

Szerkezetgeológiai megfigyelések a geressei Tölgyháti-kőfejtőben

SASVÁRI Ágoston¹, CSONTOS László¹, PALOTAI Márton²

¹ MOL NyRt., 1117 Budapest, Október Huszonharmadika út 18., asasvari@mol.hu, icsontos@mol.hu

²Eötvös Loránd Tudományegyetem Földrajz-Földtudományi Intézet, Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék,
1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C, palotai@elte.hu

Structural geological observations in Tölgyhát Quarry (Gerecse Mts, Hungary)

Abstract

The main goal of this paper is to present the results of field investigations carried out in Tölgyhát Quarry, Gerecse Mts, Transdanubian Range, Hungary. In the outcrop three phases of structural evolution can be detected: (1) E–W trending dextral strike slip movement with Middle Eocene – late Early Miocene or probably Early Albion – early Middle Miocene age; (2) reactivation of strike-slip faults as normal fault related to NE–SW extension resulting drag fault structure probably in late Early – early Middle Miocene age, and (3) listric faulting controlled by E–W tension with assumed Late Miocene age, but their Pliocene or even Quaternary age can be also suggested. The Toarcian clay suffered ductile deformation because its low shear strength; both ductile and brittle deformation of Kisgerecse Marl shows its middle shear strength. Stress resulted only brittle deformation in other calcareous formations of Tölgyhát Quarry. The models describing the deformation process of normal fault related structures are based on block rotation related to antithetic normal faulting.

Keywords: Gerecse Mts, Jurassic, Toarcian clay, block rotation, shear, listric normal fault

Összefoglalás

A dolgozat a geressei Tölgyháti-kőfejtő feltárásaiban talált szerkezetek leírását és értelmezését tűzte ki céljává. Ennek során három szerkezetalakulási lépés bélégeit lehetett észlelni: (1) kelet–nyugati csapású középső-eocén – késő-eggenburgi (esetlegesen kora-albai–kora-badeni) korú jobbos jellegű oldalelmozdulások kialakulása; (2) az oldalelmozdulások síkjának északkelet–délnyugati táglához köthető felülülő normális működése, mely a keleti feltárás átlépő elvonzóvetők által kontrollált szerkezetét eredményezte a kárpáti–kora-badeni során; (3) egy listrikus normálvető működése által meghatározott kelet–nyugati táglási fázis; ennek korára a késő-badeni–szarmata időintervallum a legvalószínűbb, bár a pannóniai és a negyedidőszak sem zárható ki. Felismerhető volt, hogy a feltárásban megjelenő toarci agyag igen kis nyírószilárdsága okán képlékeny deformációt szenvedett, a kis nyírószilárdságú Kisgerecse Márga pedig mind képlékenyen, mind törésesen deformálódik. A feltárás többi, nagyobb nyírószilárdságú képződményében képlékeny alakváltozás nem volt felismerhető. A szerkezetfejlődés tárgyalása mellett modell adható a Tölgyháti-kőfejtő szerkezeteinek kialakulására; ezek lényegét a vetők működéséhez köthető antitetikus vetők működése és ezekhez kapcsolódó blokkrotáció képezi.

Tárgyszavak: Gerecse, jura, toarci agyag, blokkok forgása, nyírás, listrikus normálvető

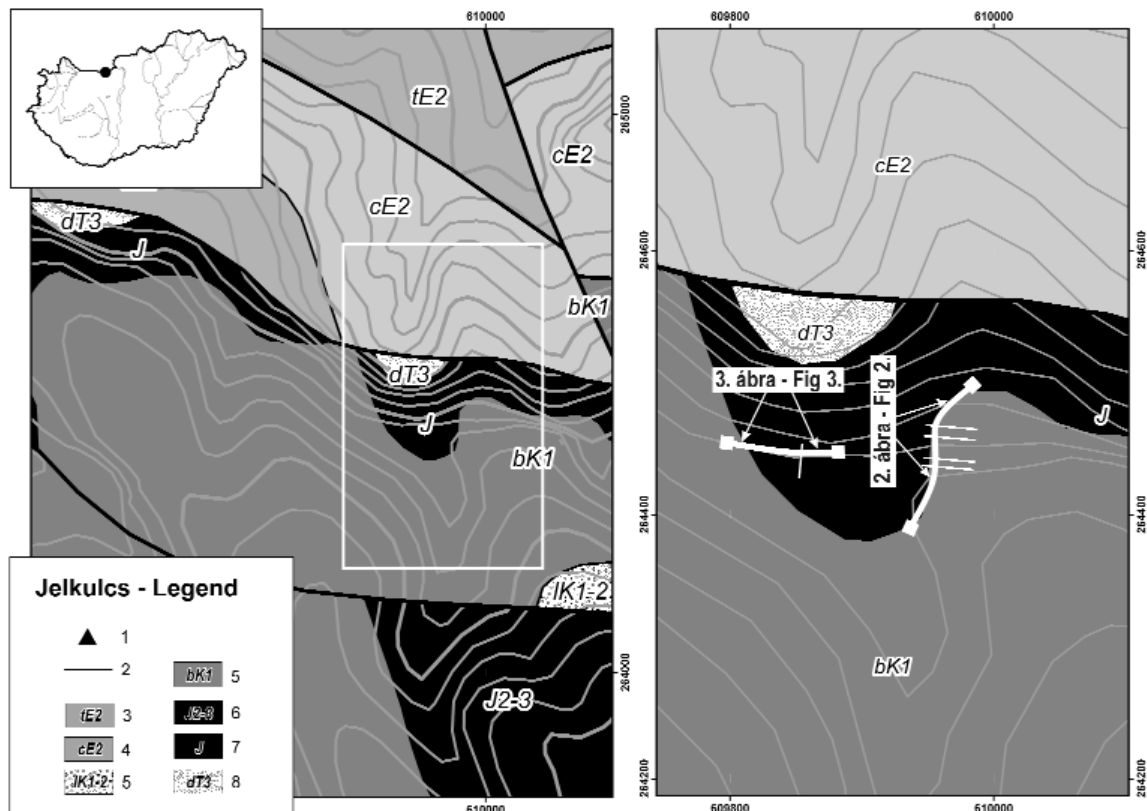
Bevezetés

A Tölgyháti-kőfejtő (1. ábra) jura szelvényét szedimentológiai és őslénytani szempontból alaposan ismerjük (a teljesség igénye nélkül VIGH 1961, KONDA 1988, FÖZY 1993 és REZESSY 1998), de a bánya szerkezeti jellemzőit mind-ezidáig részletesen nem írták le, holott a jól feltárt kőfejtő szerkezetgeológiája a Dunántúli-középhegység regionális szerkezetalakulásának megismerésében is érdekes eredményeket szolgáltat. Emellett a kőfejtőben néhány igen lát-

ványos deformációs jelenség is megfigyelhető, melyek kialakulásában kulcsfontosságú szerepe van az eltérő nyírószilárdsággal rendelkező képződményeknek.

A feltárás képződményei

A Tölgyháti-kőfejtő (1. ábra) egy teljes, medencefácius jura rétegsort tár fel (példaként FÜLÖP 1958). A felszínen előforduló legidősebb képződmény a késő-triász Dachsteini



1. ábra. A Tölgyháti-kőfejtő a Gerecseben

A keret számai EOVS-koordináták. A vastag fehér vonalak a 2. és 3. ábra térképi nézetét mutatják; a vékony fehér vonalak az ábrákon bemutatott vetők képei. A földtani térkép ALBERT et al. (2002) és GYALOG et al. (2004) alapján. Jelek: 1 – a Tölgyháti-kőfejtő helye; 2 – vető általában; 3 – Tokodi Formáció (középső-eocén); 4 – Csolnoki Formáció (középső-eocén); 5 – Lábatlani Homokkő Formáció (hauterivi-apti); 6 – Berseki Márga Formáció (valangini-hauterivi); 7 – középső és késő-jura; 8 – jura általában; 9 – Dachsteini Mészko Formáció (nori-rhaeti)

Figure 1. The location of Tölgyhát Quarry in Gerecse Mts, Transdanubian Range, Hungary

Numbers indicate coordinates in Hungarian EOVS coordinate system. Thick lines show the contour of outcrops on Figure 2 and Figure 3; thin lines indicate minor faults. The geological map based on ALBERT et al. (2002) and GYALOG et al. (2004). Symbols: 1 – location of Tölgyhát quarry; 2 – fault; 3 – Tokod Formation (Middle Eocene); 4 – Csolnok Formation (Middle Eocene); 5 – Lábatlan Sandstone Formation (Hauterivian-Aptian); 6 – Bersek Marl Formation (Valanginian-Hauterivian); 7 – Middle and Late Jurassic; 8 – Jurassic not detailed; 9 – Dachstein Limestone Formation (Norian-Rhaetian)

Mészko. Erre mérhető szögdiszkordancia nélkül, ám üledékhezaggal települ a hettangi–sinemuri korú (VIGH 1961, DULAI 1998), pados megjelenésű, testszínű vagy fakó-szürke, bioklasztos mudstone – biomikrites wackestone szövetű Pisznicei Mészko (2. ábra; CSÁSZÁR et al. 1998); a képződmény vastagsága kb. 15 méter. Fölötte pár méter vastagságban jól rétegzett, leggyakrabban biomikrites wackestone–packstone szövetű vörös mészko található, melyet a Törökbükki Mészkoval azonosíthatunk (2. ábra; CSÁSZÁR et al. 1998). A Törökbükki Mészko 10–40 centiméter vastagságban agyag települ, melynek — nyugodt települési viszonyok közt — az alja uralkodóan barnássárga, míg felsőbb része sötétszürke színű. Ennek a helyenként mangánérc-gumókat is tartalmazó, a toarci anoxikus eseményhez kapcsolható agyagos képződménynek (Úrkúti Mangánérc Formáció sensu KONDA 1988 és CSÁSZÁR et al. 1998) a bővebb leírását később adjuk meg.

A toarci agyagra kb. 2 méter vastagságban vékonyréteges, vörös, gumós, agyagos márga, mészma, helyenként agyagos mészko, az alsó- és középső-toarci (KONDA 1988, VÖRÖS & GALÁCS 1998) Kisgerecsei Márga települ (2. ábra), amely litológiai jellegeiből adódóan a toarci agyag-

nál nagyobb nyírószilárdságú, de a rideg mészkoeknél képlékenyebb anyagként képes deformálódni. A Kisgerecsei Márgára éles határral települ a Tölgyháti Mészko (2. ábra). Az itteni típusfeltárásában mintegy 13 méter vastagságban feltárt képződmény vörös, agyagközös, leggyakrabban gumós megjelenésű mészko (KONDA 1988, CSÁSZÁR et al. 1998), rendkívül gazdag ammoniteszfaunával. Fedője a Lókúti Radolarit, amely 2–3 m vastag, barnászöld, vékonypados, radiolariás tűzkő (DOSZTÁLY 1998); ezt az „oxfordi mészko” fedi (CECCA et al. 1993, FÓZY 1993), ami a Pálhálási Formáció része.

Szerkezeti megfigyelések

A Tölgyháti-kőfejtő klasszikus, jól dokumentált keleti részén lévő feltárás (1., 2. ábra) számos érdekes szerkezetgeológiai jelenséget rejt. Legelsőként talán a jura képződményeket — a Törökbükki Mészko, a toarci agyagot, a Kisgerecsei Márgát és a Tölgyháti Mészko — elnyíró normálvető tűnik szembe. Ezt a szerkezetet eddig többen is észlelték, és a szelvényeiken, a feltáráisleírásaikban doku-

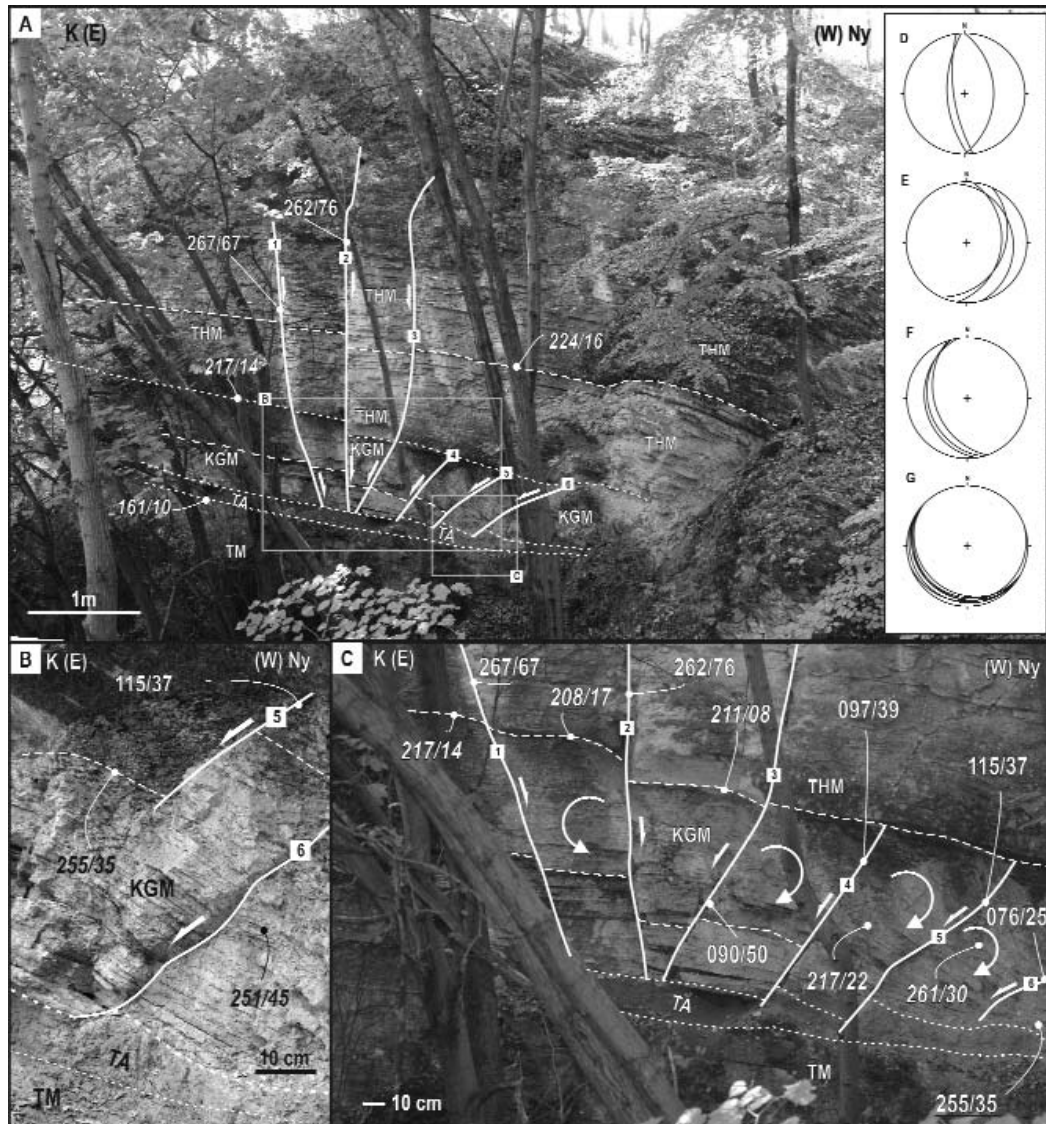


2. ábra. A Tölgyhát-kőfejtő keleti feltárása

A fehér háttérre lévő egyedi számok a vetők sorszáma, az összetettek a 4. ábrán bemutatott vetőkarok mérési helyeire utalnak. Az álló fehér számok vetősíkok, a dőlték rétegdőlések értékeinek átlagai; a vonalak a mérési pontokra mutatnak. A fehér nyílak a mozgás és nyírás irányát tüntetik fel. A vastag fehér vonalak töréseket, a vékonyabb pontozottak képződményhatárokat mutatnak. Az F ábra a sorszámozott vetők vetületi képét, a G ábra az általános rétegdölést, a H ábra pedig a 3. és 4., illetve 4. és 5. vető közötti átlagos rétegdölést mutatja Schmidt-félgömbön, alsó vetítéssel. A szürke keretek a B-E részabrák helyét mutatják. A PM, TM, TA, KGM, THM és LR rendre a Pisznicei Mész, Törökösárok Limestone, Toarcian agyag, Kisgeresei Márga, Tölgyhát Mész és Lókúti Radiolarit Formációk rövidítései

Figure 2. The eastern outcrop of Tölgyhát Quarry

Single black numbers on white background show the number of fault; numbers separated with slash indicate striae measurement locations referring to the Figure 4. Normal and italic white numbers refers to the average dip direction and dip of faults and beddings, respectively. White arrows show the direction of movement and shear. Thick white and thin dotted lines show faults and formation boundaries. Insert F, G and H shows the stereographic projection drawn on Schmidt net, lower hemisphere of numbered faults, the general bedding measured in outcrop and the bedding between faults no. 3-4 and 4-5, respectively. Grey borders indicates the inserts B-E. Abbreviations PM, TM, TA, KGM, THM and LR refer to Pisznicei Mész, Törökösárok Limestone, Toarcian clay, Kisgeresei Marl, Tölgyhát Limestone and Lókúti Radiolarite Formations, respectively



3. ábra. A Tölgyháti-kőfejtő nyugati feltárása

A fehér háttérben lévő egyedi számok a vetők sorszáma, az összetettek a 4. ábrán bemutatott vetőkarcok mérési helyeire utalnak. Az álló fehér számok síkok, a dőlt fehér számok rétegdőlések értékeinek átlagai; a vonalak a mérési pontokra mutatnak. A fehér nyilak a mozgás és nyírás irányát tüntetik fel. A vastag fehér vonalak töréseket, a vékonyabb pontozottak képződményhatárokat mutatnak. A fehér szaggatott vonal referencia-réteget mutat. A D és E ábra az 1–3, illetve 3–6. számú vetők képét, az F ábra a 3–6. vetők közötti rétegdőlést, a G ábra pedig az általános rétegdőlést mutatja Schmidt-félgömbön, alsó vetítéssel. A szürke keretek a B és C részabrák helyei. A PM, TM, TA, KGM és THM rendre a Piszncei Mészko, Törökbüki Mészko, toarci agyag, Kisgerecsei Márga és Tölgyháti Mészko Formációk rövidítései

Figure 3. The eastern outcrop of Tölgyhát Quarry

Single black numbers on white background show the number of fault; numbers separated with slash indicate striae measurement locations referring to the Figure 4. Normal and italic white numbers refer to the average value of dip direction and dip of faults and beddings, respectively. Scattered lines show reference horizons. White arrows show the direction of movement and shear. Thick white and thin dotted lines show faults and formation boundaries. Insert D and E show the stereographic projection of faults 1–3 and 3–6 respectively; insert F and G indicates the bedding between faults 3–6 and the general bedding; all stereoplots use Schmidt-net, lower hemisphere. Grey borders refer the inserts B and C. Abbreviations PM, TM, TA, KGM and THM refer to Pisznice Limestone, Tűzkövesárók Limestone, Toarcian clay, Kisgerecse Marl and Tölgyhát Limestone Formations, respectively

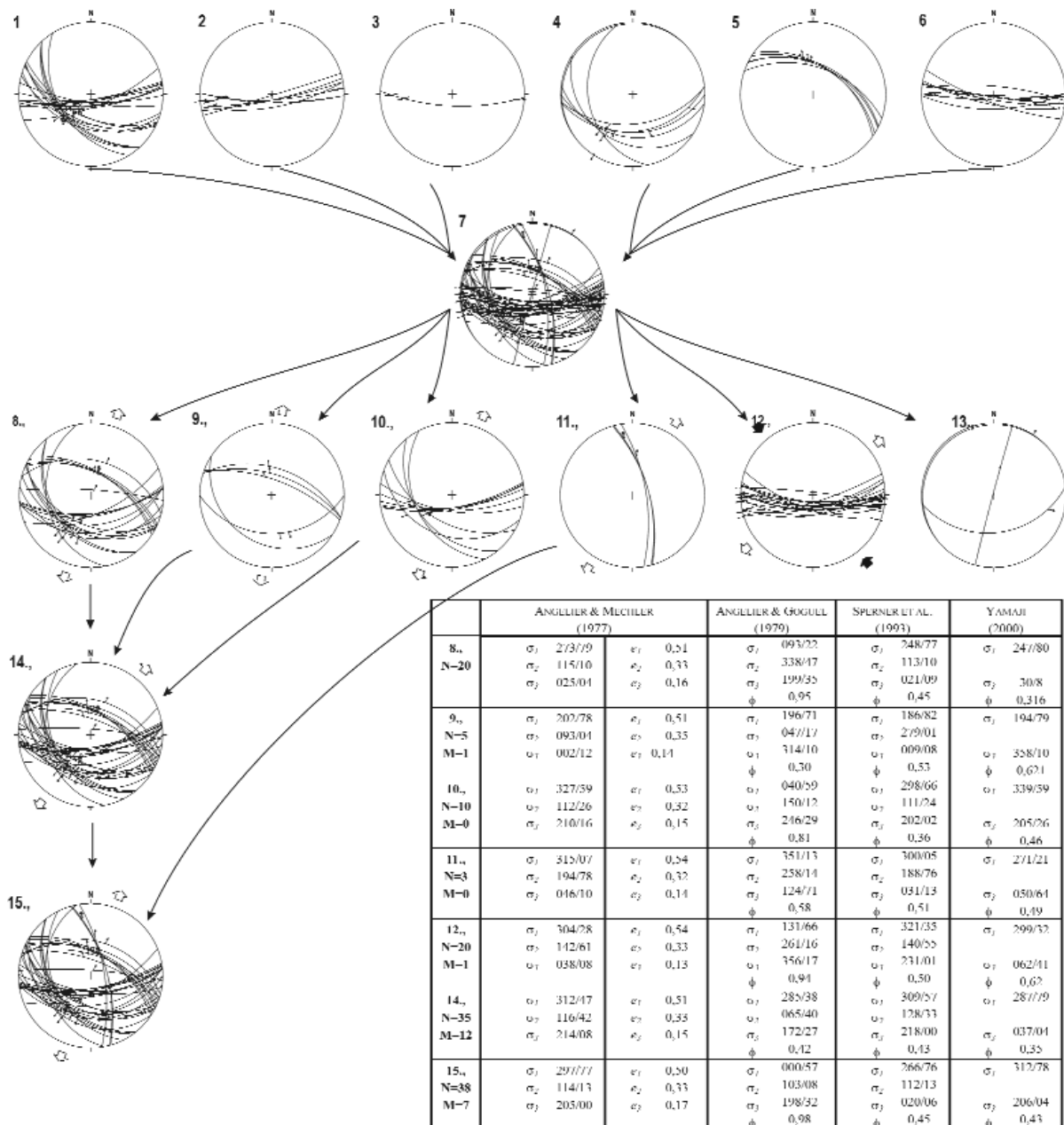
mentálták is (a teljesség igénye nélkül VIGH 1961, FÜLÖP 1971, KONDA 1988, illetve kéziratos formában CZAUNER et al. 2006, BOTFALVAI et al. 2007), azonban a szerkezet leírását és kialakulásának mechanizmusát nem ismertették; jelen dolgozat ezt a hiányt hivatott pótolni.

Munkánk során a feltáráásban megfigyelhető szerkezetek értelmezését és a működés megértését elősegítendő méréseket végeztünk. A dokumentált mindösszesen 153 rétegdőlés- és vetősíkadatot — amennyiben lehetséges volt, úgy azok átlagolása során — megfelelően csoportosítva a feltárásrészletek

ábráin (2., 3. ábra), a vetőkarcokat pedig feldolgozásuk később ismertetésre kerülő folyamatával együtt az 4. ábrán mutatjuk be. A nyugati feltárásrészlet vetőit a könnyebb magyarázat kedvéért a 2. és 3. ábrán számozással is elláttuk.

A keleti feltáráás

A leglátványosabb, elsőként akár laikus számára is szembeötlő szerkezetet az észak-déli csapású fallal szembefordulva, a Tölgyháti-kőfejtő keleti oldalán (1., 2. ábra), a gumós



4. ábra. A Tölglyhát-kőfejtőben talált vetőkarc-csoportok Schmidt-félgömbön, alsó vetítés

A fekete és fehér nyílak a maximális és minimális horizontális főfeszültség irányai. További magyarázat a szövegben. N: adatok száma, M: a feszültségtérbe 20 foknyival nagyobb hibával illeszkedő karcok száma

Figure 4. Fault slip datasets from the Tölglyhát Quarry on Schmidt net, lower hemisphere

Black and white arrows shows the maximal and minimal horizontal stress directions, respectively. Detailed explanation in text. N: number of striaes shown on stereonet; M: number of striaes with more than 20 degree misfit to stress axes

megjelenésű, hullámos réteghatárokkal bíró Kisgeregsei Márgában láthatjuk. Itt két, egymással párhuzamos vetős felület (2B, 2C és 2D ábra, 1. és 2. normálvetők) figyelhető meg. Vetőkarcokat egy helyen észleltünk a csúszási síkon (2A, 4/1. és 4/2. ábra); az észlelt karcokat jelleg szerint elkülönítve mutatjuk be. A feltárásban megállapítható volt, hogy a normális jellegű karcok felülírják a jobbos oldalelmozdulásokat.

A mozgás jellegét a kettős vetősíktól északra (balra) elhelyezkedő rétegek lefelé görbülése is kiválóan mutatja. Szintén hasonló módon déli irányba lefelé görbülő, avagy kibillentett, elnyírt rétegcsomagokat lehet felismerni a két

vető közötti mintegy 20-40 centiméteres távon. Figyelemreméltó, hogy a Kisgeregsei Márga két vető közötti tömbjei teljesen összetöredeztek és szétnyíródtak. Ennek a vetőpárnak a folytatása lejjebb nem észlelhető (2. ábra), a síkok a Törökbükki Mészke rétegeit már biztosan nem metszik itt át; felfelé a feltárás legtetetejéig látható a vetőpár, de megközelíteni már nem lehet. Mindenképpen figyelmet érdemel — és a szerkezet értelmezése során is jelentőséget kap — a két normálvető igencsak meredek volta.

A normálvetők folytatása kicsit odébb, déli irányban mintegy öt méterre található meg; ez a vetőszakasz már met-

szi a toarci agyag alatti idősebb képződményeket, azaz a Törökbükki Mészövet és Pisznicei Mészövet is. Ismételtelen nem egy önálló, hanem két, egymással párhuzamos vetővel állunk szemben (2. ábra, 6. és 7. vetők). Immár a teljes elvetés mértéke is becsülhető lesz: ez nagyjából 1,5–2 méterre tehető. A két párhuzamosan futó vető között a Kisgercei Márga elnyírt, deformált, elvonszolt rétegei-blokkjai ismerhetők csak fel, a toarci agyag nem jelenik meg. A feltárás képét alaposabban szemügyre véve megállapítható, hogy a 2. ábra 6. vetője nem csak az idősebb, hanem a Kisgercei Márgánál fiatalabb képződményeket is mintegy fél méternyit elveti. A 7. vető alsóbb részén három jobbos jellegű vetőkarcot (2A, 2B és 4/3. ábra), a felsőbb, kevésbé meredek szakaszán viszont normális elmozdulást mutató karcokat észleltünk (2A, 2B és 4/4. ábra).

Figyelmet érdemel, hogy a feltárás legképlekenyebb anyagaként viselkedő toarci márga és a kis nyírószilárdságú Kisgercei Márga vastagságában jelentős változékonyság figyelhető meg. A szerkezetileg leginkább igénybevettnek tűnő részen (2. ábra, 2. és 6. normálvető közötti szakasz) a toarci agyag gyakorlatilag nem jelenik meg, a Kisgercei Márga vastagsága is jelentősen csökken. A márga rétegzettsége helyenként teljesen el is tűnik és csak az egymást követő meszebb gumók sejtetik az eredeti rétegdőlést.

A fentebb említett meredek normálvetőkön kívül laposabb szögű, az előbbi vetőkhöz képest ellentétes elvetésű elemek is azonosíthatók a Tölgyhíti Mésző viszonylag épen maradt részein (2B, 2D és 2E ábra, 3., 4. és 5. vetők); a síkon az elmozdulás jellegét mutató normálvetős karcokat észleltünk (2A, 2B, 2D és 4/5. ábra). Fontos hangsúlyozni, hogy — pl. a 2B és 2E ábra 4. és 5. vetője között — az általánostól jelentősen eltérő délnyugatis rétegdőlést tapasztalunk. Ez az észlelés mintegy megelőlegezi a lapos szögű normálvetők jelenléte és a rétegdőlésben tettenérhető változás közötti kapcsolatot.

A nyugati feltárás

A Tölgyhíti-kőfejtő nyugati, kevésbé ismert feltárásában (1. és 3. ábra) szintén figyelemreméltó szerkezetgeológiai jelenségeket találhatunk. A déli oldalon lévő fallal szembeállva rögtön szemünkbe ötlő három meredek dőlésű, ám alsóbb részén egyre enyhébben dőlő síkszerű elem (3A és 3C ábra, 1., 2. és 3. síkok, továbbá 3D ábra), melyek a Tölgyhíti Mésző Formáció legalsó rétegeit jól láthatóan elvetve még a Kisgercei Márgába, valamint a toarci agyag tetejébe is behatolnak, azonban az agyagot nem metszik át és a fekü Törökbükki Mészőben sem észlelhetők. A síkszerű elemek felsőbb része inkább húzásos közetrésnek mondható; elvetés nem volt észlelhető a síkhoz kapcsoltnak. A jól láthatóan elvetést okozó vetők felfelé haladva szépseprűződnek, megjelenésükben egyre inkább közetrés jelleget öltenek, majd a Tölgyhíti Mésző magasabb részén elhalnak.

A Tölgyhíti Mésző rétegei nyugat felé (jobbra) meredeken, redőszerűen megdőbülnek (3A ábra), míg ez a jelenség például a feltárás alsó részét alkotó Törökbükki Mészőben nem érhető tetten. Sajnos a rétegzés nyugati

folytatását törmelék fedi, így csak öt méterrel odébb, egy kis foltnak jelennek meg újra a Tölgyhíti Mésző rétegei; a képződmény immár ellentétes, keleties dőlésű, és rétegei szintén redőszerűen görbültek.

Figyelmet érdemel a normálvetők dőlésiránya és a vetők mentén tapasztalható elvetés iránya is. A feltárásrészlet keleti oldalán található vetők (3A és 3C ábra, 1. és 2. vetők) esetén a síkok dőlése nyugatis, és mint a 3A és 3C ábrákon tisztán látható, a felület nyugati oldalán lévő közettest van levetett pozícióban. Nyugat felé haladva megfigyelhető, hogy a többi normálvető (3A és 3C ábra, 3., 4., 5. és 6. vetők, továbbá 3E ábra) esetén a sík dőlése keleties, és ezzel összhangban a keleti oldalon lévő közettest van levetve. A leginkább levetett helyzetben a 3A és 3C ábrán látható 2. és 3. vetők közötti blokk van.

További látványos jelenséget fedezhetünk fel a Kisgercei Márgában és a toarci agyagban. Jól látható, hogy keletről nyugat felé haladva a Kisgercei Márga tömbjei egyre laposabb síkok mentén érintkeznek egymással, emiatt rétegzésük következetesen egyre meredekebbé válik (3C és 3F ábra — a kezdeti 217/14-es rétegdőlés meredeksége 255/35-re nő). A Kisgercei Márga blokkjainak keleti (bal) oldalán a toarci agyag rétegei kivastagodnak, ezzel ellentétben a nyugati (jobb) oldalon akár teljesen hiányozhatnak is (vö. 3B, 3C ábra).

Az agyag és a márga vastagsága is a blokkok geometriájához köthetően változik. A feltárás keleti (bal) oldalán a toarci agyag vastagsága nagyjából 40–50 centiméter, nyugat felé haladva pedig általánosságban egyre vékonyabb lesz; a feltárt rész nyugati felére érve pár centiméteres vékonyságúra nyíródik ki. Hasonló viselkedést tapasztalhatunk a Kisgercei Márga esetén is, melynek enyhén vagy egyáltalán nem deformált részein világosabb hússzínű és határozottan rózsaszínes, gumós rétegek váltakozása észlelhető (3C ábra, pl. 1. és 2. vető között). Nyugat felé haladva a kiforgó blokkok alján a legalsó rétegcsoport már csak helyel-között, általában elnyírva ismerhető fel (3B és 3C ábra 5. és 6. vetője között), míg a maradék három rétegcsoport szinte tökéletesen észlelhető.

A tárgyalandó deformációkhoz ugyan nem kapcsolódik szorosan a kőfejtő északnyugati felében található kitűnően feltárt fal (1. ábra), melynek oldalát több négyzetméteren vastag jobbos jellegű karcok fedik (4/6. ábra), de mégis érdemes megemlíteni, mert az elmozdulások korának meghatározásában ezek jelentős szerepet kaptak.

A toarci agyag szerepe

A Tölgyhíti-kőfejtő a klasszikus toarci agyag (Úrkúti Mangánérc Formáció) egyetlen, Gerecsében ismert előfordulási helye (CSÁSZÁR et al. 1998, KONDA 1988); térképezhető méretben pedig csak a Bakonyban jelenik meg. A képződmény vastagsága a deciméteres nagyságrendbe tartozik, a Tölgyhíti-kőfejtőben a 40 centimétert sem igazán haladja meg. A képződmény a kőfejtő mindkét leírt feltárásában két részre osztható: egy jól elkülöníthető, feketés, sötétszürkés

vagy kékes színű, agyagos, helyenként mangángumókat is tartalmazó felsőbb, és egy rétegtanilag idősebb, vastagabb, sárgás-okkerszínű, szintén agyagos alsó részre. E két rész érintkezése igen jól hangsúlyozza a képződményben lévő deformációs bélyegeket. Mindkét tag szerkezeti erősen igénybevett; helyenként megfigyelhető, hogy a fekü- és fedőrétegek közül teljesen kinyíródik. Esetenként a feltárásban észlelhető vastagsága egy méteren belül is drasztikusan változhat: ez a változás mindig valamilyen, a környező kőzetben megjelenő töréses szerkezethez köthetően jelenik meg. A képződmény anyagi minőségét és az észlelt szerkezetekhez való kapcsolatát szem előtt tartva belátható, hogy a toarci agyag remek nyírózónaként működik.

Szerkezeti értelmezés

A keleti feltárás

A keleti feltárás szerkezeti magyarázatának legfontosabb elemeit a képlékeny toarci agyagon átlépő, függőlegeshez közeli normálvetők adják; az egyik félvetőn létrejövő deformáció jórészt a toarci agyagon, továbbá a kis nyírószilárdságú Kisgerecsei Márga Formáción keresztül adódik át a másik félvetőre. A dolgozatunkban ismertetett modell hasonló a HAMBLIN (1965) és HOBBS et al. (1976) eredményét felhasználó RYKKELID & FOSSEN (2002) által közölt modellhez. A deformációs folyamatot a könnyebb érthetőség kedvéért lépésekre bontva ismertetjük, annak tudatában, hogy ezek a szerkezeti lépések javarészt egyszerre valósultak meg.

0. A feltárásban (5A ábra) észlelt normálvetők meredek volta, a rajtuk észlelt jobbos oldalelmozdulásos jellegű vetőkarcok, ezeknek a normál jellegű karcokhoz való viszonya és a később tárgyalásra kerülő vetőkinematikai és vetődinamikai értelmezés oldalelmozdulásos (5B ábra) preformált-ságot sejtetnek; később ezen síkok reaktiválódhattak normálvetőként.

1. A normális elmozdulás során a két félvető a nagy nyírószilárdságú mészkőben (Pisznicei, Törökbükki és Tölgyhát Mészkő Formációk) töréses, a kisebb nyírószilárdságú képződményekben — azok reológiai tulajdonságai okán — képlékeny szerkezetalakulást idéz elő. A toarci agyag képlékeny deformációja — figyelembe véve, hogy széthúzásról van szó — jelen esetben annak jól látható kivékonyodását, esetlegesen teljes kinyíródását jelenti (5C ábra).

2. A kis nyírószilárdságú Kisgerecsei Márga Formáció is javarészt képlékenyen viselkedve veszi fel a deformációt. A toarci agyag és a márga reológiájának különbségére utal, hogy a márga már távolról sem vékonyodik ki annyira, mint az agyag, bár vastagságának csökkenése ténylegesen tetten érhető.

3. A normálvető működése közben a deformáció egy része áttevődött az elvetett blokk fél-

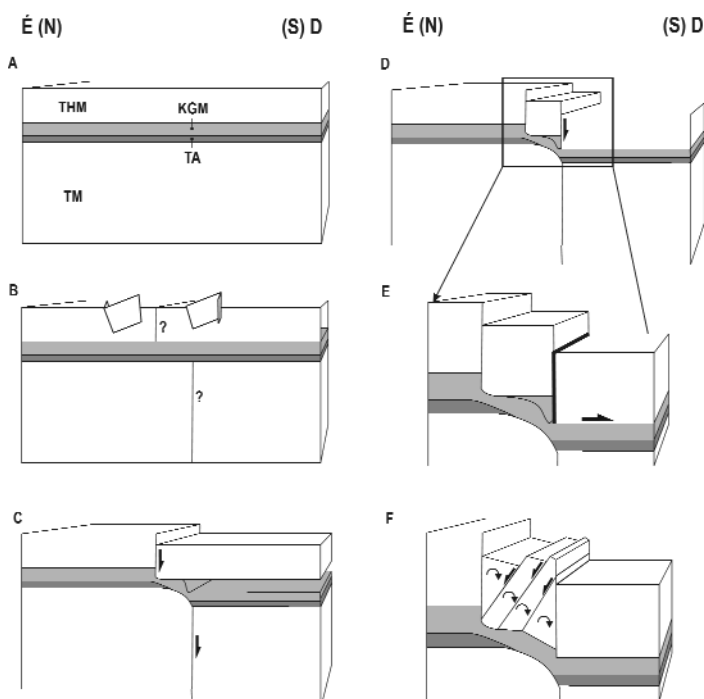
vetője feletti részre, ezáltal a félvető felfelé harapózását okozva (5D ábra).

4. A normálvető működése során — minden bizonnyal az elvetett szárny déli irányba történő elmozdulása-elcsúszása (5F ábra) okán — új alakul ki. Ennek megoldása lehet a meredek normálvetőkhöz képest antitetikus, helyenként igen laposszögű normálvetők kialakulása (5G ábra). Ezek egyrészt a szintetikus és antitetikus vetők (2B, 2D és 2E ábra, rendre 2. és 3. vetők) által kontrollált blokk lezökkenését okozzák, másrészt az antitetikus vetők (2B, 2D ábra, 4. és 5. síkok) közötti testek normális irányú kiforgását okozzák.

A nyugati feltárás

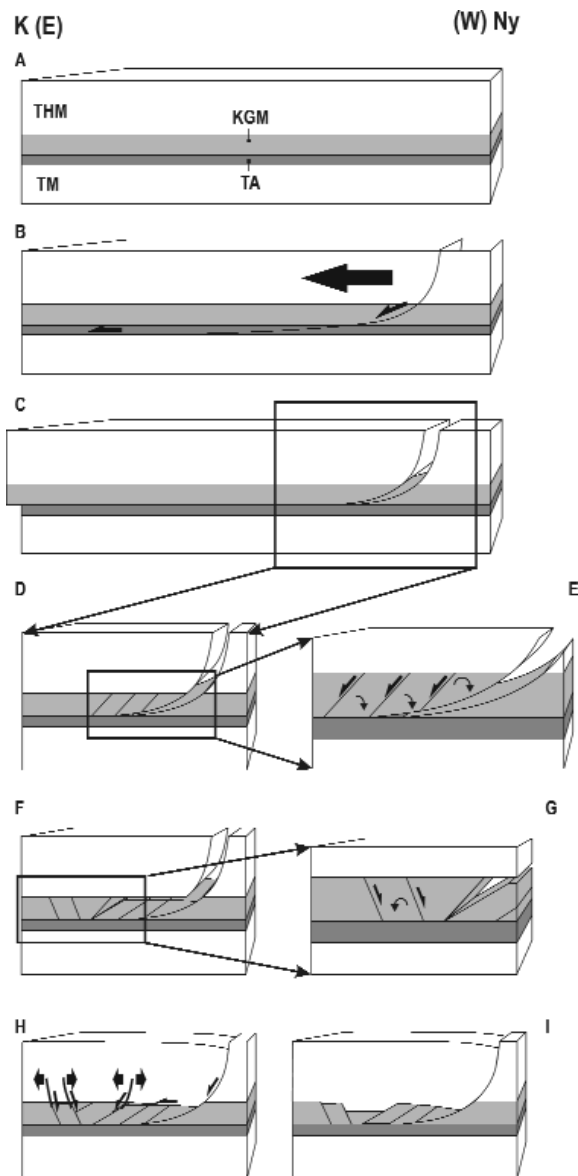
A nyugati feltárás szerkezeti értelmezésének kulcsa a Kisgerecsei Márga forgó blokkjaiban, illetve ezek geometriájában keresendő; ezen a nyomon elindulva találhatunk rá LOVERING (1928) és WERNICKE & BURCHFIEL (1982) modelljeire.

A fentebbiekből levezethető modell alapvető elemét egy lisztikus normálvető adja, mely egy képlékeny és egy nagy nyírószilárdságú kőzet határát elérve áttevődik a képződményhatárra; jelen esetben ez a toarci agyag és a Törökbükki Mészkő Formáció határa. Az elvetett blokk húzás hatására bekövetkező keleties mozgása során új alakul ki a fennmaradt és a levett szárny között, mely helyprobléma kezelése egy több elemből álló folyamat során történik meg. A továbbiakban ezt diszkrét fázisokra



5. ábra. A Tölgyhát-kőfejtő keleti feltárásában található szerkezet kialakulásának nem méretarányos modellje
Magyarázat a szövegben

Figure 5. Deformation model of eastern outcrop in Tölgyhát Quarry; not to scale
More explanation in text



6. ábra. A Tölgyhíti-kőfejtő nyugati feltárásában található szerkezet kialakulásának nem méretarányos modellje
Magyarázat a szövegben

Figure 6. Deformation model of western outcrop in Tölgyhát Quarry; not to scale

More explanation in text

bontva kerülnek ismertetésre, tudván azt, hogy a lentebbi önálló lépések egymással gyakorlatilag egy időben játszódtak le.

1. A szerkezetalakulás első lépéseként a feltárásban található rétegsornak (6A ábra) a toarci agyag feletti része egy lisztikus vető által elvetve keletre (balra) mozdult el (6B ábra); ennek során új alakult ki a normál és az elvetett blokk között (6C ábra). Maga a normálvető a jelenlegi feltártság mellett nem észlelhető; meredekebb szakaszát jelenleg törmelék fedi, geometriája csupán sejtethető.

2. A helyprobléma kezelése során a levetett tömb képlékeny és töréses belső deformációt szenved. Ennek során a levetett szárny egy része — ez a kisebb nyírószilárdságú

Kisgercei Márga — blokkokra tagolódott (6D ábra), mely blokkok a toarci agyagot képlékenyen deformálva elforgottak (6E ábra); ennek értelmében a blokkok „oldalait” alkotó síkok a lisztikus normálvetőhöz képest *forgó szintetikus normálvetők*nek tekinthetők. Maguk a blokkok is nyírást szenvednek, ennek során a normális szárny felé közeledve megfigyelhető a azok aljának egyre jelentősebb lenyírása. A testek elforgásával egyidőben új keletkezett; ide préselődött be a lenyírt agyag egy része (vö. 3B ábra).

3. A normális szárny felé közeledve egyre nagyobb új vár kitöltésre (legtöbb hely a normális szárnyhoz legközelebbi blokk számára áll rendelkezésre); ez összhangban van azzal a megfigyeléssel, hogy a normális szárnyhoz legközelebbi blokk szenvedte a legnagyobb elforgást.

4. A blokkok kiforgása során a legkeletibb elforgó tömb és a még deformálatlan Kisgercei Márga köztestje között újabb helyprobléma alakul ki (6F ábra). Ennek az úrnak a betöltése — az előzőekben bemutatottakhoz képest — antitetikus normálvetők mentén történő mozgással oldható meg (6G ábra). Ez a lépés minden bizonnyal kapcsolatban van annak a három meredek síknak a kialakulásával (3A és 3C ábra, 1., 2. és 3. vetők), amelyek a Tölgyhíti Mészko alsó szakaszán normálvetőként, fentebb pedig húzásos közetrésként viselkednek; kialakulásuk összefüggésben lehet a fentebb említett helyproblémával (6H ábra).

5. Figyelembe véve, hogy a talpi szárnyhoz legközelebbi (legnyugatibb) blokk forgott a legtöbbet, továbbá szem előtt tartva, hogy szintén ezen blokkok aljából nyíródott le a legtöbb anyag, belátható, hogy a Kisgercei Márga vertikális vastagsága a deformálatlan köztesttől a talpi szárny irányába (keletről nyugatra) haladva folyamatosan csökken, így képlékenyebb Kisgercei Márga és a nagyobb nyírószilárdságú Tölgyhíti Mészko Formációk határán újabb helyprobléma lép fel (6H ábra).

6. Ez a helyprobléma egy rágördülő (rollover) antiklinális kialakulásával oldható meg; e folyamat során is működésbe lépnek a Tölgyhíti Mészko-ban lévő meredek törések (3A és 3C ábra, 1., 2. és 3. vetők), immáron húzásos közetrésként (6H ábra).

7. A rágördülő antiklinális kialakulása során nyírást jön létre a kisebb nyírószilárdságú Kisgercei Márga és a nagy nyírószilárdsággal rendelkező Tölgyhíti Mészko Formáció között; a nyírási iránya — pusztán geometriai megfontolások okán — keleties vergenciájú (vö. 6H ábra). Könnyen belátható, hogy a nyírási mértéke — a rágördülő antiklinális rétegeiben lejátszódó deformáció mértékével összhangban — a normál szárny felé egyre növekszik; ez a folyamat szintén közrejátszik a Kisgercei Márga blokkjainak kiforgásában.

8. Minél jelentősebb a nyírást, annál jobban elfordulnak a blokkok — olyannyira, hogy WERNICKE & BURCHFIELD (1982) szerint az elmozdulás, azaz összességében az elvetés mértéke a nyírósíkok, valamint az elfordulás szöge alapján meg is becsülhető. Ez az egyes tömbökre (kelet felől nyugatra haladva) azok eredeti szélességének rendre 0, 3, 5, 15 és 30 százaléka; összességében az elvetés a méternyi nagyságrendbe tehető.

Vetőkinematika, vetődinamika, működési kor

A feltárás szerkezeti jelenségeinek bemutatását és értelmezése nem lehet teljes a szerkezetalakító lépések korának megismerése nélkül. Az alábbiakban az észlelt mozgások — oldalelmozdulások és normálvetők — feltételezett dinamikáját, működési sorrendjét és korát ismertetjük. Sajnálatos módon a terület feltártsági viszonyai, valamint a nagyszámú fiatal szerkezetalakító fázis (vö. BADA 1994, BADA et al. 1996, FODOR et al. 1999, MÁRTON & FODOR 2003, illetve összefoglalóan SASVÁRI 2008) felülbélyegző hatása nem tette lehetővé a fenti módszerek alkalmazását. Az észlelt elmozdulások korának meghatározása — mint a Gerecse kiemelt részein általában — csak a Dunántúli-középhegység egyéb részeiből származó észlelések figyelembe vételével volt lehetséges.

A vetőkarcok inverziója

A feltárásban összesen 61 darab vetőkarcot észleltünk (4/7. ábra); ezek között a szerkezetalakulás rekonstrukciója szempontjából említendő egymást felülrő karcok is találhatóak (lásd később). A lentebb bemutatott adatfeldolgozást elvégeztük mind a rétegdőlésekkel (2G és 3G ábra) vissza-billentett, mind a korrigálatlan adatokra is; mivel a kapott végeredményekben érdemi eltérést nem tapasztaltunk, így csak a rétegdőléssel vissza-billentett vetőkarcokat mutatjuk be.

Az adatok kis száma miatt a legbiztosabb kézi leválogatás módszerével bontottuk szét a teljes Tölgyhíti-kőfejtő területén mért vetőkarcereget. Ennek során elsőként négy normálvetős, egy oldalelmozdulásos és egy, a többibe nem illeszkedő vetőkarcsoportot alakítottunk ki (4/8., 4/9., 4/10., 4/11., 4/12. és 4/13. ábra). Megpróbálkoztunk a normálvetők többféle csoportosításával is; az észak-északnyugati-dél-délkeleti irányú karcokat például különválasztottuk az észak-északkelet-dél-délnyugatiaktól, azonban több különböző kombináció esetén is egymáshoz viszonylag közeli tengelyirányokat eredményezett (vö. az 4/8. és 4/9. ábrán bemutatott karcsoport húzási irányait). Az inverziós eljárások végrehajtása (lásd később) során egyesítettük az 4/8-as, 4/9 és 4/10-es vetőkarcsoportokat (vö. 4/14. ábra), valamint a az 4/11-es és 4/14-es csoportok kombinációját is elvégeztük (vö. 4/15. ábra).

A vetőkarcok inverzióját négy módon:

- ANGELIER & MECHLER (1977) szerint,
- ANGELIER & GOGUEL (1979) szerint,
- a SPERNER et al. (1993) munkáján alapuló ORTNER et al. (2002) szerint, valamint
- YAMAJI (2000) nyomán végeztük el.

Megjegyzendő, hogy a programok zárt forráskódúak, csak az ORTNER et al. (2002) által felhasznált és eredetileg SPERNER et al. (1993) dolgozatában bemutatott forráskód ismert. Az 4. ábrán található táblázatban foglaltuk össze a maximális, minimális és köztes főfeszültségek irányait, valamint a BISHOP (1966) szerint vett redukált főfeszültségek értékeit.

A vetőkinematika értelmezése során a SPERNER et al. (1993) eljárása alapján kapott rövidülési és tágulási irányokat fogadtuk el; a többi eljárás által adott végeredmény és a szemrevételezés alapján várható megoldás között időnként jelentős eltérések voltak. Erre példa az 4/8. ábrán látható vetőkarcsoport inverziója ANGELIER & GOGUEL (1979) és SPERNER et al. (1993) szerint, továbbá az 4/10. ábrán bemutatott vetőkarcsoport inverziója SPERNER et al. (1993) és YAMAJI (2000) szerint. Egyes eljárások időnként indokolatlanul ferde feszültségi tengelyeket adtak eredményül; erre példa az 4/8. ábrán szereplő vetőkarcsoport inverziója ANGELIER & GOGUEL (1979), valamint SPERNER et al. (1993) szerint, továbbá az 4/12. ábrán közölt vetőkarcsoport inverziója SPERNER et al. (1993) és YAMAJI (2000) szerint.

A vetőkarcos adatok feldolgozása során összesen két jól elkülönülő feszültségeteret azonosítottunk: egy északnyugat-délkeleti irányú összenyomással jellemezhető oldalelmozdulásos, továbbá egy megközelítőleg északkelet-délnyugati széthúzásos extenziós feszültségeteret. A terepmunka során azt találtuk, hogy az oldalelmozdulásos karcokat (4/2. ábra) felülríják a normális karcok (pl. 4/1. ábra), egyben irányt mutatva a működési kor keresésében.

Oldalelmozdulások

A Tölgyhíti-kőfejtő északnyugati részén található feltárás (1. ábra) fala gyakorlatilag egyetlen nagy oldalelmozdulási felület, melyet sűrűn fednek jobbos oldalelmozdulást mutató karcok (4/6. ábra). Maga a sík nagyjából függőleges, csapása 90–270 és 100–280 fok közötti. A felületen kizárólag jobbos oldalelmozdulást mutató karcokat lehetett észlelni; a karcok csapásszöge legfeljebb 20 fok volt. A karcokat létrehozó feszültségeteret északnyugat-délkeleti összenyomás és erre merőleges húzás jellemzi (vö. 4/12. ábra). Hasonló oldalelmozdulást észleltünk a keleti feltárás egyik meredek normálvetőjénél is (2A ábra, 1. és 2. vetők, továbbá 4/2. ábra).

Az északnyugat-délkeleti összenyomással bíró oldalelmozdulásos feszültségetér a Gerecse területéről és a teljes Dunántúli-középhegységből is kiválóan ismert; a munkaterületre vonatkozóan — a teljesség igénye nélkül — BADA (1994) és MÁRTON & FODOR (2003), valamint összegezve SASVÁRI (2008) ismerteti. A feszültségetér működésének korát legpontosabban jelző szinszediment észlelések leírásai is rendelkezésre állnak: BADA et al. (1996), SZTANÓ & FODOR (1997), továbbá KERCSMÁR & FODOR 2005 és KERCSMÁR et al. 2006) dolgozatai mutatnak be üledék-képződéssel egykorú bizonyítékokat. A fenti munkák eredményeit összevetve megállapítható, hogy a jobbos oldalelmozdulások kora minimálisan a középső-eocén-későeggenburgira, lehető legtagabb értelemben pedig a kora-albai-kora-badeni periódusra tehető.

Sík normálvetők

A Tölgyhíti-kőfejtő sík normálvetőinek működése északkelet-délnyugati irányú táguláshoz köthető. Egymást

felülíró vetőkarcok (lásd fentebb) sugallják a megközelítőleg kelet-nyugati csapású jobbos jellegű oldalelmozdulások normálisan történő felújulását is. A felújult jobbos jellegű oldalelmozdulásokon kívül kiegészítő párban megjelenő új normálvetőket is találunk, ilyeneket mutat például az 4/8. ábra.

A feszültségtér működési korának megállapításában — a vetőkarcok felülírásán túl — KÖRPÁS et al. (2002), MÁRTON & FODOR (2003), BUDAI et al. (2005), KISS & FODOR (2007), SASVÁRI et al. (2007) és SASVÁRI (2008) eredményeire támaszkodhatunk: ezen munkák egybevetésével a feszültségtér működésének kora nagy valószínűséggel a *kárpáti–kora-badeni* időintervallumra tehető.

Lisztrikus normálvető

A nyugati feltárásban található lisztrikus normálvető — és a hozzá köthető szerkezetek — működésének korára vonatkozóan csak a szerkezetalakulási modellből (6. ábra) és az észlelt törések-normálvetők geometriájából (3D, 3E, 3F és 3G ábra) indulhatunk ki, mivel vetőkarcos adatok nem állnak rendelkezésre; ezek alapján kelet–nyugati tágu-lással (és nyugatról keletre történő elvetéssel) állunk szemben.

Kelet–nyugati irányú tágu-lással jellemezhető feszültségtér a Gerecse területéről BADA (1994) munkája mutat be; a Dunántúli-középhegység egyéb részeiből például BERGERAT et al. (1984), MÁRTON & FODOR (2003), valamint BUDAI et al. (2005) munkája ismerteti ilyen feszültségállapotot. Ugyanilyen főirányokkal bíró, ám oldalelmozdulások jellegű feszültségi viszonyokra mutat példát BERGERAT (1989), CSONTOS et al. (1991), BADA (1999), MÁRTON & FODOR (2003) és SASVÁRI et al. (2007) dolgozata. Tágu-lások jellegű, ám némileg eltérő főirányokkal bíró feszültségi viszonyokra pedig FODOR et al. (1994), BADA et al. (1996), továbbá KISS (1999) munkáiban találhatunk példákat.

Ezek egybevetésével, valamint SASVÁRI (2008) felhasználásával a lisztrikus normálvető működésének kora igen fiatal, leginkább a *késő-badeni–szarmata* intervallumra tehető, bár a fentebbi eredmények figyelembevételével nem zárhatjuk ki az ennél fiatalabb (*pannóniai* vagy akár *negyedidőszaki*) működés lehetőségét sem.

Következtetések

A feltárás szerkezeti fejlődésének első bemutatott lépését a kőfejtő északi és keleti feltárásaiban észlelt meredek síkok oldalelmozdulások működése jelzi; ennek kora — szem előtt tartva a vetőkinematikai-vetődinamikai fejezetben bemutatottakat — legnagyobb valószínűséggel a középső-eocén–ottnangira, legtagabb értelemben a korai-ottnangira tehető. Az oldalelmozdulások ottnanginál

fiatalabb működésével nem számolunk; addigra már a normálvetőkkel kontrollált szerkezetalakulás látszik valószínűnek.

Ezt a lépést követte — minden valószínűséggel egy transztenziós lépésen keresztül — az oldalelmozdulások síkjának észak–északkelet–dél–délnyugati tágu-láshoz köthető normális működése, mely a keleti feltárás *átlépő elvon-szolások vetők* által kontrollált szerkezetét eredményezte; ennek a fázisnak a kora minden bizonnyal a *kárpáti–kora-badeni* időintervallumra tehető.

Ennél a lépésnél fiatalabb a kőfejtő nyugati feltárásában található, *lisztrikus normálvető* által kontrollált fázis; ennek korára a késői-badeni–szarmata időintervallumot tartjuk valószínűnek, fenntartva az ennél fiatalabb működés lehetőségét is.

A jura rétegsor kőzeteinek reológiájában jelentős eltérések érhetők tetten: a toarci agyag igen kis nyírószilárdsága okán képlékeny deformációt szenved, a kis nyírószilárdságú Kisgerecsei Márga pedig mind képlékenyen, mind törésesen deformálódik. A feltárás többi, nagyobb nyírószilárdságú képződményében képlékeny alakváltozást nem ismerünk fel.

Modellt adtunk a Tölgyháti-kőfejtő keleti feltárásában észlelhető szerkezet kialakulására: ennek értelmében átlépő elvon-szolások vetők által kontrollált alakváltozással állunk szemben, mely szerkezetben a két félvető között a deformáció a képlékenyen viselkedő toarci agyagon és — kisebb részt — a Kisgerecsei Márgán tevődik át. A ridegebb kőzetek töréses, a kisebb nyírószilárdságú kőzetek képlékeny alakváltozást szenvedtek. A rideg deformáció egy lépése-ként antitetikus normálvetők által határolt blokkoknak az elvetett blokk felé irányuló *kiforgását* észleltük.

A nyugati feltárásrészlet modelljének alapját egy, a toarci agyagon lecsatolódo lisztrikus normálvető képezi. Ez utóbbi működése során — szintetikus és antitetikus — normálvetők által kontrollált *blokkrotációt*, mind pedig *rágördülő antiklinális* kialakulását lehetett dokumentálni.

Munkánk során kísérletet tettünk a keleti feltárásrészlet negatív virágszerkezetként történő magyarázatára is, azonban ezt a jelenlegi feltártsági viszonyok nem tették lehetővé — ennek értelmében ennek jelenlétét sem igazolni, sem kizárni nem állt módunkban.

Köszönetnyilvánítás

Mindezek az eredmények nem jelenhettek volna meg BAGOLYNÉ ÁRGYELÁN Gizella és SOMFAI Attila segítségével és hozzájárulása nélkül, feltétlen köszönet illeti mindannyiukat. A dolgozat lektorait — NÉMETH Norbertet és FODOR László Imrét — köszönet illeti szerteágazó és alapos munkájukért. A kézirat szövegeinek visszametszésére POCSAI Tamás tett kísérletet.

Irodalom — References

- ALBERT, G., BUDAI, T., CSILLAG, G., FODOR, L., GYALOG, L. & PEREGI, ZS. 2002: A Dunántúl-Észak terület fedetlen földtani térképe, 1:100'000. — *Kézirat*, MÁFI, MOL NyRt.
- ANGELIER, J. & GOGUEL, J. 1979: Sur une méthode simple de détermination des axes principaux des contraintes pour une population de failles. — *Comptes Rendues de l'Académie des Sciences, Paris* **288**, 307–310.
- ANGELIER, J. & MECHLER, P. 1977: Sur une méthode graphique de recherche des contraintes principales également utilisable en tectonique et en séismologie: la méthode des dièdres droits. — *Bull. Soc. Géol. France* **VII/19**, 1309–1318.
- BADA, G. 1994: A paleofeszültségtér fejlődése a Gerecse hegység és kelet-délkeleti előterének területén. — *Diplomadolgozat, kézirat*, ELTE Alkalmazott és Környezetföldtani Tanszék, 137 p.
- BADA, G. 1999: Cenozoic stress field evolution in the Pannonian Basin and surrounding orogens: inferences from kinematic indications and finite element modelling. — *Doktori dolgozat, kézirat*, Vrije Univ., Amsterdam, 204 p.
- BADA, G., FODOR, L., SZÉKELY, B. & TIMÁR, G. 1996: Tertiary brittle faulting and stress field evolution in the Gerecse Mountains, northern Hungary. — *Tectonophysics* **255**, 269–289.
- BERGERAT, F. 1989: From pull-apart to the rifting process: the formation of the Pannonian Basin. — *Tectonophysics* **157**, 271–280.
- BERGERAT, F., GEYSSANT, J. & LEPVRIER, C. 1984: Neotectonic outline of the Intra-Carpathian basin in Hungary. — *Acta Geologica Hungarica* **27/3–4**, 237–249.
- BISHOP, A. W. 1966: The strength of solids as engineering materials. — *Geotechnique* **16**, 91–130.
- BOTFALVAI, G., FÁBIÁN, P., KEMÉNY, B. & MOLNÁR, L. 2007: Gerecse terepgyakorlati jelentés. — *Kézirat*, ELTE Általános és Történeti Földtani Tanszék, 56 p.
- BUDAI, T., FODOR, L., CSILLAG, G. & PIROS, O. 2005: A Vértes délkeleti triász vonulatának rétegtani és szerkezeti felépítése. — *A MÁFI Évi Jelentése a 2004. évről*, 189–202.
- CECCA, F., FÖZY, I. & WIERZBOWSKI, A. 1993: Ammonites et paleoécologie: étude quantitative d'associations du Tithonian inférieur de la Tethys occidentale. — *Geobios* **15**, 39–48.
- CSÁSZÁR, G., GALÁCZ, A. & VÖRÖS, A. 1998: A gerecsei jura — fácieskérdések, alpi analógiák. — *Földtani Közlemények* **128/2–3**, 397–436.
- CSONTOS, L., TARI, G., BERGERAT, F. & FODOR, L. 1991: Evolution of the stress field in the Carpatho-Pannonian area during the Neogene. — *Tectonophysics* **199**, 73–91.
- CZAUNER, B., KISS, B., OROSZ, E. & SÁGI, T. 2006: Terepgyakorlati jelentés. — *Kézirat*, ELTE Általános és Történeti Földtani Tanszék, 66 p.
- DOSZTÁLY, L. 1998: Jura radiaritok a Dunántúli-középhegységben. — *Földtani Közlemények* **128/2–3**, 273–296.
- DULAI, A. 1998: A Pisznicei Mészakő hettangi és kora-sinemuri (alsó-jura) brachiopoda faunája a Keleti-Gerecsében és a tatai Kálvária-dombon. — *Földtani Közlemények* **128/2–3**, 237–264.
- FODOR, L., MAGYARI, Á., FOGARASI, A. & PALOTÁS, K. 1994: Tercier szerkezetfejlődés és késő paleogén üledékképződés a Budai-hegységben. A Budai-vonal új értelmezése. — *Földtani Közlemények* **124/2**, 129–305.
- FODOR, L., CSONTOS, L., BADA, G., GYÖRFI, I. & BENKOVICS, L. 1999: Tertiary tectonic evolution of the Pannonian basin system and neighbouring orogens: a new synthesis of paleostress data. — In: DURAND, B., JOLIVET, L., HORVÁTH F. & SÉRANNE, M. (eds) *The Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine Orogen*. — *Geological Society, London, Special Publications*, 295–334.
- FÖZY, I. 1993: Upper Jurassic ammonite fauna from the Gerecse and Pilis Mts. (Transdanubian Central Range, Hungary). — *Földtani Közlemények* **123/4**, 441–464.
- FÜLÖP, J. 1958: A Gerecsehegység krétaidőszaki képződményei. — *Geologica Hungarica series Geologica* **11**, 124 p.
- FÜLÖP, J. 1971: Les formations Jurassique de la Hongrie. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* **54**, 31–46.
- GYALOG, L., TULLNER, T., TURCZI, G. & TURTEGIN, E. 2007: Magyarország hegyvidéki területeinek fúrási és földtani térképi adatbázisa (a Magyar Állami Földtani Intézet és a Mol Rt. közös projektje). — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése, 2004*, 145–166.
- HAMBLIN, W. K. 1963: Origin of „reverse drag” on the downthrown side of normal faults. — *Geol. Soc. Am. Bul.* **76**, 1145–1164.
- HOBBS, B. E., MEANS, W. D. & WILLIAMS, P. F. 1976: *An outline of structural geology*. — John Wiley and Sons Inc., New York, 571 p.
- KERCSMÁR, ZS. 2004: A tatabányai vöröskalcittelek szerkezetföldtani jelentősége. — *A MÁFI Évi Jelentése, 2002*, 163–174.
- KERCSMÁR, ZS. & FODOR, L. 2005: Syn-sedimentary deformations in the Eocene Tatabánya Basin, Central Hungary. — *Geolines* **19**, 60–61.
- KERCSMÁR, ZS., FODOR, L. & PÁLFALVI, S. 2006: Tectonic control and basin evolution of the northern Transdanubian Eocene basin (Vértes Hills, Central Hungary). — *Geolines* **20**, 64–66.
- KISS, A. 1999: A Porvai-medence szerkezetalakulása. — *Diplomadolgozat, kézirat*, ELTE Alkalmazott és Környezetföldtani Tanszék, 91 p.
- KISS, A. & FODOR, L. 2007: Miocene dextral transpression along the Csesznek zone of the northern Bakony Mountains (Transdanubian Range, western Hungary). — *Geologica Carpathica* **58**, 465–475.
- KONDA, J. 1988: Gerecse, Lábatlan, Tölgyhádi kőfejtő — *Magyarország geológiai alapszelvényei*, 8 p.
- KORPÁS, L., FODOR, L., MAGYARI, Á., DÉNES, GY & ORAVECZ, J. 2002: A Gellért-hegy földtana, karszt- és szerkezetfejlődése. — *Karszt és Barlang* **1998–1999/I–II**, 57–93.
- LOVERING, T. S. 1928: The fracturing of incompetent beds. — *Journal of Geology* **36**, 709–717.
- MÁRTON, E. & FODOR, L. 2003: Tertiary paleomagnetic results and structural analysis from the Transdanubian Range (Hungary): rotational disintegration of the Alcapa unit. — *Tectonophysics* **363**, 201–224.
- ORTNER, H., REITER, F. & ACS, P. 2002: Easy handling of tectonic data: the programs TectonicVB and TectonicFP for Windows. — *Computer & Geosciences* **28/10**, 1193–1200.

- REZESSY, A. 1998: A Pisznicei Mész-kő ciklusszatigráfiai vizsgálata gerecsei szelvényeken. — *Földtani Közlöny* **128/2–3**, 297–320.
- RYKKELID, E. & FOSSEN, H. 2002: Layer rotation around vertical fault overlap zones: observation from seismic data, field examples, and physical experiments. — *Marine and Petroleum Geology* **19**, 181–192.
- SASVÁRI, Á. 2008: A Magas-Gerecse feszültségterének fejlődése a Dunántúli-középhegységről készült publikációk tükrében: irodalmi áttekintés. — *Földtani Közlöny* **138/2**, 445–468.
- SASVÁRI, Á., KISS, A. & CSONTOS, L. 2007: Paleostress investigation and kinematic analysis along the Telegdi Roth Fault (Bakony Mountains, western Hungary). — *Geologica Carpathica* **58**, 477–486.
- SPERNER, B., OTT, R. & RATSCHBACHER, L. 1993: Fault-striae analysis: a Turbo Pascal program package for graphical presentation and reduced stress-tensor calculation. — *Computers & Geosciences* **19/9**, 1361–1388.
- SZTANÓ, O. & FODOR, L. 1997: Lejtőüledékek a paleogén medence peremén: a felső-eocén Piszkei Márga (Nyergesújfalu, Sándor-hegy) ülepedési és szerkezeti viszonyai. — *Földtani Közlöny* **127/3–4**, 267–290.
- VIGH, G. 1961: A gerecsei jura üledékek fácieskérdései. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve*, **43/2**, 463–468.
- VÖRÖS, A. & GALÁCS, A. 1998: Jurassic paleogeography of the Transdanubian Central Range (Hungary). — *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia* **104**, 69–84.
- WERNICKE, B. & BURCHFIEL, B. C. 1982: Modes of extensional tectonics. — *Journal of Structural Geology* **4/2**, 105–115.
- YAMAJI, A. 2000: The multiple inversion method: a new technique to separate stresses from heterogeneous fault-slip data. — *Journal of Structural Geology* **22**, 441–452.

Kézirat beérkezett: 2008. 06. 06.