

GRÁNIT FELSZÍNFORMÁK ÉS A TÁJKÉPET VESZÉLYEZTETŐ ANTROPOGÉN HATÁSOK VIZSGÁLATA A DEKKÁN DÉLI RÉSZÉN (INDIA)

Examination of granitic landforms and the effect of anthropogenic impacts on landscape in the southern Deccan region (India)

MÓGA JÁNOS

ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem TTK FFI Természetföldrajzi tanszék
janosmoga12@gmail.com

ABSTRACT

This study aims to describe the characteristic landforms of granitic terrains found on the Deccan Plateau through four sample areas, as well as to demonstrate the cultural and built heritage related to the area, and the threats of the anthropogenic impacts. The sample areas are, as follows: granite hills around Ramanagara in the main granite range; to the north, the Savandurga Mountain and its surroundings; the Hampi area in the central part of the granite belt; and the Sravanabelgola granite domes in the area of sporadically occurring granite outcrops. All four sites are developing tropical peneplains, dome, bell, sugar-loaf shaped inselberg terrains; the area surrounding Hampi is a typical tropical peneplain covered with tors. The most distinctive feature of the granitic landscape in India is determined by forts, temples and shrines built on granite hills, having created a typical Indian cultural landscape that cannot be found in other granitic areas of the world. The combination of built heritage, cultural heritage, as well as geological and geomorphic values makes the studied sites particularly interesting, and therefore it is particularly important to learn about this heritage and to protect it.

Keywords: tropical peneplain, inselbergs, terrains with boulders, cultural landscape, landscape degradation, geoconservation, geotourism

BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉS

A forró övezet átmeneti övének száraz-nedves évszakok váltakozásával érintett területei a **trópusi tönkfelszín** képződésének a fő színterei, ahol szigethegyek és gránittömbökkel borított területek (ingóköves térszínek) alakulnak ki. India ősi, átalakult közelekből felépülő déli részén jelentős területeken felszínre emelkednek a gránitos kőzetek is, amelyeken nagy változatosságban fejlődtek ki a trópusi monszunvidékre jellemző mállási és inszolációs aprózódási folyamatok által kialakított nagy- és kisformák

(TWIDALE, C. R. – VIDAL ROMANÍ, J. R. 2005). Indiai ösztöndíjas tanulmányutamon a Maiszúri (Mysore-i) és Csennáji (Madrasi) Egyetem munkatársaival együttműködve **terepi vizsgálatokat** végeztünk, hogy az **éghajlati felszínfejlődés** folyamatait, illetve az általuk kialakított kis-, közepes- és nagyformákat tanulmányozzuk a felkeresett mintaterületeken Tamil Nadu és Karnátaka állam területén. Az indiai gránitos kőzetekből álló tájkép morfológiai változatosságának nagy esztétikai értéke van, egyaránt lenyűgözi a földtudományokkal foglalkozó szakembereket és a turistákat. Az indiai **gránitos tájak** legsajátosabb vonása, hogy a gránithegyekre épített erődök, templomok, szentélyek olyan tipikus **indiai kultúrtájat** alakítottak ki, ami a Föld egyéb más gránitos területeire nem jellemző. A vizsgált helyszíneken együtt vannak jelen az épített örökség, a kulturális örökség és a földtani-felszínalakítási értékek, ez teszi különösen érdekessé azokat.

VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

Vizsgáltuk a földtani-felszínalakítási értékeket, valamint azok megőrzésének és bemutatásának a lehetőségeit. A földtudományi értékek megőrzése (geokonzerváció) egyre inkább előtérbe kerül Indiában is, a természeti értékek bemutatásának az igénye pedig tanösvények kialakítását teszi szükségessé, ezért a mintaterületek geoturizmus szempontból való alkalmasságát is tanulmányoztuk.

A terepbejárások során számba vettük a trópusi monszunéghajlat következtében kialakult felszínformákat, morфомetriai méréseket végeztünk egyes formáknál (madáritatók, poligonális repedéshálózat), vizsgáltuk a kőzetfelépítés és a formaképződés közötti kapcsolatot. A terepi vizsgálatok alapján koncepciót fogalmaztunk meg a kisformák (vályúk, poligonális hálózat, madáritató stb.) genetikájáról. A formák dokumentálása alapján fejlődési sorokat állítottunk fel. Számba vettük a bányászat okozta káros hatásokat, a legértékesebb geotópokat (geosite), valamint a tanösvények kialakítására legalkalmasabb helyszíneket. Terepbejárásunkat, a gránittérszínek formakincsének számbavételét, a nagyméretű formák morфомetriai vizsgálatát a *Landsat8 Global Imagery* felvételei és az *AsterGDEMv3 Worldwide Elevation Data (1 arc-second Resolution)* segítségével képzett domborzatmodellre alapozva végeztük, a kisformákat pedig a terepen mértük fel.

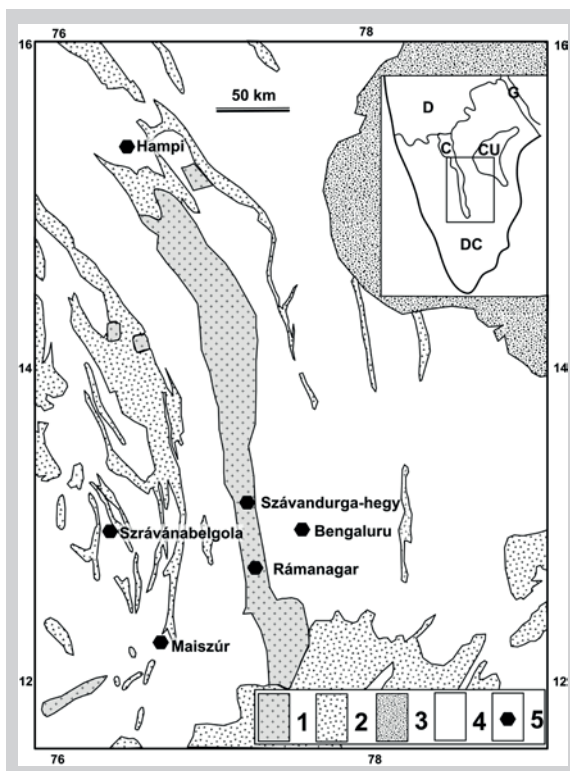
A VIZSGÁLT MINTATERÜLETEK TERMÉSZETFÖLDRAJZI ÉS FÖLDTANI ADOTTSÁGAI

A Hindusztáni-félsziget nagy részét elfoglaló **Dekkán** területén számos helyen felszínre bukkannak gránitos kőzetek, amelyek kevés kivételtől eltekintve a prekambriumban alakultak ki többszáz millió vagy akár egy-két milliárd évvel ezelőtt. A legidősebb

gránitok 2,5 milliárd évesek. A legjelentősebb előfordulási helye az ún. **Closepet gránit kőzetsáv** (a továbbiakban: CGB) a Dekkán déli részén, amely a Karnátakai-kraton (ősföld) nyugati és keleti zónáját választja el egymástól. Ez a zóna különlegesen szép sziklás szigethegyeket alkotva 20-30 km széles sávban, kb. 400 km hosszan húzódik észak–déli irányban, nagyrészt Karnátaka állam területén. Rámanagara várostól délre, Karnátaka állam déli határánál kezdődik, míg északi határa az ősföld metamorf kőzeteinek, illetve a Dekkánt fedő bazalt trapptakarónak az érintkezési vonalánál van (TAYLOR, P. N. et al. 1984, MOYEN, J. F. et al. 2001, KALE, V. S. 2014) (1. ábra). A Closepet gránit elnevezését a napjainkban **Rámanagara** nevet viselő településről kapta, amely a Bengaluru–Maiszúr (Bangalore–Mysore) főút mentén alakult ki a 19. században. Akkori neve Closepet volt, *Sir Barry Close*-ről (1756–1813) nevezték el, aki a brit uralom idején Mysore kormányzója volt. Rámanagara város jelenlegi nevét a közeli Rámagiri gránithegyről kapta.

A CGB-t a szakirodalomban különféleképpen említik, hol batolitnak, hol plutonok sorozatának (láncolatának), hol pedig gránitövnek nevezik. Ez az intrúzió a félsziget alapját képező kb. 3 milliárd éves gneiszkomplexumba, valamint a Dharwar összletbe nyomult be (1. ábra). A CGB-t különböző színű és szemcseméretű gránitváltozatok (granodiorit, charnokit és monzonit) képezik. A Closepet gránit két és fél milliárd éves korát cirkonmódszerrel határozták meg. A benyomulás során kialakult Closepet granitoidok különböző változatait a mélyből származó köpeny eredetű anyag, valamint a kéreg megolvadásával kialakult magma keveredése

1. ábra. A vizsgált mintaterület. Az áttekintő térkép (jobbra fenn) jelmagyarázata: D – a Dekkán bazalt trapptakarója, C – Closepet gránitöv, DC – a Dharwar kraton metamorf kőzetei, CU – Cuddapah-medence, G – Godavari rift. A nagyobb méretarányú kivágat jelmagyarázata: 1. Closepet gránit, 2. egyéb granitoid kőzetek (granodiorit, charnokit és monzonit), 3. a Cuddapah-medence üledékes kőzetei, 4. gneisz és gránitos gneisz, 5. a vizsgált mintaterületek helyszínei és a Dekkán nagyvárosai (HALLS, H. et al. 2007 nyomán)



hozta létre (TAYLOR, P. N. et al. 1984, MOYEN, J. F. et al. 2001, RAMAKRISHNAN, M. – VAIDYANADHAN. R. 2008, 2010).

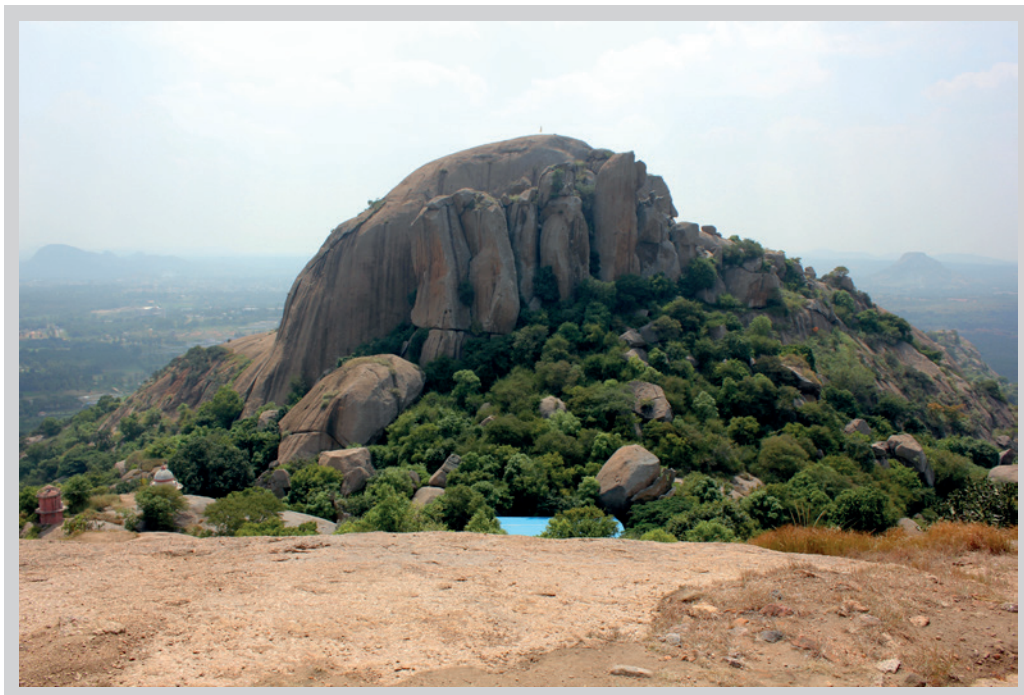
A viszonylag sík Karnátaikai-fennsíkon az évmillióig tartó lepusztulás a felszínre bukkanó granitoid kőzeteken trópusi szigethegyek láncolatát hozta létre, amely a gránitos kőzetek legjellegzetesebb morfológiai bélyegeit hordozza. A legtöbb hegy csupasz, sziklás, meredek lejtőkkel emelkedik ki alacsonyabb környezetéből, és mállás (exfoliáció) következtében lekerekített kupolával, vagy cukorsüvegre emlékeztető csúccsal tör a magasba. A gránitos kőzetsáv északi részén a kibúvások már többnyire csak alacsony dómszerű hátakat, szelídebb dombokat formálnak, alig emelkednek a metamorf kőzetekből álló fennsík felszíne fölé (KALE, V. S. 2014). A Dekkán fiatalabb gránitos kőzeteiből épülnek fel a Maiszúr (Mysore) közelében emelkedő gránithegyek (800 millió évesek), míg az ősföld nyugati zónájában, valamint délen Tamil Nadu Állam területén található a legfiatalabbak (~700-390 millió évesek) (MOYEN, J. F. et al. 2001).

E tanulmányban a gránitos területek jellemző formakincsét, a hozzájuk kapcsolódó kulturális és épített örökséget és az antropogén hatásokra jelentkező veszélyeztető tényezőket négy mintaterület kapcsán szeretnénk bemutatni: a fő vonulatban a **Rámanagara környéki gránithegyek**, északabbra a **Szavandurga-hegy** és környéke, a gránitöv középső részén **Hampi környéke**, a szórványban előforduló egyéb gránitkibúvások területén a **Szrávánabelgola gránitdómok** területe (1. ábra). Mind a négy helyszín jelenleg is fejlődő trópusi tönkfelszín, dóm, harang, cukorsüveg alakú szigethegyekkel jellemezhető térszín, Hampi környéke kőhalmokkal (torokkal) borított tipikus trópusi tönkfelszín.

A RÁMANAGARA KÖRNYÉKI TRÓPUSI SZIGETHEGYEK ÉS KŐHALMOK

A Closepet gránitos kőzetekből kialakult hegyek a névadó város (régbben Closepet, ma Rámanagara) körül különösen festői tájképet formálnak, gránitformái exfoliációs mállás során lekerekített kupolával, vagy cukorsüvegre emlékeztető csúccsal törnek a magasba. A gránitvonulatot azonban napjainkban a gyorsan növekvő külszíni bányászat veszélyezteti, visszafordíthatatlanul megváltoztatva a természetes táj arculatát (2. ábra).

Indiában a Rámájana eposz, Ráma királyfi története széles körben ismert, mitológiai, vallástörténeti jelentőségű. Számos érdekes alakú gránitsziklához, barlanghoz, különleges látványértéket nyújtó trópusi szigethegyhez kapcsolódik hindu vallásos történet. Rámanagara környékén a Rámadévara Betta-hegy a hozzá kapcsolódó **geomitosz** (különleges természeti jelenségekhez, hegyhez, vulkánhoz, barlanghoz, völgyhöz, sziklához kapcsolódó történet, amely vagy valamelyik nép hagyományában maradt meg, vagy valamelyik valláshoz kapcsolódik) miatt a hinduk számára fontos zarándok úticél. A természeti és kulturális értékek együtt vannak jelen, ezért ott egy geopark kialakítását

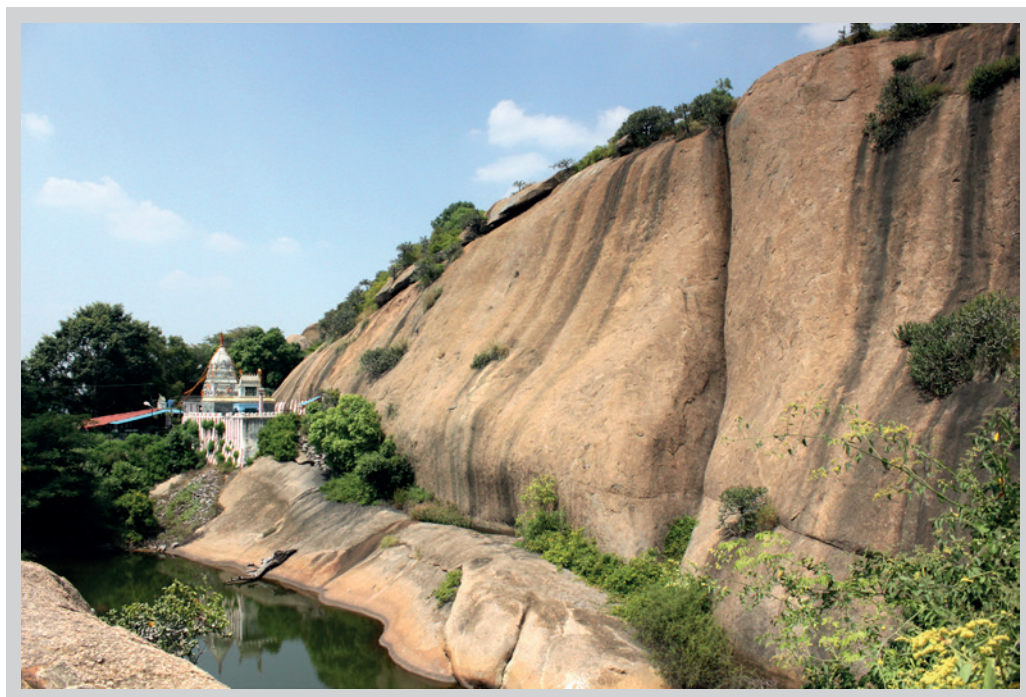


2. ábra. Exfoliációs mállással lekerekített dóm formájú hegy Rámanagara környékén

tervezik, amelyhez a környék földtani örökségének bemutatása, a környezetvédelmi, tájvédelmi nevelés, valamint az örökségvédelem mellett egy a Ráma-szentélyhez vezető zarándokút is tartozna. A zarándokút meghosszabbításával és kis kitérőkkel könnyű lenne egy tanösvényt kialakítani, és ismertető táblákkal bemutatni a hegy legérdekesebb látnivalóit. Mindezeket túl a sziklás, nehezen megközelíthető hegyeken keselyűk számára alakítottak ki menedékhelyet.

A **Rámadévara Betta-hegyen** épült **Ráma-templom** több mint ezeréves, és a Rámájana eposz szereplőivel áll kapcsolatban. A legenda szerint a Rámának szentelt fő szentélyt Szugriva építette, aki Szúrja, a hindu Napisten fia volt. Mint a majmok királya, Szugriva segített Rámának abban az isteni küldetésében, hogy kiszabadítsa Szítát, Ráma feleségét Ravana, a ceyloni ráksasza démonkirály Rávana kezéből. A Rámadévara Betta-hegyre vezető út mentén Síva és Hanumán szentélye áll, valamint néhány gránitsziklafalba vésett dombormű állít emléket Hanumánnak a hinduk körében népszerű majmok istenének, aki a Rámájana eposz egyik főszereplője.

A misztikus hangulatot árasztó hindu templom előtt egy nagy természetes gránitmedencében mély tó található, amelyet **Szíta-tó** vagy **Rámagiri Thirta** néven említenek (3. ábra). Legendás hírű tó, úgy hírlik, hogy feneketlen. A meredek gránitfalak



3. ábra. A Rámagiri Thirta sziklamedencés tó melletti hullámra emlékeztető gránitlejtő és a mellette álló Ráma-templom

közé zárt tó sziklamedencéje a gránit törésvonala mentén felerősödött mállással alakult ki. A Rámadévara Bettán és a körülötte található gránitos kőzetből álló térszíneken gyakoriak a különféle alakú, méretű sziklaalakzatok. Egy hatalmas, ívelt, hullámra emlékeztető gránitlejtő határolja keleten a tó medencéjét, amely több tíz méter magas. Az ilyen képződményeket TWIDALE, C. R. – VIDAL ROMANÍ, J. R. (2005) gránithullámnak nevezik.

A SZÁVANDURGA, ÁZSIA LEGNAGYOBB GRÁNITMONOLITJA

A **Szávandurga** egy kétormú hegy, a Karigudda (Fekete-hegy) és a Biligudda (Fehér-hegy) alkotja. Valójában egy hatalmas **gránitmonolit** (egyetlen tömbből álló gránit-hegy), amely 1226 m magasra emelkedik a Dekkán-fennsík fölé (4. ábra). Ázsia legnagyobb gránitmonolitjának tartják, formakincsének nagy változatossága miatt akár világörökségi helyszín is lehetne. A Szávandurga történelmi jelentőségű hely, nevének jelentése szanszkrit nyelven „Halál Erőd”, ami ősi halotti rítusokra utal. A Szávandurga erődjét Számanta Rája, a Vidzsajanagara Birodalom tisztviselője építette 1543-ban. A



4. ábra. Ázsia legnagyobb gránitmonolitja, a Szávandurga

későbbi évszázadokban sok uralkodó birtokolta, és számos ostromot élt át. A 18. század második felében az ún. Anglo-Mysore háborúk alatt az erőd Tipu szultán birtokában volt, azonban a brit csapatok 1791-ben Charles Cornwallis tábornok vezetése alatt megostromolták és elfoglalták. Ma már csak a falak nyomvonala, falak és bástyák, néhány épület (pl. szentélyek, paloták) alapjai emlékeztetnek a fontos erődre.

A Szávandurga és környéke a trópusi monszun éghajlat hatására kialakult jellegzetes gránit felszínformák bemutató helye, mintaterülete lehetne, Bengaluru (Bangalore) városhoz való közelsége miatt ideális hely egy geopark vagy legalább egy tanösvény kialakításához. A forró, száraz évszakban az erős inszolációs aprózódás fellazítja a kőzet felszínközeli részét, a csapadékos évszakban végbemenő mállás és a felszín leöblítése együttesen **a gránit kőzetanyag hagymahéjszerű lepusztulását eredményezi**. A Szávandurga iskolapéldája ezeknek a gránitból felépülő felszínformáknak, a lekerekített csupasz hátakon és lejtőkön erősebben mállott és ép gránitfelszínek váltakoznak, foltokban ingóköves térszínek, hagymahéjszerű leválások, vályúk (rinnek) jelennek meg, különböző méretű és alakú vízzel teli vagy száraz kőtálak és kőmedencék tanúsítják a gránitos kőzet szelektív mállását (TWIDALE, C. R. – VIDAL ROMANÍ, J. R. 2005, KALE, V. S. 2014).

A Szávandurga csupasz gránitfelszínein talán a legjellegzetesebb kisméretű felszíni formák a közel vízszintes térszíneken a **kőtálak** és **sziklamedencék**, méretük 50 cm-től néhány tíz méterig terjed. Ezek a gyakran vízzel kitöltött mélyedések különböző néven ismertek: angolul 'weathering pits' (TWIDALE, C. R. – VIDAL ROMANÍ, J. R. 2005, MIGOŃ, P. 2006), magyarul leggyakrabban **madáritatóknak** nevezik. (Ezek a kőtálak nemcsak grániton, hanem homokkövön és más kőzetfelszíneken is megfigyelhetők.) Többnyire zárt alakzatok, de gyakran megfigyelhető egy keskeny, kivezető csatorna, ami a csapadékos évszakban elvezeti a mélyedésben összegyűlt vizet és az elmállott anyagot alacsonyabb térszínre felé. Lehetnek teljesen zártak és egyik oldalukon (általában a lejtő irányában) nyitottak. A Szávandurga területén a **karosszék alakú mélyedések** ('armchair pit') is gyakoriak, amelyek a nagyobb lejtésű térszíneken alakultak ki (5. ábra). Egyeseknek a lejtő felé néző oldalán kis küszöb alakult ki, ami visszatartja a lefolyó vizek egy részét, mások nyitottak.

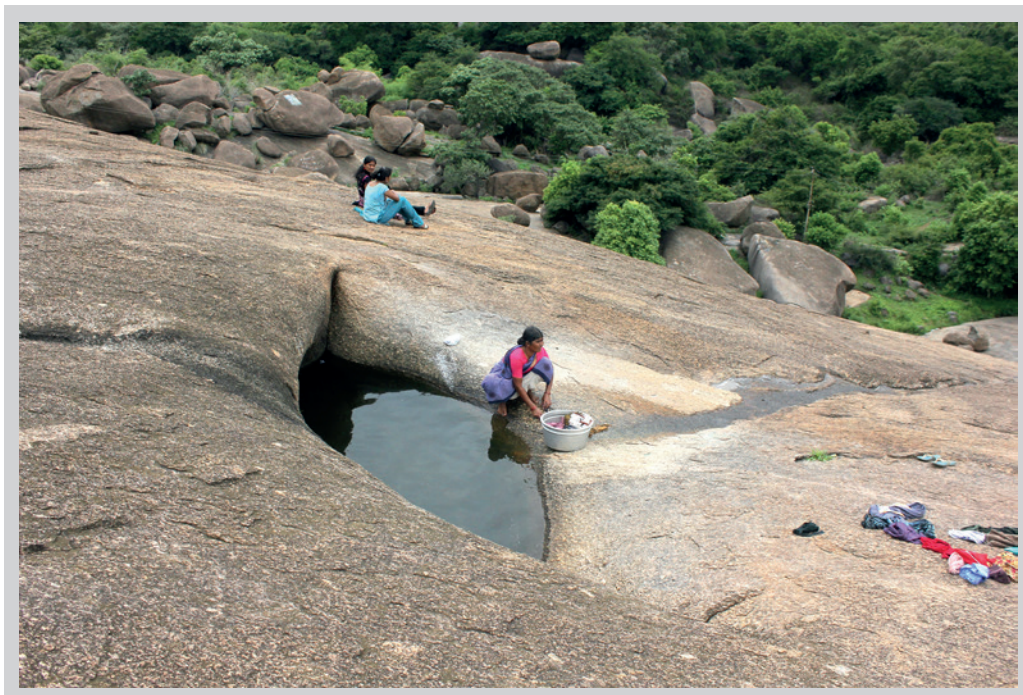
A kőtálak főleg a durvaszemcsés grániton alakulnak ki, sokfelé láthatók a Closepet gránitöbven is. Kialakulásuk folyamata nem teljesen ismert. Valószínű, hogy kezdeti kis sekély, szabálytalan alakú mélyedésekből – amelyek visszatartják a lejtőn lefolyó, szivárgó víz egy részét – fejlődnek ki. Ilyen kezdeti mélyedés kialakulhat kisméretű



5. ábra. Egy karosszék alakú mélyedés a Szávandurgán, benne az időszakos vízállást jelző színlővel

kőzettani különbségek, törésvonal mentén, vagy a felületi réteg mállása és leválása miatt (6. ábra). A pikkelyes leválások következtében kialakulhat egy kis sekély medence a sziklafelszínen, ami a kiindulási állapot a növekedés és madáritatók képződése felé. A növekedéshez szükség van arra, hogy az elmállott anyag állandóan vagy időszakosan kiürüljön a mélyedésből. Ez azt jelenti, hogy a nagyobb mélység korlátozó tényező lesz a fejlődés szempontjából, hiszen egyre nehezebben fog kiürülni a mélyedés (TWIDALE, C. R. – VIDAL ROMANÍ, J. R. 2005).

Megfigyeléseink szerint az ilyenfajta mélyedések a Szávandurgán és a közeli, Rámanagara körüli hegyeken magányosan és csoportosan is előfordulnak; szórtan, néha sorban helyezkednek el a kisebb hajlásszögű lejtőn egymás alatt. A gránittestben kialakult aplitok (földpátokban gazdag telérek) eltérő kőzettani adottságaik és a mállással szembeni kisebb ellenálló képességük miatt kitüntetett helyei a kőtálak és a medencék kialakulásának. Ez a jelenség jól megfigyelhető a preformált, aplittelérhez kapcsolódó, sorba rendeződő kőtálaknál és gránitmedencéknél a Szávandurga gerincén. Hasonló jelenségeket figyeltünk meg a rámanagarai és a szrávánabelgolai gránithegyeken is. Némelyik medence több tíz méter átmérőt is elérhet, ami a nemzetközi kutatások alapján



6. ábra. Sziklamedencés tó a Szávandurga lejtőjén, amely szerkezeti előrejelzettséget mutat. A falu közelsége miatt mosásra használják a vizét.

a legnagyobb mérettartomány e formáknál. A zárt medencékben általában megmarad a víz a száraz időszakban is, azonban alacsonyabb vízállással. A száraz és a nedves időszak jellemző vízállásaihoz kapcsolódó színlőket figyeltünk meg a medencék homlokfalának profilján (5. ábra). A karosszék alakú, meredekebb lejtőben kialakult medencék alja általában száraz, ezekből kiürül a víz. Ilyen hatalmas, egyik oldalon lealacsonyodó peremű mélyedés egy nagy medence a hegytetőn, amelyet a Szávandurga erődje védőinek vízelátására egy hatalmas méretű természetes patkó alakú félmedencét elfalazva alakítottak ki a csapadékvíz tárolására. A vízzel kitöltött kőtálakban és medencékben idővel mohák, lágyszárú növények, ritkábban cserjék vagy kistermetű fák is megtelepedhetnek, a katlan egy kis életkamrává válik (7. ábra).

A Szávandurga csupasz, meredek lejtőiről az inszolációs aprózódás és a mállás során keletkezett anyagokat lemossák a heves monszunesők. A hegyoldal párkányain, lejtőpihenőin, de főleg a Fekete- és a Fehér-hegy nyergében a málladéktakaró alatti mállás során kialakult és a későbbi kihantolódás nyomán felszínre került óriás méretű gránittömbök borítják a felszínt, nagy kiterjedésű **kőhalmok (torok)** keletkeztek (13., 14. ábra). Az **ingóköves térszínen**, a helyenként akár ház méretű gránittömbök között a málladékkanyag kimosásával **pseudokarsztos eredetű barlangok** alakultak ki. Az egész térszín



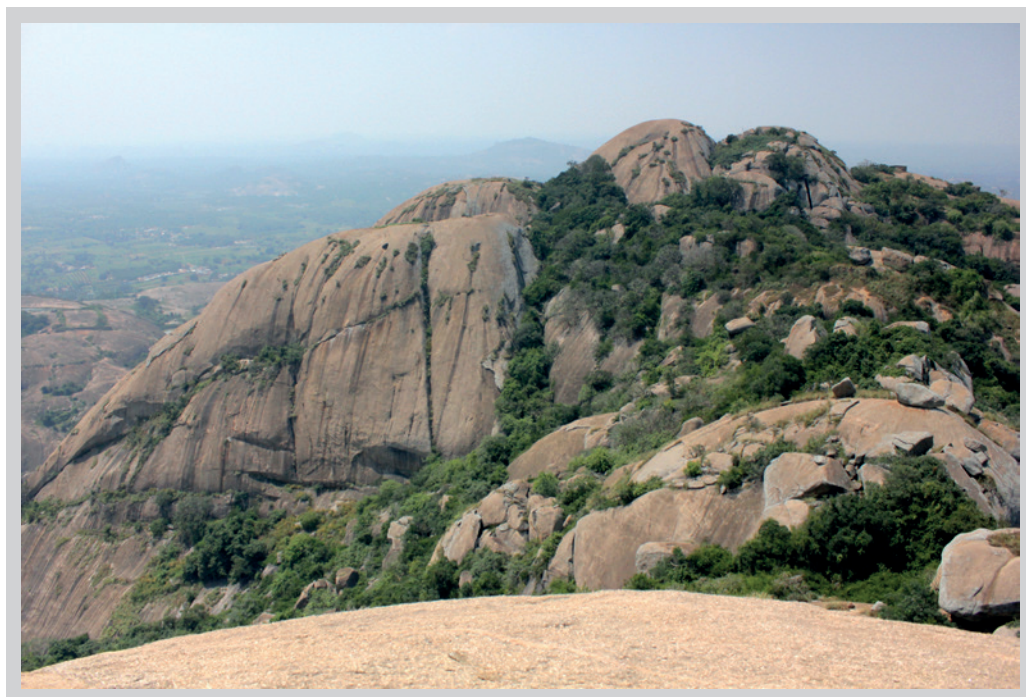
7. ábra. Kis életkamra a vízzel kitöltött kőtálban a Szávandurga gerincén

az egykori fedőüledékek lehordását, a nagy formák **rejtett (kriptogenetikus), málladéktakaró alatti kialakulását** és későbbi kihantolódását tanúsítja. A torok mind a négy vizsgált helyszínen jelen vannak, a legnagyobb tömegben és változatosságban Hampi környékén figyelhetők meg.

A Szávandurga különleges, gránitban viszonylag ritkán megfigyelhető formái a **vályúk (rinnek)** és a **barázdák (rillek)**, amelyek a meredek lejtős térszíneken és függőleges sziklafelszíneken egyaránt kialakulhatnak. A többnyire a lejtő irányában párhuzamosan lefutó vályúszerű formák, amelyekben a víz lefolyik a hegyoldalon, általában csoportosan fordulnak elő. A vályúk lehetnek összetartók vagy széttartók. A Szávandurga déli csupasz lejtőin több tíz méter hosszú, helyenként **meanderező vályúk** alakultak ki. Az ilyen függőleges vagy lejtős gránitfelszínen megjelenő barázdák nagyon hasonlítanak a karsztos területeken előforduló, oldási folyamatok során kialakuló karrokra (falikarr, vályúkarr). A gránitos területek vályúi leggyakrabban a nedves trópusokon fordulnak elő, és ott vannak a leglátványosabb formák is, ilyenek például a Seychelles-szigeteken a tengerparti barázdált sziklák, amelyek annyira látványosak, hogy a róluk készített képek az útikönyvekbe belekerülnek. Kialakulásukban többféle hatást lehet kimutatni. A mállás mellett a biogén hatásokat és eróziós folyamatokat is említeni kell. A biológiai aktivitás fellazítja a kőzetet és mikro méretekben egyenlenségeket hoz létre a felszínen, ahol így a hidrolízis gyengíti a kőzetet, a víz hatékonyabban tud erodálni, mállasztani. A vályúk talpán látható elszíneződés ásványi anyagok kicsapódását, illetve mikroorganizmusok megtelepedését bizonyítja. TWIDALE, C. R. – VIDAL ROMANÍ, J. R. (2005) szerint a barázdált felszínek a heves esőzéseknek kitett területekre jellemzők (8. ábra).

SZRÁVÁNABELGOLA DÓM ALAKÚ GRÁNITHEGYEI

A **Szrávánabelgola** dóm alakú gránit szigethegyein épült dzsaina templomok miatt ez a dzsainisták legszentebb és leghíresebb zarándokhelye Dél-Indiában. A **Vindhjagiri**-hegy tetején 980-ban emelt szentélyben állították fel India legnagyobb **monolitikus gránitszobrát**. A szobor a dzsaina vallás Bahubáli nevű szentjét ábrázolja (a szobor azonban a szent másik nevét – Gommatesvára – viseli), egy ruhátlan férfi 18 m-es szobra. A templomegyüttes az UNESCO világörökségi helyszíne. A vallási tanítás középpontjában az élet tisztelete áll, és az egyszerű, tiszta, élvezetektől mentes életutat hirdeti. Ez a szobor a földi kötelékektől való teljes megszabadulás szimbóluma. A másik gránitdómon, a **Csandragirin** több nagyméretű dzsaina templom áll, amelyek körzetében a csupasz gránitfelszínre a 10. századból származó vallási feliratokat vésték. Ezek nagy területet borítanak be, de ennek ellenére a hegy nagy részén megmaradtak természetes állapotukban a gránit felszínformái.



8. ábra. Vályúk a Szávandurga meredek, sziklás oldalában

A **poligonális repedéshálózat** a vizsgált helyszíneink közül a szrávánabelgoli kis hegyeken, gránitdómokon fordul elő leggyakrabban. Ezek a sekély poligonális repedések, mintázatok a teknőspáncélra emlékeztetnek. Általában öt- vagy hatszöget formáznak, de gyakran az ideális poligon alak deformált, így különböző méretűek és alakúak is lehetnek (TWIDALE, C. R. – VIDAL ROMANÍ, J. R. 2005, MIGOŃ, P. 2006). Főleg a Csandragirin láthatók a nagyobb kiterjedésű gránitfelszíneken, a sík, lejtős és aláhajló kőzetfelszíneken is. Néhány óriási méretű gránittömb felületén is jól kirajzolódik ez a mintázat. Az általunk vizsgált poligonális térszíneken a cellák átmérője 15-30 cm között változott. A repedések 1-2 cm mélyre hatolnak, szélességük a mélységgel csökken, a felszínen a repedés szélessége több cm is lehet (9. ábra).

A sokszögű repedések eredete nem egyértelműen tisztázott. Twidale C. R. – Vidal Romani, J. R. (2005) szerint a poligonális mintázat kialakulása a felszín alatt kezdődik a vas- és mangán-oxidok kiválásának eredményeképpen a magtömbök körül. Viszont a repedések magányos tömbökön, görgetegeken is előfordulnak. A geomorfológusok szerint a felszíni kérgek repedéshálózatának képződésében a hőmérséklet- és nedveségváltozásból adódó feszültségek játszanak fontos szerepet, a hálózat geometriája pedig a kőzet fizikai tulajdonságaival áll kapcsolatban, főként a szövettel; homogén



9. ábra. Teknőspáncélra emlékeztető poligonális repedések a Csandragiri gránitfelszínén, a háttérben a Vindhjagiri emelkedik

kőzetben szabályosabb formák lesznek (TWIDALE, C. R. – VIDAL ROMANÍ, J. R. 2005, MIGOŃ, P. 2006).

Terepi megfigyeléseinkre és vizsgálatainkra támaszkodva ezt azzal egészítjük ki, hogy a trópusi monszunéghajlat váltakozóan száraz, forró, illetve fülledt, csapadékos időjárásának van meghatározó szerepe a gránitos kéreg, valamint a poligonális repedéshálózat kialakulásában. A száraz, forró évszakban akár 50-60 °C-ra is felforrósodhat a kőzet felszíne, és a hő a kőzet belsejét is felmelegíti kb. 10-30 cm mélységig. A nappalok és az éjszakák váltakozása sajátos hőmérsékletváltozást okoz ebben a felszínhez közeli övben, ami a kőzetalkotó ásványok térfogatának változását okozza: ha nő a hőmérséklet, akkor az ásványok térfogata is nő, a lehűlés során pedig az ásványok térfogata is csökken. Minden kőzetalkotó ásványnak más a tágulási képessége, sőt a kristályok tágulása a tengelyek irányában is eltérő, ami feszültségeket okoz a kőzet belsejében. A napi hőmérsékletjárást követő **ritmusos térfogatváltozás** fellazítja a kőzet felszín közeli zónáját, ami hosszabb idő után egy lazább szerkezetű kéreg kialakulásához, majd a fejlődés későbbi szakaszában a poligonális repedéshálózat megjelenéséhez vezet. A fellazult réteg megkönnyíti a víz behatolását ebbe a felszíni zónába, ahol a csapadékos évszakban a

hidrolízis felerősödik. A Dekkán területe ugyan esőárnyékban van, de a DNY-i nyári monszun révén így is kb. 600–800 mm csapadékot kap, ami intenzív esők formájában érkezik. A csapadékos évszakban a **hidrolízis**, a mállás és a felszínre érkező csapadék lemosó, málladákszállító tevékenysége a meghatározó. Ezek a folyamatok areálsan, felületileg mennek végbe, de a repedéshálózat kitüntetett helyszínnek számít, ahol mind a mállás, mind az erózió nagyobb lesz, ezáltal a poligonális repedéshálózat kiszélesedik, a poligonok belseje pedig fokozatosan csökkenő méretű, lapos szigetként emelkedik ki alacsonyabb környezetéből. A hálózat csomópontjaiban lesz legerősebb a kéreg pusztulása, foltokban a kéreg letarolódik, így az alatta elhelyezkedő még ép, nem mállott kőzet felszínre kerül, amin később újból megjelennek a fenti klimatikus hatásra a poligonok, új kéreg alakul ki. Így **hámozódik le** a gránitos térszín. A poligonok a lejtő irányában megnyúlhatnak, ami szabálytalan alakzatok kialakulásához vezet.

A jelenleg is ható aprózódás és mállás folyamatai a közettömbök éleit, csúcsait apránként felemészti, ez a folyamat lekerékíti a szögletes tömböket, létrehozva a **gyapjúsáknak** is nevezett formákat, illetve az ingóköves térszíneket (torokat).

A HAMPI KÖRNYÉKI TÖNKFELSZÍN INGÓKÖVES TÉRSZÍNEI

A Vidzsajanagara Királyság (1336–1565) fővárosát a Closepet-gránitöv északi részén, egy óriási ingóköves térszín közepén a gránittömbök védett rengetegében építették fel, hogy megvédjék a muszlim terjeszkedéssel szemben. **Vidzsajanagar (Vijayanagar)**, a „Győzelem városa” a Tungabhadra folyó közelében a 14. és 16. század között a Dekkán egyik legerősebb hatalmi központja volt. Az utolsó hindu királyság fővárosa a Dekkán területén, a gránittömbök rejtekében sokáig bevehetetlen volt. Végül az egyesült muszlim seregek elfoglalták, és Karthagóhoz hasonló sorsot szántak a hindu királyság székhelyének, megpróbálták elpusztítani, azonban nem tudtak minden épületét földig rombolni, beletört a foguk, a kemény gránitos kőzetekből épített díszes templomok, pompás paloták, erődítmények napjainkban is állnak és az eltelt évszázadok után is láthatók (10., 11. ábra). Az egykori főváros hatalmas rommezőjébe évszázadokkal később kis falvak települtek, főútja mentén a paloták romos épületeibe egyszerű földműves falusiak költöztek, így született meg a romok között az új település, a ma alig 2000 lakosú **Hampi**.

A Hampi környékén emelkedő különböző formájú jellegzetes trópusi szigethegyek, ingóköves térszínek (torok) a trópusi monszun éghajlat kettős elegyengető tevékenységének tanúi. BÜDEL, J. (1982) szerint **kétszeresen elegyengetett felszínformálódás** jellemzi a trópusi átmeneti övet: egyrészt az állandó mélyre hatoló mállás során a málladéktakaró alatt a részlegesen elbontott szállkőzet frontja folyamatosan mélyül, másrészt



10. ábra. A kemény gránitból épített templomok, paloták, erődítmények napjainkban is állnak Hampiban



11. ábra. A körmenetek „Istenszekere” mintájára gránitból épített templomok egyike

ezzel párhuzamosan a helyben keletkezett málladéktakaró felületi leöblítéssel areálisan lepusztul, a felszín folyamatosan lehámozódik. Évmilliók alatt e folyamatok eredményeként **trópusi tönkfelszínek** alakulnak ki. A tönkfelszínekből emelkednek ki a **kőhalmok** és a **dómok**. A málladéktakaró egyensúlyi helyzete hosszú időn át megmarad, az erózió csak a málladékréteget érinti, az alapkőzetet nem. A málladéktakaró alatt a mállási front egyenetlen alsó határfelületén (**szaprolit**) alakulnak ki a gránit jellegzetes felszínformái, de csak akkor válik láthatóvá a formakincs, ha az erózió letakarítja a mállott anyagban úszó „gyapjúzsákok” és dómok felett felhalmozódott málladéktakarót. Ennek a folyamatnak eredményeként alakulnak ki a trópusi lepusztulás maradékformái, a **trópusi szigethegyek** és az **ingóköves térszínek (torok)** (12. ábra). A trópusi szigethegyek talpig domború kiemelkedések, amelyek dóm, harang, cukorsüveg alakúak, magasságuk elérheti az 500 métert is. Ép, nem töredezett gránitból alakulnak ki. Az ingóköves térszínek (torok) akkor jönnek létre, ha a gránitos kőzetet törések, repedések hálózata járja át. A két formacsoport kialakulása tehát ugyanannak a folyamatnak az eredménye, mindkettőnek a kialakulása a málladéktakaró alatti málláshoz kapcsolódik, de a törésekkel, repedésekkel átjárt kőzettestben a mállás mélyebbre hatol, nagyobb felületen hat, behatol a repedésekbe és különálló tömbökre tagolja a kőzetet (GÁBRIS GY. 2007) (13. ábra).



12. ábra. Trópusi tönkfelszín ingóköves térszíne Hampi környékén



13. ábra. Az ingókövek a málladéktakaró alatt, a mállási front egyenetlen alsó határfelületén alakulnak ki, azonban csak a kihantolódás után válnak láthatóvá.

A GRÁNITBÁNYÁSZAT KÖRNYEZETRE GYAKOROLT KÁROS HATÁSAI

A gránit építőanyagként és díszítőköként történő bányászata több mint ezeréves múltra tekint vissza a vizsgált területen, amit a régi korok erődítményei, templomai és palotái tanúsítanak (Szárábelgola dzsaina templomai, Rámanagara, Szávandurga és Vidzsajanagar–Hampi hindu templomai, palotái, erődítményei, reliefjei). Az évszázadokkal ezelőtti kőbányászat nyomai ugyan sokfelé láthatók, kisebb tájsebei azonban elenyészők ahhoz képest, amit a meggondolatlanul kiadott engedélyekkel (vagy anélkül) működő, az elmúlt évtizedekben nyitott külszíni bányák okoznak. Az ipari méretekben történő kőfejtés, ami nemcsak az óriási méretű indiai építkezésekhez nyújt alapanyagot, hanem exportra is termel, napjainkban már olyan nagyságrendű, amely komolyan veszélyezteti a természetes tájat, rontja az ott élő emberek életminőségét és **visszafor-díthatatlan károkat okoz** az egyébként különlegesen érdekes **tájképben** (SRIKANTIA, S. V. – RAJENDRAN, N. 2013) (14. ábra). Tájvédelem sokáig nem létezett Indiában,



14. ábra. Gránitlapok külszíni fejtésével kialakított tájseb a Csandragirin

csak az élővilág kisebb-nagyobb élőhelyeit védték. Napjainkban azonban kezdik felismerni a tájrombolás veszélyeit, illetve a tájvédelem, az élettelen természeti környezet megóvásának fontosságát. Most van napirenden a földtani-felszínalaktani értékek, egyes geotópok kijelölése, illetve a nagyobb kiterjedésű értékes területeken geoparkok kialakítása.

A Bengaluru (Bangalore) város környéki kőfejtés, aprítás, faragás és a szállítás a kis falvakon át, ki nem kövezett utakon történik, ami rengeteg port termel, és a környező településeken lakóknak levegőszennyezést okoz, növeli az egészségügyi kockázatokat, a talaj termékenységében kárt okoz, és zavarja a felszíni vízelvezetést. Több helyen a falvak lakói már hangot adtak sérelmeiknek a bányászat következtében **folyamatosan romló életkörülményeik**, a bányászati tevékenységek során keletkező káros hatások, továbbá a kőfejtés okozta zajszennyezés miatt.

ÖSSZEFOGLALÁS

A Dekkán gránitos területein nagy szükség lenne törvényi korlátozó intézkedésekre a kőfejtők terjeszkedésének megállítása és a természeti örökség megőrzése érdekében,

illetve fontos lenne geoparkokat kialakítani a CGB területén. A Bengaluru–Maiszúr (Bangalore–Mysore) főút közelében, Rámanagara város környékén emelkedő gránit-hegyek különleges földtani és esztétikai értékkel rendelkeznek, a természeti és kulturális értékek együtt vannak jelen, ezért ezt a térséget **geoparkká** szeretnék fejleszteni, amelyben a környezetvédelmi, tájvédelmi nevelés és az örökségvédelem mellett működne egy a Ráma szentélyhez vezető zarándokút is. A négy mintaterületen végzett terepbejárásokkal, morfológiai vizsgálatainkkal, megfigyeléseinkkel bővíteni kívántuk a gránitos területek felszínformáiról rendelkezésre álló ismereteket, a helyszínen tanulmányozva igyekeztünk megérteni a kisformák (madáritatók, vályúk, poligonális repeshálózatok stb.) kialakulásának folyamatát. Kerestük a kapcsolatot a kőzet tulajdonságai, a szerkezeti adottságok és a formaképződés között. Megfigyeltük, hogy a kisebb kőtálok és nagyobb méretű sziklamedencék aszimmetrikus formáinak kialakításában a kőzetteléreknek (aplit) és a törésvonalaknak fontos szerepük van. A poligonális repedéshálózat kialakulását a monszunéghajlat évszakosan váltakozó száraz-nedves időszakaiban lejátszódó szezonális aprózódáshoz és málláshoz és areális leöblítéshez kapcsolódó folyamatokkal értelmeztük.

Jelen tanulmányban terjedelmi korlátok miatt a mintaterületek formakincsének és a vizsgálatainknak, méréseinknek teljes, részletes ismertetésére nem volt lehetőség, de néhány érdekes jelenségen keresztül igyekeztünk érzékeltetni azt a földtani-felszínalakítási változatosságot (geodiverzitás), ami a Dekkán gránitterületeire jellemző. Írásunk egyúttal szeretné felhívni a figyelmet a nagy népességű ország gazdasági fejlődésével, főleg a gránit külszíni bányászatával együtt járó káros környezeti hatásokra, amelyek a természetes tájak degradációjához, és a műemlékekben gazdag területen az épített örökség egy részének pusztulásához vezet. Apránként már a helyiek felismerik, hogy a romboló hatású, visszafordíthatatlan károkat okozó bányászat az élővilág élőhelyeit és a lakóhelyeket is károsítja, veszélyezteti. Hosszú távon kifizetődőbb lenne a terület természeti értékeire építő turizmus, különösen a **geoturizmus**. Ennek érdekében a vizsgált területre két tanösvényt is terveztünk, az egyiket a **Szāvandurgán**, a másikat a rámanagarai **Rámadévara Betta-hegyen** lehetne kiépíteni.

Köszönetnyilvánítás

A gránitos területeken végzett kutatómunkát Indiában a Stipendium Hungary 2015. évi 76856. sz. pályázati támogatása tette lehetővé, amiért ezúton mondok köszönetet. Külön is köszönöm a University of Madras és a Mysore University Földrajz tanszékei munkatársainak, különösképpen *Prof. Venkatesan Suresh* és *dr. Chandra Shekara* tanszékvezető uraknak az önzetlen segítségét.

A fényképek a szerző felvételei.

IRODALOM

- BÜDEL, JULIUS (1982): Climatic geomorphology. – Princeton University Press, Princeton. 443 p. DOI: <https://doi.org/10.1191/0309133306pp473xx>
- GÁBRIS GYULA (2007): Földfelszín és éghajlat. – ELTE Eötvös Kiadó, Budapest. 225 p.
- HALLS, HENRY – KUMAR, ANIL – SRINIVASAN, RAMASWAMIAH – HAMILTON, MICHAEL (2007): Paleomagnetism and U–Pb geochronology of easterly trending dykes in the Dharwar craton, India: feldspar clouding, radiating dyke swarms and the position of India at 2.37 Ga. – Precambrian Research 155. 1-2. pp. 47–68. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2007.01.007>
- KALE, VISHWAS S. (szerk. 2014): Landscapes and landforms of India. – Springer, Dordrecht–Heidelberg. 271 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-94-017-8029-2>
- MIGOŃ, PIOTR (2006): Granite landscapes of the World. – Oxford University Press, Oxford. 384 p. DOI: <https://doi.org/10.1093/oso/9780199273683.003.0018>
- MOYEN, JEAN-FRANCOIS – NÉDÉLEC, ANNE – MARTIN, HERVE – JAYANANDA, MUDLAPPA (2001): Contrasted granite emplacement modes within an oblique crustal section: The Closepet granite, South India. – Physics and Chemistry of the Earth 26. 4-5. pp. 295–301. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1464-1895\(01\)00059-X](https://doi.org/10.1016/S1464-1895(01)00059-X)
- RAMAKRISHNAN, MONI – VAIDYANADHAN, R. (2008, 2010): Geology of India. 1-2. – Geological Society of India, Bangalore. 556 + 428 p.
- SRIKANTIA, S. V. – RAJENDRAN, N. (2013): Field workshop on the geology, mining and environment of the Closepet granitoid. – Journal of Geological Society of India 82. pp. 95–97. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12594-013-0124-5>
- TAYLOR, PAUL NIOEL – CHADWICK, BRIAN – MOORBATH, STEPHEN – RAMAKRISHNAN, MONI – VISWANATHA, MYSORE NANJAPPA (1984): Petrography, chemistry and isotopic ages of Peninsular gneisses, Dharwar acid volcanics and Chitradurga granites with special reference to archaean evolution of Karnataka craton, Southern India. – Precambrian Research 23. 3-4. pp. 349–375. DOI: [https://doi.org/10.1016/0301-9268\(84\)90050-0](https://doi.org/10.1016/0301-9268(84)90050-0)
- TWIDALE, CHARLES ROWLAND – VIDAL ROMANÍ, JUAN RAMÓN (2005): Landforms and geology of granite terrains. – Taylor & Francis, London. 362 p. DOI: <https://doi.org/10.1201/9780367803407>