

Felszínsüllyedési és bolygatottsági térkép készítése a Kelet-borsodi-szénmedencében

Dr. Sütő László¹, Homoki Erika², Németh Gábor³

¹Nyíregyházi Főiskola, Turizmus és Földrajztudományi Intézet, 4400 Nyíregyháza, +42/599-447, sutolaci@nyf.hu

²Nyíregyházi Főiskola, Tanárképző Intézet, 4400 Nyíregyháza, +42/599-476, homokierika@nyf.hu

³Debreceni Egyetem, Földtudományi Intézet, 4030 Debrecen, +52/512-900/22112, gnemeth@tigris.unideb.hu

Bevezetés

A bányászat tájformáló szerepének vizsgálatához egy klasszikus szénbázisú nehézipari körzetben – a Borsodi-medence Sajótól d-re eső részén – a Bükkhát 274 km²-es területét választottuk ki, ahol közel 250 éve múltra tekint vissza a kőszénbányászat. A kutatási célok között szerepelt a bányászat következtében létrejött domborzatváltozások mértékének becslése. Erre új mutatót, a bolygatottsági indexet dolgoztuk ki (Sütő L. 2007; 2008).

A mélyművelésű kőszénbányászatot háromféle közvetlen másodlagos felszínformálás jellemzi. A nyersanyag kitermelése során a negatív formacsoporthoz tartozó *bányavágatokat* mélyítene, majd az üregrendszerek felhagyása után *felszínsüllyedések* jelenhetnek meg. A pozitív formákat a kisméretű *felszínemelkedések*, valamint a *meddőhányók* képviselik. A bányászati tereprendezést a bányatelepek *elegyengetett térszínei*, valamint útbevágások, támfalak, feltöltések jelzik. A külfejtéses kőszén-, valamint egyéb építőipari nyersanyagbányászat nyomán közvetlen kimélyítéssel formák tartoznak elsősorban, előbbinél gyakrabban, utóbbi esetben ritkábban meddőhányókkal kiegészítve.

A felszínsüllyedések számítási módszerei és értelmezése

A legnagyobb területi kiterjedésű domborzatváltozást a felszínsüllyedések jelentik, amelyeket anyagmozgatás szempontjából, a meddőhányók, végül az egyéb bányászati eredetű formák követnek. A bányászati eredetű felszínbolygatottság térinformatikai feldolgozása során ezen formák térbeli kiterjedésének mértékét adtuk meg.

Az üregek beomlása által kiváltott felszínmozgások formája és mérete függ a fejtés időtartalmától, lefejtett rétegek térbeli kiterjedésétől és vastagságától, azok felszín alatti mélységétől, a szerkezeti és hidrogeológiai viszonyoktól, a fedőrétegek közetmechanikai és egyéb közettani tulajdonságaitól, valamint a bányaművelés módszerétől (fejtési mód, biztosítás, üregfelhagyás) (Martos F. 1956, 1958; Erdősi F. 1987). Ezek kiterjedésének és elmozdulásának becslésére különböző empirikus képletek láttak napvilágot (Martos F. 1955, 1956; Nir, D. 1981; Hoványi L. – Kolozsvári G. 1989; Somosvári Zs. 1989, 1990), amelyeket felhasználtunk a szoftveres számítások során.

A számítások hátterét a Debreceni Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékének földtani térképezési adatbázisa, valamint a saját bányászati adatbázisunk biztosította. A vektoros számítások elvégzéséhez és megjelenítéséhez a GeoMedia Professional 5.2. térinformatikai szoftvert, a raszteres műveletek elvégzéséhez az Idrisi 32 szoftvert használtuk. A domborzatváltozások megjelenítésének alapjául az 1:25 000 topográfiai térkép kutatási területre eső szintvonalait bedigitalizáltuk, majd 50x50 m/pixel felbontású rácshálóra interpoláltuk, így kaptuk meg a használható digitális terepmodellt (DTM) (Püspöki Z. *et al.* 2005).

A *felszínsüllyedéssel érintett térszínnek térképének* elkészítéséhez első lépésben az alábbi adatokat rögzítettük Geomedia szoftverben:

- ☞ *a bányabejáratokat,*
- ☞ *a lefejtett területek határvonalát,*
- ☞ *minden egyes fejtési mező felszín alatti mélységét,*
- ☞ *telepvastagságát és telepszámát.*

Az első megoldandó probléma a különböző léptékű és vetületi rendszerű bányászati térképek adatainak digitalizálása során merült fel. Az ismert vetületi rendszerű térképeket regisztrálásuk után egységesen EOVS rendszerbe transzformáltuk (Tímár G. *et al.*, 2002, 2003a,b), az ismeretlen vetületi rendszerű térképeket pedig jól azonosítható fix pontok illesztésével próbáltuk georeferálni. A 18-19. századi, kiterjedési adatokkal nem jellemezhető bányák helyzetét igyekeztünk levéltári anyagokból, több térkép összevetésével meghatározni, majd a korabeli leírások és a meglévő adatok alapján a vágatok, fejtési mezők térbeli kiterjedésére becsült átlagot számoltunk.

Ezután a fejtési mezők foltjaiból és a DTM metszetéből súlyozott területi átlagot számítva fejtési mezőnként meghatároztuk a *fedő átlagvastagságát*, majd a *fejtési mezők mozgással érintett hatástávolságát* a bányászatból jól ismert képlettel számoltuk ki:

$$r = H \cdot \operatorname{ctg} \beta$$

ahol r a hatástávolság; H az átlagos fedővastagság; β a határszög

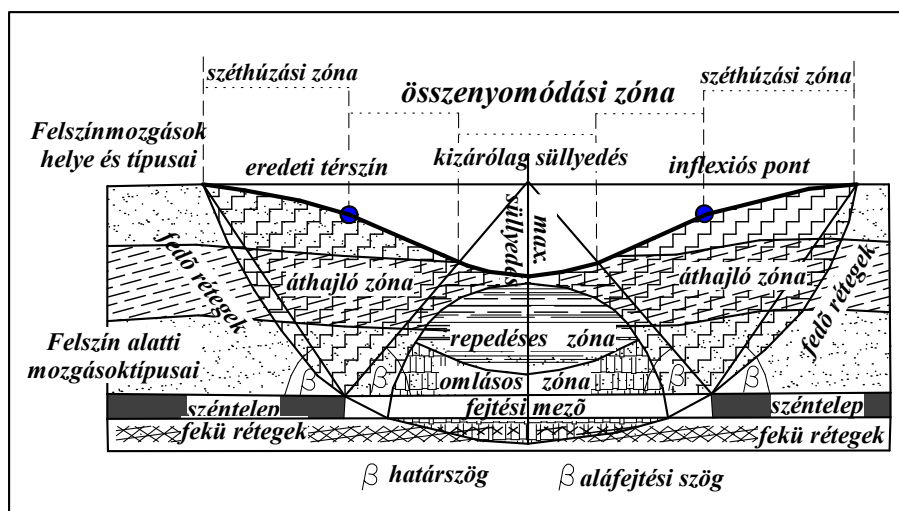
A szükséges határszöget Somosvári Zs. (1989) képletéből kaptuk meg:

$$\beta = \operatorname{arcctg} \left\{ \frac{1}{0,618k} \ln \frac{0,585 \cdot M \cdot s(1 - \eta)}{\Delta w} - \frac{1}{k} \right\}$$

ahol β a határszög; k az empirikus közetminőségi állandó (lágy molassz üledékben értéke: 7,5); M a lefejtett telepvastagság; s a süllyedési tényező, értéke: 0,85; Δw a süllyedés mértéke (β számításánál a technikailag süllyedésmentes térszín pereme, értéke: 0,015); η : tömedékelési hatásfok, omlasztásos fejtésben értéke: 0, kamra- és pillérfejtésben átlagértéke: 0,55

Miután minden fejtési mezőre megadtuk a szükséges adatokat, a számolt távolságot mutató izovonalakat a fejtési mező felszíni vetületének határvonalától egyszerű pufferzónaként fogtuk fel. A közel szintes kőszéntelepek miatt szimmetrikus hatástávolságot használhattunk, a Gauss görbéhez hasonló süllyedési profilok miatt (Hoványi L. – Kolozsvári G. 1989)(1. ábra). Ahol több telepet fejtettek egymás alatt, ott a több telep metszetét vettük, és ehhez módosítottuk a hatástávolságot, figyelembe véve a többszörösen aláfejtett részfelületekre érvényes *szuperpozíció elvét* (Somosvári Zs. 1989). Azaz a molassz üledéksort dinamikus

közegként értelmezve a kimetszett felületek alatt húzódó fejtési mezők vastagságát összegeztük.



1. ábra: A felszínsüllyedések felszín alatti és felszíni elemeinek elvi vázlata (Erdősi, 1987; Hoványi, Kolozsvári, 1989. alapján módosítva)

Egyszerű számításokkal alátámasztott becslésünk alapján a maximális hibahatár értéke 1:25 000 térképi ábrázolás során sem haladja meg a 0,6 mm-t. Tekintve, hogy elsődleges célunk nem a konkrét kárelhárítás, hanem a bányászati eredetű bolygatottság nyomon követése, ezért ez az érték megfelelő volt számunkra.

A területi kiterjedés számítása után a süllyedések mélységét próbáltuk megadni. A maximális mélység számításának ellenőrzésére a Lyukó-patak völgyében mért 1,8 m mélységű horpát használtuk, amely jól illeszkedik az elméleti profilgörbéhez (1. ábra). Somosvári Zs. (1989) képlete alapján az elméleti maximális süllyedés:

$$(W0 \max) \max = M \cdot s \cdot (1 - \eta t)$$

ahol $(W0 \max) \max$: a maximális süllyedés, a többi adat fentebb

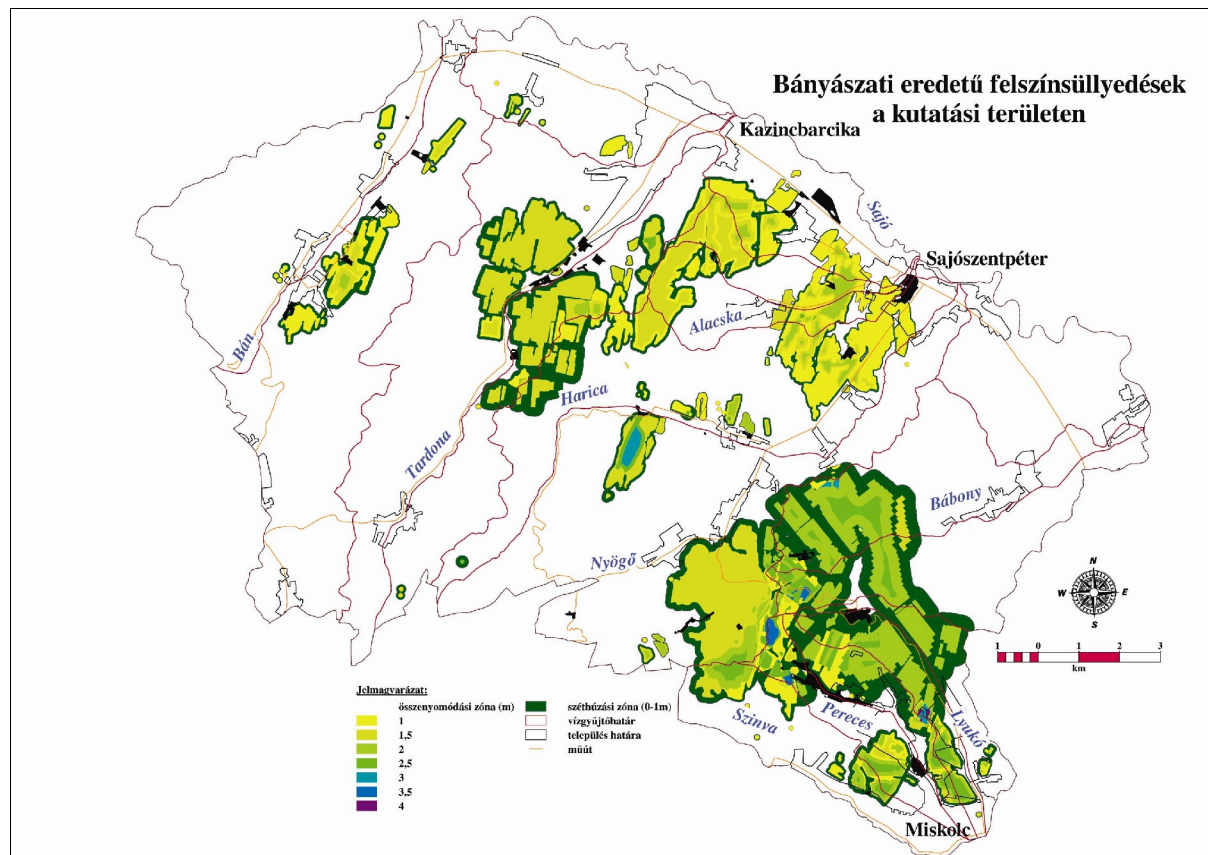
A süllyedési értéket csökkentő tényező az üregfelhagyás módja, valamint a felületi tényező. Bent hagyott tartópillérek, tömedékelés, valamint részfelület esetén a maximális süllyedés értékét változó mértékben csökkentettük (Sütő L. 2007).

A süllyedési mező mélység szerinti tagolásához a profilgörbe inflexiós pontjának helyzetét adtuk meg, amely egyszerűsítve megközelítőleg egybeesik a fejtési mező peremének felszíni vetületével Somosvári Zs. (1989), mélysége pedig (Hoványi L. – Kolozsvári G. 1989):

$$Si = 0,61 \cdot Smax$$

ahol Si : az inflexiós pont mélysége, $Smax$ a maximális süllyedési pont mélysége

Ezek a pontok szintén értelmezhetőek izovonalként. Az elkülönítés azért volt fontos, mert inflexiós pontok vonalától *a süllyedés belseje felé* eső zónában alakultak ki *elsősorban a lejtős tömegmozgások*, az attól *kifelé* eső sávban pedig az *árkos elvetések*.



2. ábra: Bányászati eredetű felszínsüllyedések a Bükkhát területén (Sütő L. 2007)

Ezek után három zónát tudtunk elkülöníteni a térképi ábrázolás során (2. ábra). Tekintve, hogy a görbült felületeket a szoftveres korlátok miatt nem tudtuk pontosan kiszervezni az egyes zónák mélységének számítását egyszerűsítettük:

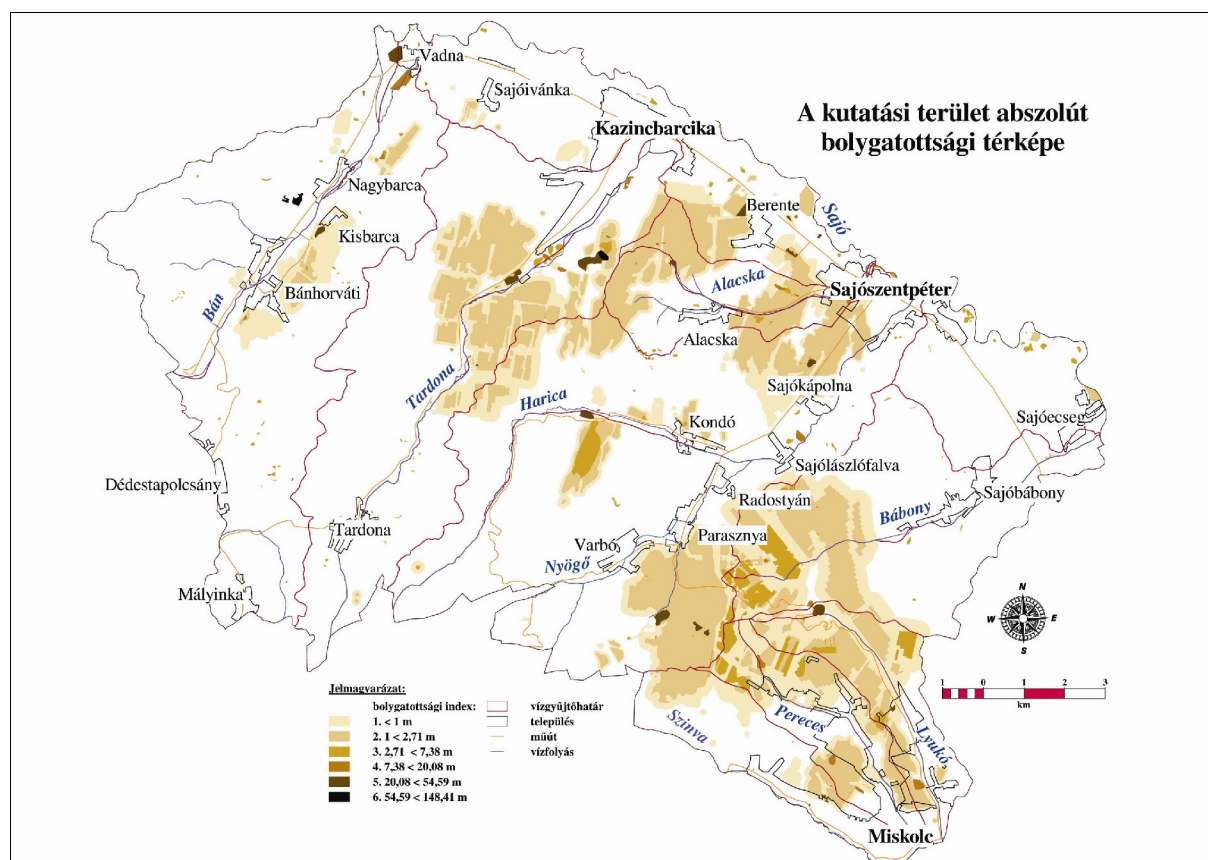
- ☞ az elméleti maximális süllyedés területét pontosan ki tudtuk szerkeszteni. A valóságban ettől a fentebb felsorolt süllyedést befolyásoló tényezők nyomán lehet eltérés, részfelületként felfogható fejtési mezők esetén pedig nem alakult ki
- ☞ a maximális süllyedéstől az inflexiós pontig terjedő görbült felületet az inflexiós pont és a maximális mélység átlagmélységével ábrázoltunk,
- ☞ az inflexiós ponttól kifelé eső zónában fokozatosan csökkenő görbült felület mélységét a süllyedés határvonaláig tartó sávban Si - 0 közötti értékkel ábrázoltuk (a kutatási területen Si nem haladta meg az 1 m-t).

A problémát az jelentette, hogy az inflexiós pontokon túl eső ún. „külső pufferzóna” sávjához Geomédiában nem tudtuk se területi, se mélységi adatot rendelni. Áthidaló megoldásként a bedigitalizált fejtési mező területének kivonásával kaptuk meg, mélységként pedig a fentebb említett 0-1 közötti értéket írtuk be, eltekintve a méteren belüli valós különbségektől.

A bolygatottság meghatározása és térinformatikai ábrázolása

A *domborzat bányászati eredetű bolygatottságát* tekinthetjük úgy, mint a bányászat nyomán, az eredeti térszínen bekövetkezett változások térbeli értékét. Ezért a köszénbányászati formaképzés adatai mellett adatbázisba kerültek a külszíni anyagnyerő helyek, bányavasutak nyomvonalai, bányatelepek és egyéb bányászati létesítmények is. A *felszínváltozás vízszintes kiterjedésének meghatározásához* a bányászati létesítmények és formák vízszintes és függőleges kiterjedését GeoMedia térinformatikai rendszerben rögzítettük.

A bányászatból eredő *anyaghiány mértékének becsléséhez* elkészítettük az aláfejtett területek térképét, a meddőhányók méretét azok felszíni kiterjedésével és átlagmagassághoz tartozó térfogatával számoltuk. A bányatelepeket a különböző beépítettségű területrészek felvételével adtuk meg, egyes értéket adva minden planációs felületnek. A bányavasutak esetén a töltéseket és bevágásokat átlag 2 m szélességgel és hasonló magassággal vettük figyelembe. Az egyes poligonokhoz és vonalas objektumokhoz rendelt függőleges irányú kiterjedési adatok abszolút értékeinek összegéből kaptuk meg a bolygatottsági indexet:



2. ábra: A Bükkhát bányászati eredetű bolygatottsági térképe (Sütő L. 2007)

$$Bb = \ln\{\Sigma |Mt| + |Mh| + |Mbt| + |Mbv| + |Me|\}$$

ahol **Bb**: bányászati eredetű bolygatottság; **Mt**: lefejtett telepvastagság; **Mh**: meddőhányó magassága; **Mbt**: bányatelep (használt átlagérték 1 m); **Mbv**: bányavasút (használt átlagérték 1 m); **Me**: egyéb bányászati objektum magassága vagy mélysége. (mértékegység méterben megadva)

Az index megmutatja, hogy mennyi bányászati eredetű anyagmozgatás következett be egy pont felett, adott időpontig. Ez a valóságban sem anyagtöbbletet, sem anyaghiányt nem jelent. A mérőszámmal adott felszín igénybevételenek abszolút mértékére utaltunk, összegezve a többszörös fejtésből, meddőlerakásból stb. eredő bányászati hatásokat. Így ez a mutató a vizsgálat kezdeteitől folyamatosan növekszik, amint egy adott helyen domborzatváltozás következik be. Míg egy 18. századi lejtakna, vagy egy 2-3 m magas homokbánya hatásai csak a bolygatás néhány méteres környezetében érvényesülnek, addig egy-egy nagyobb forma, mint például egy meddőhányó, több tájtényező állapotában is jelentős változást okozhat, amelynek távolsága bizonyos tájtényezők esetén (víz-, légszennyezés, tájesztétikai szerep stb.) a (több) km-es nagyságrendet is elérheti. Azaz a domborzatváltozás mértéke alapján a táji hatások erőteljesebb változást mutatnak, ezért *a felülről nyitott, abszolút bolygatottsági index skálabeosztását – némiképp szubjektív módon – természetes alapú logaritmushoz kötöttük.*

A bolygatottsági mérőszámokat foltterképen ábrázoltuk (3. ábra). Ehhez először leképeztük az egymást átfedő bányászati formák által kimetszett részfelületeket, majd lekérdezésként összegeztük a foltok függőleges kiterjedésére vonatkozó számadatok abszolút értékét.

Összegzés, eredmények

Végeredményben sikerrel alkalmaztuk a Geomédia szoftvert a bolygatottság meghatározásához. A fő problémát a „nem sík” poligonokhoz kötődő értékek megállapítása okozta. Ezeket az egyes foltokhoz rendelt átlagértékek kiszámításával próbáltunk meg kiküszöbölni, de a valós felületi kiterjedést jobban közelítő megoldást a „3 D” modellezés adhatná meg. A szakmai célt tekintve, sikerült egyfajta megközelítést adni a bányászati eredetű felszínváltozások mértékére nézve, amelyet bolygatottnak neveztünk el. Térinformatikai feldolgozás során adatokkal jellemezhető áttekintést kaptunk a bányászat általi érintettségéről, amely lehetővé teszi a különböző korokban, időtartamban, eltérő technikai háttérrel végzett bányászati körzetek igénybevételeinek összehasonlítását. Ez támpontot adhat a tájrendezési tervek idő- és térbeli ütemezésének elvégzéséhez.

A 274 km²-es kutatási területre kivetítve, *a bányászati eredetű anyagáthalmozás* felületi kiterjedése meghaladta a 76 km²-t (3. ábra). A hozzárendelt függőleges változók alapján a Bükkhát 27 %-án a különböző bányászati tevékenységek nyomán *átlagosan 5,2 m vastag anyagmennyiséget* mozgattak meg *egy-egy felszíni ponton* az elmúlt 250 év során. A legnagyobb mértékben átalakult felszínek aránya a Pereces- és a Lyukó-patak vízgyűjtőjén található. A kb. 70 %-ban bolygatott terület a diósgyőri vasgyár közelsége miatt időben széthúzódó, négy széntelepet érintő bányászatnak köszönhető. A két patak vízgyűjtőjén összesen 20,6 km² aláfejtett területtel számolhatunk, ami megegyezik azok teljes felületével (2. ábra). A leginkább átformált Lyukó vízgyűjtő jobb oldalán 86,5 % a bolygatott térszín, ami a gyakorlatban felveti azt a kérdést, hogy a felszínformáló folyamatok területi elterjedése mennyiben igazodik a természetes domborzathoz és mennyiben áll a bányászati eredetű felszínváltozások hatása alatt (Sütő L. et al. 2004).

Irodalomjegyzék

- Erdősi F. 1987. A társadalom hatása a felszínre, a vizekre és az éghajlatra a Mecsek tágabb környezetében. – Budapest, Akadémiai Kiadó. 228 p.
- Hoványi L. – Kolozsvári G. 1989. Geodézia és Bányamérés: Bányamérés II. – Budapest, Tankönyvkiadó. 267 p.
- Martos F. 1955. Újabb adatok a külszíni alakváltozások számításához = Bányászati Lapok, 1955/10., pp. 538-544.
- Martos F. 1956. A külszíni süllyedés számításának egy közelítő módszere = Bányászati Kutatóintézet Közleményei, 1956/1., pp. 3-12.
- Martos F. 1958. A külszín elmozdulását befolyásoló tényezők = Bányászati Lapok, 91/1., pp. 367-372.
- Nir, D. 1984. Man, a geomorphological agent. – Rózsa P. (ford). Debrecen, KLTE, 1993. 256 p. Kézirat
- Püspöki Z. – Szabó Sz. – Demeter G. – Szalai K. – McIntosh R. W. – Vincze L. – Németh G. – Kovács I. 2005. The statistical relationship between unconfined compressive strengths and the frequency distributions of slope gradients: A case study in northern Hungary = Geomorphology 71., pp. 424– 436.
- Somosvári Zs. 1989. Geomechanika II. – Budapest, Tankönyvkiadó. pp. 295-301.
- Somosvári Zs. 1990. Geomechanika I. – Budapest, Tankönyvkiadó. pp. 164-171.
- Sütő L. 2007. A szénbányászat geomorfológiára és területhasználatra gyakorolt hatásainak vizsgálata a Kelet-borsodi-szénmedencében. – Debrecen, DE. 177 p. + 14 térkép + 2 függelék Kézirat, PhD értekezés
- Sütő, L. – Homoki, E. - Szabó, J. 2004. The role of the impacts of coal mining in the geomorphological evolution of the catchment area of the mine at Lyukóbánya (NE-Hungary). – In: Anthropogenic aspects of landscape transformations III.: Hungarian – Polish Symposium, Debrecen 28-29. September 2004, Lóki, J. – Szabó, J. (ed.). pp. 72-79.
- Timár G. – Kubány Cs. – Molnár G. 2003. A magyarországi Gauss-Krüger-vetületű katonai topográfiai térképek dátumparaméterei = *Geodézia és Kartográfia* 55(7), pp. 20-24. ISSN 0016-7118
- Timár G. – Molnár G. – Márta G. 2003. A budapesti sztereografikus, ill. a régi magyarországi hengervetületek és geodéziai dátumaik paraméterezése a térinformatikai gyakorlat számára = *Geodézia és Kartográfia* 55(3), pp. 16-21. ISSN 0016-7118
- Timár G. – Molnár G. – Pásztor Sz. 2002. A WGS84 és HD72 alapfelületek közötti transzformáció Molodensky-Badekas-féle (3 paraméteres) meghatározása a gyakorlat számára = *Geodézia és Kartográfia* 54(1), pp. 11-16. ISSN 0016-7118