

## **Antropogén hatások vizsgálata a Pécsi-víz forrásvidékén<sup>1</sup>**

RONCZYK LEVENTE<sup>2</sup>–MILICS GÁBOR<sup>3</sup>

### **Abstract**

#### **Examination of man induced effects in the source area of Pécsi-víz**

This study is conceived to find a balanced approach to the reclamation processes of the spoil heaps in the former coal mining area of Pécs and of a slurry reservoir. The authors emphasize the relationship between the quality of surface waters and land use, because the relative impact of the growth of vegetation on the water quality are yet to be examined and quantified. The water quality of the Pécsi Stream (Pécsi-víz) was compared to the surface biophysical composition at a variety of spatial and temporal scales. Satellite images were used to detect the alterations, and negative correlations between the development of the vegetation over the reclaimed slurry reservoir and the streambed water quality were found. The results show that the surface water quality of the Pécsi-víz has not varied considerably, in spite of the vegetation developed near the source of the stream, and the rehabilitation of the study area announced to have been successful. Additional interventions are necessary to reach an adequate surface water quality over the former refuse heaps, and it should be the first step in revitalising the aquatic ecosystem in the area of Pécs.

### **Bevezető**

Az elmúlt pár évtizedben átalakult a környezethez való viszonyulásunk, és e változó szemlélet következményeképpen ma már másképp értelmezzük az ember és a természet kapcsolatát. A törvényekben, az adóforintokban, a lakosság igényeiben megmutatkozó szemléletváltás több környezeti rehabilitációs program kidolgozásához vezetett. A megindult kárelhárításoknak remélhetőleg nemcsak anyagi vonatkozásait tapasztalják a következő generációk, hanem életkörülményeik javulásában is érzékelhetik ezeket.

A Pécsi-víz helyreállítási terve egyre több döntéshozó látókörébe kerül be, mivel a jelenlegi kedvezőtlen állapotok megváltoztatását az ivóvízbázis-védelmi programok, az

---

<sup>1</sup> A cikk elkészültét az Európai Unió INTERREG IIIC alapja támogatta 2005-ben.

<sup>2</sup> MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, 1112 Budapest, Budaörsi út 45. E-mail: ronczyk@mtafki.hu

<sup>3</sup> Nyugat-Magyarországi Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Biológiai Rendszerek Műszaki Intézete, Biológiai Anyagok Termelésének Gépei Tanszék. 9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2. E-mail: milics@mtk.nyme.hu

uniós Víz Keretirányelv betartása és a térség gazdasági átalakulása egyszerre kényszeríti ki. Ezért tanulmányunkkal a Pécsi-víz forrásvidékének revitalizációjával kapcsolatos problémákra szeretnénk rávilágítani.

## Alkalmazott módszerek

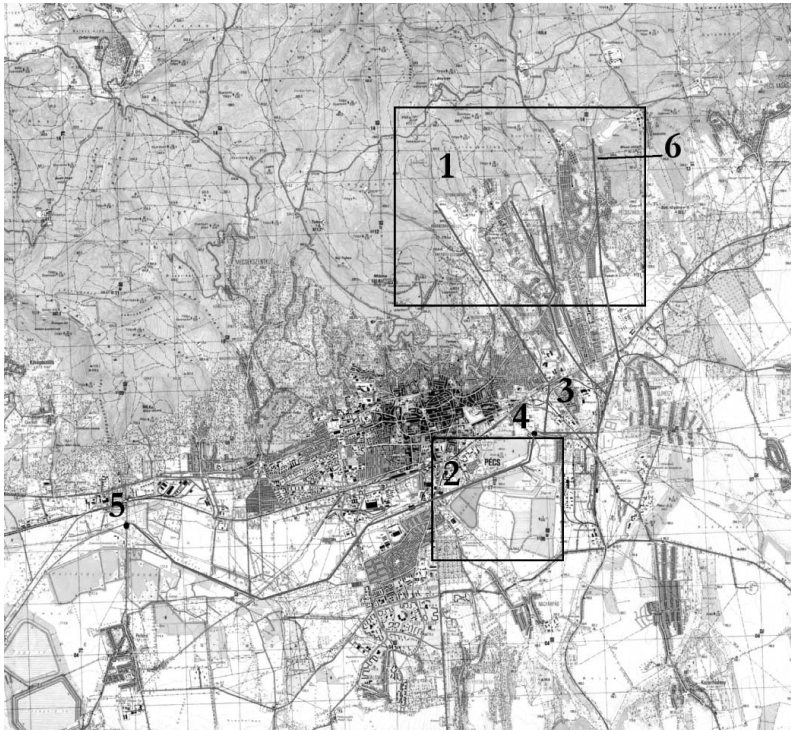
A Pécsi-víz vízminőségének alakulásában döntő szerepet játszanak a forrásvidéket ért antropogén hatások. A 2004 decemberéig tartó külszíni és a korábban lezárult felszínalatti feketekőszén bányászat jelentősen megváltoztatta a vízgyűjtő igen összetett földtani környezetét, átforgatva, a felszínre hozva a mecseki üledékgyűjtő különböző korú és összetételű kőzeteit. Az emberi tevékenység felszínmódosító hatása a domborzati viszonyok átformálásán keresztül érintette a többi környezeti elem állapotát, különösen a hidrológiai ciklus alakult át (ERDŐSI F. 1966, 1987).

A vizsgált területen a felszíni vizeket a Pécsi-víz gyűjti össze, és továbbítja nyugati irányba a kiszélesedő Pécsi-félmedencébe. A körülbelül 400 méter tengerszint feletti magasságban található karsztperemen kibukkanó források (CZIGÁNY Sz. et al. 1997) a Lámpás-patakon, a Meszesi-vízfolyáson és a Szabolcsi-vízfolyáson keresztül érik el a befogadójukat, a Pécsi-vizet. A források lefolyási viszonyait és vízminőségét a volt szénbányászat pozitív és negatív felszínformáival (bányagödörök, völgyzáró meddők, stb.) módosította és módosítja. A bányászat által átalakított területet elhagyva az említett vízfolyások a Pécsi-vízbe gravitálnak. Immár Pécsi-víz néven a volt széntüzelésű erőmű zagytározóin átszűrődő csapadékvizekkel terhelődnek, közvetlenül a zagytereket övező árokrendszeren keresztül, valamint közvetve a megemelt talajvízszintnek köszönhetően.

Vizsgálatunk azt a célt tűzte ki, hogy feltárja a rekultiváció és a vízminőség alakulása közötti összefüggéseket. Alapvető feltételezésünk az volt, hogy a tanulmányozott területen a vegetációval borított felszín arányának változásával nyomon követhetjük a rekultiváció alakulását, és ennek hatását a víz minőségére. Mivel a megbolygatott felszín rekultivációja részben spontán benövényesüléssel, részben ültetvények telepítésével zajlik, feltételezhető, hogy nem csak a zöld felület mennyisége, de minőségi átalakulása is feltáratóvá válik az alkalmazott módszerekkel.

A vizsgálatok elvégzéséhez két mintaterületet választottunk ki, szem előtt tartva, hogy a változások leginkább ezeken a helyeken követhetők nyomon, mivel az emberi aktivitás itt nyomta rá leginkább bélyegét a tájra. Itt jelentkeztek azok az antropogén hatások, amelyek döntő szerepet játszanak a felszíni vizek minőségének alakulásában (1 ábra).

A kutatás céljainak megfelelően két adattípust kellett összevetnünk. Az első adattípus a raszteres alapú, öt különböző időpontban készült LANDSAT műholdfelvétel (1. táblázat), a másik adattípus pedig a vízminőség mért, pontszerű adatai.



1. ábra. A Pécsi-víz forrásvidéke mint vizsgálati terület (szerk.: RONCZYK L.–MILICS G. 2005). – 1 = bányaterületek; 2 = zagyártározó; 3 = Pécsi-víz forrásvidéke; 4 = mintavétel helye (Tüskésrét); 5 = mintavétel helye (Pellérd); 6 = Szabolcsi-vízfolyás (saját mérés)

The source area of Pécsi Stream as the study area (compiled by RONCZYK, L.–MILICS, G. 2005). – 1 = mining areas; 2 = slurry reservoir; 3 = source area of Pécsi Stream; 4 = sampling place (Tüskésrét); 5 = sampling place (Pellérd); 6 = Szabolcs Stream (own measurement)

A műholdfelvételek alapján megbízhatóan nyomon követhettük a vegetációval borított területek változásait. A műholdképet az Európai Űrügynökség (ESA) készítette, és az előfeldolgozás után a FÖMI bocsátotta rendelkezésre. Az egyes műhold felvételek .img kiterjesztéssel jutottak el hozzánk, ami

1. táblázat. Műholdfelvételek jellemzői

Felvétel időpontja	Műhold típus	Szenzor
1985. 08. 10.	Landsat 5	TM
1992. 08. 29.	Landsat 5	TM
2000. 07. 10.	Landsat 7	ETM+
2005. 05. 29.	Landsat 5	TM
2005. 08. 01.	Landsat 5	TM

tartalmazta mind a 7 sáv adatait. A további hasznosíthatóság érdekében a képeket át kellett konvertálnunk az IDRISI Kilimanjaro (14.02) GIS szoftverrel használható formátumba. Mivel a képeket vetület nélkül bocsátotta rendelkezésre a FÖMI, el kellett végeznünk még egy átalakítást a ké-

peken (RESAMPLE modul), hogy a felvételek összevethetőek legyenek. A képeket az általánosan elfogadott Egységes Országos Vetületi Rendszerbe konvertáltuk. Az átalakítás során – tekintettel a későbbi számításokra – az egyes képelemek (pixelek) méretét 25 x 25 m-esre alakítottuk.

A műholdfelvételek elemzésével a Normalizált Differenciált Vegetációs Indexet (*Normalized Difference Vegetation Index, NDVI*) kívántuk meghatározni. A számtalan vegetációs index közül a leginkább elterjedt NDVI meghatározása a következő számítással történik:

$$NDVI = \frac{NIR - VIS}{NIR + VIS},$$

ahol NIR = közeli infravörös sáv, VIS = a vörös tartomány sávja. Landsat képek esetén csatornák szerint ez a következő:

$$NDVI = \frac{4 - 3}{4 + 3}$$

Az index meghatározása azon alapszik, hogy az egészséges fotoszintetizáló növények által nagymértékben visszavert közeli infravörös sugarakat figyelembe véve különíti el a felvétel képpontjait egymástól, így pontos képet kaphatunk a vegetációt reprezentáló pixelek számáról (PETTORELLI, N. et al. 2005).

Az NDVI a visszaverődő sugárzást -1 és +1 közötti tartományban definiálja újra, ahol a 0 alatti értékek a növényzet hiányát jelzik, míg a 0 és +1 értékek a zöld vegetációval borított felületre utalnak. A vegetációs index meghatározására több lehetőség is van, a legegyszerűbb a VEGINDEX modul használata. (Amennyiben a vegetációs indexbe egyéb csatornák adatait is be szeretnénk vonni, amire a szoftver lehetőséget ad, úgy az IMAGE CALCULATOR modul használata ajánlott.)

A zöldsötömet reprezentáló 0 és +1 értékek közé eső tartományt a könnyebb kezelhetőség kedvéért egy 14 osztályt tartalmazó skálával újraosztályoztuk (RECLASS modul), így még cizelláltabban elválaszthatóvá váltak a növényzet alakulására utaló pixel-értékek. A saját skálával újra osztályozott pixeleket vizuálisan és statisztikailag is megjelenítettük, miután többszöri GPS-szel végzett terepbejárással ellenőriztük a valóság és az EOV koordinátákba transzformált 2005 augusztusában készült felvétel összevethetőségét. Az itt vázolt eljárásnak köszönhetően pixel darabszámra lebontható képet kaphatunk a területhasználat változásáról, a vegetációval fedett felszín alakulásáról.

A Pécsi-víz vízminőségének analízálásakor azokat a paramétereket vettük figyelembe, amelyek a meddőhányók és a zagyterek diffúz szennyezésére utalhatnak. Ezért a fajlagos vezetőképesség és a szulfát tartalom feldolgozását választottuk, mivel a többi számításba vehető komponensre vonatkozóan

nem állt rendelkezésre megbízható, hosszú távú adatsor. A birtokunkba került méréseket a Dél-dunántúli Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Igazgatóságának köszönhetjük, és a Pécsi-víz tüskésréti és pellérdi szelvényéből származnak. Sajnos ezek nem teljesen fedik le a műholdfelvételek által reprezentált időszakot, mivel a pellérdi minta 1988 és 2005 közötti, míg a tüskésréti csak a 2000-tól eltelt időszakot mutatja. A mintaterületeken saját méréseket is végeztünk egy AQUALYTIC CD22 típusú konduktométerrel. A minta sótartalmának analizálására nem állt rendelkezésünkre további műszeres háttér, ezért az ebből levonható következtetések csak kiegészítő jellegűek.

## Eredmények

### *A vízminőség alakulása*

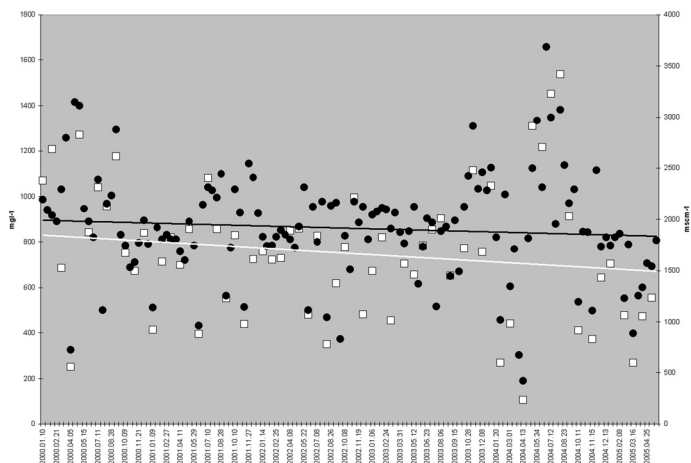
A Pécsi-víz fajlagos elektromos vezetőképességének és szulfátion-tartalmának alakulásában a bányászat és a zagykihelyezés felhagyásával nem következett be lényeges átalakulás. A terhelés csökkenése ugyan érzékelhető, de nem figyelhető meg nagyszágrendi változás (2–3. *ábra*).

Terepi vizsgálataink során a Szabolcsi-vízfolyás város feletti részén (1. *ábra*) mértünk magas oldott sótartalmat ( $3850 \mu\text{Scm}^{-1}$ ), ami nagy valószínűséggel a környező meddőhányók hatásából adódhat. A Borbálatelepi vízfolyásból nem tudtunk mintát venni akkor, amikor a Karolina külfejtés bányavizeit a patakba táplálták.

### *A felszín borítottság alakulás műholdképek alapján*

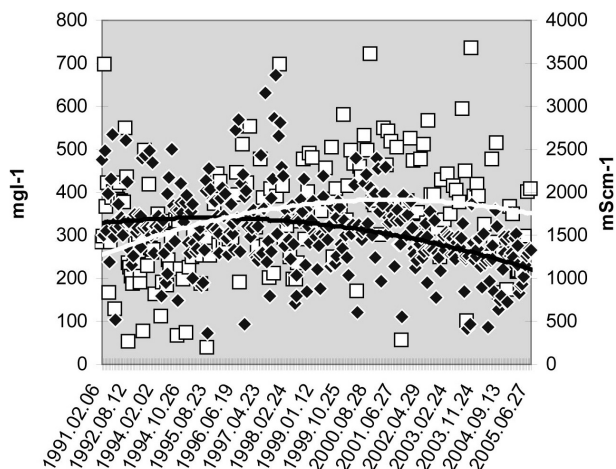
A bányaterületekről és a zagyterről készült képek alapján egyöntetűen megállapítható, hogy a vegetációra utaló pixelszám számottevő különbséget mutat a mintegy  $35\,075 \text{ km}^2$ -nyi mintaterületen. Az újraosztályozással létrehozott kategóriák közötti eltérések még inkább kidomborítják ezeket a változásokat, amivel már utalni tudunk a növényzet minőségbeli különbségeire, a zöld tömegben keresztül. Fontos megjegyezni, hogy az emberi aktivitás fokozatosan alakította át a tájat, így amik az idő múlásával egyértelműen növekednek a pixel kategóriákban, azok az átalakított felszín és a fokozatosan fejlődő növényzetet jelentő pixel értékek. Az 1–14-esig terjedő skálán a nagyobb értéket felvevő pixelek jelentik az erősebb vegetációt. A kategóriánként oszlopdigramba rendezett pixel mennyiségek világosan tükrözik, hogy az elmúlt húsz év folyamán a növényzet miképpen alakult (4. *ábra*).

Tisztán kivehető, hogy 2005-re a vizsgált területen számottevően nőtt a nagyobb zöldtömeget reprezentáló, magasabb rendű növényzettel borított



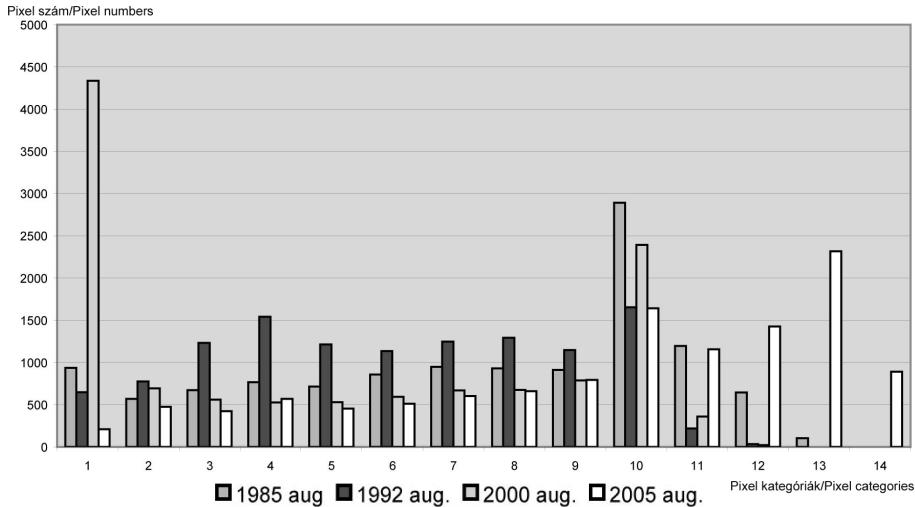
2. ábra. A Pécsi-víz minőségének változása a tüskésréti szelvényben 2000–2005 között (szerk.: RONCZYK L.–MILICS G. 2005). A fehér négyzetek a szulfátion, a fekete körök a vezetőképesség értékeit reprezentálják a hozzájuk tartozó lineáris trendvonalal. Forrás: Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság adatai, 2005.

The quality of Pécsi Stream at the Tüskésrét profile between 2000 and 2005 (compiled by RONCZYK, L.–MILICS, G. 2005). The white squares refer to ion of sulfate, the black circles represent the conductivity with the respective trend lines. Source: Environmental Authority, 2005



3. ábra. A Pécsi-víz minőségének alakulása a pellérdi szelvényben 1991–2005 között (szerk.: RONCZYK L.–MILICS G. 2005). A fehér négyzetek a szulfátion, a fekete rombuszok a vezetőképesség értékeit reprezentálják polinomiális trendvonal illesztéssel. Forrás: lásd a 2. ábránál.

The quality of Pécsi Stream at the Pellérd profile between 1991 and 2005 (compiled by RONCZYK, L.–MILICS, G. 2005). The white squares refer to ion of sulfate, the black circles represent the conductivity with the trend lines. Source: see Fig 2.



4. ábra. Az újraszkalázott pixelkategóriákba tartozó pixelmennyiségek a négy különböző időpontban készült műholdképen (szerk.: RONCZYK L.–MILICS G. 2005) Forrás: ESA (1985, 1992, 2000, 2005) EUROIMAGE, a FÖMI által előkészítve

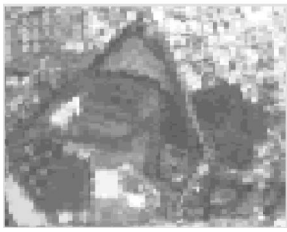
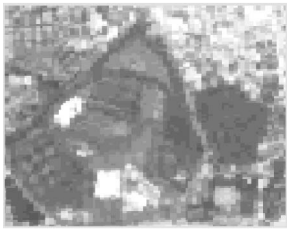
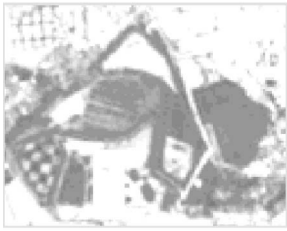
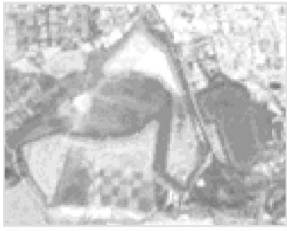
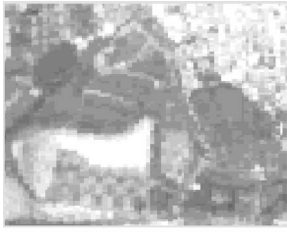
Pixel numbers referring to rescaled pixel categories on satellite images taken at four different dates (compiled by RONCZYK, L.–MILICS, G. 2005) Source: ESA (1985, 1992, 2000, 2005) EUROIMAGE, processed by FÖMI

felszín kiterjedése. A terepi ellenőrzés során, a zagytéren ezek a pixelek (9–13 között) főleg vékonylevelű ezüsthéja és akácra utaltak (5. ábra), míg a volt bányaterületeken a már felsorolt fajokon túl megjelent a nemes nyár, mélyebb területeken a fűz, és foltokban más őshonos fafajok is.

A műholdképek feldolgozása alapján megállapíthatjuk, hogy az ember által átalakított tájat egyre nagyobb zöld tömeget tartalmazó vegetáció veszi birtokába. Egyre sűrűbb vegetáció takarja a felszínt, és ezen a téren az utóbbi öt évben igen jelentős változások zajlottak le (5. ábra).

### Következtetések

A feldolgozott adatokból kitűnik, hogy a rekultivációnak az a módja, ami leginkább jellemző a vizsgált területre – ültetvények, spontán benövényesülés –, nem képes minden környezeti elem helyreállítására. A bányászat és zagyki-helyezés által több helyen sérült hidrológiai ciklus, a felszíni vizek állapotában még mindig hordozza ezeket a kedvezőtlen effektusokat. Pozitív változás akkor következhetne be a vízminőség tekintetében, ha a felszíni vizek további kezelésen mennének keresztül.



A növényzet csak a vegetációs időszakban képes befolyásolni a víz körforgását, így hatása az oldási folyamatokra nem számottevő. Ennek oka, hogy a növények tápanyagforgalma nem képes hasznosítani a sók nagy mennyiségét, sőt az ionok megnőtt koncentrációja kedvezőtlen termőhelyi körülményeket teremt, és korlátozza az életképes fajok számát. Ebből következik, hogy a vegetáció megjelenése a porterhelés, az erózió és a csuszamlások megakadályozása szempontjából hatásos, de a hidrológiai viszonyok tekintetében nem játszik döntő szerepet.

A fentiek alapján tehát megállapítható, hogy a felszíni vizek jó ökológiai állapotának eléréséhez több figyelmet kell fordítani a bányaterületeken áthaladó vízfolyások lefolyási viszonyaira. Meg kell akadályozni a vízfolyások a völgyzáró meddőkön történő átszivárgását, előtérbe kell, hogy kerüljön a medrek jó karbantartása, rendezése, tisztítása. A Karolina külfejtésből érkező bányavíz és a zagyterekről összegyűlő vizek sótalanítása műtárgyak építésével indokolhatóvá válhat. Az újabb emberi beavatkozások előtt azonban pontosan fel kell térképezni a vízminőséget a Pécsi-víz forrásvidékének vízfolyásain, ehhez szükség lenne a vízmintavételi pontok bővítésére.

A monitoring rendszer bővítésén túl az is nagyon fontos lenne, hogy az önkormányzat és a vízminőséget ellenőrző hatóságok együttműködjenek a volt bányavagyon kezelőivel, tulajdonosaival egy elfogadhatóbb vízminőség érdekében.

5. ábra. A Pécsi Hőerőmű zagyártározója, és a vegetációs borítottság változása újraosztályozott pixel-értékekkel (szerk.: RONCZYK L.–MILICS G. 2005). A sötétebb színek a növényzettel borított területre utalnak. Forrás: 1. táblázat, 4. ábra

Slurry reservoir of the Pécs Thermal Power Plant and the change in vegetation coverage with rescaled pixel categories (compiled by RONCZYK, L.–MILICS, G. 2005). Vegetation is represented by darker tones. Source: Table 1 and Fig 4.



## IRODALOM

- CZIGÁNY SZ.–LOVÁSZ GY.–VARGA I. 1997. Geoökológiai vizsgálatok a pécs-komlói szénbányászat térségében. – Közlemények a Janus Pannonius Tudományegyetem Természettudományi Kar Természetföldrajz Tanszékéről, Pécs 16 p.
- ERDŐSI F. 1966. A bányászat felszíninformáló jelentősége. – Földrajzi Közlemények. 14. (90.) 4. pp. 324–343.
- ERDŐSI F. 1987. A társadalom hatása a felszínre, a vizekre és az éghajlatra Mecsek tágabb környezetében. – Akadémiai Kiadó, Budapest, 228 p.
- LOVÁSZ GY. (szerk.) 1977. Baranya megye természeti földrajza. – Baranya Megyei Levéltár, Pécs, 384 p.
- PETTORELLI, N.–VIK, J.O.–MYSTERUD, A.–GAILLARD, J.-M.–COMPTON, J.T.–STENSETH, N.C. 2005. Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. – Trends in Ecology & Evolution, 20. 9. pp. 503–510.
- STELCZER K. 2000. A vízkészlet-gazdálkodás hidrológiai alapjai. – ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 410 p.

## EGYÉB FELHASZNÁLT FORRÁSMUNKÁK

- BALÁZS F.–KRAFT J. 1998. Pécs város településfejlődésének mérnökgeológiai vonatkozásai. – JPTE University Kiadó, Pécs, 185 p.
- CSÖRGE L.–GYENIZSE P.–LÓCZY D.–NAGYVÁRADI L.–PIRKHOFFER E. 2003. A bányászat és a bányabezárások hatása az épített környezetre Pécs északi részén. – In: FÜLEKY GY. (szerk.): A táj változásai a Kárpát-medencében, az épített környezet változása. IV. Tudományos Tájértörténeti Konferencia kötete, Szent István Egyetem, Gödöllő, pp. 39–44.
- GYENIZSE P. 2003. A természeti adottságok szerepe néhány délkelet-dunántúli táj településeinek fejlődésében. – PhD értekezés, kézirat, PTE TTK Földrajzi Intézet, Pécs. 275 p.
- LÓCZY D.–NAGYVÁRADI L.–GYENIZSE P.–PIRKHOFFER E.–KOVÁCS J. 2003. Feketeköszén-bányászat által érintett táj állapotának értékelése rekultivációs céllal Pécs környékén. – In: FÜLEKY GY. (szerk.): A táj változásai a Kárpát-medencében, az épített környezet változása. IV. Tudományos Tájértörténeti Konferencia kötete, Szent István Egyetem, Gödöllő, pp. 45–51.
- JUHÁSZ J. 2002. Hidrogeológia. – Harmadik, átdolgozott kiadás, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1176 p.
- KOVÁCS B. 1998. A külfejtéses bauxittermelést követő rekultiváció eredményei a Dunántúli-középhegységben. – Földrajzi Értesítő 47. 2. pp. 197–207.
- WEIER, J.–HERRING, D. 2000. Measuring Vegetation (NDVI & EVI). (<http://www.nasa.gov>)