

Debreceni Egyetem

Földtudományi Intézet

***A fluidum bányászat geomorfológiai következményei
Hajdú-Bihar megyében***

Tudományos diákköri dolgozat

Témavezető:

Dr. Tóth Csaba Albert

Egyetemi adjunktus

Készítette:

Böszörményi Sándor

Geográfus MSc, II. évf.

A dolgozat lezárva:

2014. november 28.

Tartalom

1. Bevezetés.....	3
2. A kutatási terület	4
2.1. A kutatás helyszíneinek elhelyezkedése és lehatárolása	4
2.2. Természetföldrajzi és geológiai viszonyok	6
2.3. A két kráter kialakulásának körülményeiről.....	7
3. Elméleti háttér	9
3.1. A szénhidrogének keletkezéséről és földtanáról röviden	9
3.2. Az alföldi szénhidrogén-bányászat története.....	10
3.3. Antropogén geomorfológia	12
4. Kutatási módszerek	14
4.1. Szakirodalmi és térképi források feltárása.....	14
4.2. Terepi munka, geodéziai módszerek alkalmazása.....	15
4.3. Geoinformatikai módszerek	17
4.4. Laboratóriumi munka	17
5. Megfigyelések	19
5.1. A felszínborítottságra vonatkozó megfigyelések	19
5.2. Geomorfológiai megfigyelések a terepbejárások nyomán	21
5.3. Geodéziai felmérések útján szerzett információk.....	24
5.4. Megfigyelések geoinformatikai eljárások nyomán.....	25
5.5. A laboratóriumi munka tapasztalatai.....	26
6. Értékelés	31
6.1. A kráterek környezetének természetföldrajzi értékelése	31
6.2. A krátertavak geomorfológiai és vízföldrajzi értékelése	31
6.3. A két sánc geomorfológiai összehasonlítása	33
6.4. A területhasználatról.....	34
6.5. A kutatási módszerek értékelése	35
6.6. Iránykijelölés a későbbi munkához	35
Irodalom	37
A dolgozat mellékletei.....	39
Függelék	42

1. Bevezetés

1961. augusztus 24-ére virradóra a Hsz-36-os fúrótorny a Hajdúszoboszló földgázmező megfúrása során felrobbant, majd a feltörő gáz több mint 150m magas lánggal égett egy héten keresztül. Sem a tűzoltóság, sem a szakemberek a lángokat megfékezni nem tudták, a lángoszlopot végül a fúrás mélyéről fortyogó iszap és víz fojtotta el. A kitörés sem emberéletet nem követelt, sem személyi sérülés nem történt. Helyén azonban egy máig látható kráter keletkezett a Hajdú-Bihar megyei Nagyhegyes nevű falu határában, mely alját tó tölti ki és jelenleg rekreációs övezetként funkcionál.

E dolgozatot tulajdonképpen az imént említett kráter ihlette, amely különös formakincse a hajdúsági tájnak. Fontosnak találtuk a kutatómunka során ennek a formának a pontos leírását az antropogén geomorfológia szempontjai mentén. 1967-ben a Kossuth Lajos Tudományegyetem (Debrecen) egyik oktatója, Borsy Zoltán hallgatói segítségével már elkészített egy geodéziai felmérést (4.1. kép) a még friss tájelemnek számító kráterről. Az ő munkájuk nagyszerű kiindulási alapot jelentett, s az 1967-es mérések mintegy megismétlését tűztük ki egyik fő célunknak.

A pontosabb kép érdekében a 60-as években kapott eredményeken túl egy másik, hasonló formát választottunk még összehasonlítási alapként. Ez a másik kráter a Körösszegapátit Berekböszörménnyel összekötő műút mellett található. A Hajdú-Bihar megye déli részén található kutatási helyszínen ugyanazokat a módszereket alkalmaztuk, mint Nagyhegyesen.

Az így kapott eredmények és az azokból levont következtetések azok, amiket e dolgozat elsősorban kommunikálni kíván.



1. kép: Kulcsár László 1961. augusztus 25-én, délután 3 órakor készült felvétele BORSY Z. 1967-es tanulmányában.

2. A kutatási terület

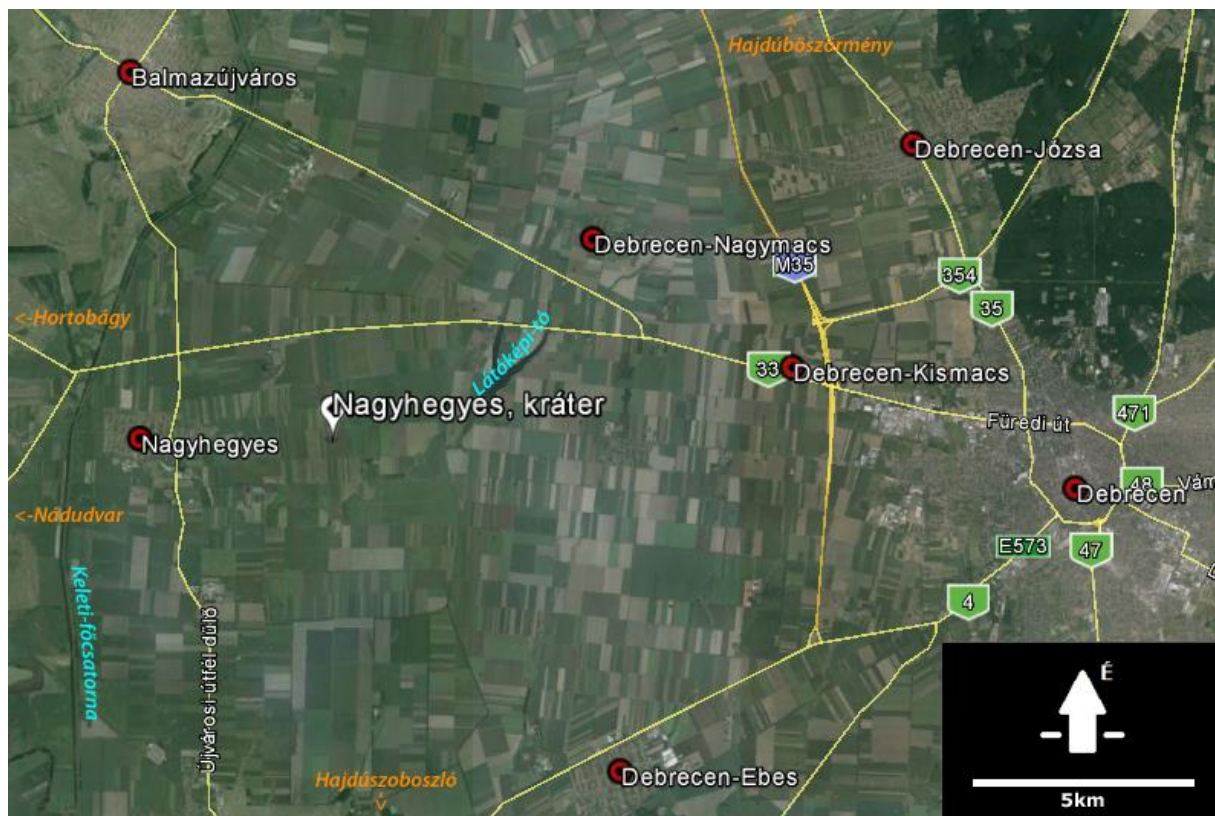
A kutatómunka lényegi részeinek bemutatása előtt először is fontos megismerkedni a munka választott helyszíneivel. Meg kell hát határozni a térbeli elhelyezkedésüket és kiterjedésüket, de szólni kell a földtani és természetföldrajzi környezetükről is. Nem utolsó sorban érdemes megértenünk a vizsgált formakincs létrejöttének folyamatait.

2.1. A kutatás helyszíneinek elhelyezkedése és lehatárolása

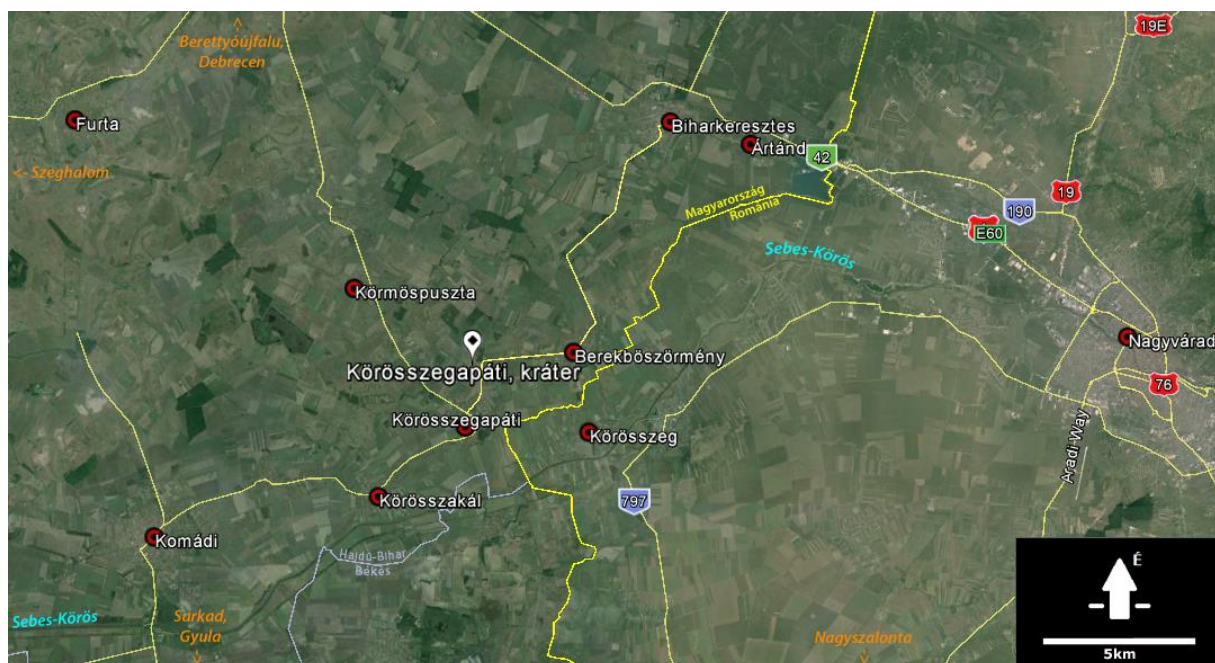
A két vizsgált kráter közül mind a kettő Hajdú-Bihar megyében található. A két kráter pontként ábrázolhatjuk a térképen (2.1. és 2.2. kép), azonban a kutatás két jól körülhatárolható, körülbelül négyzet alakú területre terjed ki. Mivel mindkét forma szántóföldi környezetben helyezkedik el, ezért a felmérésekhez kijelölt két terület magában foglalja a szántók és a kratersáncok „határvidékét”, a sáncokat, illetve a krátereket a bennük található tavakkal együtt. A munkaterület mind a két esetben megközelítőleg négyzet alakú.

A *nagyhegyesi kráter* Magyarország kistájbeosztása szerint a hajdúsági középtájban, és azon belül a Hajdúhát déli-délnyugati peremén foglal helyet, néhány kilométerre a Hortobágy kezdetétől. Nagyhegyestől 3,8km-re fekszik keletre, Ondódtól 6,6km-re nyugat-északnyugatra, Nagymacstól 7,3km-re délnyugatra, Debrecen belvárosától pedig 16,8km-re nyugatra. A kráter középpontjának EOVS koordinátái: 827317.4, 246505.6 (2.1. kép). Nagyhegyes esetében a négyzet alakú munkaterület átlója körülbelül 500m.

A *körösszegapáti kráter* a Berettyó–Körös-vidéken található, azon belül pedig a Biharsík és a Kis-Sárrét határának keleti végén. Körösszegapátitól 2km-re fekszik észak-északkeletre, Berekböszörménytől 3,4km-re nyugatra, Körmöspusztától 4,7km-re délkeletre, Biharkereszttestől pedig 10,5km-re délnyugatra. Nagyvárad belvárosa a krátertől mindössze 22km-re fekszik kelet-északkeleti irányban. A kráter középpontjának EOVS koordinátái: 876473.6, 193636.4 (2.2. kép). A körösszegapáti kráter körül használt munkaterület 180m átlóhosszal rendelkezik.



2.1. kép: A nagyhegyesi kráter, környezetének térképén ábrázolva. (Forrás: Google Earth).

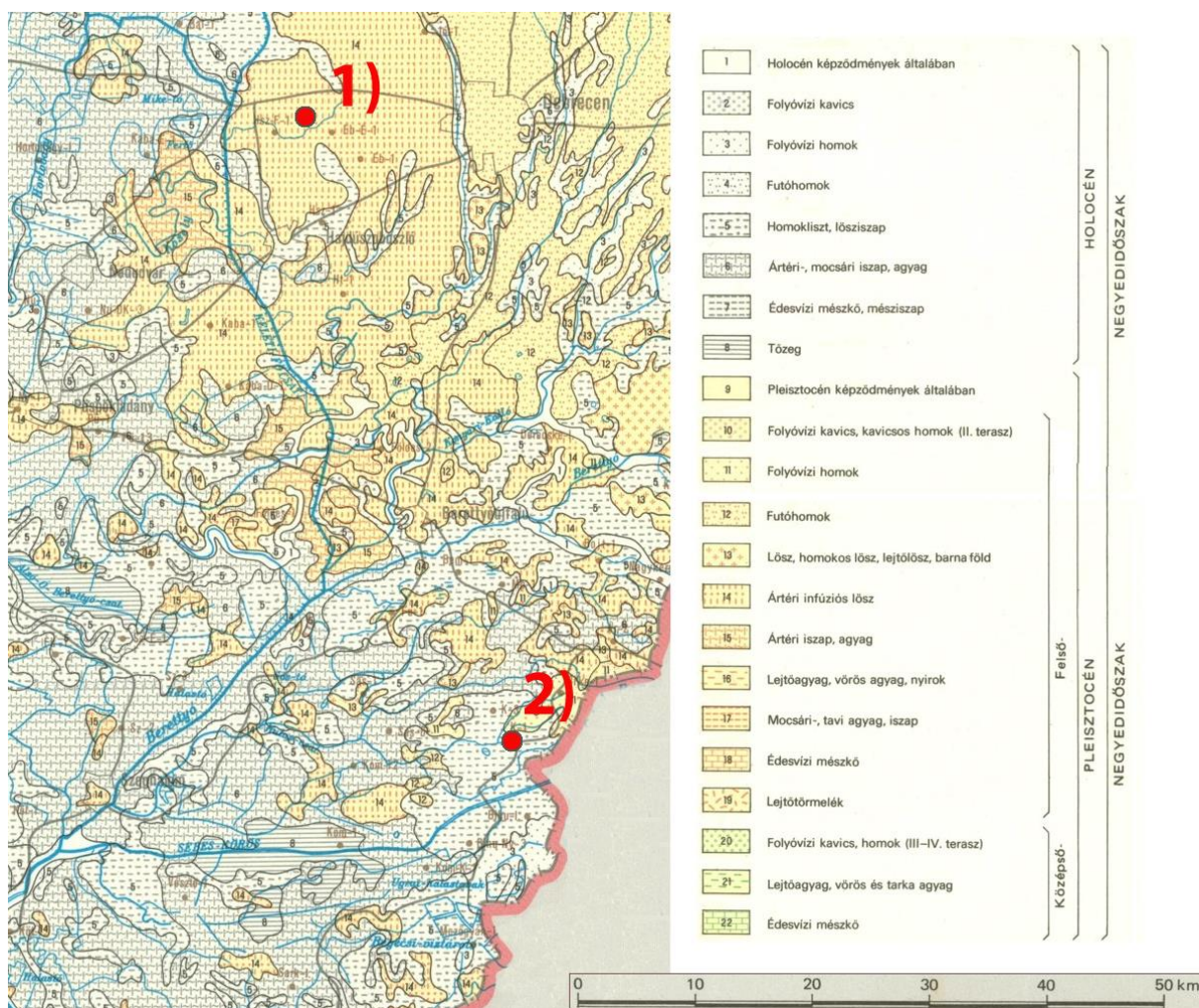


2.2. kép: A körösszegapáti kráter, környezetének térképén ábrázolva. (Forrás: Google Earth).

2.2. Természetföldrajzi és geológiai viszonyok

Mindkét kráter aktív mezőgazdasági tevékenységnek kitett területen, alföldi, löszös környezetben található. A kistájak szerinti elhelyezkedést a 2.1. fejezetben említettük. A nagyhegyesi kráter 107m, míg a körösszegapáti 96m tengerszint feletti magasságban húzódik. A tájhasználat miatt a környezet természetes növényzetét nem figyelhetjük meg, legfeljebb a sáncokra települt növénytakaróból következtethetünk.

Igaz még mind a két környezetre, hogy a felszíni földtani képződmények kivétel nélkül negyedidőszakiak. Emellett a mélyben, a szénhidrogéneket tároló kőzet Nagyhegyesen és Körösszegapáti mellett is felső-miocén, felső-pannóniai homokkő (KISS J. 1980, BISTEY A.–SZILI J. 1988).



2.3. kép: Részlet Magyarország Földtani Térképéből (FÜLÖP J. szerk. 1984). A térképen a Közép-Tiszántúl egy részének felszíntakaró kőzetei láthatók a két kutatási terület megjelölésével. A jelmagyarázatban csak negyedidőszaki képződmények szerepelnek, ahogyan a térképen is.
(1: a nagyhegyesi kráter; 2: a körösszegapáti kráter).

A *nagyhegyesi kráter*től körülbelül 1km-re délre fut a Pece-patak, illetve 5km-re a nyugatra a Keleti-főcsatorna, mint a legközelebbi nagyobb vízfolyás. A hajdúhát egyébként sem fluviális, inkább eolikus úton épült síksági környezet. A krátert magát egy kiemelt löszplatón találjuk. Területének eredeti tengerszint feletti magassága 107m. A környezet geológiáját tekintve Nagyhegyes térségében – ahogy a krátertő környezetében is – többnyire felső pleisztocén, ártéri infúziós lösz található. 10km-es körzetben jellemző még a holocén lösziszap, valamint az ugyancsak holocén mocsári iszap (2.3.kép).

A *körösszegapáti kráter* síksága hasonló löszpad, folyóhát, amely a környező ártér fölé emelkedik, mint ármentes magaslat. A Berettyó-folyó messzebb, 18km-re északnyugatra fut tőle, a Sebes-Körös pedig mindössze 4km-re délre. A kráter környezetének felszíni alapközete holocén lösziszap. A tágabb környezet már sokkal mozaikosabb: 10km-es körzetben előfordul még a felső pleisztocénból ártéri infúziós lösz, homokos lösz, kis mennyiségű futóhomok, illetve folyóvízi homok, a holocénból pedig ártéri iszap (2.3. kép).

2.3. A két kráter kialakulásának körülményeiről

E dolgozat két havária esemény felszíni következményeivel foglalkozik. A hamarabbi Körösszegapátiban történt, ám előtte érdemes a Tótkomlós-I. számú fúrás 1934-es „elszerencsétlenedéséről” szót ejteni. A felszíni következmény itt is – hasonlóan Nagyhegyeshez és Körösszegapátihoz – máig látható krátertő. A kitörést az okozta, hogy a földgáz szintjét elérve ún. iszapvesztés lépett fel, amelyet pótolni az akkori technológiával lehetetlennek bizonyult. A gáz, majd az olaj, sőt még a rétegvíz is hatalmas nyomással tört a felszínre. Ezt kezdetben igyekeztek elfojtani, ám a fúrás végül berobbant, s helyén kráter keletkezett, amely méreteinél fogva elnyelte a fűrőtornyot is.

Ugyanez a folyamat játszódott le 1943-ban *Körösszegapáti* mellett, amikor is a jelen dolgozatban vizsgált kráter a K-1 jelzésű fúrás helyén létrejött. Az ottani földgáz összetétele szinte pontosan megegyezik a tótkomlóiéval, a CO₂-tartalom itt is 50% fölötti. A falu térségében nem ez volt az utolsó kitörés. 1946-ban, 1km-re észak-északkeleti irányban sokkal nagyobb mértékű iszapvesztés lépett fel, amit a háború utáni körülmények között nem tudtak eredményesen orvosolni. A második szerencsétlenség felszíni nyoma több száz méter átmérőjű (vö.: BISTEY A.–SZILI J. 1988). Ennek felmérése azonban nehezebb és sokkal kevesebb hasonlóságot mutat a nagyhegyesi kráterrel, ezért jelen dolgozatban ezzel nem foglalkozunk.

A nagyhegyesi kitörés később, 1961-ben játszódott le. A kiváltó ok ez esetben is a produktív szint elérésekor fellépő iszapveszteség volt. Az iszapot már itt sem volt lehetőség pótolni, azonban több ízben próbálták a szivárgó gázt elfojtani. Végül a fúrószár leeresztése mellett döntöttek, ám feltörő gáz útját már nem tudta rendesen elzárni. A talaj a torony környékén felrepedt: 100m hosszú repedés jött létre, amin keresztül a kitörést okozó iszap buzogott a felszínre. A késleltetés miatt a robbanás végül elég nagy erősségű volt ahhoz, hogy a felgyülemlett iszap egy több méter magas sáncot is építsen a kráter köré (2.4. kép).

Mind Körösszegapátinál, mind Nagyhegyesnél magas, napokig égő lángoszlop követte a robbanást (1. kép). A tüzet a kráter maga a feltörő iszap és rétegvíz felszínre kerülésével zárta el, tulajdonképpen vulkáni utóműködéshez hasonló folyamatok révén (BORSY Z. 1967, BISTEY A.-SZILI J. 1988, PLASEK I. 2012).



2.4. kép: A nagyhegyesi krátertó látképe 1967-ben, a sánc északnyugati részéről nézve (Borsy Zoltán felvétele).

3. Elméleti háttér

Ez a fejezet a kutatás módszereinek, valamint a téma háttérének megértése miatt fontos. Röviden érdemes áttekinteni a szénhidrogénekhez köthető földtani ismereteket és azok hazai bányászatának történetét. Ugyanígy a kutató munka diszciplináris kereteinek felvázolása is fontos.

3.1. A szénhidrogének keletkezéséről és földtanáról röviden

A bányászott fluidumok között a szénhidrogének gazdasági jelentősége a legnagyobb. Ennek két fajtája a kőolaj és a földgáz, amelyek a földkéreg belsejében felhalmozott folyékony, illetve gáz halmazállapotú szerves, üledékes kőzetek.

Keletkezésük roppant összetett, mely során állati és növényi maradványok oxigénmentes környezetben történő bomlása megy végbe és bonyolult biokémiai, földtani folyamatok játszódnak le. Nem csoda, ha a felszínre hozott kőolaj nem ritkán tartalmaz elhalt baktériumokat, spórákat, rovarmaradványokat és az élet egyéb nyomait (KISS J. 1980, BALOGH K. et al. 1992).

A szerves maradványok egy helyen történő lerakódása és tartós felhalmozódása leggyakrabban deltavidékeken vagy csekély vízmozgású self-tengerekben játszódik le. E területek szervesanyagban gazdagok, így fedőréteg keletkezik. Ez alatt a felhalmozott szervesanyag eléri az ún. *kerogén* állapotot. A kerogénből apró cseppek formájában kőolaj távozik, s e folyamat közben szabadulnak fel a földgáz alkotó elemei. A szénhidrogén telepeknek egy igen lényeges jellemzője a *migráció*, a tároló kőzetek – leggyakrabban homok, homokkő vagy konglomerátum – közötti vándorlás. Az ilyen folyamatok során a szénhidrogének a rétegvizekkel is kapcsolatba léphetnek. Mivel a kőolaj sűrűsége 0,75-0,95 g/cm³ és a vízzel nem elegyedik, így a felszín alatt jellemzően a földgáz–kőolaj–víz rétegzettség alakul ki (BALOGH K. et al. 1992).

A kőzetté válás folyamatát a magas geotermikus grádiens és a földtani süllyedés gyorsíthatja. A Kárpát-medence mindkét tekintetben kedvező adottságokkal rendelkezik, ám a hazánk pannóniai üledékeinek kőolaja és földgáza is 5-9 millió év alatt jött létre (POJJÁK T. 1978, BALOGH K. et al. 1992).

A világ szénhidrogén mezői 9 nagy „provinciába” csoportosulnak. A kőolajkészletek több mint 65%-a mezozoós eredetű (BALOGH K. et al. 1992). Magyarország kőolajtermelése elenyésző, a földgáznak nagyobb a jelentősége. Kicsi, legfeljebb közepes méretű (pl. Algyő, Nagylengyel) szénhidrogén mezők jellemzőek. A teljes hazai szervesanyag-tartalmú üledék készlet körülbelül 150.000km³ térfogatú, tároló kőzete pedig többnyire homokkő, illetve konglomerátum, melyek zömmel pannóniai korúak. Szénhidrogén telepeink átlagos mélysége 2km. A bányászat szempontjából a legjelentősebb területek: az Alföld középső része, a Dunántúli-dombság, illetve kis mértékben a Rába völgye (KISS J. 1980, BALOGH K. et al. 1992).

3.2. Az alföldi szénhidrogén-bányászat története

A hazai kőolaj- és földgáz előfordulásokról már a 18. század végétől tesznek említést egyes feljegyzések. Ebben az időben több magyar tudós is végez külföldön szénhidrogénnel kapcsolatos kutatómunkát. A legkiemelkedőbb ezek közül Born Ignác nevéhez fűződik, aki 1787-ben Angliában felfedezi az ún. ozokeritet. Azonban a hazai kőolajkutatás a kor technikai szintjén és a Kárpát-medence bonyolult geológiai viszonyai mellett szinte lehetetlen volt.

A politika érdeklődésének hiányában a magyarországi bányászat ezen ágazata csak 1893-tól számítható. Ebben az évben Wekerle Sándor miniszterelnök levelet ír a Magyar Királyi Földtani Intézetnek, amelyben 50.000 forint állami támogatást ígér, hogy mielőbb találjanak az ország számára kielégítő mennyiségű szénhidrogént.

Kiforrott olajipar sokáig mégsem jött létre. Sok vállalkozó közül valódi sikereket csak a Zsolnay és Társai cég ért el Recsk mellett, noha gazdasági jelentőségűnek még ez sem bizonyult. Az első világháborúra készülve az 1910-es években állami monopólium lett, és a szakma figyelme lassan az Alföldre kezdett irányulni. 1918-ban, háborús gazdasági nehézségek között elkezdtek fúrni a Nagyhortobágy-I. jelű kútát. A tervezett II. kút nem készült el, helyén 40 évvel később a Hsz-2. jelzésű fúrás tárta fel a hajdúszoboszlói földgázmezőt.

A Monarchia szétesése utáni időszakban, a belpolitikai helyzet stabilizálódását követően 1920-ban angol tőkével létrejön a Hungarian Oil Syndicate Ltd., mely nagy reményekkel kecsegtetett, ám a brit vezetés komolytalansága miatt hamar befűlt. Pedig Hajdúszoboszló mellett ekkor már találtak elegendő gázt némi áram megtermeléséhez és a szénhidrogént nem eredményező fúrások igen jó minőségű termálvizet hoztak a felszínre szerte az Alföldön.

A kutatás technológiája és módszertana is rohamos fejlődésnek indult. Kiemelendő az Eötvös-inga használata, amely már a geológia kutatását megelőzően értékelhető eredményt adott a kőolaj holléte felől. Az egyre nagyobb teljesítményű, motorizált fúróállomásokkal már lehetségessé váltak a 2000m körüli fúrások. A haváriát okozó kitörések azonban egyelőre orvosolhatatlannak tűntek. 1934-ben történt a magyar olajkutatás első igazán nagy szerencsétlensége Tótkomlóson, ahol iszapvesztés miatt a fúrás berobbant, s máig látható krátert hagyott maga után. Mint már említettük, hasonló következményekkel hasonló események játszódtak le később Nagyhegyesen és Körösszegapáti mellett is.

Az első jelentős siker 1937 áprilisában jött el Bükkszéken, ahol korábbi kutatásokra alapozva sikerült feltárni az első nagyobb magyarországi olajmezőt. Megindulhatott a tervszerű olajtermelés, illetve, ismét érdemesnek tűnt külföldi tőkét bevonni a magyar szénhidrogén-kutatásba. Két vegyes tulajdonú nagyvállalat jött létre és osztotta fel az ország területét: a MAORT (Magyar-Amerikai Olajipari Rt.) a Dunántúlon ténykedett, az Alföldre pedig a MANÁT (Magyar-Német Ásványolajművek Kft) koncentrált. Ez utóbbi kezdte meg a fúrásokat például Körösszegapáti és Berekböszörmény határában.

A második világháború után a német vállalatot jóvátételként a Szovjetunió kapta meg, így 1946-ban létrejött a MASZOLAJ Rt., vagyis a Magyar-Szovjet Olajipari Részvénytársaság. Az államosítások után ez a szervezet olvasztotta magába a Dunától keletre tevékenykedő valamennyi olajipari társaságot és létrejött a MASZOVOL. Érdemleges termelés Mezőkeresztesen és Biharnagybajomban folytattak. A vállalat működése alatt történt a második körösszegapáti gázrobbanás, amiben az ottani mező tönkrement.

1954-ben a magyar állam visszakapta részesedését a hazai olajiparban. Tucatnyi új vállalat jött létre, amelyek 1959-től az Országos Kőolaj- és Gázipari Trösztben (OKGT) tömörültek. Az OKGT működése alatt indult meg az algyői és a pusztaföldvári szénhidrogén-termelés. A 60-as évekre egyre több kőolajra vagy földgázra bukkantak a kutatók. Megkezdődtek a 4-5ezer métert is meghaladó kutatófúrások. Elterjedté válik a gázvisszasajtolás technológiája, így a kiürített rétegeket az import földgáz tárolására lehet hasznosítani. Ekko-riban épülnek meg az „Adria”, a „Barátság-I.” és a „Barátság-II.” nevű szállítóvezetékek is.

A rendszerváltást követően az OKGT jogutódja a Magyar Olajipari Részvénytársaság (MOL Rt.) lett, amely máig működik. A kőolaj és földgázkutatás egyik nagy haszonnal járó mellékterméke, hogy ennek köszönhetően ismerjük igen részletesen az Alföld mélyföldtani viszonyait (BISTEY A.–SZILI J 1988, SZUROVY G. 1993).

3.3. Antropogén geomorfológia

Az antropogén geomorfológia az emberi tájalkítás tudománya. Tárgykörébe nem csupán az ember által létrehozott formakincsre terjed ki, hanem az azok által kiváltott vagy módosított természeti folyamatokra is.

Ennek értelmében megkülönbözteti azokat a formákat, amelyek az emberi tevékenység során *közvetve*, avagy *közvetlenül* hatnak a felszínre. A közvetlen formák lehetnek *elsődlegesek*, amennyiben azok kialakítása volt az emberi tevékenység célja, illetve *másodlagosak*, ha azok létre jötte csupán szükségszerű melléktermék. A közvetett formák között *kvalitatív* jellegű az a forma, amely új folyamatok létrejöttével keletkezik, míg *kvantitatív*, hogyha már létező természeti folyamatok módosulásának köszönheti kialakulását. Fizikai megnyilvánulásuk szerint hármas csoportba oszthatók, és ennek értelmében beszélhetünk *exkavációs* – vagy kimélyítéssel –, *akkumulációs* – vagy felhalmozással –, továbbá *planációs* – azaz elegyengetéssel – formákról.

A beavatkozás típusa szerinti osztályozás iparágakat, tevékenységi típusokat használ kategóriák gyanánt. Ezek az alábbiak: mezőgazdaság, bányászat, vízrendezés, ipar, településfejlődés, közlekedés, hadászat, illetve turizmus-sport (SZABÓ J. 2006, 2010). Az imént felvázoltak értelmében tehát a fluidum-bányászat krátereit közvetett és kvalitatív exkavációs, míg azok sáncái akkumulációs formák és a bányászat tárgykörébe tartoznak.

Jelen dolgozatban a bányászat, azon belül is a fluidumok kitermelésének felszíni következményeivel foglalkozunk, s főként a kőolaj- és a földgázbányászattal. Ebben az iparágban a legjellemzőbbek a negatív, vagyis exkavációs formák. A szénhidrogének és a rétegvizek kitermelésénél szinte elkerülhetetlen a több kilométer átmérőjű és deciméteres nagyságrendben kifejezhető mélységű süllyedések képződése. Ennek magyarázata az, hogy a kitermelt energiahordozó helyén anyaghiány lép fel. Ezek a térszínsüllyedések azonban csak akkor maradandóak és drasztikus méreteket csak akkor öltenek, ha túltermelés vagy szakszerűtlen termelés folyik.

Igazán látványos negatív formák a havária események következtében jönnek létre, amelyekkel ez a dolgozat is foglalkozik. A szénhidrogén-kutak felrobbanásakor ugyanis a mélyből föltörő anyag a vulkáni utóműködéshez hasonló folyamatok révén kerülnek a felszínre. Ezeket az eseményeket a táj kráterszerű formák képében őrzi meg (SÜTŐ L. 2006, 2010).

Az antropogén geomorfológia az ilyen jelenségek következményeivel is segít „együtt élni”. A természet erejét és folyamatait tiszteletben tartva az alábbi öt fő aspektusban érvényesíti munkáját az antropogén geomorfológus: 1) erőforráskutatás; 2) természeti katasztrófák elkerülése; 3) felszínfejlődés előrejelzése egy adott emberi beavatkozás után; 4) tájvédelmi szempontból értékes felszínformák megőrzése; 5) tájrehabilitáció (LÓCZY D. 2006, 2010). Jelen dolgozatban legalább érintőlegesen előkerül mind az öt, imént felsorolt pont. A leghangsúlyosabb azonban a felszínfejlődés előrejelzése, illetve a tájrehabilitáció lesz.

Itt érdemes szót ejteni két jellemző példáról, amelyek jól mutatják, milyen drasztikus felszíni következményeket produkálhat az intenzív fluidum-bányászat. Az első a kaliforniai Long Beachben játszódtott le a Wilmington-olajmező túltermelésének köszönhetően. Az olajmezőn az 1920-as évektől folyt bányászat. 1939-től vált megfigyelhető a mező alatti térszín süllyedés, ami 1952-re elérte az 50cm-es évenkénti gyorsaságot. A bányászat leállásáig, 1973-ig egy több kilométer átmérőjű, tál alakú forma keletkezett, melynek legnagyobb mélysége az eredeti térszínhez képes meghaladta a 9 métert is. A folyamatot visszafordítani nem lehetett. Lelassítását, majd megállítását azonban vízinjektálással sikerült elérni. A megsüllyedt terület fokozottan árvízveszélyessé vált (HUNT, R. E. 2008, SÜTŐ L. 2010).

A következő példa a kutatás szempontjából sokkal közelebb. Azonban nem a szénhidrogének, hanem a felszín alatti vizek bányászatához köthető. Debrecen túlzott ivóvíz termelése az 1950-60-as évek gyors ütemű iparosodásának szükségszerű velejárója volt. Ennek következtében azonban egyes kutakban a nyugalmi vízszint 1-2m-ről 7-9m-re csökkent az 1957 és 1965 között eltelt időszakban. ORLÓCZI I. (1968) arra hívja fel a figyelmet, hogy a lejátszódó folyamatok nem csupán a vízszint rohamos csökkenését eredményezi. A víztelenítet, egykori víztartó rétegek ugyanis tömörödésnek indulnak, ami a város felszínének süllyedéséhez vezet. Geodéziai felméréseivel rámutatott, hogy az említett időszakban, Debrecen belvárosában a térszín évi 1-1,6mm-es gyorsasággal csökkent, maximális mélysége pedig 1966-ban elérte a 4cm-t. A süllyedés a város teljes területre és közvetlen környezetére kiterjedt (ORLÓCZI I. 1968, SÜTŐ L. 2006).

4. Kutatási módszerek

Ez a fejezet bemutatja mindazt az eszközt és módszert, amit a kutatás igényelt. A forrásanyag elemzésén túl legfontosabb említést tenni a terepi kiszállások során elvégzett munkáról. Itt ugyanis többek között geodéziai felméréseket végeztünk, hogy geoinformatikai elemzésnek is alá vessük a területet. Mivel a kiválasztott kutatási területen talaj- és üledékmintákat is gyűjtöttünk, ezek laboratóriumi elemzésével további információkhoz jutottunk.

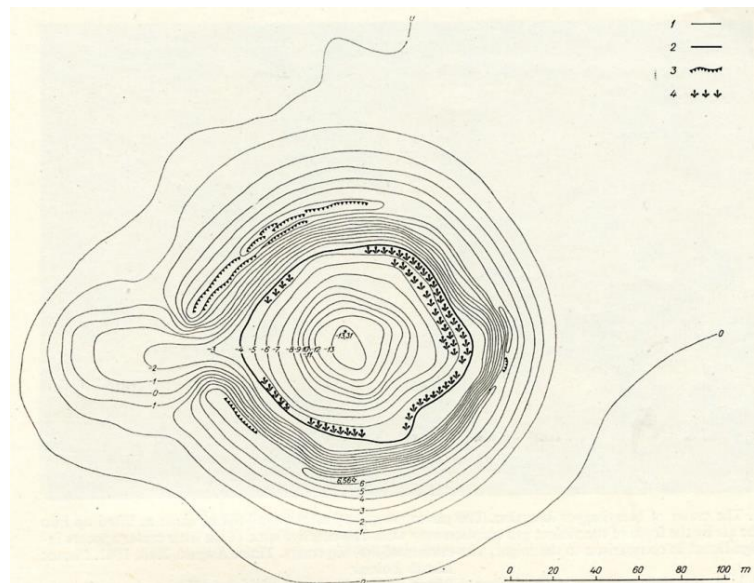
4.1. Szakirodalmi és térképi források feltárása

Mind az elméleti háttér kidolgozásához, mind pedig a kutatómunka megalapozásához szükséges a szakirodalom használata.

A téma könnyebb bemutatása és áttekinthetővé tétele szempontjából fontos a szénhidrogének alapvető geológiai jellemzőit megismerni. Ugyanilyen fontos bemutatni az iparág magyarországi történetét, valamint a választott kutatási irányt. Az elméleti rész tehát egy interdiszciplináris kutatást vetít előre.

Mivel kutatásom szorosan kötődik a földtanhoz, a szénhidrogének előfordulásához és a választott két terület mélyföldtani viszonyainak bemutatásához geológiai térképeket és leírásokat érdemes használnunk. Főként Nagyhegyes esetében az ottani kutatásról szóló ismeret-terjesztő anyagoknak szintén rendelkezésre állnak.

Valamennyi forrásanyag közül kiemelendő a vizsgált jelenséggel közvetlenül foglalkozó két szacikk. Az egyik BORSY Z. (1967) és tanítványainak Nagyhegyesen végzett geodéziai felmérését dokumentálja (4.1. kép). A másik LÓCZY D.–SZABÓ J.–



4.1. kép: A BORSY-féle felmérés nyomán elkészült szintvonalas térkép a nagyhegyesi kráterről (BORSY Z. 1967).

TÓTH Cs. (2014) angol nyelvű, nyomtatásban még meg nem jelent leírása, amely ugyancsak a nagyhegyesi krátertóval foglalkozik.

4.2. Terepi munka, geodéziai módszerek alkalmazása

A kutatás célja kettős, ugyanis a BORSY Z. (1967) féle méréseket mintegy megismétlésével átfogó képet szeretnénk adni a nagyhegyesi kráter morfológiai változásairól. Másfelől egy másik, hasonló keletkezésű formával hasonlítjuk azt össze, amely jelen esetben a Körösszegapáti és Berekböszörmény között található krátertó. A két képződmény összevetésétől hasznos információkat remélünk a formatípus fejlődésével és morfológiai jellegzetességeivel kapcsolatban.



4.2. kép: Geodéziai mérések a terepen. Fent: a barometrikus Garmin GPS-szel. Lent: a háttér-ben a Focus8 mérőállomás, előtérben pedig a Stonex nevű műszer bázisállomása.

Az imént említettekhez szükséges terepi bejárásokra 2014 őszén kerítettünk sort. Mind a két helyszínen a következő feladatokat végeztük el: 1) a forma szemügyre vétele, a növényzet leírása; 2) geodéziai felmérések; 3) talaj- és vízmintavétel. Az első feladatkört szükségtelen részletezni, a megfigyelések eredményeit az 5. fejezet taglalja részletesen.

A geodéziai felméréseknél ügyeltünk arra, hogy mind a környezetet, mind a krátert, mind pedig a kráterben található tavat a forma kirajzolódásához szükséges felbontású pont-hálózattal fedjük le. A felvett pontoknak rögzítettük az EOV koordinátáit, illetve a tengerszint feletti magasságukat. A könnyebben járható, szántóföldi területeken Trimble Stonex GNSS RTK műholdas vevőkészüléket alkalmaztunk. A meredekebb partfalak felméréséhez, illetve a pontos relatív távolsági adatok és szintkülönbségek meghatározásához Focus8 infra mérőállomást használtunk. A tó mélység-mé-

résnél a koordináták meghatározásához, valamint Nagyhegyesen a gyorsabb munka érdekében egy kézi, barometrikus Garmin GPS-készülék volt a segítségünkre (4.2. kép). A két tó mélységi adatait csónakból, halradarral vettük fel.

Hogy a megfigyeléseket más adatokkal is alá tudjuk támasztani, a kráterek környezetéből talajmintát vettünk (4.3. kép). Mindkettőnél rendre a következő helyeken: a kráttersánc anyagából, a sánc peremi területéről, illetve az eredeti, bolygatatlan talajból. Körösszegapátiban a robbanás által felszínre került anyag mintázásához a kráterbelső partfalának talajszelvényét használtuk. Itt a feltalajt követően 50 cm-enként vettünk mintát, egészen 250cm-es mélységig. Minden más esetben kézi



4.3. kép: A nagyhegyesi talajmintavétel egyik fúrómagja.

fúróval dolgoztunk. 10 cm-enkénti beosztással 100-120cm-ig fúrtunk és vettünk talajmintát. A nagyhegyesi második fúrásnál a reprezentatív eredmény érdekében a beosztás kivételesen 20cm-es volt, és a legmélyebb minta 200cm-es mélységből származik. Az adatok elemzése során látható, hogy az egyes fúrások a *Nagyhegyes I-III.*, és a *Körösszegapáti I-III.* nevet viselik. E szisztéma szerint mindkét esetben az I. jelzésű fúrás a tóhoz legközelebb eső mintavétel helyét jelenti, azaz a kráttersáncot. A II. jelzésű a sánc külső részét jelöli. A III. jelzésű pedig a palásttól távolabb eső bolygatatlan, eredeti talajt. A gyűjtött mintákat a Debreceni Egyetem Természetföldrajzi Laboratóriumában elemeztük.

Lényeges adatokhoz juthatunk a krátertavak jelenlegi állapotával és a feltöltődés folyamatával kapcsolatban, ha azokból vízmintát veszünk és azokat ugyancsak laboratóriumban megvizsgáljuk. Mintát mind a két esetben a tavak közepéről vettünk. Összehasonlításképpen a nagyhegyesi kráter közelében folyó Pece-patak vizét is megvizsgáltuk.

A terepi kiszállások során dokumentációt végeztünk. A megfigyelt jelenségek könnyebb elemzése érdekében jegyzetet és fényképeket készítettünk. A fotók a kutatómunka könnyebb szemléltetését is segítik.

4.3. Geoinformatikai módszerek

A terepi munka után a soron következő feladat a felvett ponthálók számítógépes ábrázolása. A létrehozott tematikus térképek, domborzatmodellek és keresztmetszeti diagramok nagyszerű eszközei a szemléltetésnek és további megfigyelésekre adnak lehetőséget. Fontos még, hogy az 1967-ben elkészített nagyhegyesi felmérés szintvonalas térképét (4.1. kép) is georeferáltuk, majd digitalizáltuk, hogy az abból készített domborzatmodell kiindulási alapként rendelkezésre álljon.

A ponthálók összeillesztéséhez és a magassági értékek szinkronizálásához a Quantum GIS 2.6.0-ás verziója bizonyult a legjobb eszköznek. Szintén ebben a programban került sor a BORSY (1967) féle térkép georeferálására és digitalizálására. A ponthálókból alkotott 3D-s felszínmodellek, térképek és a keresztmetszeti diagramok a Surfer 10.7-es, illetve a Global Mapper 16.0-ás verziója segítségével készültek el.

4.4. Laboratóriumi munka

A terepi kiszállások alkalmával begyűjtött mintát elemezni kellett. A Debreceni Egyetem Természetföldrajzi Laboratóriumának dolgozói segítségével több mérést is elvégeztünk.

Az összesen 56 talajminta betörése és kiszárítása után szitálással és iszapolással (Köhn-féle pipetta) határoztuk meg azok szemcseösszetételét. Emellett a pH-mérése, valamint a mész- és a humusztartalom mérése párhuzamosan zajlott (4.4. kép).

A pH-mérést elektródás módszerrel bonyolítottuk le, mely során a mintaanyaghoz kálium-klorid (KCl) oldatot adtunk puffer-folyadékként. A

kontrollmintákat desztillált vízben áztattuk. A CaCO_3 , azaz a mésztartalom méréséhez Scheibler-féle kalcimétert, illetve 10%-os HCl oldatot alkalmaztunk. A humusztartalom méréséhez kálium-bikromátot ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), ferroin indikátort és Mohr-só oldatot



4.4. kép: Laboratóriumi munka, amely a minta betörésével kezdődik.

$((\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \times 6\text{H}_2\text{O})$ használtunk. A kapott adatokat a mintákban található szervesanyag roncsolása után titrálás útján kaptuk meg.

A két krátertóból, illetve a Pece-patakból vett vízmintát is kielemeztük. Így a három mintának számos paraméterét kaptuk meg. Szemléltetés céljából a következő adatokat emeltük ki: pH-érték, vezetőképesség, ammónium-, nitrát-, szervesanyag- és klorid-tartalom. A három vízmintát a terepi kiszállások és a bevizsgálás közötti időszakban 4°C-on hűtve tároltuk. Az egyes vizsgálatokat az alábbi szabványok szerint végeztük:

<i>kémhatás (pH)</i>	<i>MSZ 260-4:1971</i>
<i>fajlagos elektromos vezetőképességet</i>	<i>MSZ EN 27888:1998</i>
<i>ammónium-ion</i>	<i>MSZ 260-9:1988</i>
<i>nitrát-ion</i>	<i>MSZ 12750-18:1974</i>
<i>szerves-anyag (KOIps)</i>	<i>MSZ 260-16:1982</i>
<i>klorid-ion</i>	<i>MSZ 18094-11:1979</i>

5. Megfigyelések

Innentől kezdve a munka eredményeivel kell foglalkoznunk. Mindenekelőtt a munka során tett megfigyeléseket kell megismertetni. Ezért ebben a fejezetben a terepi kiszállások, a geodéziai mérések, a geoinformatikai műveletek, valamint a laboratóriumi munka tapasztalatai kapnak helyet. A későbbiekben ezek értékelése válik a dolgozat lényegévé.

5.1. A felszínborítottságra vonatkozó megfigyelések

A két kráter között természetesen a morfológiai különbségek a leglényegesebbek, azonban első látásra a növényzet sűrűsége, diverzitása és jellege is kézenfekvő információforrás. Mindkét kráter szántóföldi környezetben található, amelyben oázisként adnak otthont a nem termesztett növényzetnek.

A *Körösszegapáti* és *Berekbőszörmény* határában található forma esetében sokkal gyéresebb és kevésbé változatos növénytakarót figyelhetünk meg, mint Nagyhegyesen (5.1. kép, lent). Előbbinél a fás szárúakat mindösszesen egy szomorúfűz és néhány diófa képviselte. A cserjék a következők: kecskerágó, vadrózsa, közönséges som, vadszilva, hamvas szeder és nemes szőlő. Nem utolsó sorban a kráterperem déli részét sűrű kőkény növi majdnem félkörbe. Lágyszárúak közül a kráter délkeleti szektorában buja nádist láthatunk, ezen kívül pedig gyalogbodzát, bojtortjánt, hölgymált, feketeürmöt, lósóskát, kutya-tejet, útifűt, valamint mezei aszatot.



5.1. kép: Illusztráció a növényborítottság leírásához. Fent: a nagyhegyesi kráter 1961-ben, nyugati irányból (BORSY 1967). Középen: a nagyhegyesi kráter napjainkban, déli irányból. Lent: a körösszegapáti kráter napjainkban, nyugat-dél-nyugati irányból. (Az utolsó két kép saját felvétel).

Nagyhegyesen sokkal több fajról és sokkal dúsabb növényzetről kell beszámolnunk (5.1. kép, középen és 5.3. kép). A fák képviselői közé több nyárfélét – mint a nemes-, a rezgő-, a fehér-, a fekete- és a szürkenyár – több nemes gyümölcsfát – mint a kajszibarack, a meggy és a cseresznye, az alma, illetve a szilva – sorolhatunk. Előfordul még a keskenylevelű ezüstfa, a fehér fűz, a magyar és az amerikai kőris, valamint a fehér akác. Cserjék közül az alábbiakat láthatjuk: fekete bodza, húsos som, kökény, egybibés galagonya, sóskaborbolya, fagyal, hamvas szeder, illetve a kráter töltésének délkeleti részén igen sűrű gyeptüszkés burjánzik. A lágyszárúak közül sok, már Körösszegapátinál is említett fajt találunk, mint például a mezei aszatot, a lósóskát, a bojtorjánt, a hölgymált vagy a nádat. Kiegészül a felsorolás még a tarackbúzával, a ragadós galajjal, az erdei gyömbérgyökérrel, a fehér mécsvirággal, a vadmurokkal, a patikapárlófűvel, a kaszanyűg bükkönnyel, illetve az angolperjével. A nádféléknél meg kell még említeni a keskenylevelű gyékényt, találni különböző mohaféléket, a tótükrös szélén pedig süllőhínárt.

Az 1967-es felmérés idején ennél jóval gyéresebb növényzet borította a krátert és a környezetét (2.4. kép, 5.1. kép, fent). BORSY (1967) a tavat szegélyező nádasról számol be csupán, amely a keleti és az északi oldalon sűrűsödik a sánc aljában. A helyszínen készített fotói arról árulkodnak, hogy a kráter töltésének nagy részén még legfeljebb csupán fűfélék élhettek meg.

Talán itt érdemes megemlíteni a tájhasználat módját is. A nagyhegyesi kráter jelenleg rekreációs övezetként szolgál. A tó, amelybe halakat telepítettek, a hobbihalászok kedvelt horgászhelye. A tó körül tulajdonképpen parkerdő húzódik, amit fakerítés zár el a szántóföldektől. A fák alatt esőbeálló, padok, tűzrakó helyek várják a látogatókat, illetve a szénhidrogén-



5.2. kép: *A nagyhegyesi kráter belseje napjainkban. A változatos növényzettel impozáns látványt nyújt a tótükrös. Horgásztóval és parkerdővel rekreációs övezetként funkcionál.*

bányászatnak egyfajta szabadtéri múzeuma (5.2. és 5.4. kép). A tiszta, karbantartott környezet már nem jellemző a körösszegapáti kráterre. Szintén horgásztóként funkcionál – halak ugyanis biztosan találhatók benne –, azonban hasonló rekreációs övezetként nem hasznosított. A terület nem csak gázos, de a szeméttlerakás is gyakori jelenség.

Mindkét kráternél többnyire spontán kialakult növény-együttesről beszélhetünk, kivételt képez ez alól a nagyhegyesi kráter sáncára telepített nemes nyár ültetvény. A fellelhető fajok – különösen a lágyszárúak – természetesen az évszak függvényében változhatnak. A megfigyeltek alapján azonban kijelenthető, hogy a kráterek növényvilága különösebb értéket nem képvisel.

Az imént leírtak a terepi munka során megfigyelt őszi aspektus növényvilágát jelentik. Összegezve az 1. táblázat mutatja be a két terület növényzetének faji diverzitását.

5.2. Geomorfológiai megfigyelések a terepbejárások nyomán

Nagyhegyes

A nagyhegyesi krátert egy, méterekkel az eredeti térszín fölé emelkedő sáncrendszer szegélyezi. Összetett formáról van szó: két másodlagos kráter is megfigyelhető a környezetében. Az egyik nyugatra, amely a főkráternek mintegy meghosszabbítása. A másik sokkal kisebb, de meredekebb, a kráter sáncának keleti tövében.



5.3. kép: A nagyhegyesi kráter sáncának déli lábát is eléri a szántóföld. Jól látható, ahogy a robbanásakor felszínre került sárgás anyag a művelés ellenére is élesen elkülönül a környezetében egyébként jellemző csernozjom talajtól.

A nagyhegyesi forma vertikálisan is összetett. Nem csupán egy földbe mélyedő kráter, hanem pozitív vagy akkumulációs formaként jelenik meg a sánc. Ennek anyaga szemmel láthatóan is a robbanás következtében a mélyből került a felszínre. Mivel a megművelt földterület érinti a sánc lábát, jól látható, hogy annak talaja világosabb a bolygatatlan felszín talajánál (5.3. kép).

A kráter fenekét tó tölti ki és a víztükör a havária jelenség előtti térszíntől alacsonyabban húzódik. Pontos mérésekkel nem tudjuk alátámasztani, de a helyiek elmondása alapján a vízszint ingadozás egy éves ciklusokban zajlik. Az ingadozás átlagos mértéke körülbelül 2m lehet. Felméréseinket feltételezhetően közepes vízállás mellett végeztük (5.4. kép).



5.4. kép: A nagyhegyesi krátertó feltételezhető éves vízszintingadozása.

A nagyhegyesi sánc anyagának suvadásos csuszamlásairól már BORSY Z. (1967) is beszámol. Térképén (4.1. kép) és leírásában rendszeresen kioldódó, karéjos lejtőmozgásokat ismertet, amelyek a kráter középpontjának irányába indulnak meg és főként a dél-délnyugati szegmensben jellemzőek. Az akkor leírt vagy ábrázolt, intenzívebb csuszamlások környezetében napjainkban valóban kisebb teraszok törik meg a lejtőt. A fák – főleg a fiatalabbak – törzsének ferdeségét figyelve az állapítható meg, hogy a sűrű növényborítottság ellenére is még mindig lassú, de folyamatos tömegmozgás játszódik le (6.1. kép, vö.: 5.5. kép).

A BORSY (1967) féle cikk lejtőmozgásokban a nagyhegyesi tó feltöltődésének egyik okára világít rá. Ebből kiindulva, és a tó alakját, valamint a lejtő formáját figyelve további két csuszamlás léte valószínűsíthető a keleti peremnél. A tó ott öbölben végződik, melyet két oldalról terasszal szabdalts lejtők öveznek.

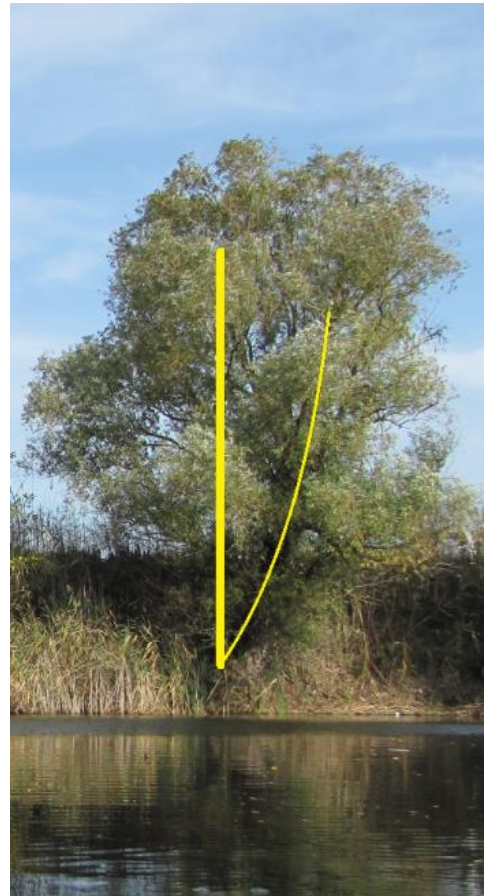
Körösszegapáti

A másik krátert illetően érdemes az előbb leírtakat összehasonlítási alapként kezelni. Az itt található formának nem csak az átmérője kisebb, mint a nagyhegyesié, de sokkal inkább bele is simul a tájba. Sánca csupán egy szemmel alig észlelhető térszínemelkedést jelent. A sánc anyagának színátmenete sem figyelhető meg. A sánc belső lejtője szinte kör alakú és roppant meredek minden oldalról. Összességében: egyszerű, magányos – nem összetett – negatív forma.

A körösszegapáti kráter fenekét ugyancsak tó tölti ki, amelynek tükre szintén az eredeti térszín alatt húzódik több méterrel. Vízszingadozásáról nem áll rendelkezésünkre semmilyen információ.

Ugyan hasonló geodéziai felmérés, mint Nagyhegyesen, nem készült az itteni kráterről, de a növényzetet figyelve ugyancsak tetten érhetőek a máig tartó, suvadásos eredetű csuszamlások (5.5. kép). A lejtők alsóbb részein összegyűlt morzsalékos anyag ugyancsak aktív tömegmozgásokra utal.

Mint említettük, jelentős mértékű akkumulációs sánc nem szegélyezi a körösszegapáti krátert. A délkeleti, illetve déli szélén húzódó lineáris, enyhe bemélyedés azonban mégis érdekes. Ez a szántóföldön lejátszódó gully-erózióra is utalhat. Ugyanakkor ez az eróziós árok láthatóan megkerüli a sáncot, ami azt jelzi, hogy a kráter mindennek ellenére egy, a környezetétől elzárt forma.



5.5. kép: Magányos fa a körösszegapáti krátertó partján. A vastagabb vonal a függőleges irányát jelöli, a vékonyabb a fa törzsének ívét. A törzs ferdesége lassuló, de máig tartó lejtőmozgásról árulkodik.

5.3. Geodéziai felmérések útján szerzett információk

Egy geomorfológiai vizsgálat során nem elég a formák pusztá szemügyrevétele. Az észlet jelenségek számszerűsítéséhez a korábban már említett geodéziai eszközöket hívtuk segítségül. Ezen eszközök révén kapott adatok nagy részét ugyan számítógépen, különböző szoftverekkel elemezzük, azonban néhány információ már a terepi kiszállás során is kézzelfoghatóvá válik.

A körösszegapáti kráter sáncának legmagasabb pontja 97,2m, míg a tó víztükre 92,6m tengerszint feletti magasságon húzódik. A kettő között a különbség így 4,6m. A víztükrő szintjétől számítva a tó mélysége kerekén 5,0m. A kráterfenék tehát a 87,6m-es tengerszint feletti magasságon található, vagyis a sánc legmagasabb pontjához viszonyítva a kráter legnagyobb mélysége 10,4m.

Mivel a nagyhegyesi kráter közelében fix, még épen meglévő háromszögelési pontot nem találtunk, a kiindulási pont tengerszintfeletti magassága – szakirodalmi feltárás nyomán – 107m. Ez a pont a kráter „parkerdőjének” délnyugati sarka, amely egyúttal értelmezhető a tóhoz vezető bekötőút helybéli magasságaként is. Ez körülbelül megfelel a BORSY Z. (1967) által meghatározott 0m-es relatív bázisszintnek.

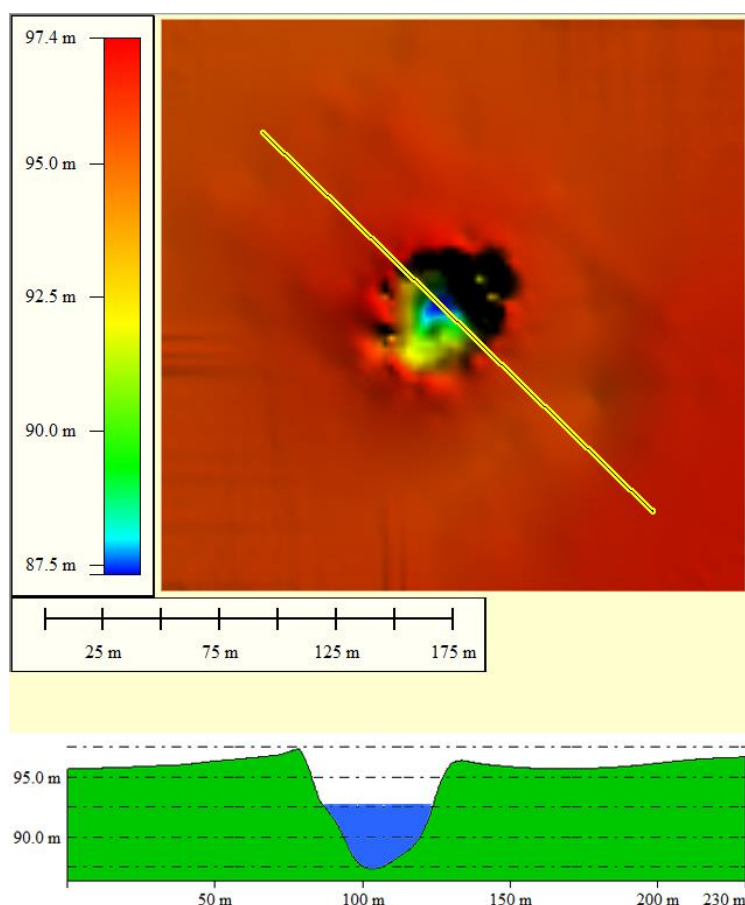
A bekötőúthoz viszonyítva a tó víztükre 6,7m-rel húzódott mélyebben a jelen dolgozathoz adatgyűjtés céljából végzett felmérések idején, azaz a tengerszint feletti 100,3m-en. A sánc körülbelüli legmagasabb pontja a tengerszint felett körülbelül 112m magasán található, vagyis nagyjából 12m-rel magasabban a víztükrőnél. BORSY (1967) felmérése szerint az eredeti térszínhez képest a tó és egyben a kráter legmélyebb pontja 13,3m mélyen feküdt 1967-ben. 2014-ben ez az érték már csak 11,9m (2. táblázat). Ez az 1,4m-es különbség azt jelenti, hogy a tó évenként 3cm-rel lesz egyre sekélyebb.

1967-ben a sánc legmagasabb pontja 113,6m volt, a tó relatív mélysége pedig 5,9m. 2014-ben a legmagasabb pont kerekén 112m-en helyezkedik el, a tó mélység felméréseink szerint pedig 5,2m volt. A két magassági érték között ismét 1,4m a különbség. Mindez igazolni látszik a csuszamlások és a feltöltődés közötti kapcsolatot. Azonban ennek tényleges alátámasztásához további mérésekre lesz szükség.

5.4. Megfigyelések geoinformatikai eljárások nyomán

A kutatási módszerek kapcsán említett szoftverek abban segítettek, hogy a terepi munka megfigyeléseit alátámasszuk, netán sok esetben ki is egészítsük. A könnyebb vizsgálódás és a jobb szemléltetés érdekében mindenek előtt 3D-s felszínmodelleket alkottunk a geodéziai felmérésekkel gyűjtött adatokból (1/a és 1/b modell).

A megalkotott felszínmodellek jól mutatják a két forma közötti markáns különbségeket. A nagyhegyesi kráter töltésszerű, amíg a körösszegapáti kráter pereme mindössze egy-két méterrel emelkedhet a térszín felől. Megfigyelhető a körösszegapáti kráter esetében ugyanakkor egy kelet felé húzódó barázda. Jól látható a Global Mapper 16.0 segítségével készített keresztmetszeti ábrán is (5.6. kép).



5.6. kép: A körösszegapáti kráter modelljéről készített felülnézeti és keresztmetszeti ábra. Jól megfigyelhető, hogy a kráter peremén nincs markáns akkumuláció. Ugyanakkor egy suvadásra vagy gully-erózióra utaló mélyedés is.

A különbségeket természetesen nem csupán ábrák segítségével tudjuk érzékeltetni. A két felhasznált szoftver számítások elvégzését is lehetővé tette. Ezek főbb eredményeit a 3. táblázat foglalja össze. A számok szerint a körösszegapáti kráter szinte valamennyi paraméterét tekintve fele akkora, mint a nagyhegyesi főkráter. A körösszegapáti forma sokkal inkább a nagyhegyesi másodlagos kráterrel mérhető össze, amellyel azonban sok egyezést mutat mind alakban, mind pedig a számokat tekintve.

A BORSY Z. (1967) féle felmérés térképén hasonló műveleteket és számításokat terveztünk elvégezni. Tapasztalataink azonban azt mutatták, hogy az ily módon megszerkesztett modell

méretei egyáltalán nem egyeztethetők össze a felméréseink során nyert modellével. Az eltérésnek két oka lehet: helytelen digitalizálás, netán az 1967-es felmérés esetleges pontatlanságai. Emiatt nem vált lehetővé, hogy a két felmérés között eltelt 47 év során bekövetkezett morfológiai változásokat a 2. táblázatnál árnyaltabb számokkal mutassuk be. Ez a tény a kutatómunka jövőbeni folytatását ösztönzi.

5.5. A laboratóriumi munka tapasztalatai

A terepi kiszállások nem csupán az empirikus megfigyelésből és geodéziai felmérésekből álltak, de talaj- és vízminták begyűjtésére is sor került. Ezeket – mint korábban olvasható volt – a Debreceni Egyetem természetföldrajzi laboratóriumában vizsgáltuk meg.

A vett talajminták színezete árulkodó, különös tekintetben a nagyhegyesi kráter sáncának lábából vett minták esetében. Az 5.3. kép tanulságai szerint az eltemetett eredeti talajszintet már szemre is megtaláljuk. A körösszegapáti fúrások azonban valamennyi fúrás esetében homogén színezetűek.

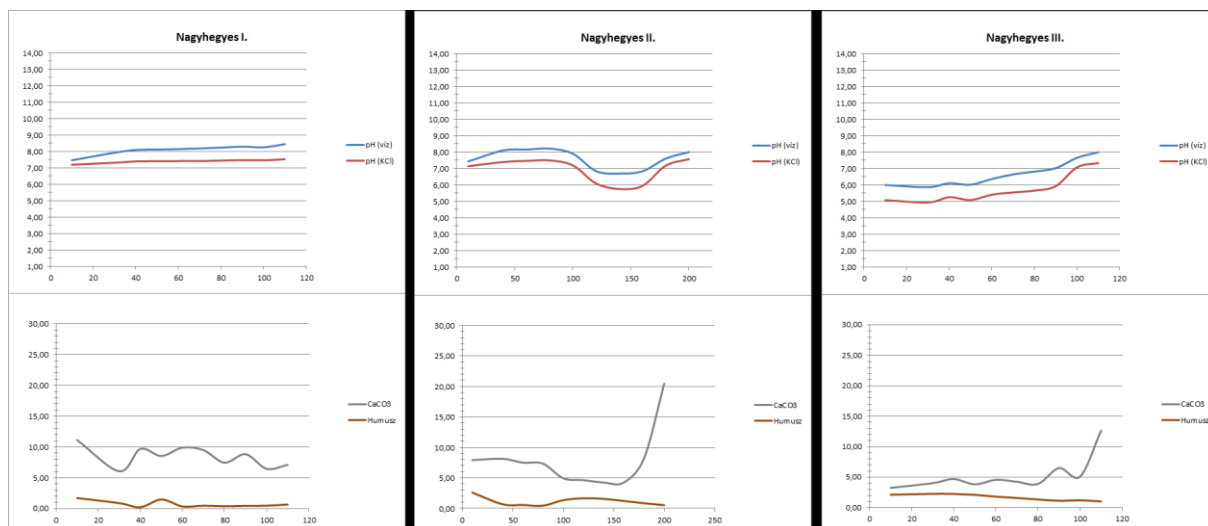
Releváns adatokat azonban konkrét mérések alapján kapunk. Az sáncok anyagából vett minták pH-értékei kiegyenlítettek és a semleges kémhatást jelző 7-es értékhez igen közeliek. A sáncok és a bolygatatlan térszínek közötti átmenet mintáinak görbéje jóval változatosabb, ugyanakkor savasabb értékeket mutatnak. A sánc láb és a bolygatatlan térszín görbéi jó megközelítéssel összeilleszthetőek. Mindkét helyszínen az eredeti talaj szelvényei az anyakőzet régiójában mutat lúgosabb értékeket (5.7. és 5.8. kép).

A mész- és a humusztartalom adatsorai szintén érdekes információkkal szolgálnak. Érdekes megfigyelni, hogy a karbonátok aránya a sáncok anyagában nem árulnak el semmilyen határozott tendenciát. A „hullámzó” mészgörbék jellemzőek a sáncok lábánál is, ám tulajdonképpen a bolygatatlan területek mintáinál is. Annyi bizonyos, hogy az anyakőzetet, a lösz elérve mindkét helyszínen azonnal 20% fölé ugrik a CaCO_3 -tartalom.

A humusztartalom az iméntihez hasonlóan nem ad egyértelmű görbét sem a sáncokon, sem a sáncok lábainál. Noha az utóbbi esetben a fúrások mélyebb részein beáll a bolygatatlan talajokra jellemző fokozatos humusztartalom-csökkenés. Ennek értelmében a III-as jelzéssel ellátott két fúrás már pontosan ezt a trendet mutatja. Külön érdekes, hogy a Körösszegapáti I. mintavétel humuszgörbéje mintegy parabolaalakú. Ez azzal magyarázható, hogy a mintavétel

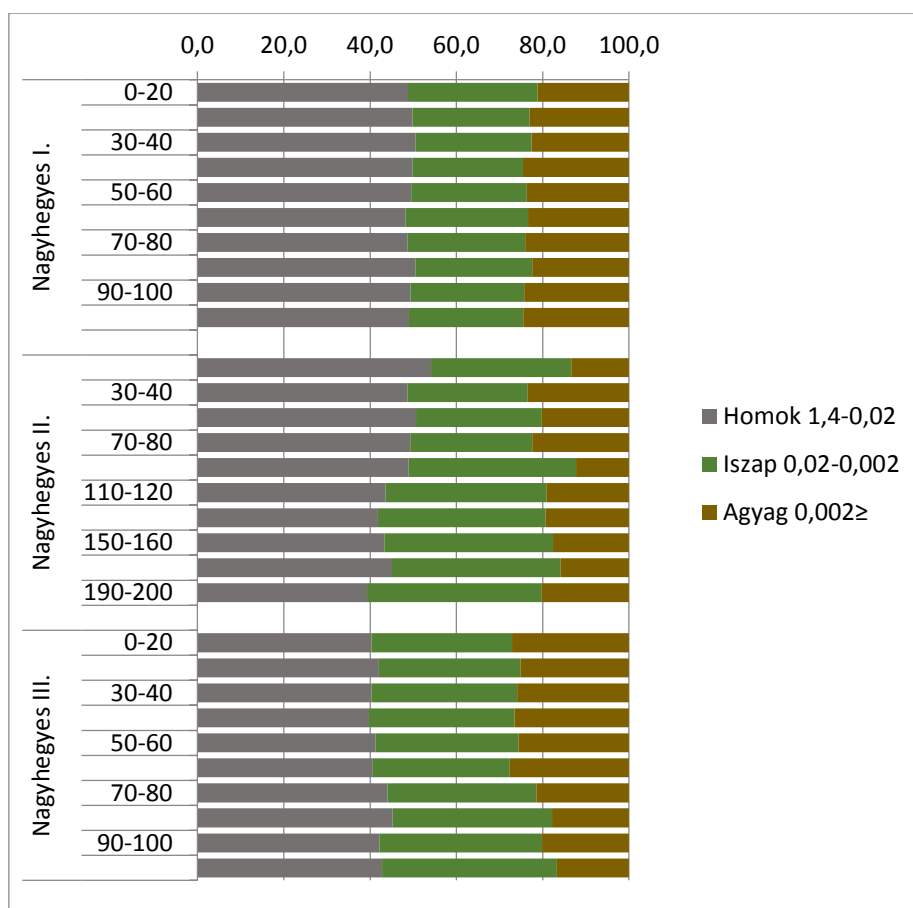


5.7. kép: A körösszegapáti kráter környékén vett talajmintasor pH-, mésztartalom- és humusztartalom-diagramjai. A pH-diagramokon (felül) a kék vonal desztillált vizes kontrolminták értékeit, míg a piros vonal a kálium-klorid oldatban áztatott minták értékeit ábrázolja. A vízszintes tengely a fúrás-mélységet jelöli cm-ben. A függőleges tengely az 1-14-ig terjedő pH-skála értékeit jelzi. A mész- és a humusztartalom közös diagramokon lettek feltüntetve (lent). A szürke vonal a meszet, a barna a humuszt ábrázolja. A vízszintes tengelyen itt is a fúrásmélység látható cm-ben. A függőleges tengely adatai %-ban értendők.



5.8. kép: A nagyhegyesi kráter környékén vett talajmintasor pH-, mésztartalom- és humusztartalom-diagramjai. Az 5.7. képhez hasonlóan a pH-diagramok fent szerepelnek, míg a mész- és humusz-tartalom diagramok alul. A jelmagyarázat megegyezik az előző diagram-táblázatával.

nem fúrásból, hanem a kráter belső partfalának meredek oldalából történt. A mintázás során valószínűleg a sánc tetejéről leomlott, magas szerves anyag tartalmú üledéket gyűjtöttük be. A humusztartalom sehol sem éri el a 3%-ot. Nagyhegyesen a legmagasabb értéket, 2,6%-ot a sánc láb feltalajának anyagában mértük. Körösszegapátinál az előbb említett okokból kifolyólag 200-250cm-es mélységben 2,38% humuszt találtunk, míg a feltalaj is csupán 2,26%-os értéket mutatott (5.7. és 5.8. kép).

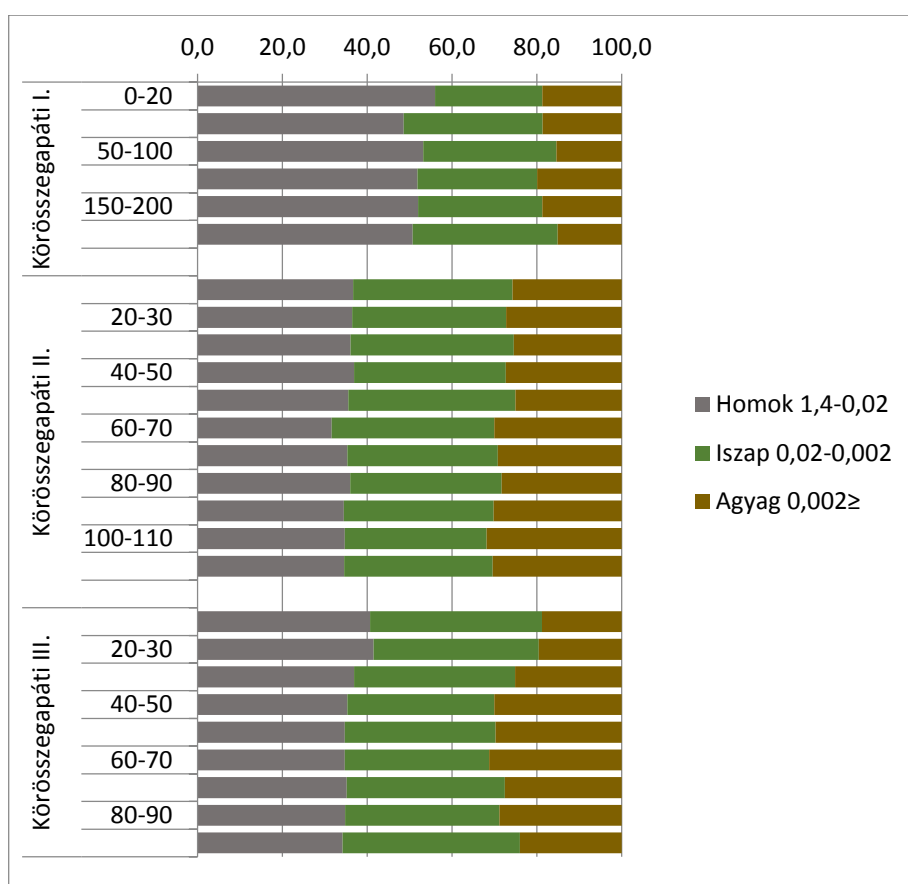


5.9. kép: A nagyhegyesi fúrássorozat anyagának szemcsekatóriák (homok, iszap, agyag) szerinti megoszlása. A vízszintes tengely %-os értéket mutat. A függőleges tengelyen az egyes fúrások jelzését, illetve a cm-ben mért mélységet láthatjuk. A kategóriák melletti számok mm-ben értendők.

A szemcseösszetételt illetően az első fontos megállapítás, hogy 1,4mm-nél nagyobb szemcseméret egyáltalán nem található meg egyik mintában sem, de a durva és nagyon durva homok (1,4-0,63mm) is csak elvétve fordul elő. A nagyhegyesi fúrások esetében jellemzően homokfrakcióról kell beszélnünk valamennyi mintánál, minimum 40%-nyi homok-szemcsével. Az is megállapítható, hogy a színezethez és a pH-görbéhez hasonlóan a *Nagyhegyes I.* jelű mintasor igen homogén képet mutat szemcseösszetétel terén is. A másik két fúrás esetében az

jegyezhető meg, hogy 0,2-0,002mm-ig terjedő szemcsék egyre nagyobb arányban fordulnak elő; maximum: 40,5% (5.9. kép).

A körösszegapáti helyszínen ehhez képes különös eredményt kaptunk A sánc anyagának szemcseösszetétele jóval durvább, a „homok” kategória aránya valamennyi megmintázott mélységben megközelíti vagy meg is haladja az 50%-ot. A másik két mintavétel a nagyhegyesihez hasonló eredményt hozott, ám átlagosan 5-10%-os finomodásról kell beszámolnunk. Így a körösszegapáti minták anyaga – a sánctól eltekintve – végig igen homogén megoszlású és nagyjából egyenlő arányban tartalmazza mindhárom frakció szemcséit (5.15. kép).



5.10. kép: A körösszegapáti mintasor anyagának szemcsekatóriák (homok, iszap, agyag) szerinti megoszlása. A vízszintes tengely %-os értéket mutat. A függőleges tengelyen az egyes fúrások jelzését, illetve a cm-ben mért mélységet láthatjuk. A kategóriák melletti számok mm-ben értendők.

Itt érdemes még megjegyezni, hogy jobban szétbontva a diagramokon látható kategóriákat, további különbségek mutatkoznak a két helyszín talaja között. Nagyhegyesen minden esetben a por homok kategória a legjellemzőbb (0,05-0,02mm). Körösszegapátiban

ugyancsak ez a kategória dominál a legtöbbször. A mélyebb minták esetében azonban több esetben is a legfinomabb agyag (0,001mm-nél kisebb) fordul elő (6.8. és 6.9. kép).

Végezetül a vízminták eredményeit mutatom be. A három vízminta kémhatása közel semleges, enyhén lúgos. A vezetőképesség mindhárom mintánál a háztartási vízéhez hasonló, esetleg a két nagyhegyesi minta esetében magasabb. Különös figyelmet érdemel a kloridion-tartalom, amely mind három minta esetében igen magas. A két nagyhegyesi mintánál emellett kiemelkedő még a nitrát- és ammóniumtartalom is, aminek feltehető okozója a közeli sertéstelep és az intenzív mezőgazdasági termelés nitrogén-műtrágya használata. A szervesanyag-tartalom, mint várható volt, a két tóban magasabb, mint a patakban. (5.1. táblázat).

	<i>Körösszegapáti, kráter</i>	<i>Nagyhegyes, kráter</i>	<i>Nagyhegyes, Pecse-patak</i>
vezetőképesség ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	923	1919	1344
ammónium (mg/l)	0,60	1,87	1,87
nitrát (mg/l)	0,78	5,07	52,47
klorid (mg/l)	84,26	252,77	67,59
szerves anyag (mg/l)	4,84	5,85	2,89
pH	7,44	7,80	7,96

5.1. táblázat: A megvizsgált vízminták főbb adatai.

6. Értékelés

A megfigyelt jelenségek értékelése és az összefüggések keresése, feltárása talán a legfontosabb egy természetföldrajzi témájú dolgozat esetében. Az eddig leírtak kiértékelésben főszerepet kapnak a helyben jellemző környezeti rendszerek és a geomorfológiai következtetések. Fontos azonban a kutatási módszerek kiértékelése, illetve a kutatás folytatása esetén a később elvégzendő feladatok előrevetítése.

6.1. A kráterek környezetének természetföldrajzi értékelése

A vízminták vizsgálatánál a nitrát- és ammóniumtartalom tükrében kitűnik, hogy Nagyhegyes környezetében a domináns erózióbázis a Pece-patak völgye. A mezőgazdasági termelés melléktermékei elsősorban a patakba mosódnak, nem pedig az elzárt és különben is tetőhelyzetű kráterbe.

Mindez evidens, azonban a Körösszegapáti és Berekböszörmény között található kráter esetében mégis érdemes erről megemlékezni. A megye déli részén található forma egészen biztosan nem része a Körösök, illetve más, környező vizek vízrendszerének. A róla készült felszínmodellen jól látható a krátert megkerülő lineáris eróziós forma. Az ottani sánc jóval kisebb kiterjedésű és az eredeti térszínhez viszonyítva sokkal alacsonyabb is, mégis elégséges lehet ahhoz, hogy a környező eróziós folyamatoktól elzártaságot biztosítson a tó és a kráter számára.

A krátertavak azonban mégis szerves részei a tájnak. Elég, ha a betelepült növényzetre gondolunk. A kráterek növényzetének különbözőségéből arra következtethetünk, hogy e formák szinte tárlatként jelenítik meg a környezet jellemző növényvilágát. Többségében bolygatott felszínekre jellemző, nagyobb természetvédelmi értéket nem képviselő növénytársulások jellemzik ezeket a mesterséges formákat.

6.2. A krátertavak geomorfológiai és vízföldrajzi értékelése

Ha a felszíni vizekkel nem is, a környék talajvizével egész biztosan kapcsolatban lehet mind a két kráter. A nagyhegyesi tó esetében a leírt – de egyelőre meg nem mért – kb. 2m-es

évi vízszíntingadozása tulajdonképpen ezt támaszthatja alá. Ez az adat nem származhat csupán a párolgási kiadásból és a csapadékbevitelből. A későbbiekben a vízszíntingadozás mérése összevetve a környezet talajvízszintjének ingadozásával mindkét tó esetében fontos (5.4. kép).

A tófeltöltődés pontos üteme sem alátámasztott még mért adatokkal. A BORSY (1967) féle mérések megismétlésével megállapítottuk, hogy a nagyhegyesi krátertó az elmúlt 47 évben összesen 1,4m-t töltődött, tehát évente átlagosan 3cm-t. A körösszegapáti tóról ennyi adatunk sincs, de szintén hasonlóan gyors fenékváltozást kell feltételeznünk, amennyiben a két tó mélységének modellje igen hasonló, tálszerű morfológiáról árulkodik (1/a, 1/b modell, 5.6. kép). BORSY (1967) azt is megjegyzi, hogy a korai feltöltődés egyik fő okaként a 60-as években – növényzet híján – jóval intenzívebb csuszamlások jelölhetők meg. A számok mindezt egyelőre igazolni látszanak.

Számos bizonyíték támasztja alá, hogy ezek a folyamatok ma is jellemzőek. Elég visszatekinteni a *Körösszegapáti I.* jelölésű fúrás humuszgörbéjére (5.7. kép), a két kráter sáncának belsejében növekvő fák törzsére (5.5. kép) vagy a nagyhegyesi tó partjáról készült felvételeken jól látható csuszamlási nyelvekre (6.1. kép). A nagyhegyesi tó keleti öble, amely az 1967-es térképen is látható, illetve ma is megfigyelhetünk szintén két csuszamlási nyelv közrefogásának köszönhetően alakulhatott ki.



6.1. kép: Csuszamlási nyelv a nagyhegyesi krátertó déli partján. A megdőlt törzsű fák – az 5.5. képhez hasonlóan – a tömegmozgás folytonosságát bizonyítják.

6.3. A két sánc geomorfológiai összehasonlítása

Az imént említett, jellemző csuszamlásokon kívül más hasonlóságok is kimutathatók a két krátert körül ölelő sáncok között. Ahogy a pH-értékek, a mésztartalom és a humusztartalom görbéi is jól mutatják, a két forma anyaga kevert, homogén és eltér a környezetétől.

Ugyanezt támasztja alá, hogy a szemcseméret-diagramok egyveretű homokfrakcióról árulkodnak. Minden bizonyíték arra utal, hogy a sáncok a robbanások és az azokat követő vulkáni utóműködéshez hasonló folyamatok során felszínre került pannóniai üledékekből épültek fel. Erre talán az is bizonyíték, hogy a tavi vízmintákban rendkívül magas a kloridion tartalom (5.1. táblázat).

Ténylegesen morfológiai szempontból már sokkal kevesebb a hasonlóság. A nagyhegyesi sánc méterekkel az eredeti térszín fölé emelkedik, sokkalta nagyobb átmérőjű, domborzata igen változatos. A körösszegapáti ezzel szemben sokkal inkább a tájba simul és nem is igazán alakult töltésszerű formává, mint a másik kráter esetében, széle azonban ennek is igen csipkézett. Ez utóbbi esetben a formavilág arra utal, hogy jóval kevesebb anyag tört fel a mélyből és talán a haváriajelenség mértéke is kisebb lehetett (1/a és 1/b modell).

Ahogy az imént is fel lett tüntetve, a nagyhegyesi sánc változatos domborzatú. Igaz ez a belső lejtőre is, amit a suadások nyomai szabdalnak. A rekreációs funkció miatt közvetett antropogén formákkal is találkozunk, mint például a sétálóösvény vagy a horgászoknak kialakított állások. A körösszegapáti sánc esetében ez kimerül két, horgászok által használt gázos ösvényben.

A körösszegapáti kráter sáncának belső peremét különben a Nagyhegyesen jellemző, látványos csuszamlási nyelvek, teraszok sem szabdalják. Ennek okát a lejtő sokkal nagyobb meredekségében kell keresni és esetleg a felszínre került anyag összetételében. A suadás folyamata ennek következtében kevésbé hagy a vízszintes mentén számottevő nyomot. Sokkal inkább partomlásokban nyilvánulhat meg, ami a *Körösszegapáti I.* jelzésű mintasornál a humuszban gazdag keveredést is eredményezhette.

A nagyhegyesi sánc egy jelentős kiemelkedése a hajdúháti tájnak, amely élesen el is különül a környezetétől. Hogy anyagban is különbözik a robbanás előtt a helyén jellemző csernozjom talajtól és a löszös anyakőzettől, az jól látszik a 5.3. képen. Ugyanezt igazolják a *Nagyhegyes II.* jelzésű fúrás pH-görbéjén (5.8. kép), illetve szemcseösszetétel-diagramján

(6.10. kép) látható hirtelen váltások. Innen nézve bizonyítottuk, hogy az említett fúrás mintáinak színváltozása az egykori, eltemetett feltalajt jelenti.

Ugyanezt a váltást hiába keresnénk Körösszegapátinál, mivel, mint említettük, kisebb lehetett maga a robbanás is, és a felszínen szétszóródó anyag szintén nagyságrendekkel lehetett kevesebb. A hirtelen talajminőség változásokon kívül ezt igazolja a kráter mérete is, amelynek átmérője körülbelül fele a nagyhegyesi tóénak. Az, hogy a sáncok mérete és alakja ugyancsak nagyban különbözik, szintén az imént leírtakat támasztják alá.

6.4. A területhasználatról

Jelen dolgozatban többször olvasható volt, hogy a nagyhegyesi krátertő manapság rekreációs övezetként szolgál. A kellemes környezetben lévő tóban horgászni lehet, amit parkerdő szegélyez padokkal, tűzrakó helyekkel és kis sétányokkal. Helyzete azonban a szántóföldi rengetegben igen elszigetelt, hiszen a falutól közel 4km-re található és a legközelebbi országút, a 33-as számú még légvonalban is 2,5km-re fut. Messziről ismeretterjesztő és útjelző táblák igyekeznek odacsalogatni a látogatókat.

A parkban egyébként a robbanásban elveszett olajfúró-torony makettje látható és egy fényképekkel ellátott tabló sorozat mutatja be a kráter kialakulásának körülményeit. Egy korábbi dolgozatban egy első világháborús hadszínteret ismertettem ugyancsak antropogén geomorfológiai szempontok mentén. A terület ma szabadtéri múzeumként funkcionál. Általában elmondható, hogy az emberi beavatkozás sajnálatos és intenzív felszíni következményeit – esetleges biztonságtechnikai beavatkozások után – érdemes és ajánlott turisztikai attrakcióként hasznosítani. Ennek nem csak gazdasági előnyei lehetnek, de segít a kialakult „tájsebet” a környezet rendszereinek ismét szerves elemévé tenni, nem utolsósorban az ismeretterjesztést is hozzácsempészve talán a hasonló formák jövőbeni kialakulását is megelőzheti.

Körösszegapáti esetében ilyen jellegű törekvéssel nem találkoztunk. Pedig a szomszédos, később keletkezett formakincs igen fontos emléke volna a hazai ipartörténetnek.

6.5. A kutatási módszerek értékelése

Látható volt az megfigyeléseknél és ennél a fejezetnél is, hogy a választott kutatási módszerekkel igyekeztünk többszörösen alátámasztani a kutatás során levont következtetéseket. Számos jelenség leírásában és értelmezésében ez az elgondolás valóban helytálló is volt. Ezek alkalmazása és esetleg pontosítása a kutatómunka folytatásával mindenképpen célszerű.

A terepi geodéziai felmérések során azonban szembesülnünk kellett egy technikai problémával. Tengerszint feletti magasságok méréséhez a barometrikus kézi GPS-készülék alkalmazása nagy területen nem ajánlott. Mivel a légnyomás gyakorta változhat egy több órán át tartó mérés ideje alatt, a műszer időnkénti újrakalibrálására van szükség a hibák kiküszöböléséhez.

A Trimble Stonex GNSS RTK műholdas vevőkészüléknek ugyancsak megvoltak a maga korlátai. Egy olyan sűrű növényzettel borított területen, mint a nagyhegyesi kráter, térerő hiányában pontos méréshez szintén alkalmazhatatlan. Relatív szintfelmérésre ettől függetlenül jól használható.

Mivel elsősorban geomorfológiai kutatást végeztünk, a laboratóriumi munka szerepének a megfigyelések alátámasztását határoztuk meg. Ennek értelmében egyszeres méréseket alkalmaztunk. A jövőben, egy kiterjedtebb kutatás keretein belül érdemesebb több mintát gyűjteni, azokat pedig minél többször bemérni.

6.6. Iránykijelölés a későbbi munkához

Az előző alfejezetben többször esett szó a kutatómunka folytatásáról. Mivel a fluidum bányászat Magyarország területén nem csupán e két felmért helyszínen járt intenzív tájálalakítással, valóban érdemes más területek formakincsével is megismerkedni.

Körösszegapáti közelében nem csupán az általunk felmért kráter található. Az itt taglalt formától 1km-re északkeletre található egy sokkal nagyobb forma, amely keletkezése a 40-es évek végén az itteni gázmező tönkremenetelével együtt járt. Ez kevésbé hasonlít a nagyhegyesi kráterre, ezért egyelőre ehhez a dolgozathoz nem foglalkoztunk vele. Ez csak egy példa a sok közül, hiszen a szénhidrogén-bányászat számos más felszíni következménye is ismert. Hasonló

kráter található Tótkomlós mellett, de robbanás történt Szankon, Zsanán, Fábiánsebestyénen, illetve Nádudvaron is. A kutatás jövőjét tehát első sorban újabb formák lajstromba vétele jelentheti (6.3. ábra).

Az előző alfejezetben a kutatási módszerek pontosítása is felmerült. Így kaphatunk ugyanis a jövőben még pontosabb képet például a két eddig felmért kráter fejlődésével és a környezetükhöz való viszonyukkal kapcsolatban. A kutatás során kidolgozott módszerek remélhetőleg más antropogén geomorfológiai vizsgálódáshoz is használhatók lesznek.



6.2. kép: A térkép a magyarországi szénhidrogén bányászat jelentősebb havária jelenségeinek helyét jelöli. Sárgával a dolgozat tárgyául szolgáló két helyszín van kiemelve. A feltüntetett pontokon történt gázrobbanások mind valamilyen térszínsüllyedéssel vagy kráterképződéssel járt.

Irodalom

- BALOGH K. et al (1992): Szénhidrogének. In: Balogh K. (szerk.): Szedimentológia III., Akadémia Kiadó, Bp., pp. 268-345.
- BISTEY A.–SZILI J. (szerk., 1988): Az olaj tükrében. Szolnok Megyei Lapkiadó Vállalat, Szolnok, p191.
- BORSY Z. (1967): A Nagyhegyesi-kráter. In: Acta Universitatis Debreceniensis 1966/1967, Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen, pp. 85-100.
- FÜLÖP J. (szerk., 1984): Magyarország földtani térképe. Magyar Állami Földtani Intézet, Bp.
- HUNT, R. E. (2007): Groundwater and Oil Extraction. In: Hunt, R. E.: Geologic Hazards: A Field Guide for Geotechnical Engineers. CRC Press, Boca Raton. pp.
- KISS J. (1980): Ásvány és közettani alapismeretek. Tankönyvkiadó, Bp., pp. 362-366.
- LÓCZY D. (2006): Az antropogén geomorfológia szerepe a környezetgazdálkodásban. In: Szabó J.–Dávid L. (szerk.): Antropogén geomorfológia. Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen, pp. 31-44.
- LÓCZY D. (2010): Anthropogenic Geomorphology in Enviromental Management. In: Szabó J.–Lóczy D. (szerk.): Anthropogenic Geomorphology: A Guide to Man-Made Landforms. Springer, London. pp. 25-38.
- LÓCZY D.–SZABÓ J.–TÓTH CS. (2014): The Crater Lake of Nagyhegyes [szakcikk]. Debreceni Egyetem, Debrecen.
- ORLÓCZI I. (1968): A felszín alatti vízkészlet igénybevételének vizsgálata Debrecenben a terepszín süllyedésének mérése alapján. In: Hidrológiai Közöny 48 (5), Lapkiadó Vállalat, Bp., pp. 205-213.
- PLASEK I. (2012): Kráter-tó, Nagyhegyes. Megosztott riportfilm, Kapitális Hajdú-Bihari Horgásportál, február 4. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=eHKzeQ1zKTA>
- POJJÁK T. (1978): Ásvány és közettan III. Tankönyvkiadó, Bp., pp. 114-118.

- SÜTŐ L. (2006): A folyékony energiahordozók kinyerése során okozott felszínváltozások. In: Szabó J.–Dávid L. (szerk.): Antropogén geomorfológia. Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen, pp. 160-163.
- SÜTŐ L. (2010): Mining: Extraction of Fossil Fuels. In: Szabó J.–Lóczy D. (szerk.): Anthropogenic Geomorphology: A Guide to Man-Made Landforms. Springer, London. pp. 131-150.
- SZABÓ J. (2006): Az antropogén geomorfológia tárgya és rendszere. In: Szabó J.–Dávid L. (szerk.): Antropogén geomorfológia. Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen, pp. 7-15.
- SZABÓ J. (2010): Anthropogenic Geomorphology: Subject and System. In: Szabó J.–Lóczy D. (szerk.): Anthropogenic Geomorphology: A Guide to Man-Made Landforms. Springer, London. pp. 3-12.

A dolgozat mellékletei

	<u>Fás szárúak</u>	<u>Cseriék</u>	<u>Lágy szárúak</u>
Körösszegapáti	- diófa - szomorú fűz	- <u>hamvas szeder</u> - <u>kökény</u> - <u>kecskerágó</u> - <u>közönséges som</u> - <u>nemes szőlő</u> - <u>vadrózsa</u> - <u>vadszilva</u>	- <u>bojtorján</u> - <u>hölgyemál</u> - <u>lósóska</u> - <u>mezei aszat</u> - <u>nád</u> - <u>feketeüröm</u> - <u>gyalogbodza</u> - <u>kutyatej</u> - <u>útifű</u>
Nagyhegyes	- <u>fehér akác</u> - <u>fehér fűz</u> - <u>gyümölcsfák</u> (kajsziбарack, meggy, cseresznye, alma, szilva) - <u>keskenylevelű ezüstfa</u> - <u>kóris</u> (magyar, amerikai) - <u>nyárfélék</u> (nemes, rezgő, fehér, fekete, szürke)	- <u>hamvas szeder</u> - <u>kökény</u> - <u>fekete bodza</u> - <u>húsos som</u> - <u>egybibés galagonya</u> - <u>sósaborbolya</u> - <u>fagyal</u> - <u>gyepűrózsa</u>	- <u>bojtorján</u> - <u>hölgyemál</u> - <u>lósóska</u> - <u>mezei aszat</u> - <u>nád</u> - <u>angolperje</u> - <u>erdei gyömbér-gyökér</u> - <u>fehér mécsvirág</u> - <u>kaszanyűg bükköny</u> - <u>keskenylevelű gyékény</u> - <u>patikapárlófű</u> - <u>ragadós galaj</u> - <u>tarackbúza</u> - <u>vadmurok</u>

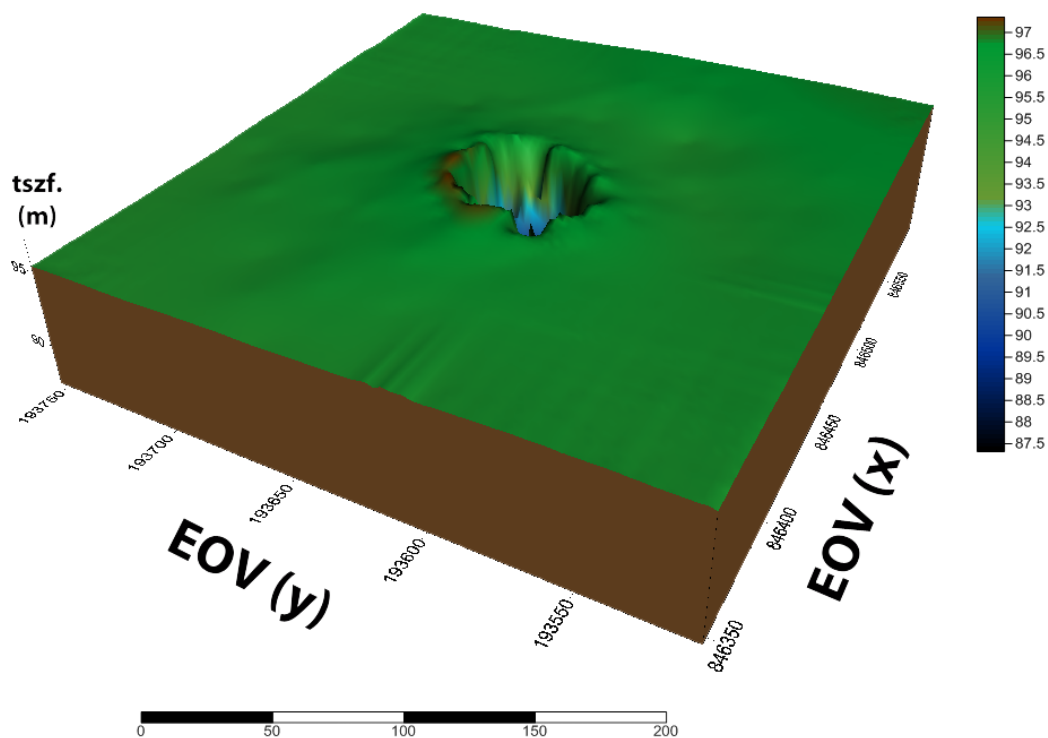
1. táblázat: A terepi felmérések során 2014. őszén megfigyelt természetes növénytakaró a nagyhegyesi és a körösszegapáti kráterek esetében. Az aláhízással kiemelt fajok mind a két helyszínen fellelhetők.

		Körösszegapáti (2014)	Nagyhegyes (2014)	Nagyhegyes (1967)
Eredeti térszín tszf. magassága		95,5	107	107
Tó víztükre (Eredeti térszínhez)		-2,9	-6,7	-4
Sánc legmagasabb pontja	Tengerszint felett	97,2	112	113,6
	Eredeti térszínhez	1,7	5	6,6
Sánc tető-víztükör magasság különbsége		4,6	11,7	10,6
Tó legnagyobb mélysége	Tengerszint felett	87,6	95,1	93,7
	Eredeti térszínhez	-7,9	-11,9	-13,3
	Víztükrőkhöz	-5	-5,2	-9,3
Sánc tető-kráterfenék magasság különbsége		9,6	16,9	19,9

2. táblázat: A geodéziai felmérések főbb eredményei. A nagyhegyesi adatsort összevetjük a BORSY Z. (1967) által felmért és a tengerszint feletti magassághoz korrigált adatokkal.

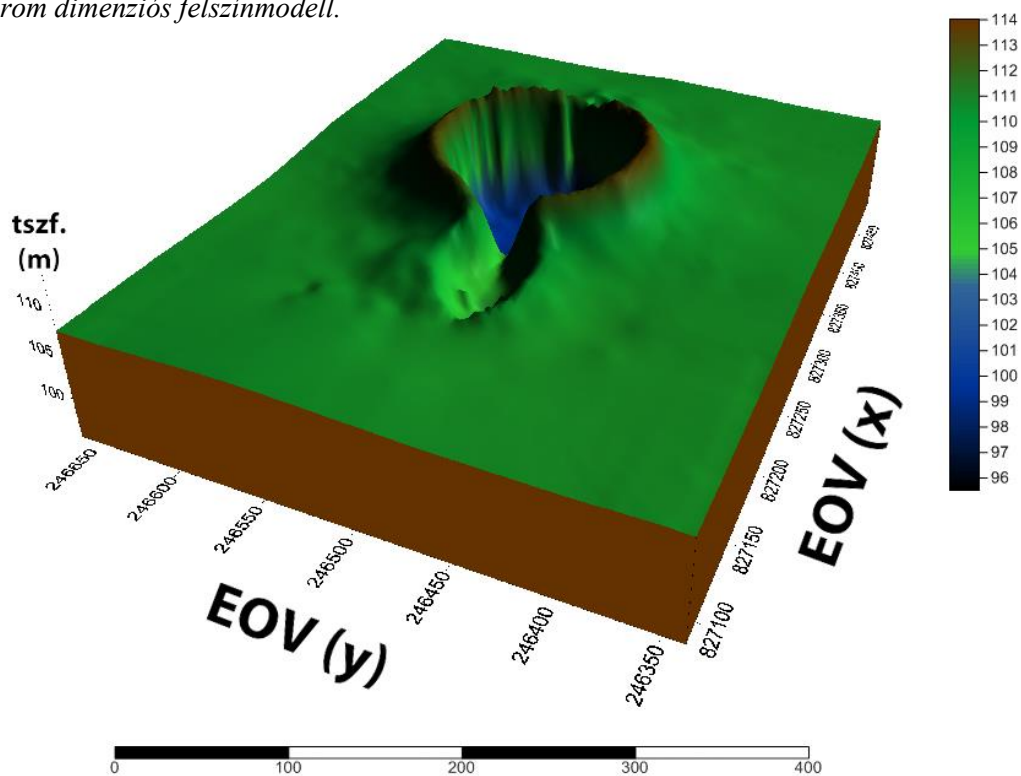
	Körösszegapáti	Nagyhegyes, főkráter	Nagyhegyes, kiskráter
Átlagos átmérő (m)	57,53	132,60	62,17
A kráter kerülete (m)	191	391	179
A kerülethez tartozó felszín (m ²)	2800	13900	3110
Sánc térfogata (m ³)	552,71	1767,61	
Kráter térfogata (m ³)	291,60	557,88	291,07

3. táblázat: Geoinformatikai módszerekkel (Global Mapper 16.0, Surfer 10.7) kiszámított adatok, amelyek jól jellemzik a két helyszín krátereit.



1/a modell: A körösszegapáti kráterről készített három dimenziós felszínmodell.

1/b modell: A nagyhegyesi kráterről készített három dimenziós felszínmodell.

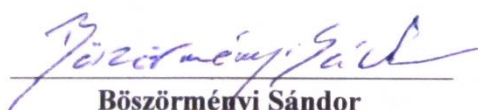


Függelék

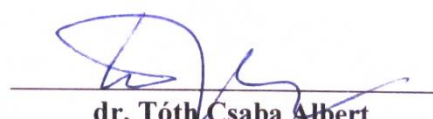
Kijelentem, hogy a jelen dolgozatban bemutatott kutatási eredmények önálló munkából származnak. Témavezetőmmel történt megállapodás szerint az alábbi feladatokat egyedül végeztem:

- a szakirodalmi háttér feltárása,
- a terepi munkát követően a geodéziai felmérések adatainak kiértékelése, azok felhasználása modellek, térképek szerkesztéséhez, stb.,
- a terepi munkát követően a begyűjtött minta laboratóriumi kielemezése, majd az így nyert adatsorok kezelése,
- de mindenek előtt a kutatás során tett megfigyelések összefüggéseinek feltárása és leírása.

Témavezetői koordináció mellett zajlottak a terepi kiszállások. Konzultációk során útmutatást kaptam a laboratóriumi munka, illetve a geoinformatikai értékelés elvégzéséhez. A dolgozatban bemutatott eredmények önálló gondolatmeneten alapulnak.



Böszörményi Sándor
hallgató,
DE-TTK, Geográfus MSc, II. évf.,
pályázó



dr. Tóth Csaba Albert
egyetemi adjunktus,
DE-TTK, Természetföldrajzi és
Geoinformatikai Tanszék,
témavezető

Debrecen, 2015. január 5.