

Szubdukciót Követő Delamináció Numerikus Modellezése (Numerical Modelling of Delamination after Subduction)



Kövér Barnabás Balázs

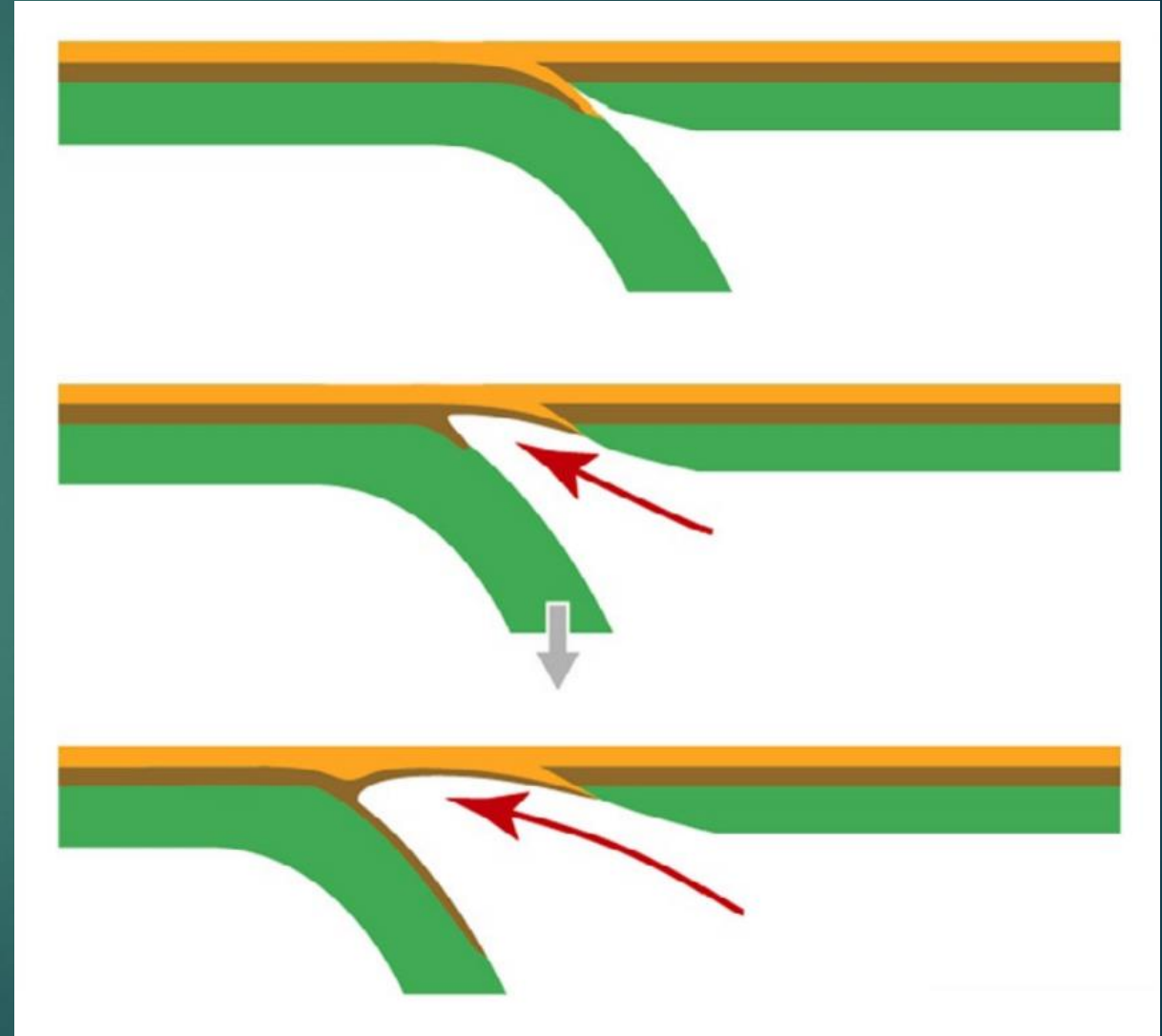
ELTE TTK Geofizikai és Űrtudományi Tanszék, Msc 3. félév

Témavezető: **Dr. Lenkey László Zoltán**

Külső témavezető: **Dr. Balázs Attila (ETH Zürich)**

A delamináció jelensége

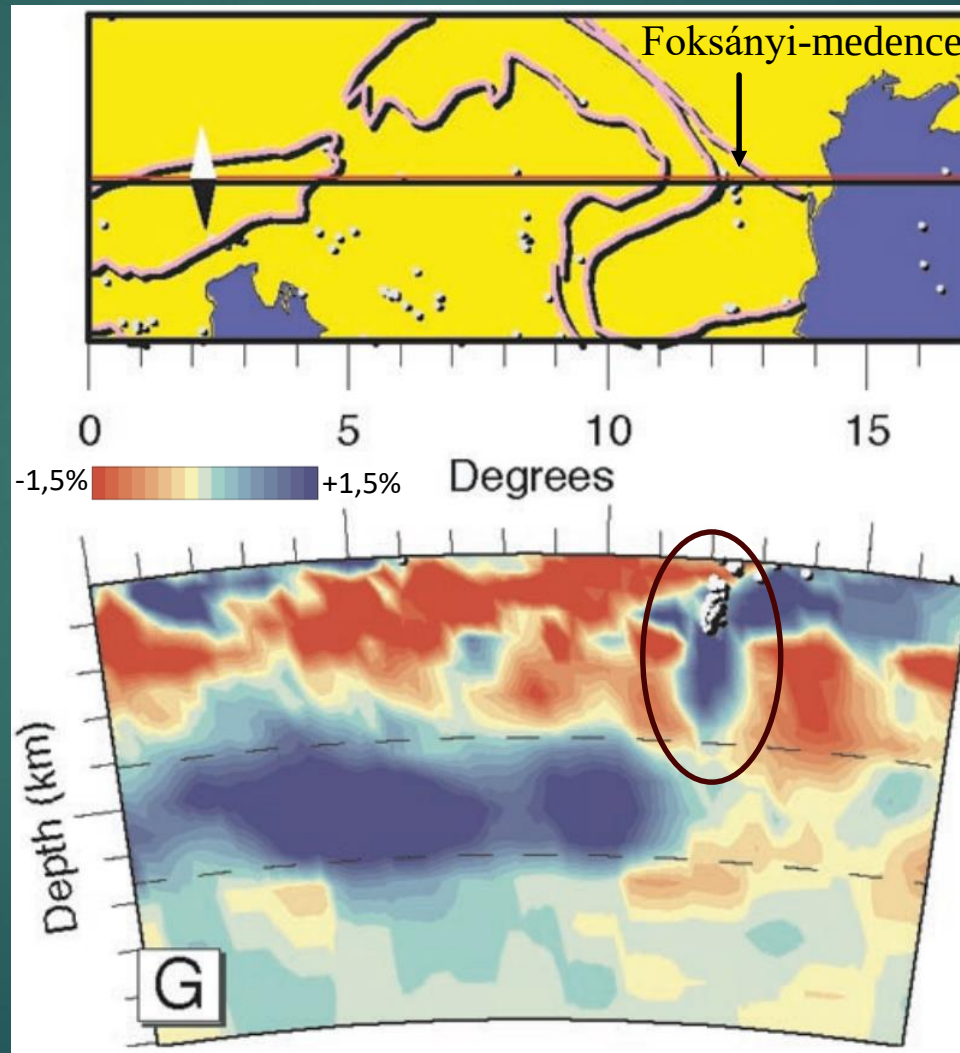
- ▶ Köpenylitoszféra fokozatosan leválk a kéregről és az asztenoszférába süllyed
- ▶ Ezt az aszteonszféránál nagyobb sűrűsége teszi lehetővé
- ▶ Szubdukciós zónában: süllyedő óceáni kőzetlemez magával húzza a hozzá kapcsolódó kontinentális lemez köpenylitoszféráját



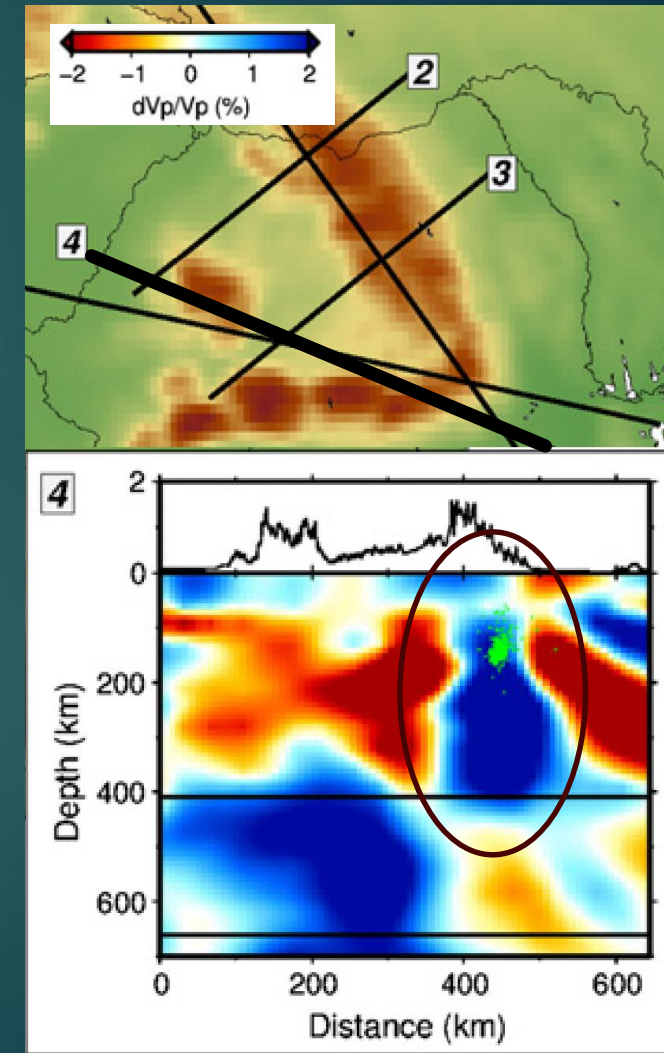
1. ábra: Király & Magni, 2019

A Vrancea slab szeizmikus tomográfián

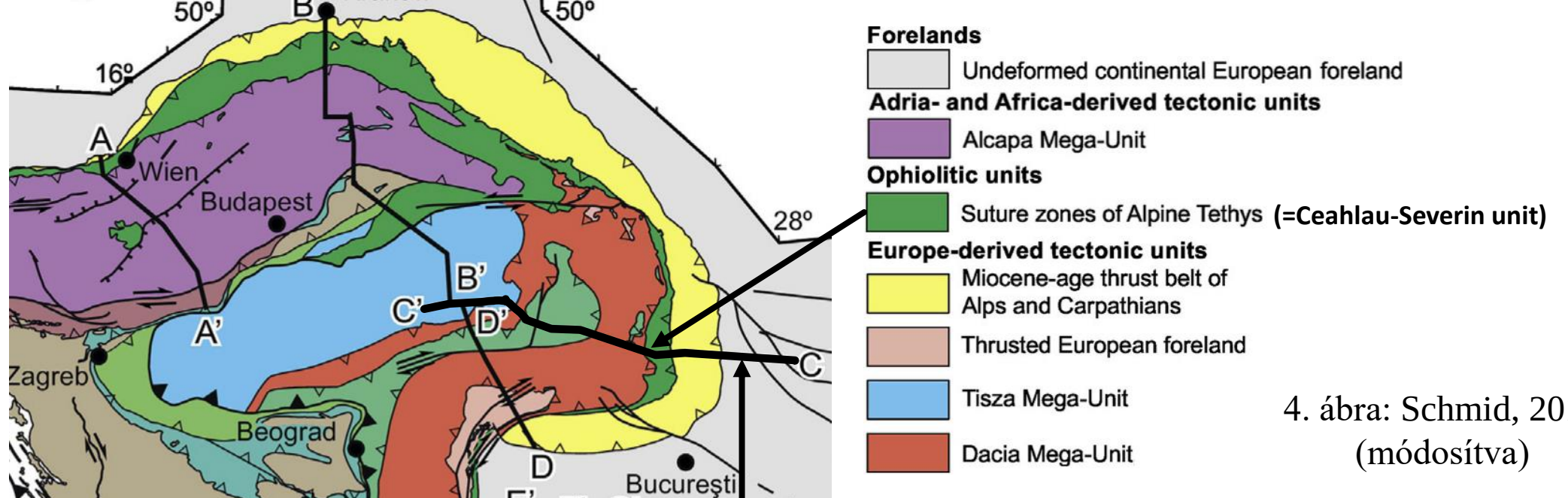
- ▶ Keskeny, közel vertikális, kb. 400 km mélységig hatoló pozitív sebességanomália, mely egybeesik a Vrancea földrengészóna hipocentrumaival
- ▶ Legtöbb szerző szerint a szubdukálódott Alpi Tethys óceáni kőzetlemeze
- ▶ Alpi Tethyst K-ról a Kelet-Európai Kraton, NyDNY-ról az AlCaPa és a Tisza-Dacia lemezek határolták, utóbbiak alá szubdukálódott



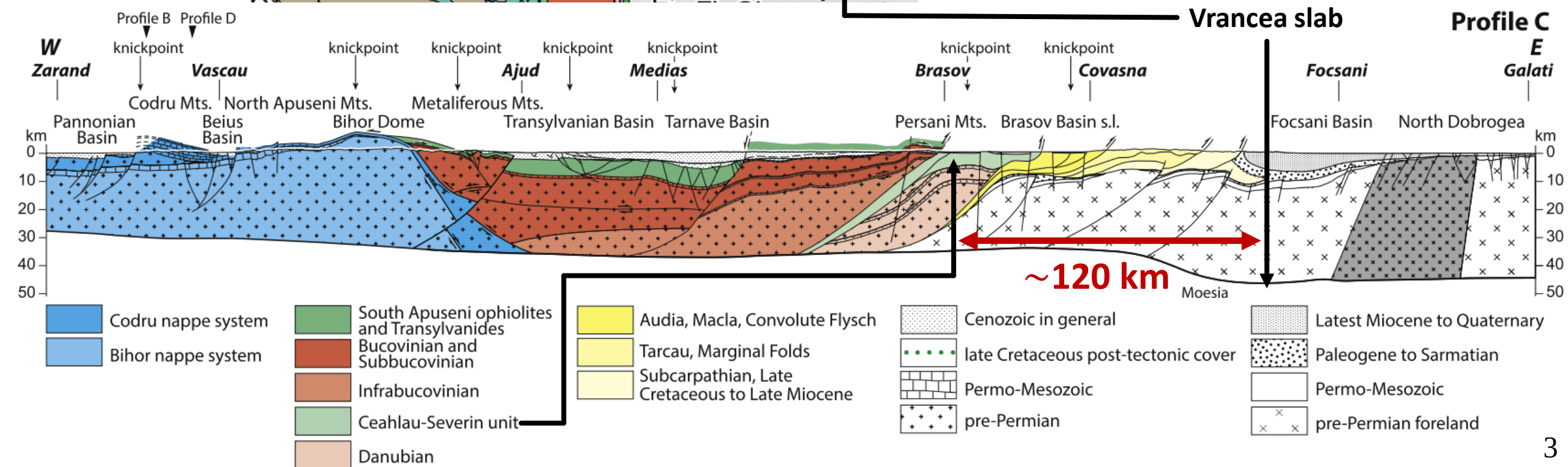
2. ábra: Wortel & Spakman, 2000

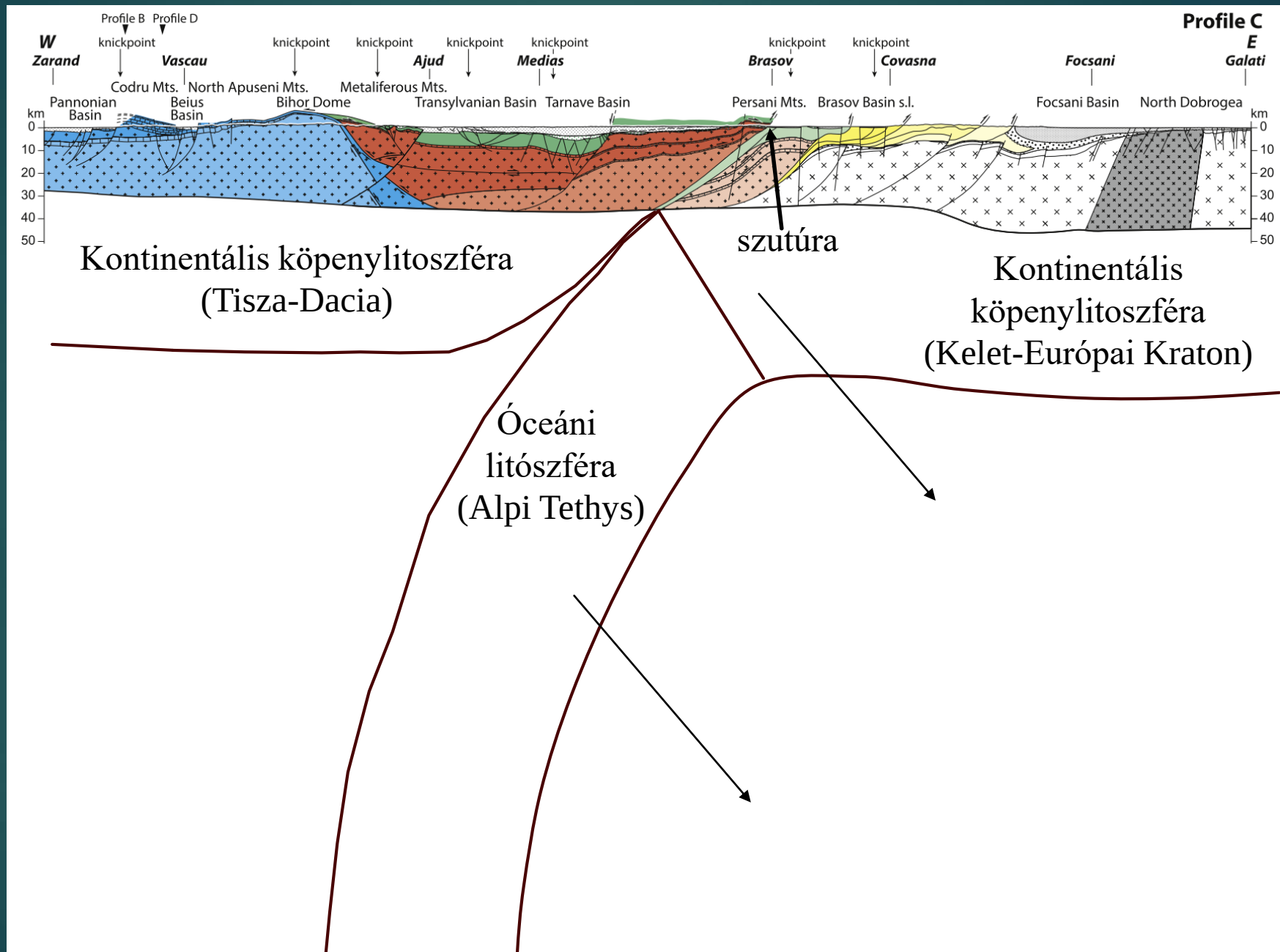


3. ábra: Ren et al., 2012 2

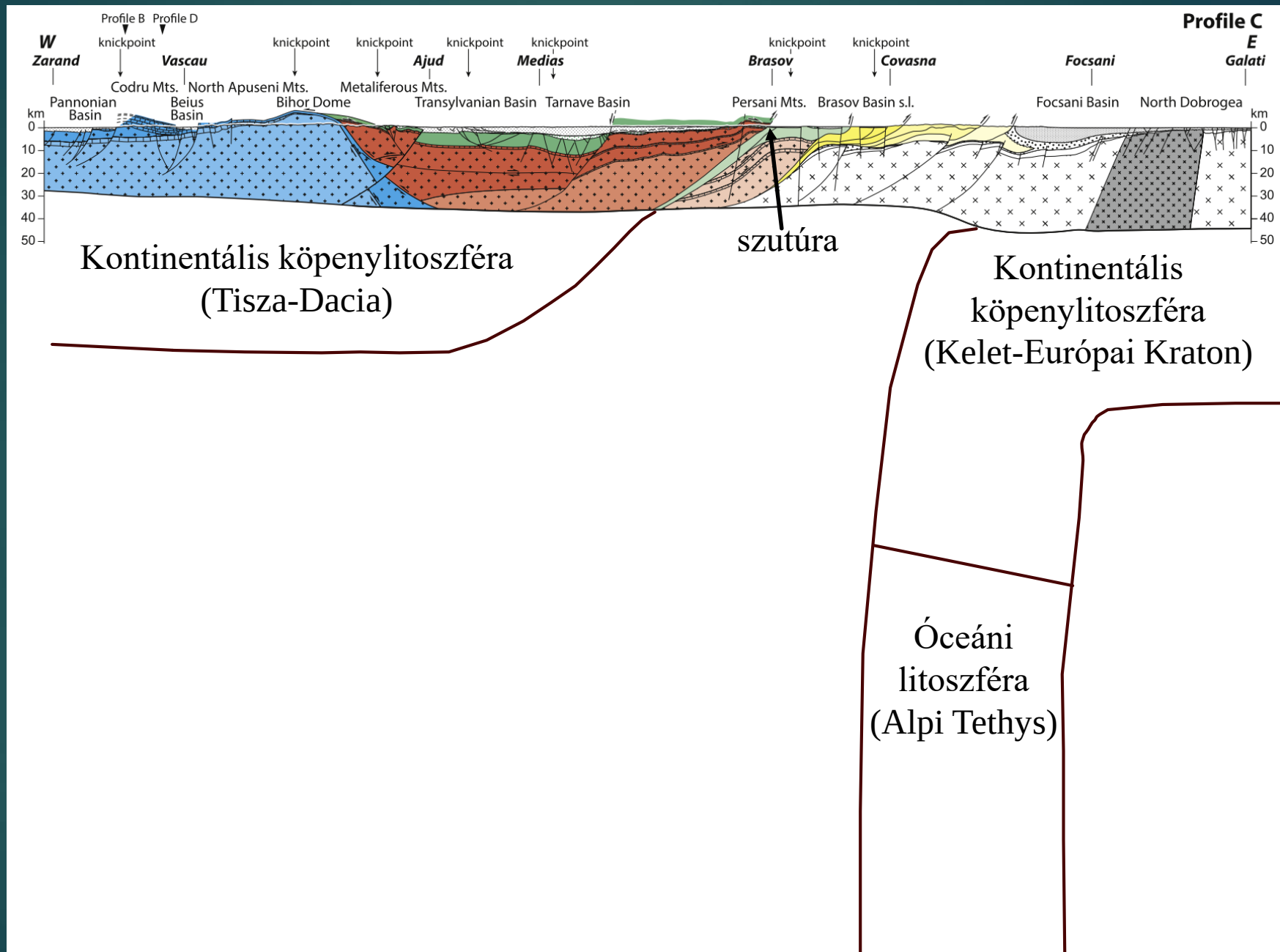


4. ábra: Schmid, 2019
(módosítva)





5. ábra: a slab helyzete közvetlenül a szubdukció befejeződése után



6. ábra: a slab jelenlegi helyzete

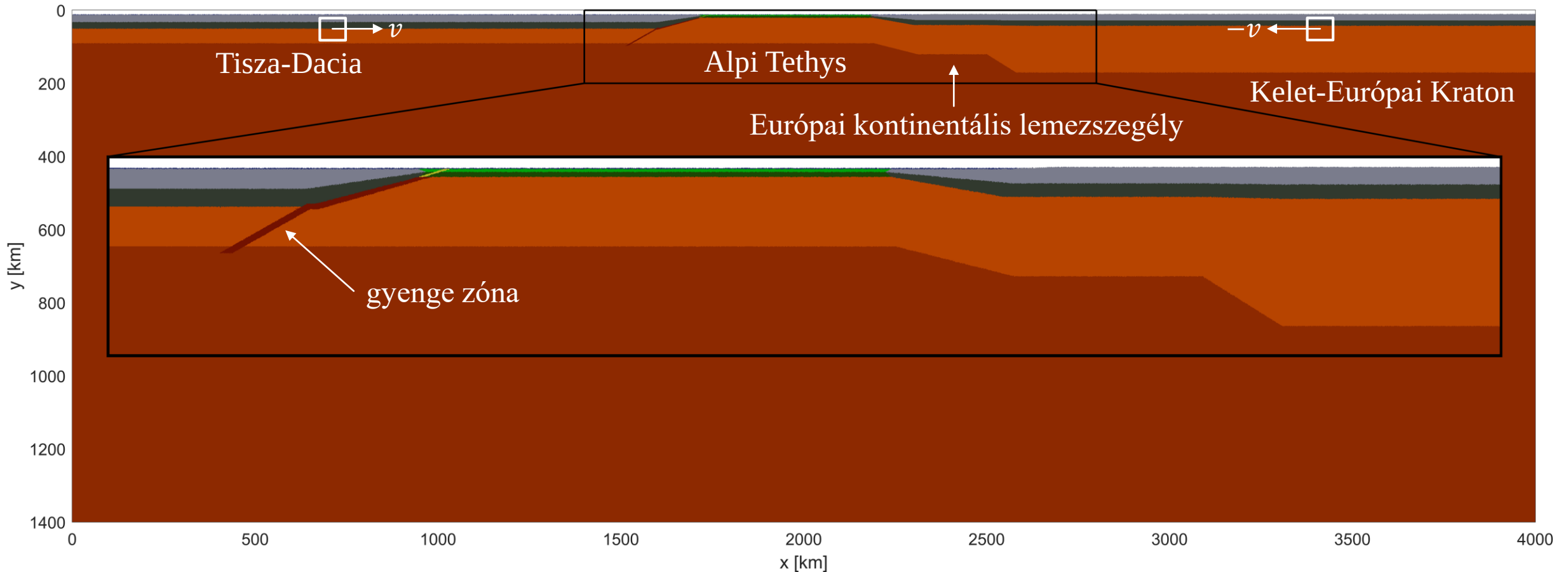
A numerikus modellezési módszer

- ▶ A zürich-i ETH-n fejlesztett kód
- ▶ 2D
- ▶ Véges differencia módszer
- ▶ A kód a Navier-Stokes, a kontinuitási és a hőtranszport egyenleteket oldja meg
- ▶ Viskoplasztikus reológiát használ
- ▶ A magmatizmus, az üledékképződés és a dehidratáció folyamatait is szimulálja

A kezdeti modellkonfiguráció

- ▶ Szubdukció megkezdődésekor érvényes állapot
- ▶ Szubdukció megkezdése: kontinentális lemezekre előírt konstans horizontális sebesség (belső határfeltétel), aktív szegélyben keskeny gyenge zóna
- ▶ Cél: szubdukció, majd delamináció az kontinentális lemezszegélyben, felső lemezben extenzió

7. ábra

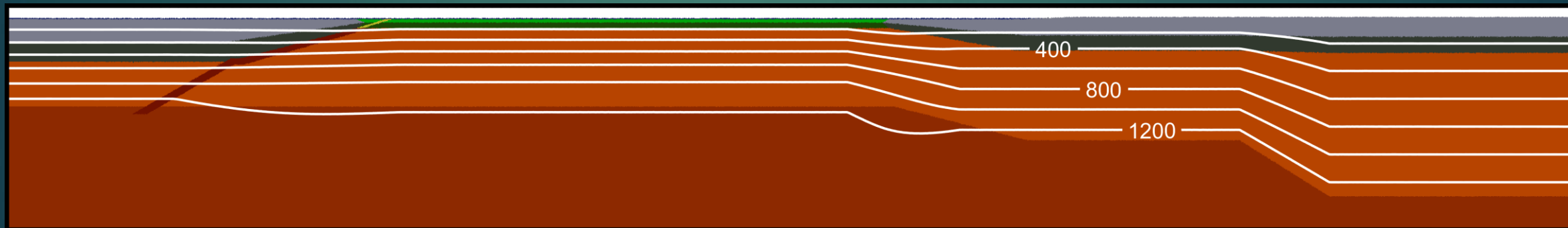


Az alsó kéreg reológiája

- ▶ delamináció legfontosabb feltétele: reológiailag gyenge réteg a kéreg és a köpenylitoszféra határán (a Mohorovicic-felületen) → kéreg aljának gyengének kell lennie
- ▶ szimulációban a litológiai rétegek reológiai tulajdonságait a viszkozitással jellemezzük
- ▶ kisebb viszkozitás → azonos feszültség hatására nagyobb mértékű deformáció → reológiailag gyengébb
- ▶ litológiai rétegeket a leggyakoribb ásványuk anyagi paramétereivel ruházzuk fel
- ▶ felső kéreg: víztartalmú kvarcit
- ▶ alsó kéreg: víztartalmú kvarcit/plagioklász
- ▶ Creep deformációs mechanizmus: viszkozitás függ a feszültségtől, a nyomástól, a hőmérséklettől (T nő → η csökken), és a használt ásvány **reológiával kapcsolatos anyagi paramétereitől**
$$\eta \sim A_D^{-1} \sigma_{II}^{1-n} \exp\left(\frac{PV + E}{RT}\right)$$
- ▶ Azonos σ -n, P-n és T-n: $\eta_{plagioklász} > \eta_{víztartalmú\ kvarcit}$ → szimulációkban víztartalmú kvarcit alsó kéreg, hogy teljesüljön a delamináció feltétele

Hőmérsékleti profil

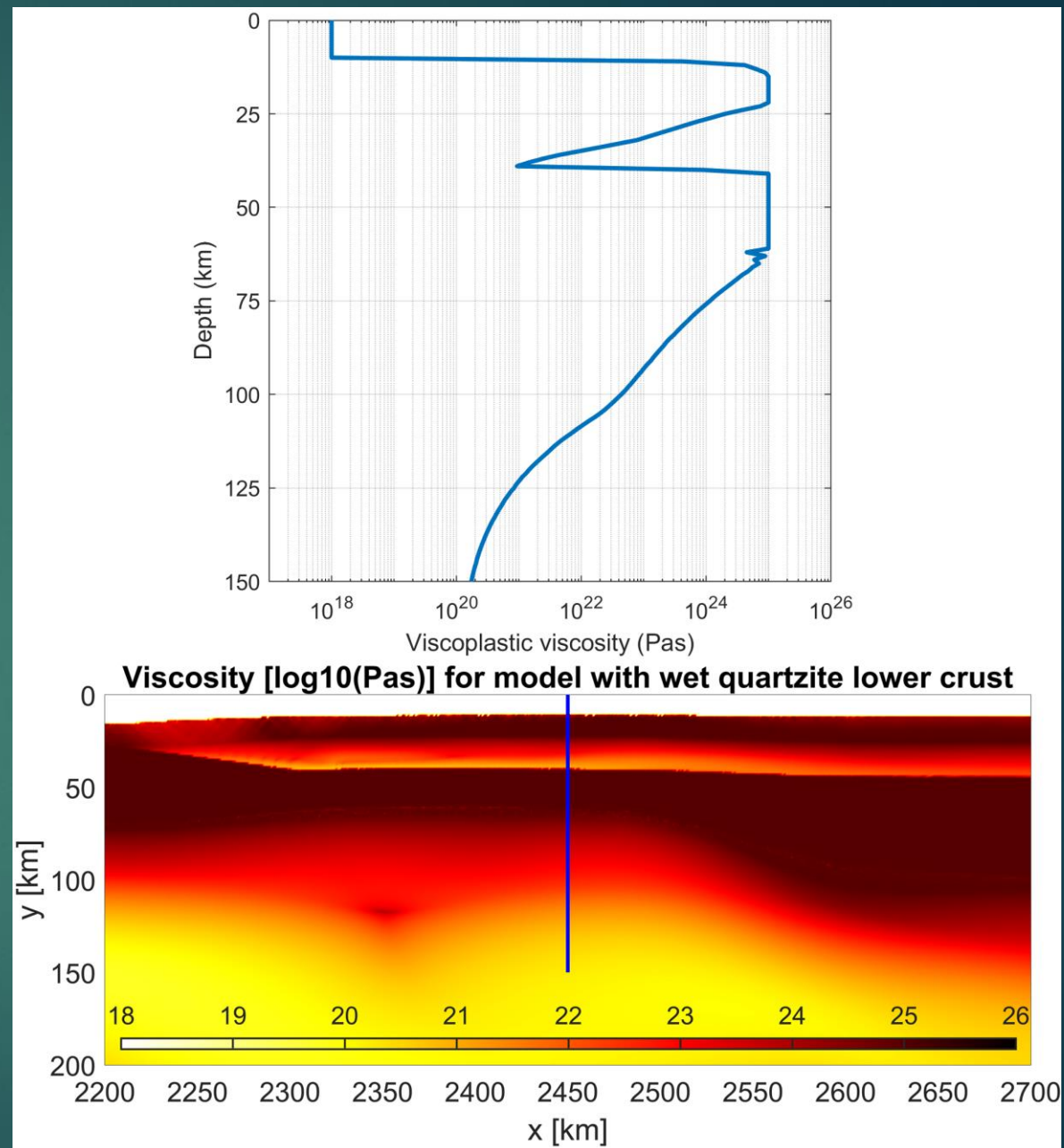
- ▶ Kezdeti konfigurációban: kontinentális kőzetlemezekben a felszínen 0 °C, litoszféra alján 1300 °C, között lineáris hőmérséklet-mélység profil
- ▶ Óceáni kőzetlemezek hőmérséklet-mélység profilja a féltér-hűlés analitikus megoldása alapján:
$$T(z) = T_{Surface} + (T_{Mantle} - T_{Surface})erfc\left(\frac{z}{2\sqrt{Kt}}\right)$$
- ▶ Óceáni lemez hőmérsékletprofilja a kezdeti konfigurációban megadott korától függ



8. ábra

Reológiai profil

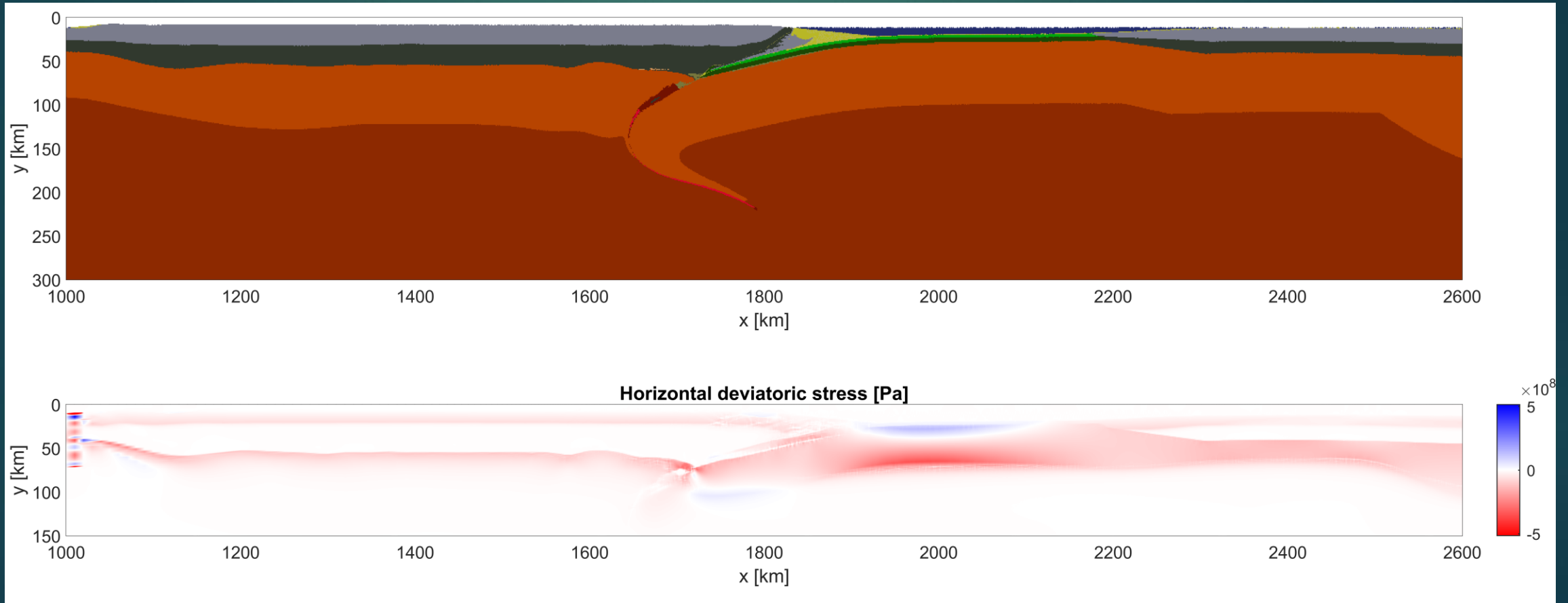
- ▶ Lineáris hőmérséklet növekedés → exponenciális viszkozitás csökkenés
- ▶ Kéreg alján 4 nagyságrendnyi viszkozitás csökkenés a felső kéreghez és a felső köpenylitoszférához képest → delamináció legfontosabb feltétele teljesül
- ▶ Köpenylitoszféra esetén a reológiaiailag erősebb olivin anyagi paramétereit használjuk → magas viszkozitás



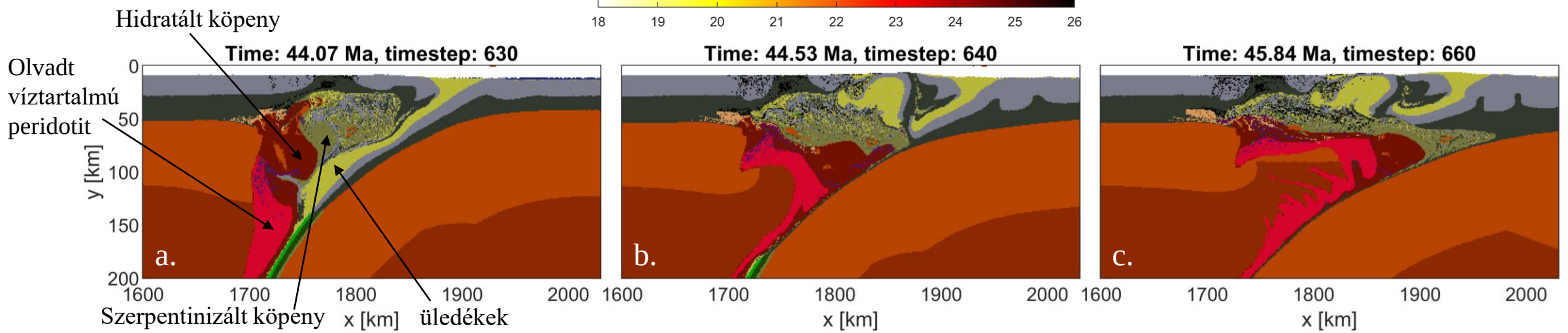
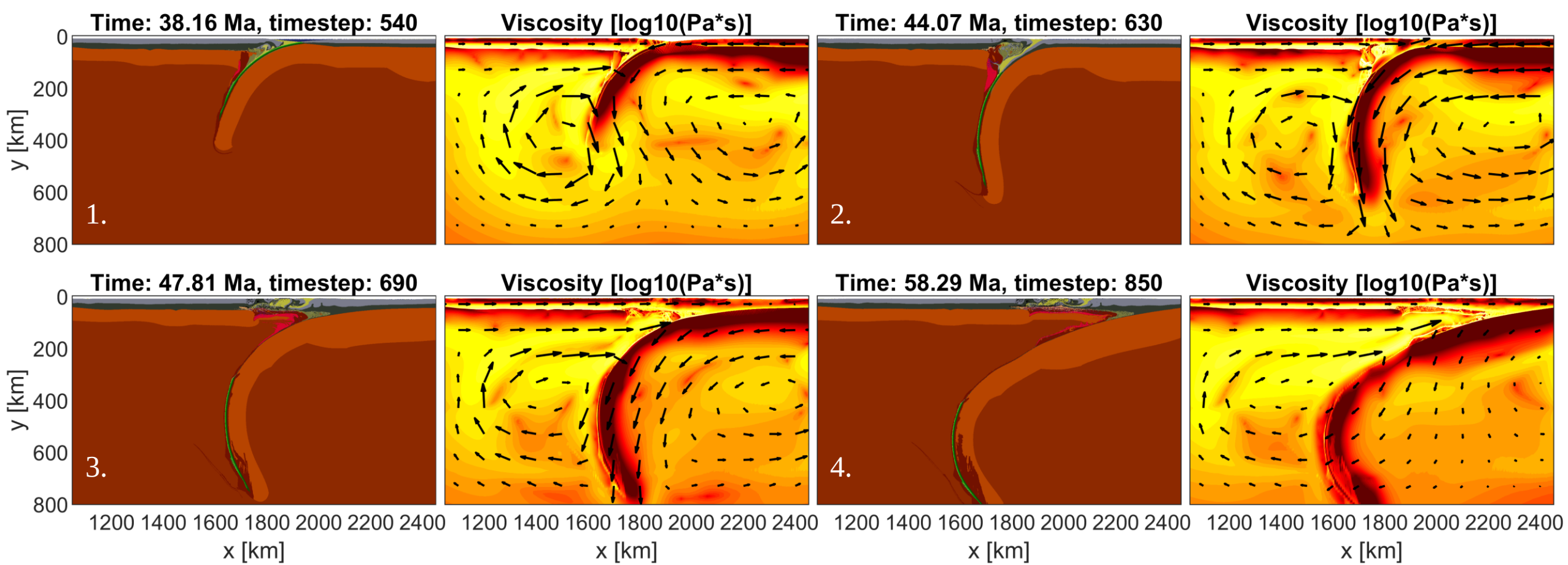
9. ábra

Az óceán korának hatása a szimulációban lejátszódó folyamatokra

- ▶ Idős óceán → alacsonyabb hőmérséklet → nagyobb sűrűség, nagyobb viszkozitás
→ nagyobb negatív felhajtóerő, de ridegebb



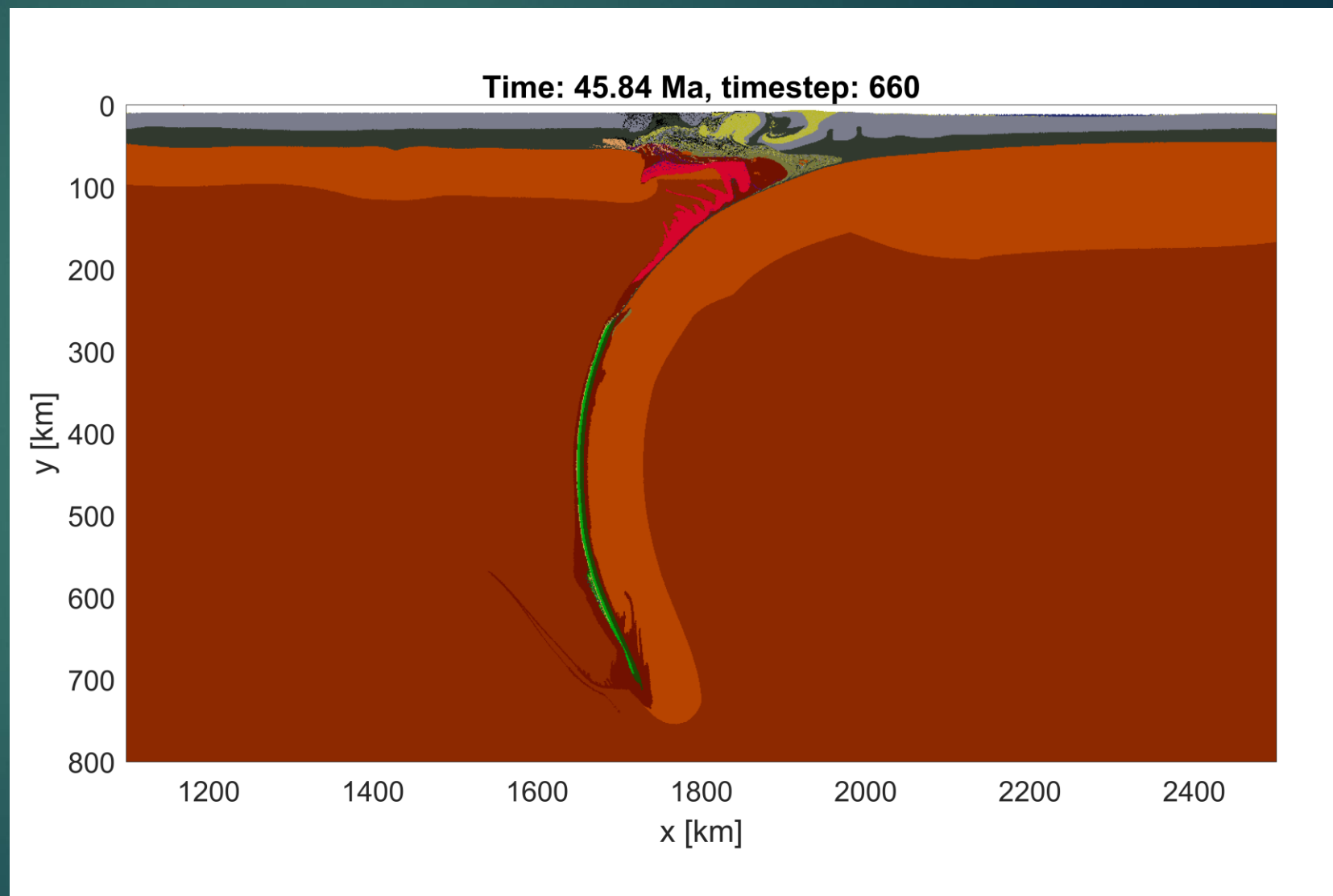
10. ábra



11. ábra

Konklúziók: összehasonlítás a Vrancea slab-bel

- ▶ Legjobb analógia a Vrancea slab-bel: szubdukció kezdete után 45.84 Ma
- ▶ Ekkorra fejeződik be a kontinentális lemezszegély delaminációja
- ▶ Slab pozíciója eltérő: szimulációban a slab felső, kontinentális része kisebb szöget zár be a felszínnel
- ▶ Delamináció folytatódik a kraton belsejében
- ▶ Felső lemezben extenzió helyett kompresszió



12. ábra

Köszönöm szépen
a figyelmet!

Viszkoplasztikus viszkozitás

$$\eta_{dislocation} = \frac{1}{2} A_D^{-1/n} \dot{\epsilon}_{II}^{(1-n)/n} \exp\left(\frac{PV_a + E}{nRT}\right)$$

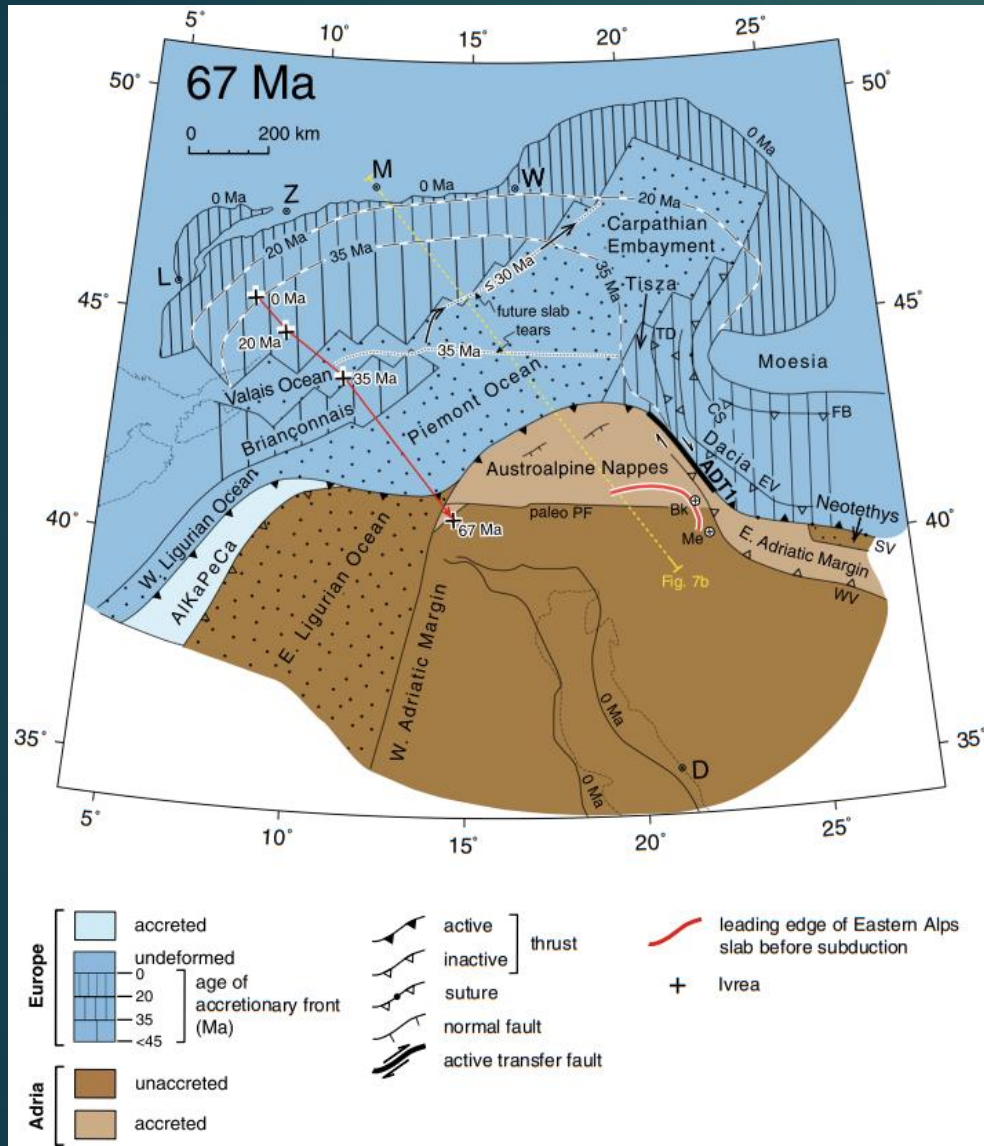
$$\eta_{diffusion} = \frac{1}{2} A_D^{-1} \sigma_{crit}^{1-n} \exp\left(\frac{PV_a + E}{RT}\right)$$

$$\eta_{ductile} = \left(\frac{1}{\eta_{diffusion}} + \frac{1}{\eta_{dislocation}} \right)^{-1}$$

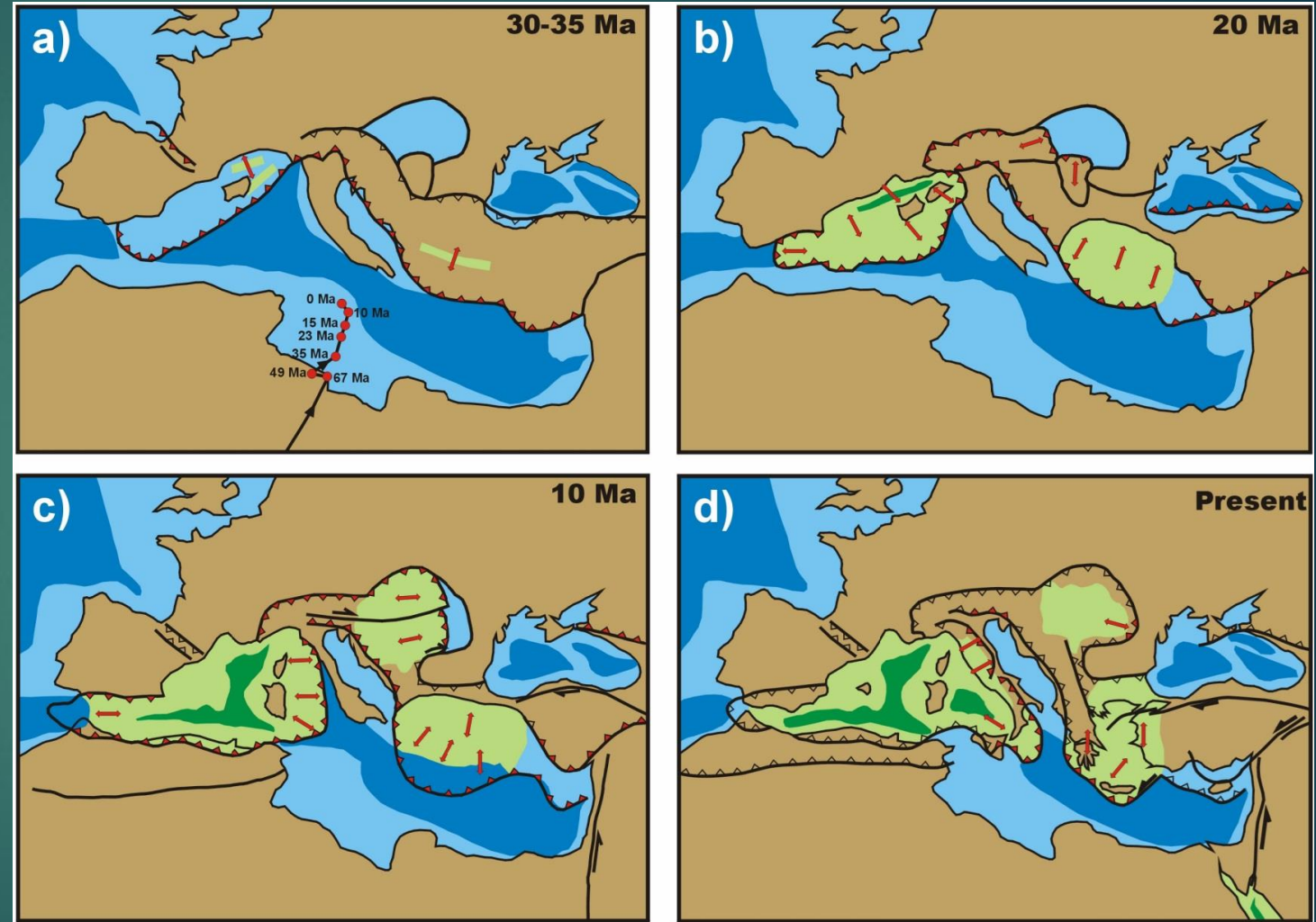
$$\eta_{brittle} = \frac{\sigma_{yield}}{2\dot{\epsilon}_{II}}; \sigma_{yield} = C + P\gamma\lambda$$

$$\eta_{viscoplastic} = \min(\eta_{brittle}, \eta_{ductile})$$

	wet quartzite	plagioclase
Density, ρ (kg/m ³)	2750	3000
Pre-exponential factor, A_D (Pa ⁿ s)	1.97 $\times 10^{17}$	4.8 $\times 10^{22}$
Activation volume, V_a (J/bar)	0.8	0.8
Activation Energy, E (kJ/mol)	154	238
Power law exponent, n	2.3	3.2
Cohesion, C (MPa)	10 – 3	3 – 1
Coefficient of friction, γ (sin ϕ)	0.3 – 0.2	0.1 – 0.05



Handy, 2015



Horváth, 2007