasságkülönbség)
Kw	ritka hálózat (>100 m, <5 m magasságkülönbség)
Kb	karsztos párkányok, lépcsők (<50 m szélesek, nem térképezhetők)
Ki	sok mélyedéssel (pl. dolinák) erősen tagolt karsztos felszín
Km	kevésbé tagolt karsztos felszín helyenként mélyedésekkel
Ks	kissé tagolt karsztos felszín

A sérülékenységi értékelése négy lépésben történik. A karsztvidék jellemzőit relatív jelentőségük (P, S vagy T) szerinti sorrendben minősítik. Ehhez természetesen számos további kiegészítő táblázatot is felhasználnak. Először az epikarszt fejlettségét, majd – a fedő talaj alapján – érzékenységi minősítik, majd a felszíni, végül pedig a felszín alatti karszt érzékenységi minősítik (3. ábra). Táblázatosan is összefoglalható, hogy az egyes paraméterek értékeit miként sorolják be a sérülékenység négy fokozatába (4. táblázat).

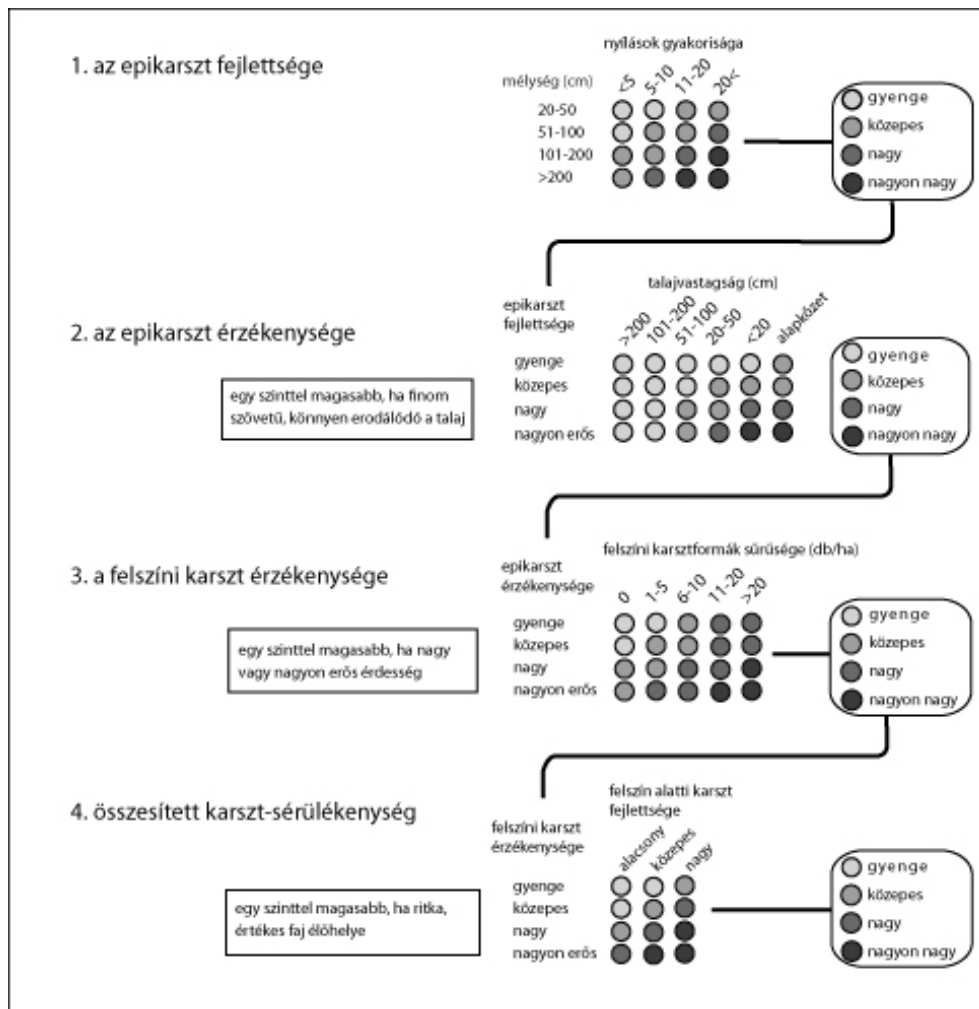
4. táblázat Sérülékenységi fokozatok megállapítása (BC Ministry of Forestry 2003a nyomán). L = alacsony; M = közepes; H = magas; V = nagyon magas fokozat
Table 4 Assessment of vulnerability levels (after BC Ministry of Forestry 2003a).
L = low; M = medium; H = high; V = very high level.

	L	M	H	V
1.	1-2	2-3	4	5
2.	1	1-2	3-4	5
3.	1	2	3	3
4.	1	2	2-3	4
5.	1-2	2-3	4	5
6.	1-2	2-3	4	5
7.	1-3	2-4	2-4	4-5
8.	3-5	1-3	1-2	2-3
9.	1	2	3	4
példa	teknővölgy morénával borított talpa v. mészkőgerinc vékony talajjal	enyhe v. közepes lejtésű párkány több dolinával, forrással	Enyhén lejtő párkány sok karsztos felszínformával, barlangbejáratokkal	erősen tagolt, közepesen, közepesen lejtő felszín, fejlett epikarszt

A módszer előnye, hogy

- a lehető legjobban kihasználja a karsztvidékek térképezéséből kialakított adatbázist, amely természetesen földrajzi információs rendszerként is kezelhető;
- egyszerű, jól áttekinthető minősítési rendszert alkalmaz.

- Szembetűnő hátránya viszont, hogy
- még mindig több nehezen számszerűsíthető paramétert tartalmaz;
- a sérülékenység egyes paraméterekkel, például a felszín lejtésével gyengén korrelál;
- a helyi tényezők (formaegyüttesek) lényegesen befolyásolhatják a minősítés eredményét



3. ábra A sérülékenység értékelésének négy lépcsője
(Forrás: BC Ministry of Forestry 2003a)

Figure 3 Four steps in the assessment of vulnerability
(Source: BC Ministry of Forestry 2003a)

A specifikus sérülékenység értelmezése és értékelése

A sérülékenység mértékét erősen befolyásolhatja, hogy milyen jellegű a szennyezés, amely a karsztos víztározót éri. Egy adott víztározó közettest sérülékenysége eltérhet aszerint, hogy pl. mezőgazdasági eredetű nitráatterhelésről, egyéb tápanyagok, szerves anyagok bemosódásáról vagy éppen nehézfémekről vagy patogén organizmusokról van-e szó (**Foster, S. S. D.** 1987).

A szakirodalomból elsősorban a nitrátszennyeződés terjedésére vonatkozó vizsgálatok ismeretesek (**Canter, L. et al.** 1987). A mezőgazdasági területekről származó lefolyás jelentős terhelést okozhat.

Súlyos gondok származhatnak a karsztok nehézfém-terheléséből, amely Magyarországon nedves és száraz kiülepedéssel is a karsztfelszínre kerülhet (**Bárány-Kevei I. – Mezősi G.** 1999). A Föld egyes helyein még veszélyesebb következményekkel járhatnak a bányászatból eredő szennyeződések. Ilyenkor a meglévő földtani, geofizikai, geokémiai és hidrológiai adatbázisok feldolgozásán (a rajtuk alapuló információs rendszeren) kívül nyomkövető eljárásokat is alkalmazni kell a szennyeződési pályák feltárására (**Aley, T.** 2002). Egy friss perui példa (**Evans, D. et al.** 2005) azt mutatja, hogy még az ércbányászat is okozhat szennyeződést karsztos vízbázisban, ha szkarnos színesfém (réz- és cinkérc) telepeket aknáznak ki, mint a perui Központi-Andok középső szakaszán, Antamina külfejtésében, 4300 m tengerszint feletti magasságban, ahol a bánya élettartama során keletkező, összesen legalább 1,37 milliárd tonna meddőnek kell karsztos felszínen helyet teremteni. (A Marañon felső folyása mentén a lakosság számára az ivóvíz fő forrása ez a kréta mészkőösszlet.)

A fenti példák is igazolják, hogy a természeti környezet fokozódó terhelése szükségessé teszi a karsztvidékek sérülékenységének területileg részletes felmérését, hogy környékük hasznosítását gondosan lehessen megtervezni, védelmük érdekében pedig meg lehessen tenni a kellő intézkedéseket.

IRODALOM

- Albinet, M. – Margat, J.** 1970. Cartographie de la vulnérabilité a la pollution des nappes d'eau souterraine. Bulletin BRGM, 2me series 3/4. pp. 13-22.
- Aley, T.** 2002. Groundwater Tracing Handbook. Ozark Underground Laboratory, Protom, MO. 35 p.
- Aller, L. – Bennett, T. – Lehr, J. H. – Petty, R. J.** 1985. DRASTIC: a standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings. U.S. Environmental Protection Agency, Ada OK. 123 p. (Report EPA/600/2-85/018).
- Bárány-Kevei, I. – Mezősi, G.** 1999. The relationships between soil chemistry and the heavy-metal content of vegetation on karsts. In: **Bárány-Kevei, I. – Gunn, J.** (eds.). Essays in the Ecology and Conservation of Karst. Acta Geographica Szegediensis 36. Special Issue. pp. 47-53.
- BC Ministry of Forestry** 2003a. Karst Inventory Standards and Vulnerability Assessment Procedures for British Columbia. Version 2.0. Resources Information Standards Committee, Victoria, BC. 123 p. (<http://srmwww.gov.bc.ca/risc> 2006. március 1).

- BC Ministry of Forestry** 2003b. Karst Management Handbook for British Columbia. BC Ministry of Forestry, Victoria, BC. 81 p.
(<http://www.for.gov.bc.ca/hfp/fordev/karstkarstbmp.pdf> 2006. március 5).
- Canter, L. – Knox, R. – Fairchild, D.** 1987. Ground Water Quality Protection. Lewis Publishers, Chelsea, MI. 562 p.
- Chatwin, S.** 1999. Karst vulnerability assessment procedure. British Columbia Ministry of Forestry, Victoria, BC.
- Evans, D. – Litiént, H. – Aley, T.** 2005. Aquifer vulnerability mapping in karstic terrain, Antamina Mine, Peru. InfoMine Inc., Vancouver, BC. 13 p.
(http://technology.infomine.com/hydromine/papers/Aquifer_vulnerability_Peru.pdf 2005. március 1).
- Foster, S. S. D.** 1989. 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.
- Howes, D. E. – Kenk, E.** 1988. British Columbia terrain classification system. BC Ministry of the Environment, Lands and Parks, Victoria, BC.
- Hoyk, E.** 1999. Soil and vegetation on karst terrains in the projected Protected Landscape of Western Mecsek, Hungary. In: **Bárány-Kevei, I. – Gunn, J.** (eds.). Essays in the Ecology and Conservation of Karst. Acta Geographica Szegediensis 36. Special Issue. pp. 31-39.
- IUS** 2005. A proposition for karst surface symbols. International Union of Speleology.
(<http://www.sghbern.ch/surfaceSymbols/symbol1.html> 2006. március 4).
- Jakucs L.** 1971. A karsztok morfogenetikája. Földrajzi Monográfiák 8. Akadémiai kiadó, Budapest. 310 p.
- Kentucky Geological Survey** 2005. Groundwater Contamination in Karst. University of Kentucky, Lexington, KY. 3 p.
(<http://www.uky.edu/KGS/water/general/karst/gwvulnerability.htm> 2006. március 1).
- Keveiné Bárány I.** 2002. Környezeti hatások a karsztökológiai rendszerben. In: **Mészáros R. – Schweitzer F. – Tóth J.** (eds.). Jakucs László, a tudós, az ismeretterjesztő és a művész. MTA FKI, Budapest–PTE, Pécs–SZTE, Szeged. pp. 139-155.
- Kiss G.** 1996. A földtudományi értékekről és védelmük lehetséges módjáról. Földrajzi Közlemények 44/120. 1. pp. 3-14.
- Kochanov, W. E. – Reese, S. O.** 2003. Density of Mapped Karst Features in South-Central and Southeastern Pennsylvania. 1:300,000. Pennsylvania Geological Survey, Pittsburgh, PA. (Pennsylvania Geological Survey Map 68). (<http://www.dcnr.state.pa.us/topogeo/map68> 2006. március 4).
- Lóczy D.** 2002. Tájértékelés, földértékelés. Dialóg Campus Kiadó, Budapest–Pécs. 307 p.
- Mádl-Szőnyi, J. – Füle, L.** 1998. Groundwater vulnerability assessment of the SW Trans-Danubian Central Range, Hungary. Environmental Geology 35/1. pp. 9-18.
- McCall, J. – Marker, B.** (eds.) 1989. Earth science mapping for planning, development and conservation. Graham–Trotman, London. 288 p.
- Nagy L. – Tóth S.** 2001. Veszély, zóna és kockázat térképek. Vízügyi Közlemények 2001/2. pp. 288-308.
- RIC BC** 1997. Terrain classification system of British Columbia. Resource Inventory Committee of British Columbia, Victoria, BC.
- Stokes, T.** 1999. 1:250,000 karst potential maps of British Columbia. Research Branch, BC Ministry of Forestry, Victoria, BC.
- Tózsai I.** 2001. A térinformatika alkalmazása a természeti és a humán erőforrás-gazdálkodásban. Aula Kiadó, Budapest. 190 p.
- Varnes, D. J. – IAEG Commission on Landslides and other Mass Movements** 1984. Landslide hazard zonation – a review of principles and practice. UNESCO, Paris. 63 p.
- Veress M.** 2004. A karszt. Berzsényi Dániel Főiskola, Természetföldrajzi Tsz., Szombathely. 215 p.