

## Válasz dr. M. Tóth Tivadar bírálataira

Nagyon köszönöm M. Tóth Tivadar bírálónak disszertációm gondos tanulmányozását és elgondolkodtató kérdéseit, amelyek a szerkezetelemző munka lényegi problémáit feszegetik. A dolgozatban tett észrevételeire és kérdéseire azok sorrendjében válaszolok.

- *Nyilvánvalóan a rendkívül mértékben szorító területi korlátok miatt a vizsgált területtel kapcsolatos megelőző eredményeket összefoglaló („Földtani háttér”), valamint a saját megfigyeléseket ezekkel összevető, klasszikus „Diszkusszió” fejezet nem kapott helyet a dolgozatban. Igaz, néhány deformációs fázis leírását rövid részdiszkusszió követi, de a legtöbb esetben ezek is hiányoznak.*

Bírálóm helyesen látja a kiemelt fejezetek elmaradását és annak okát. A „Földtani háttér” leírása nem lett volna egyszerű egy ’fél-országnyi’ területre és nehezen nélkülözhetette volna a formációk taglalását is, amit szerettem volna elkerülni — ahogy azt Tari Gábor bírálómnak is válaszoltam. Ennek ellenére jogos a kritika, a hiány egy cikkben „nem menne át”. Azt is aláhúzom, hogy a diszkussziót az egyes szerkezeti fázisok leírása után tettem. Azt gondolom, ezek elkülönítése a fázis szigorú leírásától még nehezebbé tette volna munkám olvasását. Ilyen megoldásra, azaz a leírás utáni értelmezésre azért a nemzetközi irodalom is ad példát, ahogy azt több esetben szedimentológiai munkákban is láttam: a szigorú litofációs leírását rögtön és nem elkülönítve követi az értelmezés és (részleges) diszkusszió.

- *Az érthetőséget nem segíti, hogy a fontos szövegeket, szerkezeteket bemutató fényképi dokumentáció mennyisége elenyészően alacsony, s hogy az ábrák jelentős része a függelékbe került.*

Válaszom az előzőhöz hasonló: több fotó jó lett volna — magam imádok fényképeket előadásba vagy cikkbe tenni — de a dolgozat hosszába ez fért bele.

- Az elütések, helyesírási hibák, hiányos ábramagyarázatok kétségtelenek — Jámbor Áron bírálóm egy egész listát adott nekem erről.
- Nagyon örülök, hogy bírálóm is támogat abban a felfogásban, amit dolgozatom fontos üzenetének tekintek, hogy „...az utólag rekonstruálható feszültségmezők nem pillanatnyi hatásként, hanem földtani léptékben is hosszú időre jellemző folyamatosan zajló eseményként értelmezendők”.

### A kérdésekre adott válaszok

- *1) A szövegben több helyen említésre kerül az ásványosodott erek geodinamikai rekonstrukció céljából lehetséges alkalmazása. Kérdésem, hogy a különböző érszöveteket, az ásványrostok geometriája által tárolt információt használta-e a munka során, s ha nem, lát-e rá lehetőséget?*

A válasz a második részkérdésre igen, ez több esetben lehetséges, és ezeket a munka során részben ki is használtam. Különösen is a kalcit- és gipszerek rostjainak iránya lehet mérvadó a helyi kinyílás irányára, kvarcereknél ezt nem tapasztaltam, de nem kizárt. Jacques Angelier még olyan ásványos eret is bemutatott, ahol a rostok iránya az érben változott, ami az ér kinyílási irányának időbeni változására utal. Tulajdonképpen a vetőkarcok egy része éppenséggel irányítottan növekvő kalcitrost-együttes, amely a vető hajlatában jön létre. A

kalcitrostok megjelenése éppen azt mutatja, hogy a kalcitér nem szakításos, hanem nyírásos eredetű.



Ásványlépcsőt alkotó kalcitrostok a berseki kőfejtő kréta márgájában. A kalcitrostok a nyírás irányát rögzítik.

Az ásványos erek geometriája szintén lehet szignifikáns, akár párhuzamos, akár elágazó, összefonódó geometriát látunk. Erre a dolgozatban nem, de Fodor et al. (1994) munkámban adtam példát. Nem ásványos erek, de analóg jellegű üledékes telérek esetében pedig a 3.9b ábra mutat olyan geometriát, amiből a helyi telérkinyílás irányát meg lehet állapítani.

Azt is jelzem, hogy az ásványos erek részletes tanulmányozása további, a geometrián túlmutató, szerkezeti következtetések levonására alkalmas. Elég itt a Hárshegyi Homokkő kovás zónáira, és az azokat felülíró bariterekre utalnom (Gál et al. 2008). A jövő tehát a koordinált petrológiai, ásványtani, folyadék-zárványtani és szerkezeti vizsgálatoké e területen.

- *2) A feszültségtenzorok definiálása során kétféle, kézi és szoftveres csoportszétválasztási algoritmust alkalmazott a szerző. Mint hangsúlyozza, a módszerek alkalmazási lehetőségeiről, korlátairól komoly vita van a vonatkozó irodalomban. A dolgozatban vizsgált legtöbb feltárás vetőadatainak értékelése a kumuláltan jelentkező feszültségmező adatok helyes szétválasztásán alapul, ezért kérdésem, hogy az alkalmazott módszerekkel biztosítható-e a klasszifikáció egyértelműsége?*

Rövid válaszom nem, a megoldás/osztályozás nem egyértelmű.

Hosszú válaszom oldalakat tehetne ki, itt néhány szempontot és egy példát hozok. A „többmegoldású klasszifikáció” legfőbb oka az, hogy még egy egyedi vető esetében sem lehet megmondani, mi az a kritérium, aminek alapján megállapítható, hogy a vető a számolt feszültségmezőhöz tartozik-e vagy sem? Angelier algoritmusában is csak az illeszkedési kritériumok jelennek meg, olyan határérték viszont nincs beépítve, amitől feljebb az adott vető kiesne a fázisból. Pontosabban, egy illeszkedési határérték (korlát) megadható az automatikus kiértékelésnél, de ennek értékére nincs fizikai háttér. Mondhatnánk, hogy  $90^\circ/4=22,25^\circ$ -nál nagyobb hibát nem vétünk méréskor, tehát ennél rosszabb illeszkedési szög esetében a vető nem tartozik az adott feszültségállapothoz. Ez akkor lenne igaz, ha homogén feszültségállapotban jöttek volna létre a vetők. Ez azonban nem így van, a valós feszültségállapot inhomogén volt. Ezt mi homogén feszültségmezőként képezzük le. A kérdés

tehát az, mennyire lehet „simítani” a feszültség-állapotot, és abba mennyire „fér bele” egy adott vető?

2. függelék,  
3. oldal

**SÜMEG (SÜM-05) SÜMEG, Sintérlapi quarry**

Aptian crinoidal limestone, calcite veins

data of László Fodor (1993. 06. 07.)

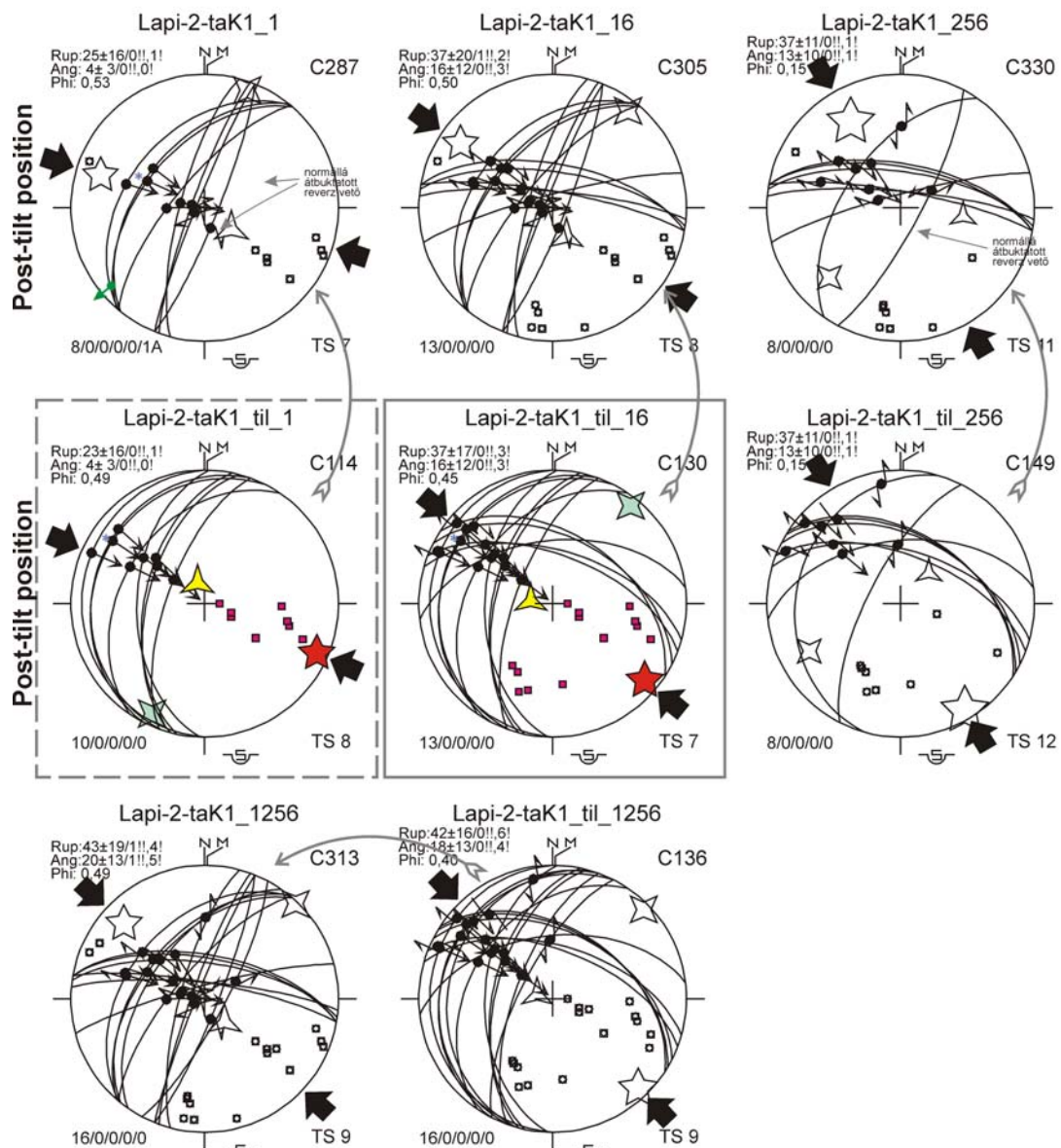
40 data

21/0/0/9/10  
CPS/F/J/JX/JN

Tilt test of faults

DSinter2, DLapTiRe

Ia, II. Separation and tilt test suggest that the reverse faults and some dextral transfer faults were formed together. Groups 1+2+5+6 also can belong together, but the fit decreases with respect to gr. 1+6. Tilt test is conclusive for reverse faults, not clear for the transfer faults. However, because of connected nature, pre-tilt gr. 1+6 is accepted as final result.



A sümegi Sintérlapi-kőfejtő kiértékelési menetének egy oldala. A keretezett sztereogram az elfogadott, a szaggatott vonalú keret lehetséges, a Lapi-2-taK1\_til\_1256 nem valószínű csoportosítás. A Lapi-2-taK1\_til\_ és Lapi-2-taK1\_til\_256 együtt is fennállhat.

Az „express-publikálók” szeretik az automatikus szétválasztást használni, mivel gyors, és eredménye matematikailag helyes. Nagy számú karc esetén nincs is más kezdeti

lehetőségünk. Ekkor azonban elveszthetjük azt a fontos információt, amit a terepen láttunk a vetők, törések sorrendjéről. Gyakran előfordul pl., hogy szuperponált vetőkarcok ugyanabba a feszültségmezőbe kerülnek, vagy éppen egyikbe sem, és kiesnek a maradékba. Főleg ilyenkor használtam, teljesen vagy kiegészítésképpen, a kézi szétválasztást.

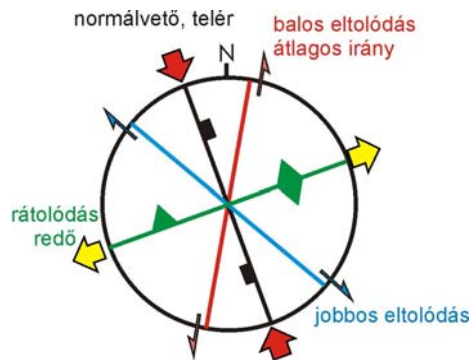
Amit meg lehet tenni, és ezt meg is tettem, hogy lejegyeztem azt a kiértékelési útvonalat, azok elágazásait, amin végigmentem, és amiből aztán az elfogadott végeredményt kialakítottam. Az általam követett protokollt a 2. függelék mutatja be egy összetett mérési helyen, Sümegen. Ennek fő lépései az összes karcra számolt feszülstégtenzor, a billentéstezt alkalmazása a kiértékelés elején és később is, a csoportok szétválasztásánál. A cél szerintem az, hogy minél több vetőt tudjunk valamely feszültségállapotba, majd fázisba sorolni és a teljes adatsor létrejöttének megértésére törekedjünk. A 2. melléklet 3. oldalán például bemutattam, milyen kézi csoportosításokat próbáltam ki a rátolódások és eltolódások (transzfer-vetők) esetében. Azt talán minden kiértékelő elfogadná, hogy a 2-es és 5-ös csoportkódú vetők nem tartoznak ugyanabba a feszültségállapotban, mint az 1-es és 6-os vetők, mivel a 2+5-ös vetők hozzáadása lerontja az átlagos illeszkedési kritériumokat és mindegyik a rosszul illeszkedő vetőkhöz tartozik. Az is igaz, hogy az 1-es csoportkódú vetők igen szoros illeszkedését a 6-os vetők hozzáadása rontja. Itt a terepi látvány volt döntő, vagyis hogy a jobbos vetők a rátolódásokkal együttmozognak tünnek. Így az '1+6= A fázis', '2+5= maradék' csoportosítást fogadtam el. Azonban matematikailag az is elfogadható lenne, hogy 1= A fázis, 2+5+6= B fázis, az illeszkedés matematikailag ekkor a legjobb. A két megoldás lényegileg tér el, hiszen egyik esetben egy, másik esetben két feszültségállapot jelenik meg. Egyértelmű klasszifikáció azonban nincs.

Sajnos, ezeknek a kiértékelési útvonalaknak a publikálása nem megoldott. Nem látom, hova lehetne elhelyezni a nyers adatokat, illetve a kiértékelés lépéseit. Az is kérdés, ki és mi védené meg az esetleg közzétett adatok szerzői jogait. Így sajnos, az elfogadott megoldás elérése és egyértelműsége nem igazán közreadható, pedig igen fontos volna! Ezek ugyanis bemutatnák, mi nem lehet a megoldás, mik a fennmaradó alternatívák, és ezzel növelnék az elfogadott megoldás hitelét is.

- *3) A dolgozat egyik központi, ugyanakkor nem pontosan definiált fogalma a vetőminta. Matematikai értelemben valamely mintázat, s így a vetőmintázat is geometriai objektum, melyet számos paraméterrel adhatunk meg. Kérdésem, hogy a dolgozat esetében mely paraméterek jellemzik a vetőmintát, s ez alapján mikor azonos, illetve különböző két vetőminta?*

Bírálom itt egy fontos kérdésre irányította figyelmem. Be kell látnom, a vetőminta kifejezést úgy használtam, hogy annak pontos definícióját nem adtam meg, és talán teljesen következetes sem voltam e téren a dolgozatban. Világos, a „fault pattern” angol szakszó megfelelőjét gondoltam használni.

Mi az viszont, ami pontosan definiált vagy definiálható? Egyrészt remélem, következetesen használtam az „egyszerűsített vetőmintát”, amely a terület átlagában és egy fázisra vonatkoztatva a 3 fő kinematikai osztály vetőinek térképi csapását mutatja (3.19. ábra, 43. oldal). Ez tulajdonképpen a vetők Anderson (1951) munkáján alapuló osztályozása lenne, ha homogén feszültségmezőt tételezünk fel. Ennek segítségével a terület bármely vetőjének mozgástípusa becsülhető, ha ismert a feszülstégtengelyek átlagolt iránya. Ha két terület egyszerűsített vetőmintája azonos, akkor tartozhatnak egy feszültségmezőbe és fázisba.



Egyszerűsített vetőminták, a főbb mozgástípusok irányának és a feszültségtengelyeknek megadása.

Egy adott vető geometriáját az az X, Y, Z koordináta-adattömb adja meg, ameddig a vető felülete kiterjed. Ezt persze ritkán ismerjük, bár a vetőfelület és más felület (felszín) metszetsíkjában ezt egy térképen gyakran meg tudjuk adni — ezt tettem térképvázlataimon is, nyilván nem térinformatikai pontossággal.

Az összes vető geometriájának ismerete jelenti a terület teljes töréses szerkezeti képének ismeretét. A vetőminták kifejezést részben ilyen értelemben használtam, de egy kicsit „puhább” felfogásban, vagyis a vetők általános jellemvonásainak együttesére (irány, irányváltozatosság, dőlésszög, kinematika). Azaz, „hogyan néz ki” a vetők együttesének képe? Itt eltekintettem attól, hogy az összes vető geometriáját pontosan nem ismerjük, a dőlésszöget gyakran csak közelítjük stb. A bírálat alapján úgy gondolom, érdemes a kifejezés pontosabb értelmét megadni és ebben talán bírálatom is segítségemre lesz.

A fenti értelemben két terület vetőmintája nem lesz azonos, mindig hordoz egyedi jegyeket (pl. vetőátlépések száma, jellege). Hasonlóság lép fel, ha a vetők iránya (annak változékonysága, feltételezhető dőlésszöge) egymáshoz közeli és kinematikája azonos. A vetőminták hasonlósága pedig közös eredetre utalhat.

A bírálatot köszönve

Tisztelettel

Fodor László

Budapest, 2011. 09. 20.

## Hivatkozások

- Anderson, E. M. 1951: The dynamics of faulting and dyke formation with application to Britain. — Oliver & Boyd, Edinburgh, 2<sup>nd</sup> edition, 206 pp.
- Gál B., Poros Zs. & Molnár F. 2008: A Hárshégyi Homokkő Formáció hidrotermális kifejlődései és azok kapcsolatai regionális földtani eseményekhez. — *Földtani Közöny*, 138/1, 49–60.