

PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM
Természettudományi Kar
Földtudományok Doktori Iskola

DOMBORZATI ÉS VÍZRAJZI VÁLTOZÁSOK
AZ ÉSZAK-MECSEKI-BÁNYAVIDÉKEN,
KÜLÖNÖS TEKINTETTEL AZ ALÁFEJTÉS HATÁSAIRA

PhD értekezés tézisei

Görcs Noémi Livia

Témavezető:

Dr. Schweitzer Ferenc, D.Sc.
professor emeritus

Pécs, 2013

A doktoriskola neve: PTE TTK Földtudományok Doktori Iskola

Vezetője: Dr. Dövényi Zoltán,
D.Sc., egyetemi tanár
PTE TTK Földrajzi Intézet, Társadalom-
földrajzi és Urbanisztikai Tanszék

A doktori témacsoport neve: Geomorfológia

Vezetője: Dr. Schweitzer Ferenc,
D.Sc., professor emeritus
PTE TTK Földrajzi Intézet,
Természetföldrajz és Geoinformatika
Tanszék

Az értekezés tudományága: Geomorfológia

Témavezető: Dr. Schweitzer Ferenc,
D.Sc., professor emeritus
PTE TTK Földrajzi Intézet,
Természetföldrajz és Geoinformatika
Tanszék

1. Bevezetés

1.1. Problémafelvetés

Az antropogén eredetű felszínformálás a gazdasági aktivitással összefüggésben a bányászattal érintett területeken a legnagyobb, ahol a közvetlen és szándékos beavatkozás mértéke a kitermelt anyag mennyiségével arányos (BELL, F. G. 2001). A bányászati tevékenység hatására közvetetten, természeti folyamatok útján kialakuló felszíni változások a negatív, exkavációs formákat eredményező, a felszínen újonnan megjelenő süllyedésszerű folyamatok is (SZABÓ J. 2006). A mélyművelésű bányászatnak ezek elkerülhetetlen következményei, és mint jelenség megváltoztatja a domborzati formákat és ezen keresztül az összes természeti tényezőt (BLODGETT, M. S. – KUIPERS, P. E. 2002).

A felszínsüllyedésszerű mozgások a Föld bányászattal érintett, lakott területein hatalmas károkat okoznak az emberi létesítményekben is. Az, hogy a bányakár milyen mértékű a bányaureg feletti vertikális (süllyedés) és horizontális (csúszás) elmozdulásvektorok és azok összetevői, a lehajlás, a görbület és a torzulás határozzák meg (NIEMCZYK, O. 1949, MARTOS F. 1958A, HOVÁNYI L. 1968). A geomorfológiában azonban csak a függőleges irányú süllyedések értékelhetők, amelyek a felszín alacsonyabbá válásáért felelősek (BELL, J. W. 1991, WACH, J. 1991, LARSSON, K. J. et al. 2001, BÉTOURNAY, M. C. 2002).

Magyarországon az egykori bányászattal érintett területek környezet- és természetvédelmi problémáit az okozza, hogy csupán az 1960. évi III. bányatörvény szabályozta a bányaművelés tervszerű működésének – a bányaművelési térképek készítésének és a fejtés időbeli ütemezésének – műszaki üzemi tervben való lefektetését és rendelte el a tájrendezés feladatát. Az utóbbi esetben a bányatörvény a „*mielőbb, de legkésőbb a bányászati tevékenység befejeztével*” pontatlan megfogalmazása vont maga után, hogy a bányavállalkozók minden tájrendezési feladatot a bányabezárás időszakára halasztottak, vagy elodázták a helyreállítást a bányauzem működésének szüneteltetésével (IZSÓ I. 2007). Napjainkban ennek köszönhetően számos bányaterület esetében a végleges tájrendezés még nem történt meg, és ez Magyarországnak nagy kihívást jelent mind anyagi, mind szakmai szempontból. Ma már az 1993. évi XLVIII. törvény a bányászatról kimondja, hogy a bányaművelés felhagyása után egy bányatelek ingatlan-nyilvántartásból való törlése csupán a felszínmozgások leállása, illetve a teljes tájrendezés végrehajtása után lehetséges. Az új szabályozás értelmében a cél a minél szakszerűbb tájrendezés elvégzése, amelyhez elengedhetetlenül fontos az előre eltervezett bányaművelés betartása és a felszíni változások előre becslése.

Magyarország szénbányászatának történetében 1964 volt a csúcskitermelés éve, amikor összesen 34,5 millió tonna szenet hoztak a felszínre (MBFH). A számos nem megfelelően átgondolt gazdaságpolitikai döntések sorozatának (pl. 1981, mecseki liász program) köszönhetően 1991-ben nyolc szénbányát működtető vállalatot számoltak fel és integráltak az országban. Ahol erre nem került sor, azok még pár évig üzemeltek (HORN J. 2012). A Mecsek-hegység területén 1782–2006 között folyt az alsó-liász feketeköszén bányászata, területileg három részen elkülönülten: Pécs és Komló város területén, illetve az Északkelet-Mecsekben. Ezen utóbbi bányatársaság utolsó bányauzemét, a szászvárit, 1995-ben zárták be véglegesen, ahol a bányatörvény előírásainak megfelelően felszínsüllyedések kialakulásának időbeli vizsgálatával TURZA I. (2006) foglalkozott, illetve a felszín teljes rekultivációját a

Mecseki Bányavagyon Hasznosító Rt. végrehajtotta. Az Észak-mecseki-bányavidék többi bányájának jóval korábbi felhagyása után csak nagyon részlegesen végeztek helyreállító munkálatokat, ezért ott adott a montanogén felszínformák vizsgálatának lehetősége. A feketeköszén-kutatások az egykori szászvár-váraljai bányaterületektől délre is kiterjedtek, ahol óriási szénvagyon elhelyezkedését állapították meg. A mindmáig bányaműveletektől érintetlen területről (ma a Kelet-Mecsek Tájvédelmi Körzet részét képezi), a 20. század elejétől folyamatosan készítettek tanulmányokat, és 1922-től fogva több szakaszban is megkezdték a fúrásos kutatást (HOFMANN K. 1907; ROTH F. – HOFMANN R. 1911; VADÁSZ E. 1910–1916; VITÁLIS I. 1939; IFJ. NOSZKY J. 1953; WEIN GY. 1953, 1962, 1965; NAGY E. – FORGÓ L. 1967; NÉMEDI VARGA Z. 1971, 1979, 1995; KOVÁCS E. 1982, 1983; HERMESZ I. 1984; SZILÁGYI T. et al. 1985, PÓLAI GY. 1986). A fúrásos kutatás szakaszai (1922–1945, 1952–1956, 1959–1961, 1976–1985) közül az utolsó eredménye minden várakozást felülmúlt az ún. Máza-Dél-Váralja-Dél elnevezésű szénterületen. Ezzel a hazai kőszénkutatás geológiai vonatkozásában elért legnagyobb eredménye született meg és a terület hazánk legnagyobb, egységes ipari kőszén-előfordulásává vált (KISS J. 1993). Ennek köszönhetően mélyművelésű bánya-nyitási szándékkal jelent meg a területen egy magyar cég, a Calamites Kft.

A bányavállalkozás munkáihoz kapcsolódva az egykori bányaterületeken végzett vizsgálataimat a délebbi területekre is kiterjesztettem, azon célból, hogy a terület művelésbe való vonásával, az aláfejtés hatására végbemenő felszínsüllyedések mértékét és hatását meghatározzam. Igyekeztem olyan módszerek sorozatát kidolgozni, amellyel a legjobban kimutathatóvá válnak a domborzati és vízrajzi módosulások az adott területen.

1.2. A kutatási terület lehatárolása és általános jellemzői

A kutatási terület a tájbeosztásban a Mecsek- és Tolnai-Baranyai-dombság középtájhoz, azon belül a Mecsek-hegység kistájhoz tartozik, szűkebben véve a Keleti-Mecsek északi területén helyezkedik el. A középhegység északi határvonala a Völgységi-patak árkos süllyedéke, amelytől északra a Völgység kistáj löszplatója húzódik (ÁDÁM L. 1969).

A kutatási területem nem szorítkozik az egykori bányatelkek, illetve a Calamites Kft. által kijelölt új bányatelek határvonalaira, mert véleményem szerint a felszín ismeretében a természetes folyamatok, formák, és a vízfolyások majdani megváltozását vízgyűjtő-területekben gondolkodva lehet a legjobban modellezni. Figyelembe véve az egykori és az új bányatelek fekvését is, a Völgységi-patak két jobboldali mellékágának vízgyűjtőterülete került lehatárolásra, a Mázai-vadvízé és a Váraljai-ároké, továbbá a nagymányoki Bányavölgyé (1. ábra). Az egykori kiinduló felszíneket, a tetőszinteket a domborzatfejlődési rekonstrukció miatt teljes szélességükben ábrázoltam, és a kutatási terület határvonalát a tetőszinteknek a vízgyűjtőtől kifelé eső határán húztam meg, azaz nem a tényleges vízválasztó vonalon.

A kutatási terület legszélső határainak EOY koordinátái így északon $x = 105010$; délen $x = 96998,4$; keleten $y = 605506,86$; nyugaton $y = 596917,12$. A geomorfológiai térkép értelmezése, egyben a felszínfejlődés értékelése megkívánta, hogy a Völgységi-patak Váraljától Nagymányokig húzódó szakaszától északra elterülő, kb. 1 km széles völgységi sávot is a vizsgált területhez csatoljam, ezáltal $39,8 \text{ km}^2$ kiterjedésűvé vált a kutatási területem. A Váraljai-árok vízgyűjtő területe, $15,585 \text{ km}^2$, a Mázai-vadvízé $8,781 \text{ km}^2$, a nagymányoki Bányavölgyé $2,059 \text{ km}^2$. A kutatási terület további részét a Völgységi-patak említett szakaszán kívül, annak déli, kisebb kiterjedésű mellékvölgyei és a Völgység enyhén tagolt

lőszplatója (ÁDÁM L. 1968) adja.

2. Célkitűzések

A kutatás során fő célul tűztem ki a Mázai-vadvíz és Váraljai-árok vízgyűjtőterülete geomorfológiai jellemzőinek feltárását, és a felszínsüllyedéssel kapcsolatos folyamatok eredményeként megjelenő domborzati és vízrajzi módosulások rekonstruálását. Ezzel összefüggésben, az alábbi részcélokat fogalmaztam meg:

1. A választott kutatási terület és a témakör szakirodalmi háttérének összefoglalása és értékelése:
 - a. A vizsgált terület közettani, rétegtani- és szerkezetföldtani jellemzőinek feltárása, abból a célból, hogy az alábányászott területek felszínsüllyedéseinek számításához szükséges földtani-közetfizikai, és a felszínsüllyedéssel kapcsolatos formák felszíni megjelenését befolyásoló szerkezeti viszonyokat meghatározhassam.
 - b. A terület egykori bányászati állapotjának ismertetése a feltáró létesítmények kialakításának tükrében. Azon aknáknak, táróknak, és hozzájuk tartozó vágatrendszerek azonosítását tűztem ki célul, ahol a fejtési műveletek számottevőnek bizonyulnak a fellelhető régi bányatérképek alapján.
 - c. A montanogén eredetű felszínsüllyedések megismerésével kapcsolatos szakirodalom értékelése, a folyamatok és a közvetlenül kialakuló felszínformák tulajdonságainak feltárása okán. Hazai és nemzetközi példák összehasonlítása.
2. A jelenlegi felszín kialakulásának rekonstruálása és a geomorfológiai jellemzők feltárása morfológiai módszerek és geomorfológiai térkép segítségével.
3. A geomorfológiai térkép montanogén felszínformákkal való kiegészítése, és azok összevetése az egykori, még régi bányatérképről azonosítható alábányászott területek felszínsüllyedéssel kapcsolatos formáival, és azok mind vízszintesen, mind függőlegesen kiterjedő mértékével.
4. A kutatási területen lévő egykori, valamint a Máza-Dél-Váralja-déli tervezett (30 év fejtés utáni végleges állapot) mélyművelésű feketekőszén fejtések hatására végbemenő felszínsüllyedések (vertikális irányú elmozdulások) mértékének és kiterjedésének a meghatározása, egy, a bányamérnöki gyakorlatban használt számítási módszer alkalmazásával. A süllyedési adatok térinformatikai adatbázisának létrehozásához és egyben a térbeli modellezéshez szabadszoftverek alkalmazása.
5. A kutatási területen elkülönülten megjelenő egykori és majdani felszínsüllyedések összehasonlítása, azok tipizálása, valamint a prognosztizált felszínsüllyedések domborzati hatásainak azonosítása a régi bányatérképeken kialakult montanogén felszínformák tükrében.
6. A Máza-Dél-Váralja-Dél területen a felszínsüllyedések hatására létrejövő felszíni vízrajzi változások meghatározása.

3. Anyag és módszerek

3.1. Adatbázis felépítéséhez használt térképek, valamint geomorfológiai és morfortmetirai jellemzők feltárásának módszere

A hagyományos módszerek mellett a térinformatikai szoftverek által nyújtott lehetőségeket is használtam. A területre vonatkozó földtani és csekély számú felszínalaktani szakirodalom áttekintése, valamint az 1:10 000-es méretarányú topográfiai térképek tanulmányozása után a kutatási terület lehatárolása, terepi bejárás, fotódokumentálás (a helyszín azonosítása "Garmin Dakota 20" GPS készülékkel) következett. A számolásokat, a térinformatikai modellezést és térképezést MacOSX (10.5.2.) operációs rendszer alatt, szabad szoftverek alkalmazásával végeztem, mint *NeoOffice Calc* (2.2.4), *QGIS* (0.5.3.), *Grass GIS* (6.4.0.), *Inkscape* (0.46.) és *Gimp* (2.0.).

A terület nagy részére vonatkozóan a 2,5 méterenkénti szintvonalainak digitalizálását a Debreceni Egyetem Ásvány és Kőzettani Tanszékének munkatársai végezték *GeoMedia* (6.0.) szoftverrel. A már előállított digitális szintvonalakon a *QGIS* digitalizálójával, például a vízmosások területén jelentkező esetleges hibákat javítottam, valamint a hiányzó területek szintvonalainak digitalizálását végeztem el. A *v.surf.rst* modullal, a "regularized spline tension" interpolációs eljárást alkalmazva létrehoztam a digitális domborzatmodellt 1 méteres felbontással, hogy később legalább az 1 m-es és annál nagyobb süllyedési értékekkel összevethető legyen.

A geológiai viszonyokat HETÉNYI R. et al. (1982) által készített 1:25 000-es méretarányú Kelet-Mecsek térképe alapján tanulmányoztam. A prognosztizációs modellezés geológiai alapját a PÜSPÖKI Z. – SOÓS J-NÉ (2008) által készített, a földtani kutatási zárójelentésben fellelhető két térkép adja a Máza-Dél-Váralja-Dél területről. Az egyes szinteken elhelyezkedő szentélepek térbeli kiterjedése alapján kerültek meghatározásra a lefejtendő tömbök. Máza-Dél-Váralja-Dél szerkezeti vonalainak helyzetét és csapását az azt felülnézetben bemutató térképről digitalizáltam (PÜSPÖKI Z. – SOÓS J-NÉ 2009). A kutatási terület Északi-pikkely elnevezésű területéről a felszín-süllyedés-rekonstrukcióhoz több térképet is használtam (BLANDL GY. 1900-1903, RANGA J. 1996, HÁMOR G. et al. 1996, VERTIKE I. 1980, MAUL E. 1981, KOVÁCS E. –SOÓS J-NÉ 2003).

A terepi megfigyelések és a korábban említett 1:10 000 méretarányú topográfiai térképek alapján elkészítettem a Máza-vadvíz-Váraljai-árok vízgyűjtőterületére és a Völgységi-patak Máza és Nagymányok közötti szakaszára a mérnökgeomorfológiai térképet. A terület lejtőszög térképe a völgytalpak és tetőszintek (0–5°) azonosítását tette lehetővé. A tetőszinteket magassági adatok alapján különítettem el (*v.rast.stats* Grass modul). A lejtőszög, a lejtőkiettség térképet az *r. slope.aspect*, a vízgyűjtők lehatárolását az *r.watershed*, a lejtőprofil térképet az *r.paramscale*, az árnyékolt domborzatmodellt az *r.shaded.relief* modul segítségével hoztam létre. A felszínen bekövetkező változást a jelenlegi és a megsüllyedt domborzat között a DDM-ből származtatott térképek metszésével határoztam meg, továbbá a két térkép összehasonlításán alapuló Kappa-analízissel (*r.kappa*).

A lepusztulási szintek és teraszok azonosításához a domborzatról keresztmetszvényeket készítettem (*r.profile*) É–D irányban és a patakmedrekre merőlegesen. A süllyedési teknőkből álló felszín-süllyedéssel érintett összegzett DDM formájának azonosítására is, illetve annak térben megjelenő helyén a jelenlegi és a megsüllyedt domborzaton is keresztmetszvényeket

készítettem.¹ A modul nem bizonyult alkalmasnak arra, hogy patakmedrek hosszanti-szelvényét elkészítsem a vízrajzi változás meghatározása céljából, ezért a vízfolyások (és a vízvázlatos vonalakét) vektoros állományait feltöltve magassági adatokkal, azt a *NeoOffice Calc*-ban egyszerű vonaldiagrammal szemléltettem.

3.2. A felszínsüllyedés modellezés

A munka alapjául szolgáló adatok a földtani zárójelentésből (PÜSPÖKI Z. et al. 2009), a megvalósíthatósági előtanulmányból (BACSKÓ L. et al. 2009), a környezeti hatástanulmányból (BARICZÁNÉ SZABÓ SZ. – NÉMETH L. 2010) származnak.

A területről felépített általam kiegészített, pontosított adatbázis tükrében végeztem el újra szintenként a térbeli felszínsüllyedés számításokat 50×50 m-es rácshálóban (GÖRCS N. L. 2011). A régi bányászati műveletekhez kapcsolódó paramétereket a bányászattörténeti szakirodalmak és bányatérképek segítségével határoztam meg. A bányaművelési adatokat, mind a fejtési módszert, a fejtési területek térbeli méreteit és elhelyezkedését, a tömedékelés hatásfokát azonosítottam. A geológiai-kőzetfizikai adatok közül a kőzetparamétert és Poisson-számot határoztam meg fúrási adatok segítségével. A telepek dőlésszöge ismert volt a zárójelentésekből, míg a süllyedési tényezőt már korábban TURZA I. (2008) meghatározta a mecseki területre vonatkozóan (0,82). Fontos tényező volt a fedővastagság meghatározása, amelyre segítségül szolgált a digitális domborzatmodell és a fejtési tervek.

A felszínsüllyedésekhez kapcsolódó szakirodalmak áttekintése után továbbra is a hatástanulmányban alkalmazott SOMOSVÁRI ZS. (1972, 1989) bányamérnök felszínsüllyedéseket meghatározó módszerét találtam a legalkalmasabbnak, amelyet már korábban kifejlesztettek a mecseki területre vonatkozóan (SOMOSVÁRI ZS. 2009). KOVÁCS I. (2010) a térbeli számításhoz szükséges képleteket táblázatkezelőbe vezetve a rendelkezésemre bocsátotta. A kiválasztott térbeli modellezési módszer differenciálegyenletek sorozatából áll, amely egyenletek megadják a fejtés hatásterületén belül fekvő bármely külszíni pont elmozdulási vektorának értékét, és ezen pontok "burkológörbéi" határozzák meg a süllyedési teknő alakját (HORVÁTH I. 1967, SOMOSVÁRI ZS. 1967). A képletek segítségével *NeoOffice Calc*-ban végeztem a számításokat a rácsháló pontjaira, amelyből *.dbf* adattáblába vezetve vektoros állományt, majd *v.surf.rast* modullal 1 m-e felbontású digitális domborzatmodellt hoztam létre. Ezután a süllyedéseket a szuperpozíció elvét alkalmazva összegeztem (HEGEDŰS GY. 1971, WHITACKER, B. N. – REDDISH, D. J. 1989).

A régi bányászati műveletek esetében a fellelt bányatérképekről digitalizáltam az aránytalan kiterjedésű fejtési mezőket, amelyek nem alkalmasak arra, hogy a fent említett módszer segítségével meghatározzam a horpa térbeli megjelenését. Ilyen területeken a SÜTŐ L. et al. (2001, 2002, 2004, 2006, 2007) által a geomorfológiai változások azonosítására, a Kelet-borsodi-szénmedencében használt egyszerűsített SOMOSVÁRI ZS.-féle módszer segítségével határoztam meg a maximális süllyedési értéket, valamint annak hatástávolságát.

A montanogén felszínformák tipizálását a szintes bányaművelési mód alapján végeztem el, valamint a fejtési mező mérete (csapásirányú hossza, $2l_x$) és a fedővastagság (H) hányadosa alapján meghatároztam a fajlagos vágatmélységet (WHITACKER, B. N. – REDDISH, D. J. 1989).

¹ E módszer segítségével (majdnem 100 db szelvényt készítettem) visszaellenőriztem a megállapításaimat, elegendőnek tartottam a patakok hosszaléveinek mentén kialakuló domborzati- és vízrajzi változás szemléltetését a dolgozatban a 23. ábrával és 14. melléklettel.

4. Eredmények összefoglalása

A választott kutatási terület és a témakör szakirodalmi háttérének összefoglalását és értékelését végeztem el.

Áttekintettem a területre vonatkozó szerkezetföldtani viszonyokat az egyes hegységképződési fázisokkal összefüggésben, valamint a kutatási terület kőzetviszonyait, hogy a felszín-süllyedés számításokhoz szükséges geológiai-kőzetfizikai adatokat azonosítsam. Szakirodalmi adatok alapján összefoglaltam a Máza-Váralja és a Nagymányok bányaterületre vonatkozó bányászattörténeti ismereteket. Összegeztem és értékeltem a montanogén felszín-süllyedések szakirodalmát.

Feltártam a felszínalaktani jellemzőket és a domborzatformálódást a késő-miocéntől.

A kutatási terület tetőszintjeit a legmagasabb tetőrégiókból sugarasan (LOVÁSZ GY. 1977) NyDNy–KÉK irányban húzódó három fő vízválasztó adja, amelyek észak felé alacsonyodnak. A jelenlegi tetőfelszíneket négy átlagos tengerszint feletti magassági csoportba különítettem el: 530 m, 430–380 m, 330–300 m, 250 m. Azonosítottam egy ötödik felszín-típust is, amely a kutatási terület Ny-i felén húzódik 350 m átlagos tszf-i magassággal, D-felé kibillenve. E felszínnek a vízválasztó nyergek vonalában keskenyebb-szélesebb gerincekkel kapcsolódnak egymáshoz, ahol számos helyen kaptúrák kialakulásával kell számolnunk. A tetőszinteket “felfűző” csúcsok a folyamatos emelkedés hatására érték el mai magasságukat.

A 430–380 m-es felszín a tetőrégióktól meredek (15–25°) peremmel elkülönülő hegyláb felszínnek tekinthető, és a száraz-meleg éghajlatú Sümegiiumban (8–7 millió év) formálódhatott az első hegyláb felszín-képződési fázis idején (SCHWEITZER F. 1993, 1997, 2001). A 330–300 m-es átlagos tszf-i magasságú tetőfelszínen a korrelatív vörösagyag (Máza-5, -21 sz. és Váralja-9, -27,- 32 sz.) értelmében a Bérbaltaváriumban keletkezett. E bérbaltaváriumi felszínrész, a kutatási terület Ny-i felén D-felé kibillent a pikkelyszerkezetek képződéséhez kapcsolódóan, amely bizonyítja, hogy a terület 5,3 millió év után is aktív. A harmadik hegyláb felszín-képződési szakasz a Villányiumban (3–1,8 millió év) játszódott le (SCHWEITZER F. 1993), amikor a 250 m tszf-i magasságú hegyláb felszínnek képződtek, térbeli megjelenésükkel bizonyítva azt, hogy a feltolódásokkal létrejövő pikkely szerkezet a Villányium időszakára már kialakult. Ezen utóbbi 250 m magasságú felszínnek, Váraljától K-re és a nagymányoki Bánya-völgy Ny-i peremén az egykori intenzív bányászati műveletek miatt már nem ismerhetők fel.

Azonosítottam a területnek egyéb szintjeit (felszíneit) is, amelyek a völgyeket kísérő terasz-szerű szintek, (némelyiket antropogén átalakítás jellemzi: felszín-süllyedés hatására, meddőhányó-képzéssel kapcsolatos felszín elegyengetés, mezőgazdaság planációs tevékenysége), a tipikus antropogén eredetű felszínnek és a lejtőpihenők. A területen meanderteraszok is jellemzőek, ott, ahol a kutatási területet adó két fő vízfolyás a miocén laza üledékes területre érkezik, kanyarogva bevágódó jelleget felvéve.

Az eróziós völgyekben fellelhető terasz-szerű szintek, a jelenlegi vízhálózat fiatal, holocén korára utalnak, mert a terület vízgyűjtőjének fő tengelyét adó, Völgységi-patak, Máza-vadvíz és Váraljai-árok eróziós völgyében csak egyetlen terasz-szerű szint található (az intenzív emelkedésnek köszönhetően). A Völgységi-pataktól északra elhelyezkedő teraszok

160 m tszf-i magassággal rendelkeznek, míg attól délre, sok esetben 180 m tszf-i magasságot is elérték már a kiemelkedés hatására. A hegyláb felszínek feldarabolódása azonban a Csarnótánium időszakában kezdődhetett meg a vörösgyag-takaró képződése után (SCHWEITZER F. 1993). A Váraljai-patak völgyének Csarnótánumban való felnyílását a Farkas-árok elnevezésű szakaszának DK völgyoldalán (EOV 598 315,855; 97631,68), a völgytalp felett 3–4 méterrel az Amália-forrás tetemes méretű édesvízi mészkő felhalmozódása bizonyítja. Az erózióbázis már akkoriban a jelenlegi Völgységi-patak menti, Bonyhádi-félmedencéhez kapcsolódó süllyedékterület lehetett. A kitöltő üledékek kezdetben az északról érkező egykori ÉÉNy–DDK-i irányú folyók hordalékaiból képződtek (ERDÉLYI M. 1961), amelyek völgyei a mai Völgységi-pataktól északra elterülő széles, lapos eróziós völgy-maradványoknak tekinthetők. Ezek vízfolyásait a Völgység táblarögökre való feldarabolódása és a Mecsektől való elkülönülése szüntette meg (ÁDÁM L. 1969).

Az eróziós formakincs alakulását és futásirányát sok helyen a függőleges mozgásokkal járó – a periantiklinális szerkezet miatt bonyolult – törérendszerek határozzák meg (a kőzetminőség is nagy szerepet játszik), de a fővölgyek irányát elsődlegesen a Völgységi-patak menti árkos süllyedékterület felé való lefolyás befolyásolta. Az aprólékosan tagolt felszínen tapasztalható intenzív bevágódás, a fejlődés különböző stádiumaiban levő völgyek és azok rendszerei, a dinamikusan változó lejtőegyensúlyi viszonyok, és az ehhez szorosan kapcsolódó tömegmozgásos folyamatok a terület ma is emelkedő jellegéről tanúskodnak (JUHÁSZ Á. – SCHWEITZER F. 1980).

A geomorfológiai térképet montanogén felszínformákkal egészítettem ki, a topográfiai térképen és terepen azonosított lépcsős lejtőszakadások, valamint a régi bányaművelési térképekből származtatott adatok alapján.

Az azonosított vágatrendszerek a nagymányoki Bánya-völgyben térben koncentráltan jelennek meg, míg a Váraljai-völgyben három részre elkülönülve. A felszínformákat elkülönítettem, mint: közvetlen, másodlagos formák (akna, táró, meddőhányó, külfejtések gödrei, felszín-elegyengetés hatására kialakított planációs forma); közvetett, szemiantropogén formák (süllyedési teknő, süllyedési horpa, bányató); közvetett, természeti-antropogén formák (csuszamlás, süllyedés hatására létrejött planációs forma). Megállapítottam a máza–váraljai és a nagymányoki süllyedési teknők egzaktabb kiterjedését (Váralján ~380,2 ha, Nagymányokon ~211,1 ha). A felszín-süllyedés számítások eredményei ismeretében a Máza–Váralján a vertikális elmozdulások 1 m alattiak, amelynek elsősorban a csekély fedővastagság az oka. A nagymányoki a Rezső- és Szarvas-akna fejtési területeihez kapcsolódóan a többszörös aláfejtés hatására jóval nagyobb vertikális elmozdulás jelent meg a felszínen. A periódikusan, időben elhúzódva végbemenő mozgásokat az okozza, hogy az egymás alatt tátongó üregeket az 1941-es bezárás után nem tömedékelték megfelelően, ezért a tartószerkezetek és közetrétegek bányaüregbe való összeroskadása szakaszosan történik (PÉCSI M. 1971, DONNELLY, L. J. 2006).

Az egykori bányászati területeken megjelenő természeti-antropogén eredetű csuszamlások a fejtések inflexiós pontján belüli elhelyezkedése megkérdőjelezhető, de további vizsgálatok szükségesek az antropogén eredetű és a természetes csuszamlásos formák elkülönítésére. A felső-pannóniai homokos-agyagos üledékek, fedőjükben löszösszlettel természetüknél fogva is csuszamlásra hajlamosak (ÁDÁM L. 1967, SZABÓ J. 1996), ezért a legtöbb csuszamlásos felszínforma a kutatási terület északi részén található, ott ahol egyébként is bányászattal érintett felszínek vannak. A csuszamlásra hajlamos lejtőket 10–20°-os meredekség jellemzi a területen. A Váraljai-árok völgyének Ny-i kitétségű völgyoldalain,

a magaspartokra jellemző szeletes földcsuszamlások is előfordulnak, illetve a csuszamlások megjelenése gyakori szerkezeti vonalakhoz kötötten; a kutatási területen például a savanyú vulkanizmussal járó (riolittufa) szerkezeti vonalak menti mozgások hatására kialakult erőteljes reliefváltozás eredményeként.

Meghatároztam a kutatási területen lévő egykori mélyművelésű feketekőszén fejtések hatására végbemenő vertikális irányú elmozdulások mértékén és kiterjedésén kívül a Máza-Dél-Váralja-déli területen tervezett bányaműveletek hatására kialakulóakat is (30 év fejtés utáni végleges állapot).

A 30 év alatt lefejtteni kívánt terület (15 fejtési tömb) felett 15 süllyedési horpa kialakulása várható, amely azonban átmeneti formaként jelenik meg, hiszen a többszöri aláfejtés hatására tovább formálódnak süllyedési teknőkké (összesen 6 db). A várható felszínsüllyedések hatástávolságai a felszín alatti mélységgel növekednek, amelyek értéke 310,35–927,76 m között, a határszögek értékei 32,69–49,71° között mozognak. A süllyedéssel érintett összefüggő terület horizontális kiterjedése (területe) 1266,92 ha, amelynek peremén a legkisebb süllyedési értékek mm-es nagyságrendűek, és azok a kutatási terület 47,1 %-át teszik ki. Az 1 m-nél nagyobb süllyedési értékkel jellemzett területek összes kiterjedése, 670,14 ha, így a teljes kutatási terület (3980 ha) 32,6 %-át teszi ki. Az egyes fejtési tömbökhöz kalkulált süllyedési horpák területe 67,8–516,17 ha közötti. A horpák maximumai a –1,82 és –18,22 m közötti süllyedési értékeket veszik fel. A horpákból összegzett süllyedési teknők kiterjedése 232,99–516,17 ha között várható. A szerkezeti tömbök teknőinek maximális vertikális elmozdulásai –5,14 m és –33,58 m közöttire becsülhetők.

Összehasonlítottam és tipizáltam a kutatási területen elkülönülten megjelenő egykori és majdani felszínsüllyedéseket, valamint azonosítottam a prognosztizált felszínsüllyedések domborzati hatásait a régi bányatelteken kialakult montanogén felszínformák tükrében.

A felszínsüllyedésszerű formák a szintes bányaművelési mód alapján: 1. süllyedési mező, berogyások < 2. süllyedési horpa < 3. süllyedési teknő < 4. süllyedéssel érintett összefüggő terület. A fajlagos vágatmélység tekintetében, Máza-Dél-Váralja-Dél tervezett bányatelken a szerkezeti tömbök szintenkénti horpáinak 53%-ánál a kialakuló maximális süllyedés nem éri el az elméleti maximumot (részfelület), és 47%-nál az abszolút maximális süllyedésű pontok halmaza egy mezőt alkot (többszörfelület), míg az egykori bányaműveletek esetében a szabálytalan geometriájú fejtések miatt nem lehetett meghatározni azt.

A teknők maximális süllyedési értékei 50%-a tetőfelszínre, illetve közvetlen közelükbe, valamint 50 %-a völgytalpakra esik. A felszín megsüllyedése – az 1°-os, nem számottevő eltérést figyelmen kívül hagyva – a terület 266,6 ha-ján idéz elő jelentős lejtőszög változást, tehát a két vízgyűjtő terület 10,94%-án. Ebből 186,76 ha (70%) a Váraljai-árok vízgyűjtő területén jelentkezik majd. A teknők jelentősebb süllyedési értékei, sík felszínre közelébe esnek (völgytalp, tetőszint, terasz-szint), akkor a peremi területeken további ellankásodás várható, megnövelve a síknak minősített felszín területét. Ilyen jelenséget figyeltem meg az egykori váraljai bányaterületen az Alice- és az Új-aknáktól K-re, és a Karolina-aknáktól DDK-re fekvő 300 m átlagos tszf-i magasságú tetőszintet körülölelve. A változással érintett lejtők 83,32%-án lankásodás figyelhető meg a 16,68%-nyi lejtőszög növekedésével szemben.

Máza-Dél-Váralja-Dél tervezett bányatelek területén a várhatóan maximális süllyedési értékkel megjelenő teknő okoz a lejtőkitettségekben is megmutatkozó változást (26. ábra). A Váraljai-árokknak a Baka útja vízfolyással átellenben levő völgy ÉNy-i kitétséggű völgyoldala ~180°-os kitétség változást szenved el. A tagolt domborzat hatására a teknőforma alig

rajzolódik ki, viszont azt úgy alakítja át, hogy a „teknőben” lévő lejtők átlagosan 5–45 °-kal elfordulnak a teknő közepe felé. Összesen ~220 ha, a teljes kutatási terület ~5,6%-a, a Mázai-vadvíz és Váraljai-rok vízgyűjtő-területének 9,12%-a, a süllyedéssel érintett terület 17,54%-a, amely egyben jelenti azt is, hogy a kitértség-változás nem jelentős.

Megállapítottam a Máza-Dél-Váralja-Dél területen felszínsüllyedések hatására létrejövő felszíni vízrajzi változásokat. A tetőfelszínnek megsüllyedésével – felgyorsítva a természetes folyamatot – kaptúrák kialakulása várható a Váraljai-árok vízgyűjtőterületét megnövelve, hiszen a felszínsüllyedések jelentős hányada a váraljai völgyet érinti. Az É-i szerkezeti tömb feletti 16,4 m-es maximális süllyedés az egyetlen, amely közvetlenül érinti a Mázai-vadvíz vízgyűjtő területét, azonban annak tényleges völgyét egyáltalán nem érinti a felszín megsüllyedése. A völgytalpak megsüllyedésével azok jelentősen kiszélesednek, így a Váraljai-árok mentén a jelenlegi tavaktól D-re és a Baka útja vízfolyásának torkolatvidékén két jelentős lefolyástalan terület kialakulásával kell számolni, és az oda érkező vizek mennyisége várhatóan megnövekszik a vízgyűjtő-területek megváltozásának következtében. Az esetleges veszélyhelyzet elleni védekezésre, a vízszint-szabályozás érdekében a lefolyástalan területek, északi, völgytalpi részénél, védművek (gátak és zsilipek) kiépítését tartom majd szükségesnek, valamint javasolt a vízfolyás-hálózat bizonyos mértékű rehabilitációja is (CSEMEZ A. 1996). A felszínsüllyedés maximális értékeinek, mivel 50%-a völgytalpra esik, felmerülhet az a pozitív változás, hogy nőnek a vizes élőhelyek, amely a védett Kelet-Mecsek Tájvédelmi Körzet területén lehetőséget ad a Natura 2000-es területek kibővítésére.

A fent említett vízrajzi hatások mellett, a vizek mélybe való szökése is bekövetkezhet, amelyet a –100, –200, –300 m-es fejtési szinten jelentkező törések (PÜSPÖKI Z. et al. 2009) okozhatnak, mert azok felszínig hatoló megjelenéseivel is számolnunk kell. E tényező nem csak a források, hanem a tavak vizének kiapadását is előidézheti. Mindennek következtében folyamatos megfigyelés (monitoring rendszer kiépítése) szükséges a prognosztizált felszínsüllyedések területén, vagyis elengedhetetlenül fontosak a felszíni mozgásmérések a mélyművelésű bányászat megkezdésével párhuzamosan.

5. A munka további irányai

- A későbbiekben meghatározott időbeni fejtési terv ismeretében, a mozgások időbeni vizsgálatát is szükségesnek tartom (a vízrajzi változások szempontjából fontos, hogy melyik területet fejtik le elsőként) és annak összevetését a természetes lepusztulási rátával.
- Az építészetben használatos szilárdságtani és alakváltozási vizsgálatok közül az egyirányú nyomószilárdság laboratóriumi meghatározását célszerűnek tartom a felszín közeli kőzetek esetében. Ezzel lehetővé válna a felszínsüllyedés számításához szükséges kőzetfizikai paraméterek pontos meghatározása. Az egyirányú nyomószilárdság, továbbá a litológiai és a morfológiai tényezők kapcsolatának

kvantitatív vizsgálatát is lehetővé teszi (DEMETER G. – SZABÓ SZ. 2008).

- A bányászati vízelvonás hatására létrejövő felszínüllyedések (SOMOSVÁRI ZS. 1977), valamint a talaj és rétegvizekben beálló változások régóta ismertek (ERDŐSI F. – LEHMANN A. 1984). A területre vonatkozóan a vízelvonással kapcsolatos felszínüllyedés-számítások elvégzését, valamint a hidrogeológiai modellel összefüggésben a források esetleges elapadásának vizsgálatát is fontosnak tartom.
- A Máza-Dél-Váralja-Dél-i tervezett bányatelek a Kelet-Mecsek Tájvédelmi Körzet és Natura 2000-as területeken fekszik, mégsem nevezhető az ember keze által érintetlennek. Az erdőművelés több helyen nyomott hagyott, ezért érdemesnek tartom az erdőművelés, mint antropogén tevékenység domborzati hatásainak feltárását elvégezni. A kutatási terület északi részén ugyanezt a mezőgazdasági művelés hatásaival is megtenni.

PUBLIKÁCIÓS LISTA

1. A DISSZERTÁCIÓ ALAPJÁT SZOLGÁLÓ

1. 1. KÖZLEMÉNYEK, TANULMÁNYOK, KÖNYVRÉSZLETEK

GÖRCS N. L. 2013: Aláfejtés következtében kialakuló felszínsüllyedések domborzati és vízrajzi hatásainak vizsgálata a bányanyitásra tervezett Máza-Dél-Váralja-Dél területen. In: WÉBER 2000 KFT-WÉBERNÉ J. K. 2013: LII. Bányamérő Továbbképző és Tapasztalatcsere. Van jövője a mecseki bányászatnak c. konferencia előadásai CD-kiadvány Pécs, pp. 39-41.

SCHWEITZER F. – BABÁK K. – FÁBIÁN SZ. Á. – **GÖRCS N. L.** – KOVÁCS I. P. – POZSÁR V. – VARGA G. – VARGA GY. 2012: Geomorfológia. In: DÖVÉNYI Z. (szerk.): A Kárpát-medence földrajza. Budapest, Akadémiai Kiadó, pp. 247–331. (ISBN:978-963-05-9281-9)

GÖRCS, N. L. 2011: Predictive modelling of a surface subsidence above an underground coal mine at Máza-Váralja-South (Northeast Mecsek, Hungary). *Hungarian Geographical Bulletin* 60. 4. pp. 343–356.

BUGYA, T. – FÁBIÁN, SZ. Á. – **GÖRCS, N. L.** – KOVÁCS, I. P. – RADVÁNSZKY, B. 2011: Surface change on landslide affected high bluff in Dunaszekcső (Hungary). *Central European Journal of Geosciences* 3. 2., pp. 119-128. DOI 10.2478/s13533-011-0014-6

GÖRCS N. L. 2010: Újabb megfigyelések a Magyarszék–Hetvehelyi-törésvonal negyedidőszaki aktivitásához a Baranya-csatorna völgyében. In: **GÖRCS N. L.** – PIRISI G. (szerk.): Tér Talentum Tanítványok II., Publikon Kiadó, Pécs, pp. 213–224. ISBN 978–615–5001–03–1

GÖRCS N. L. 2010: A Máza-Váralja-Dél szenterület –300 méterig történő lefejtésével okozott felszíni süllyedések domborzati modellezése. Előzetes Környezeti Hatásvizsgálat Máza-Dél-Váralja-Dél mélyművelésű szénbánya Projekt, Calamites Kft. 10 p.

KOVÁCS, I. P. – **GÖRCS, N. L.** 2009: The Development of the southern part of Western Mecsek Mountains. In: CARESTIATO, N. – GUARAN, A.: Geography of Water: Case Studies. 12th European Seminar on the Geography of Water, Udine, 9 p. ISBN 978–88–8420–599–5

FÁBIÁN, SZ. Á. – **GÖRCS, N. L.** – KOVÁCS, I. P. – RADVÁNSZKY, B. – VARGA, G. 2009: Reconstruction of a flash flood event in a small catchment: Nagykónyi, Hungary. *Zeitschrift für Geomorphologie* 53. 2., Berlin-Stuttgart, pp. 123–138. **IF 0,61**

FÁBIÁN SZ. Á. – **GÖRCS N. L.** – KOVÁCS I. P. – RADVÁNSZKY B. – VARGA G. 2009: A tájhasználat és az antropogén geomorfológiai formák hatása a hirtelen áradások kialakulására: Nagykónyi 2002. május 13. In: FÁBIÁN, SZ. Á. – KOVÁCS, I. P.: Az édesvízi mészkövektől a sivatagi kergekig. Tanulmánykötet a 70 éves Schweitzer Ferenc tiszteletére, Publikon Kiadó, Pécs, pp. 167–183. ISBN 978–963–88505–1–5

GÖRCS N. L. 2009: Tektonikus és atektonikus jelenségek értelmezése Sásd tágabb környezetében. In: KISS T. (szerk.): Természetföldrajzi folyamatok és formák. pp. 141–154. ISBN 978–963–482–923–2.

1. 2. ABSZTRAKTOK

GÖRCS, N. L. 2010: Surface subsidence modeling for restarting operation in a coal mining area (Máza-Váralja Sout., Hungary). In: LASSU, T. (eds.): International Workshop on Loess Research and Geomorphology 2010. Book of Abstracts. p. 12.

BUGYA, T. – KOVÁCS, I. P. – RADVÁNSZKY, B. – **GÖRCS, N. L.** – FÁBIÁN, SZ. Á. 2010: High resolution demonstration with GIS and geodesic tools of the surface changes on the high riverbank of the Dunaszekcső. In: LASSU, T. (eds.): International Workshop on Loess Research and Geomorphology 2010. Book of Abstracts. p. 9.

GÖRCS N. L. 2010: Máza–Váralja-dél környezetföldrajzi vizsgálata a szénbányászat újraindulásához (Environmental geographic examination of Máza–Váralja-South (Hungary) to re-start the coal mining activity in the Mecsek Mountain). In: SZABÓ B. – SZABÓ M. – SZELEI T. (szerk.): VI. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia, Nyíregyháza, 2010. április 22–24, Bessenyei György Könyvkiadó, p. 30., ISBN 978–963–9909–57-1 (Magyar és angol nyelven is)

GÖRCS N. L. 2009: Újabb megfigyelések a Magyarszék–Hetvehelyi-törésvonal negyedidőszaki aktivitásához a Baranya-csatorna völgyében. In: FÁBIÁN SZ. Á. – **GÖRCS N. L.** (szerk.): 100 éves a Jégkorszak – A jégkorszaki klímaváltozások kutatása Penck-Brücknertől napjainkig (1909–2009) c. absztrakt kötet, p. 28.

1. 3. KONFERENCIA ELŐADÁSOK ÉS POSZTEREK

GÖRCS N. L. 2013: Aláfejtések következtében kialakuló felszínsüllyedések domborzati és vízrajzi hatásainak vizsgálata a bányanyitásra tervezett Máza-Dél-Váralja-Dél területen. LII. Bányamérő Továbbképző és Tapasztalatcsere c. konferencia az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület Bányamérő Szakcsoportja, a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal, a Magyar Mérnöki Kamara Szilárdásvány-bányászati Tagozata és a Magyar Bányamérő Alapítvány szervezésében, Pécs, 2013. május 29-31.

GÖRCS N. L. 2011: Felszínsüllyedések és térbeli megjelenésük Máza-Váralja-Dél környékén. Természetföldrajzos Geográfus Doktoranduszok X. Konferenciája, Szeged, 2011. június 7.

GÖRCS N. L. 2010: Mélyművelésű szénbányászat által indukált várható felszínsüllyedések modellezése. Geográfia–2010–Pécs, V. Magyar Földrajzi Konferencia. 2010. november 4–6. (előadás)

GÖRCS, N. L. 2010: Surface subsidence modeling for restarting operation in a coal mining area (Máza-Váralja South,). International Workshop on Loess Research and Geomorphology 2010. október 17–19. (poszterelőadás angol nyelven)

BUGYA, T. – KOVÁCS, I. P. – RADVÁNSZKY, B. – **GÖRCS, N. L.** – FÁBIÁN, SZ. Á. 2010: High resolution demonstration with GIS and geodesic tools of the surface changes on the high riverbank of the Dunaszekcső. International Workshop on Loess Research and Geomorphology 2010. október 17–19. (előadás angol nyelven)

GÖRCS N. L. 2009: Újabb megfigyelések a Magyarszék–Hetvehelyi-törésvonal negyedidőszaki aktivitásához a Baranya-csatorna völgyében. 100 éves a Jégkorszak – A jégkorszaki klímaváltozások kutatása Penck-Brücknertől napjainkig (1909–2009) c. konferencia, PTE TTK Földrajzi Intézet, Pécs, 2009. október 1–3. (előadás)

FÁBIÁN, SZ. Á. – GÖRCS, N. L. – KOVÁCS, I. P. – RADVÁNSZKY, B. – DARGA, G. 2009: GIS based flash flood modelling in a small catchment area in Nagykónyi (Hungary) 12th European Seminar on the Geography of Water, Olaszország, Udine, 2009. június 28–július 9. (poszterelőadás angol nyelven).

GÖRCS N. L. 2009: Tektonikus és atektonikus jelenségek értelmezése Sásd tágabb környezetében. Geográfus Doktoranduszok IX. Találkozója, SZTE TTK, Szeged, 2009. március 12–13. (előadás)

2. EGYÉB

2.1. KÖZLEMÉNYEK, TANULMÁNYOK, KÖNYVRÉSZLETEK

GÖRCS N. L. 2010: A doktoriskola vezető oktatói. In: TÉSITS R. – TÓTH J. (szerk.): Doktoriskolánk – A pécsi földtudományi doktori képzés 15 éve. Pécs, Publikon Kiadó, pp. 58–101. ISBN 978–615–5001–00–0

GÖRCS N. L. 2010: A doktori iskolában habilitáltak. In: TÉSITS R. – TÓTH J. (szerk.): Doktoriskolánk – A pécsi földtudományi doktori képzés 15 éve. Pécs, Publikon Kiadó, pp. 227–255. ISBN 978–615–5001–00–0

GÖRCS N. L. 2008: Zepp, H.: Geomorphologie - Eine einföhrung. – Grundriss Allgemeine Geographie, Schöning UTB, Paderborn, 2004. 354. p.– Földrajzi Értesítő (Hungarian Geographical Bulletin), 57. 3–4. pp. 497–499. http://www.mtafki.hu/konyvtar/kiadv/FE2008/FE20083-4_497-499.pdf

2.2. KONFERENCIA ELŐADÁSOK ÉS POSZTEREK

GÖRCS N. L. 2009: The problem of floods downstream – History. The Tagliamento River basin – Tagliamento Working Group, 12th European Seminar on the Geography of Water, Olaszország, Udine, 2009. június 28–július 9 (előadás angol nyelven)

GÖRCS N. L. – KOVÁCS I. P. – RADVÁNSZKY B. 2009: A nagyárpádi sztyepp-fauna. MTA PAB Konferencia, Pécs, 2009. március (előadás)