

# OBLIKOVANJE REČNEGA RELIEFA V SOTELSKO-SAVINJSKI POKRAJINI GEOLOŠKE OSNOVE RELIEFA

Igor Bahar\*



## Povzetek

Sotelsko-Savinjska pokrajina je gričevnata in hribovita pokrajina vzhodne Slovenije, kjer se stikajo porečja Sotle, Voglajne in Gračnice. V tej pokrajini predalpsko Posavsko hribovje postopoma tone v Panonsko nižino. Pokrajina je bila kasneje in za slovenske razmere manj korenito tektonsko preoblikovana. Zato je zelo primerna za spoznavanje geoloških in geomorfoloških procesov pri oblikovanju rečnega reliefa. V tem prispevku bomo spoznavali geološke osnove reliefa: to so kamninska sestava in kasnejše tektonsko preoblikovanje kamnin, v naslednjem prispevku pa zlasti kasnejše izoblikovanje rečne mreže.

**Ključne besede:** Sotelsko-Savinjska pokrajina, litostratigrafske enote, transgresija in regresija morja, erozijska odpornost kamnin, neotektonika, Paratetida, Panonsko morje, antiklinala, sinklinala, peneplen, pediplen.

THE FORMATION OF THE FLUVIAL RELIEF IN THE SOTLA-SAVINJA LANDSCAPE – THE GEOLOGICAL BASES OF A RELIEF

## Abstract

The Sotla-Savinja landscape is a hilly and mountainous landscape of eastern Slovenia, where the river basins of Sotla, Voglajna and Gračnica converge. In this region, subalpine hills gradually sink towards the Pannonia Plain. The landscape was transformed later and less radically by tectonic forces than in the rest of Slovenia. That makes the landscape very convenient for the exploration of geological and geomorphologic processes at work in the shaping of a river basin. In the article we will learn the geological basics of topography: the lithographical structure and subsequent tectonic transformation of rocks and, in the next article, especially the subsequent formation of the river network.

**Keywords:** Sotla-Savinja landscape, lithostratigraphic units, transgression and regression of the sea, erosion resistance of rocks, neotectonics, Paratethys, Pannonian sea, anticline, syncline, peneplain, pediplain.

\* Igor Bahar poučuje geografijo na II. osnovni šoli v Rogaški Slatini.  
igor.bahar@guest.arnes.si

**Uvod** Člani Društva učiteljev geografije Slovenije (DUGS) smo se jeseni 2014 zbrali na izobraževalnem taboru na Kozjanskem. V sklopu tabora smo eno izmed terenskih izobraževanj namenili geološkim značilnostim pokrajine, oblikovanju reliefa ter rabi površja v odvisnosti od reliefa. Na terenu ni bilo dovolj časa in možnosti, da bi se bolj poglobili v nekatere podrobnosti, zato sta ta in naslednji članek (2. del: Razvoj rečnega omrežja) namenjena bolj poglobljenemu spoznavanju z omenjeno pokrajino in poskusu interpretiranja ugotovljenih dejstev.

## **Opredelitev Savinjsko-Sotelske pokrajine**

Obravnavano pokrajino so v preteklosti geografi in domačini različno poimenovali: subpanonska regija Savinjsko-Sotelske Slovenije (Ilešič, 1972), Sotelsko-Vogljajska regija (Ilešič, 1974), Vogljajnsko-Sotelska Slovenija (Zbornik zborovanja geografov v Rogaški Slatini, 1974), Kozjansko (potres 1974 in popotresna obnova), Kozjansko ali Srednje Sotelsko in Vogljajnsko Zgornje Sotelsko (Ilešič, 1984), svet med Bočem in Bohorjem (Zbornik občin Šentjur pri Celju in Šmarje pri Jelšah, 1984) itn. Čeprav je pokrajina tipično (slovensko) prehodna (gričevnata in hribovita) kot še marsikatera druga, geografom to pri poimenovanju in opredelitvi obsega pokrajine dela težave. V tem besedilu se nimamo namena spopadati s to problematiko, kljub temu pa se moramo odločiti za poimenovanje pokrajine, ki jo bomo obravnavali. Po tehtanju različnih imen smo se odločili za Ilešičevo poimenovanje (1972, 15), ki je še najbolj ustrezno. V obravnavani pokrajini se namreč stikajo porečja Sotle, Vogljajne in Gračnice (zadnji dve sta pritoka Savinje). Predvsem obsežno porečje Gračnice je v mnogih drugih poimenovanjih povsem prezrto. Kot nekakšen tujek v tem poimenovanju še vedno ostaja malo območje okoli povirja Sevnične, ki je neposredni pritok Save. Pokrajino na severovzhodu omejuje Bočko-Maceljsko hribovje, zahodno od Šentjurja dolina Vogljajne, na jugu Bohor in Orliško hribovje, na vzhodu in zahodu pa Sotla in Savinja. Vse geološke strukture v pokrajini potekajo približno v vzporedniški smeri Posavskih gub. Le na severovzhodu se jim pridružijo geološke strukture v dinarski smeri, ki pa se na stiku s posavskimi preusmerijo v vzporedniško smer. Poudarek na Sotelsko-Savinjski pokrajini je narejen z namenom, da nas prvi del imena – Sotelsko miselno takoj preusmeri v obpanonski del Slovenije, ki z gorskimi pokrajinami zgornje Savinjske doline nima – razen Savinje – nič skupnega.

## **Stratigrafski stolpec kamnin, ki gradijo relief pokrajine**

Na obravnavanem območju imamo več primerov geoloških poti, na katerih lahko na nezahtevnih sprehodih spoznavamo kamninsko sestavo, tektonsko dogajanje in erozijsko odpornost kamnin. V strokovni literaturi sta podrobno opisani dve takšni poti (Videc, 2003; Aničić in Pavšič, 2004). Za terenski ogled tabora DUGS smo izbrali pot Aničića in Pavšiča med Olimjcem in Virštanjem, med pohodnimi točkami 18 in 21, nekateri pa smo si uspeli ogledati tudi pohodno točko 1.

Predoligocenske kamnine so razširjene v jedrih antiklinal. To so večinoma triasne karbonatne in vulkanske kamnine, ki bi jih po erozijski odpornosti lahko prišteli med erozijsko najbolj odporne kamnine. Izjema so triasne vulkanske kamnine, ki so erozijsko bistveno manj odporne od karbonatnih kamnin in bi jih lahko uvrstili med erozijsko srednje odporne kamnine. Šolski primer za opazovanje razlik v erozijski odpornosti kamnin je dolina

Župnijskega jarka (Svinjskega grabna) nad Podčetrtkom. Dolina potoka je z vseh strani obdana z višjimi hribi iz karbonatnih kamnin in tudi srednji tok potoka se prebija skozi ozko dolino brez pritokov čez karbonatno pregrado med Grajskim hribom in Škofjo goro. Povirje dolinice pa leži v vulkanskih kamninah, v katerih je dolina zaradi manjše erozijske odpornosti vulkanskih kamnin široko pahljačasto razvejana in globoko vrezana (glej sliko v drugem delu).

V zahodnem delu obravnavanega območja oligocenske kamnine ponekod nalegajo celo na karbonsko-permijske plasti, kar dokazuje da manjkajo vse triasne plasti. Od zornjega triasa pa vse do oligocena imamo okoli 170 milijonov let dolg presledek, iz katerega nimamo skoraj nobenih ostankov kamnin. Izjeme so nekaj večje površine krednih kamnin na Veterniku in Bohorju, majhna krpa zgornjekrednih kamnin pri Pilštanju, majhni krpi jursko-krednih kamnin na Rudnici in na Boču ter drobna krpa eocenskih kamnin na severni strani Plešivca nad Rogaško Slatino. Te male krpe kamnin dokazujejo, da je tudi v obdobju »velikega presledka« med ohranjenimi kamninami obstajala sedimentacija, vendar so bile odložene kamnine kasneje erodirane, najverjetneje v drugi polovici eocena, če ne v precejšnji meri že prej. Iz geološke karte je razvidno, da je bila triasna podlaga že pred oligocenom tektonsko zelo preoblikovana. Različno stare triasne kamnine, ki se med seboj močno razlikujejo tudi po okolju nastanka, so bile tektonsko razkosane in ponovno združene v težko razumljivo »mozaično strukturo«. Placer (1999, 218) jo imenuje »parketna zgradba«, ki se precej razlikuje od skoraj pravih pasov oligocenskih in miocenskih kamnin. Vse to dokazuje živahno in temeljito tektonsko in erozijsko preoblikovanje pokrajine pred nastankom zgornjeoligocenskih in miocenskih kamnin (glej tudi Placer, 1999, 216).

Tudi spodnjeoligocenske sedimentne kamnine so odkrite le na nekaj zelo majhnih površinah, zato za naše preučevanje reliefa nimajo večjega pomena. Fosilni ostanki (ribe) dokazujejo morsko okolje, čeprav smo našli tudi lapor, verjetno oligocenske starosti, z rastlinskimi ostanki kopenskih rastlin (listi kritosemenk) na severozahodnem grebenu Zakušekovega vrha (525 m), ki na Aničičevi karti (2004) ni vrisan. Ker morje ni moglo oblivati samo teh ločenih in geografsko zelo majhnih prostorčkov, je popolnoma jasno, da so bile tudi te plasti v kasnejšem delu spodnjega in srednjega oligocena večinoma erodirane. Zahodno od Kamenika in Žusma je več spodnjeoligocenskih vulkanskih kamnin – tufov, ki so v jedrih antiklinal ali v njihovi bližini. V obeh primerih gre za erozijsko srednje odporne kamnine manjših debelin, ki niso bistveno vplivale na oblikovanje reliefa.<sup>1</sup>

1 Za oligocen, miocen in pliocen Panonskega bazena se je v devetdesetih letih prejšnjega stoletja uveljavilo poimenovanje posameznih časovnih obdobij, kot je v navadi za osrednjo Paratetido. Paratetida je pretežno ločeni severni del praoceana Tetide, ki se je oblikoval v srednjem delu kenozoika. Paratetida je segala od Alp čez današnje Panonsko in Vlaško nižino do Črnega morja, Kaspijskega in Aralskega jezera. V srednjem miocenu je Paratetida razpadla na več ločenih bazenov, med katerimi je bilo tudi Panonsko morje. V mlajšem miocenu je naš del Panonskega morja postal vse bolj brakičen in v pliocenu sladkovoden (glej <http://de.wikipedia.org/wiki/Paratethys>). Zato imamo v naši geološki literaturi dva sistema poimenovanja časovnih obdobij: starejši sistem so uporabljali v obdobju kartiranja osnovne geološke karte 1 : 100.000, novejši sistem pa pri novejši geološki karti Kozjanskega 1 : 50.000.

Preglednica 1: Primerjava kartiranih litostratigrafskih enot na območju Obsotelja med oligocenom in pliocenom

Osnovna geološka karta 1 : 100.000, List Rogatec				Geološka karta Kozjanskaga 1 : 50.000		
Obdobje	Stopnja	Oznaka stopnje	Kartirane litostratigrafske enote	Stopnja	Oznaka stopnje	Kartirane litostratigrafske enote
Spodnji pliocen	Pontij	Pl <sub>1</sub>	6			
Zgornji miocen	Panonij	M <sub>3</sub> <sup>2</sup>	7	Panonij	M <sub>6</sub>	6
	Sarmatij	M <sub>3</sub> <sup>1</sup>	9, 8	Sarmatij	M <sub>5</sub>	8, 7
Srednji miocen	Tortonij	M <sub>2</sub> <sup>2</sup>	12, 11, 10	Badenij	M <sub>4</sub>	13, 12, 11, 10, 9
	Helvetij	M <sub>2</sub> <sup>1</sup>	14, 13			
Spodnji miocen	Burdigalij	M <sub>1</sub> <sup>2</sup>	17, 16, 15	Eggenburgij	M <sub>1</sub>	14
Zgornji oligocen in spodnji miocen		Ol,M	20, 19, 18	Egerij	OM	16, 15
Srednji in zgornji oligocen	Rupelij	Ol <sub>2</sub>	22, 21	Kiscelij	Ol <sub>1</sub>	19, 18, 17

Opombe k preglednici litostratigrafskih enot:

- Posamezno geološko obdobje se deli na več krajših obdobjih, imenovanih stopnje, ki imajo lastna imena, te pa se delijo še naprej na podstopnje.
- Litostratigrafske enote so različne vrste kamnin, ki so nastale znotraj istega obdobja, v našem primeru znotraj posamezne stopnje.
- Zaporedne številke kartiranih litostratigrafskih enot ustrezajo oznakam na legendah obeh kart.
- Kiscelijška stopnja kljub oznaki Ol<sub>1</sub> ustreza srednjemu oligocenu, tako da gre pri obeh kartah za iste kartirane litostratigrafske enote.
- Kamnine iz helvetijske stopnje so bile kartirane na OGK na območju Haloz, na območju Obsotelja pa kamnine iz otanginijske (M<sub>2</sub>) in karpatijske (M<sub>3</sub>) stopnje niso bile odložene, ohranjene ali odkrite.

Zato so za našo obravnavo ključne vse naslednje plasti kamnin, ki jih raziskovalci uvrščajo v zgornji oligocen in miocen. Prve so zgornje oligocenske in spodnje miocenske plasti kamnin, ki jih uvrščajo v egerijsko obdobje.<sup>2</sup> To so večinoma nesprijeti peski, redkeje tudi peščene gline, ki so erozijsko najmanj odporne plasti. Zato nastajajo v njih široke doline in razvejana povirja. Ti sedimenti so nastali v morju, vendar pa ponekod vsebujejo tudi leče premoga. Že od nekdaj se imenujejo govške plasti po kraju blizu Laškega. Te plasti so odložene v znatnih debelinah, ponekod tudi do 600 m. Najdemo jih v jedrih in krilih antiklinal, večinoma na triasni podlagi.

Nad govškimi plastmi je znova krajši presledek v ohranjenosti kamnin, ki je po Aničiću in sodelavcih (2002, 228 in 230) trajal okoli pet do šest milijonov let. Jelen (2003, 456) je opozoril, da gre tudi v tem primeru gotovo za krajše erozijsko obdobje, v katerem je bila odstranjena neznana količina že odloženih sedimentov, ki ustvarja ta presledek. Nad tem presledkom se je v badenijskem obdobju odvila še zadnja popolnoma morska sedimentacija v tem delu Slovenije, za katero imamo tudi značilne morske fosile. Nastale so zelo različne plasti kamnin. V spodnjem delu so nastali apnenčevo-kremenovi konglomerati in peščenjaki z vložki litotamnijskega apnenca. Ponekod so nastale tudi debelejše plasti litotamnijskega apnenca. Kasneje so se odložile bolj glinaste plasti, iz katerih je nastal lapor, ki je po nahajališču pri Laškem imenovan laški lapor. Peščenjaki in laporji spadajo med erozijsko srednje odporne plasti kamnin, medtem

2 Buser (2009) v svoji geološki karti uvršča te plasti v eggenburgij do karpatij, to je v celoti v spodnji in deloma v srednji miocen. Vendar je Buser zaradi manjšega merila zemljevida in usklajevanja različnih podatkov iz posameznih delov Slovenije nekatere litostratigrafske formacije revidiral. Zaradi večje podrobnosti Aničićevega zemljevida 1 : 50.000 se bom držal njegove opredelitve, na mojo interpretacijo nastanka površja pa te različne opredelitve ne vplivajo.

ko spadajo litotamnijski apnenci med erozijsko najbolj odporne kamnine. Kamnine badenijske starosti se pojavljajo v pasovih med antiklinalami in sinklinalami, kjer gradijo ozka slemena, debelejšje plasti litotamnijskega apnenca pa tudi bolj široke grebene ali celo manjše planote.

Nad srednjemiocenskimi badenijskimi plastmi so se odložile zgornjemiocenske sarmatijske plasti. Tudi te so se začele s plastmi apnenčevo-kremenovega konglomerata in peščenjaka, nadaljevale pa z lapornatimi kamninami. Že samo zaporedje kamnin opozarja na novo transgresijo morja in na vmesno krajše obdobje kopnega erozijskega površja. Vendar fosili dokazujejo, da gre v tem obdobju že za brakično vodno okolje, v katerem se mešata sladka in morska voda. Te kamnine so srednje erozijsko odporne. Najdemo jih v krilih, deloma tudi v jedru sinklinal, včasih tudi še na slemenih med antiklinalami in sinklinalami.

Regresija morja je umikanje morja in nastajanje kopnega, transgresija morja pa napredovanje morja s preplavljanjem kopnega. Vzroki za takšno spreminjanje morske gladine so lahko različni: tektonski, akumulacijski in podnebni. Tektonika vpliva na morsko gladino z dviganjem ali ugrezanjem kamninske podlage, akumulacija z zasipavanjem morja, podnebne spremembe pa z nastajanjem ali izginjanjem velikih celinskih ledenikov.

Najmlajše obdobje miocena je panonij, v katerem prevladujejo erozijsko malo odporne peščene in lapornate plasti. Že v sarmatiju brakično morje je v tem obdobju postalo še manj slano. Te plasti so se ohranile samo v jedrih sinklinal in so erozijsko manj odporne. Tam, kjer so še ohranjene, pa zaradi bližine lokalne erozijske baze v njih ne vidimo kakšne bolj opazne erozije.

Po miocenu sledi obdobje pliocena. Spodnjepliocenski sedimenti se pojavljajo že čez mejo v Hrvaškem Zagorju in so že povsem sladkovodni, v večjem obsegu pa so ohranjeni tudi v Senovški sinklinali in v Spodnjem Obsotelju. Usedali so se rečni sedimenti prod, peska in peščenega laporja (Aničič in Juriša, 1985). Na slovenski strani Zgornjega in Srednjega Obsotelja so bili ti sedimenti verjetno povsem erodirani. Prav te plasti dokazujejo, da se je po obdobju morske in brakične sedimentacije nadaljevalo akumulacijsko površje tudi na prvotnem kopnem površju. Akumulacijsko površje je tisto, na katerem prevladuje proces akumulacije ali usedanja sedimentov. Na rečnem reliefu je tak proces povezan s transportno energijo vodotoka. Ko reka ne more več prenašati sedimentov, jih odloži v svoji strugi ali ob poplavih na poplavni ravnici. To se najlepše pokaže na poplavljenem travniku, na katerem po poplavi ostanejo plasti in kupi odloženih sedimentov. Proces akumulacije je po funkciji zadnji v skupini procesov zunanjega preoblikovanja površja.

Aničič in sodelavci (2002, 218) ocenjujejo, da skupna debelina vseh terciarnih plasti na širšem območju »Kozjanskega« dosega od 2000 do 2500 m. Vendar se debeline plasti prek celotne pokrajine zelo hitro spreminjajo. Ponekod kamnine iz vmesnih obdobj tudi manjkajo, saj sploh niso bile povsod odložene ali pa so bile kasneje erodirane. Zato so bolj uporabne skupne debeline sedimentov na posameznih prerezih. Tako je bila med Kostrivnico in Dobjem pri Planini izmerjena skupna debelina egerijskih, badenijskih in sarmatijskih plasti na okoli 700 m (Videc, 2003), na pre-

## Tektonsko preoblikovanje mlajših kamnin

reзу med Rudnico in Virštanjem pa na okoli 800 m (Aničić, Ogorelec in Dozet, 2004 – prerez na geološki karti).

Slovensko ozemlje je bilo že v triasnem obdobju močno tektonsko preoblikovano, vsako naslednje obdobje pa je s svojimi tektonskimi preoblikovanji samo še bolj zapletlo že tako zelo težko razumljivo stanje. Za razlago oblikovanja reliefa in nastanka rečne mreže je najbolje, če je tektonskega preoblikovanja kar najmanj. In takšne pogoje imamo v tem delu Slovenije. Egerijske in preostale miocenske kamnine, ki so stare od 5,3 do okoli 26 milijonov let, so bile za slovenske razmere relativno malo tektonsko preoblikovane in v njih še lahko sledimo pravilne geološke strukture, to so antiklinale in sinklinale.

Aničić, Ogorelec in Dozet (2004) prikazujejo na našem ozemlju naslednje geološke strukture, ki jih prištevamo v Posavske gube:

1. Na severu je med Šentjurjem pri Celju in Šmarjem pri Jelšah izrazita Celjska sinklinala, ki sega na vzhod do Mestinja, kjer se zdi, da se združi z Laško sinklinalo.
2. Na njenem južnem robu sta stisnjeni skupaj komaj opazni Teharska antiklinala in Motniška sinklinala, ki pa sta jugozahodno od Šmarja še komaj opazni in ju pogosto vidimo kot del naslednje antiklinale.
3. Sledi Trojanska antiklinala, ki se vleče od Svetine čez Rifnik in Gradišče do Kamenika južno od Šmarja, kjer se konča pri dolini Mestinjščice, tako da potone pod sosednji sinklinali.
4. Južno od Trojanske antiklinale sledi Laška sinklinala, ki se vleče južno od Laškega čez dolino Zibike na Hrvaško vse do Kostelskega.
5. Sledi Rudniška antiklinala, ki se začne pri Lahomnem ob Savinji, se nadaljuje čez Kostrivnico na Žusem in Rudnico ter čez Sotlo na Desiničko in Kuna goro, Strahinjščico in Ivanščico. Aničić in Juriša (1985) jo zato imenujeta Rudniško-Ivanška antiklinala.
6. Med Velikimi Grahovšami in Trobnim dolom sta na južni strani te antiklinale stisnjeni še dve manjši gubi (sinklinala in antiklinala), ki pa na geološki karti nista poimenovani.
7. Na južni strani jima sledi Planinska sinklinala, ki se ob Savinji združuje z Laško sinklinalo, na vzhod pa poteka severno od Planine pri Sevnici proti Golobinjeku in naprej na Hrvaško proti Miljani.
8. Na jugu obravnavanega območja je območje Bohorja in Veternika kot del Litijske antiklinale, ki se konča okoli Pirhovega brega.
9. Od Senovega prek Podsrede do Kumrovca in še naprej na Hrvaško se vleče Senovška sinklinala.
10. Povsem na jugu sledi še Orliška antiklinala, ki se nadaljuje na Hrvaško, na Cesarsko brdo.

Preglednica 2:  
Geološki stolpec litostratigrafskih enot na območju Rudniške antiklinale

Obdobje	Stopnja	Barva in oznaka	Opis litostratigrafskih enot
Kvartar		Q	Grušč, prod, pesek, melj, glina
Terciar: miocen	Panonij	M <sub>6</sub>	Lapor, pesek in vložki peščenjaka
	Sarmatij	M <sub>5</sub>	Zgoraj: lapor in pesek Spodaj: lapornati apnenec, konglomerat in peščenjak
	Badenij	M <sub>4</sub>	Zgoraj: lapor – laški lapor, lapornati apnenec Drugod se v tem obdobju pojavlja še litotamnijski apnenec. Spodaj: konglomerat in peščenjak

Terciar: oligocen in miocen	Egerij	OM	Pesek, peščenjak, glina, glinavec ponekod z lečami premo-ga, redkeje tudi vulkanske kamnine – govške plasti
Terciar: oligocen	Kiscelij	Ol <sub>1</sub>	Zgoraj: vulkanske kamnine Spodaj: lapornata glina (sivica), pesek prod, peščenjak in premog
Jura in kreda	Titonij – valanginij	J, K	Zgoraj: lapornati apnenec Spodaj: ploščasti apnenec z rožencem
Zgornji trias	Karnij	T <sub>3</sub> <sup>1</sup>	Zgoraj: plastnati apnenec z rožencem in skrilavi glinavec Spodaj: zrnati dolomit
Srednji trias	Ladinij	T <sub>2</sub> <sup>2</sup>	Apnenec, skrilavi glinavec, peščenjak, vulkanske kamnine
	Anizij	T <sub>2</sub> <sup>1</sup>	Spodaj plastnati dolomit, zgoraj masivni dolomit in vulkan-ske kamnine Dolomit je ponekod oruden z železovimi minerali.
Spodnji trias (skitij)	Induan in olenekij	T <sub>1</sub>	Oolitni apnenec, dolomit, peščenjak, lapor
Karbon in perm		C, P	Konglomerat, peščenjak in glinavec

### Kdaj naj bi se zgodilo zadnje tektonsko preoblikovanje in za koliko se je dejansko dvignilo površje

Tu moramo ločiti vsaj dva procesa, ki ne potekata vedno sočasno. Eden je samo gubanje, prelamljanje, premikanje kamninskih plasti in tektonskih blokov, drugi proces pa je dvigovanje ali spuščanje površja. Večina gubanj, prelamljanj, premikanj in narivanj poteka podzemno in ne na Zemljinem površju. Na Zemljino površje pridejo te strukture večinoma šele z dvigovanjem in erozijo površja. Absolutno dvigovanje in ugrezanje površja se kažeta le na površini, na primer glede na morsko gladino ali glede na erozijski ali akumulacijski tip reliefa. Vzrok za dvigovanje ali ugrezanje površja je prav tako lahko v notranjosti Zemlje ali na njenem površju. Na primer: več kilometrov debel celinski ledenik lahko za več sto metrov pogrezne Zemljino površje, ko se stali, pa se površje znova dvigne. Temu pravimo glacialna izostazija. Prav tako, zaradi večje gostote kamnin pa še bolj, se površje dviguje zaradi erozije na eni strani in ugreza zaradi akumulacije na drugi strani – izostazija. V Panonski nižini so terciarni sedimenti zaradi ugrezanja debeli več kilometrov, te sedimente so reke prinesle iz Alp in drugih sosednjih gorovij, ki so se zaradi razbremenitve dvigala. Pomembno se je zavedati, da vsako gubanje, prelamljanje in narivanje kamnin še ne ustvari gorovja in erozije. Površje Slovenije je bilo vse obdobje Zemljine zgodovine predmet tektonskega preoblikovanja, vendar nam tudi skromni ostanki kamnin in fosili v njih iz posameznih obdobj dokazujejo, da je bilo površje večino časa blizu morske gladine ali pod njo. Po drugi strani nam presledki v ohranjenosti kamnin dokazujejo, da je bilo površje v vmesnih obdobjih kdaj tudi precej dvignjeno in da je erozija ponekod odnesla tudi več kilometrov debel sloj kamnin. Površje Slovenije je bilo skozi različna obdobja zelo močno preoblikovano.

Tonjenje geoloških struktur proti vzhodu pod vedno mlajše plasti kamnin dokazuje zelo kompleksen proces nastajanja površja. Medtem ko gube in narivi v Posavskem hribovju in v Hrvaškem Zagorju nastajajo zaradi pritiskov od severa in juga, se površje bistveno hitreje dviga na zahodu in počasneje na vzhodu. Pliocenski kopenski sedimenti so še danes močno razširjeni po Hrvaškem Zagorju nad vsemi naštetimi geološkimi strukturami, na zahodu pa na površju že prevladujejo triasne kamnine. Prav ta značilnost je zavedla mnoge starejše avtorje, da so iskali nekdanje izlive

alpskih rek (Save, Savinje idr.) v Panonsko morje vzhodno ali celo severovzhodno od Posavskih gub.

Kljub lahko opaznim in razumljivim geološkim strukturam ne smemo podcenjevati dejanskega tektonskega preoblikovanja. Nekdanje sedimente Paratetide najdemo dvignjene več sto metrov nad krajem njihovega nastanka (pod morsko gladino). V naši pokrajini najdemo danes te sedimentne kamnine najvišje na treh ločenih krajih:

- Na Plešivcu nad Rogaško Slatino so spodnje miocenske kamnine dvignjene na višino 820 m. Ta lokacija je zanimiva še posebno zato, ker je celotni Plešivec v jedru Haloške sinklinale, medtem ko je »Rogaško podolje«, kakor ga imenujejo nekateri starejši avtorji, del Pletovarsko-Maceljske antiklinale (Aničič in sodelavci, 2002), kar bi lahko bil eden od šolskih primerov neskladnega reliefa, kot ga definira Kunaver (1974, 68).
- Višje so dvignjene spodnje miocenske plasti na Donački gori, kjer lahko prav pod križem na višini 882 m nadmorske višine opazujemo okamnele školjke Panonskega morja.
- Še višje je našel badenijske (takrat imenovane tortonijske) sedimentne kamnine Buser (1979 in 1984, 41), in sicer na vrhu Bohorja okoli 1000 m visoko.
- Verjetno najvišje so badenijske (morske) kamnine danes ohranjene v Potočki zijalki (Buser, 2002), to je na višini skoraj 1700 m.

Navedeni primeri kažejo le na današnje stanje ohranjenosti mlajših kamnin na vzpetih delih reliefa. Erozija jih je od tam že večinoma povsod in povsem odstranila. Takšno živahno tektonsko preoblikovanje nam dokazujejo tudi oligocenske in miocenske plasti na območju Rudniške antiklinale. V tem okoli dvajset milijonov let dolgem obdobju, od zgornjega oligocena do zgornjega miocena, smo imeli vsaj tri transgresije: egerijsko, badenijsko in sarmatijsko; površje pa je bilo ves čas blizu morske gladine. Morje se je zadnjič umaknilo po odložitvi panonijskih brakičnih sedimentov, pred okoli 5,3 milijona let. Ti sedimenti imajo danes v jedrih sinklinal okoli Pristave in Golobinjeka vpad plasti okoli  $40^\circ$ , kar je primerljivo z ostalimi miocenskimi plastmi na krilih antiklinale. To pomeni, da so se okoli 800 m debele mlajše oligocenske in miocenske plasti nagubale šele v zadnjih petih milijonih let ter se pri tem dvignile za vsaj 200 m v jedrih sinklinal (Pristavška dolina 200 m, Golobinjek 190 m) ter za več kot 1500 m nad jedrom Rudniške antiklinale (nad Plešivcem 686 m). To pomeni, da so višinske razlike, ki so nastale v zadnjih petih milijonih let, na zračni razdalji komaj 3 km večje od 1300 m. Že te velike višinske razlike na majhnih razdaljah kažejo na velikansko dinamičnost kamninske podlage.

Na terenu smo si ogledali in izmerili vpad plasti. Plasti sedimentnih kamnin nastanejo večinoma v vodoravni legi. Če so bile te vodoravne plasti podvržene tektonskemu preoblikovanju, na primer gubanju, pa jih danes najdemo v zelo različnih legah, na primer poševnih in celo navpičnih. Pri takšnih legah lahko izmerimo vpad plasti. Vpad plasti ima dva podatka: prvi je smer vpada – to je azimut smeri, v katero plasti tonejo – in naklon vpada – to je kot od vodoravne lege v globino, za katerega plasti tonejo. Na primer: 180/40 – to je vpad plasti v azimutu  $180^\circ$  (točno proti jugu) za naklon  $40^\circ$  (kot pod katerim se spuščajo plasti v globino).



Neotektonsko dogajanje (neotektonika) je obdobje tektonskega delovanja, ki zavzema obdobje neogena (mlajšega terciarja, tj. je miocena in pliocena) ter obdobje kvartarja vse do danes. Premru (1976) razlaga, da naj bi bilo še v spodnjem pliocenu tektonsko mirovanje, v katerem je nastal peneplen (erozijsko uravnano površje), neotektonska dogajanja pa naj bi se začela s srednjim pliocenom. Spodnjepliocenski sedimenti Hrvaškega Zagorja to potrjujejo. Posledica neotektonske aktivnosti je tudi sedanja precejšnja potresna aktivnost tega dela Slovenije. Morda lahko Premruju očitamo za to pokrajino le uporabo napačnega izraza peneplen. Takšen ravnik naj bi nastal kot končni rezultat erozijskega procesa, za kar sta pogoj stalna erozijska baza in tektonsko umirjeno ozemlje (Leksikon Cankarjeve založbe, 162). V naši pokrajini smo imeli vse od badenija do spodnjega pliocena, to je več kot pet milijonov let, stalno akumulacijsko površje v višini okoli morske gladine. Morda bi v tem obdobju lahko nastajal peneplen (erozijska uravnava) v pokrajinah zahodno od naše. V kasnejšem delu Premru (2005, 148 in 440–443) ne omenja več peneplena, temveč pediplen. Geografski terminološki slovar (2005, 276) razloži pediplen kot razkrito ali s tanko plastjo odkladnin prekrito uravnava z redkimi osamelci. V primeru pediplena torej ne gre več za končno fazo erozijskega reliefa (tj. peneplen), temveč za obliko akumulacijskega reliefa ali prehodnega reliefa brez izrazite erozije ali akumulacije.

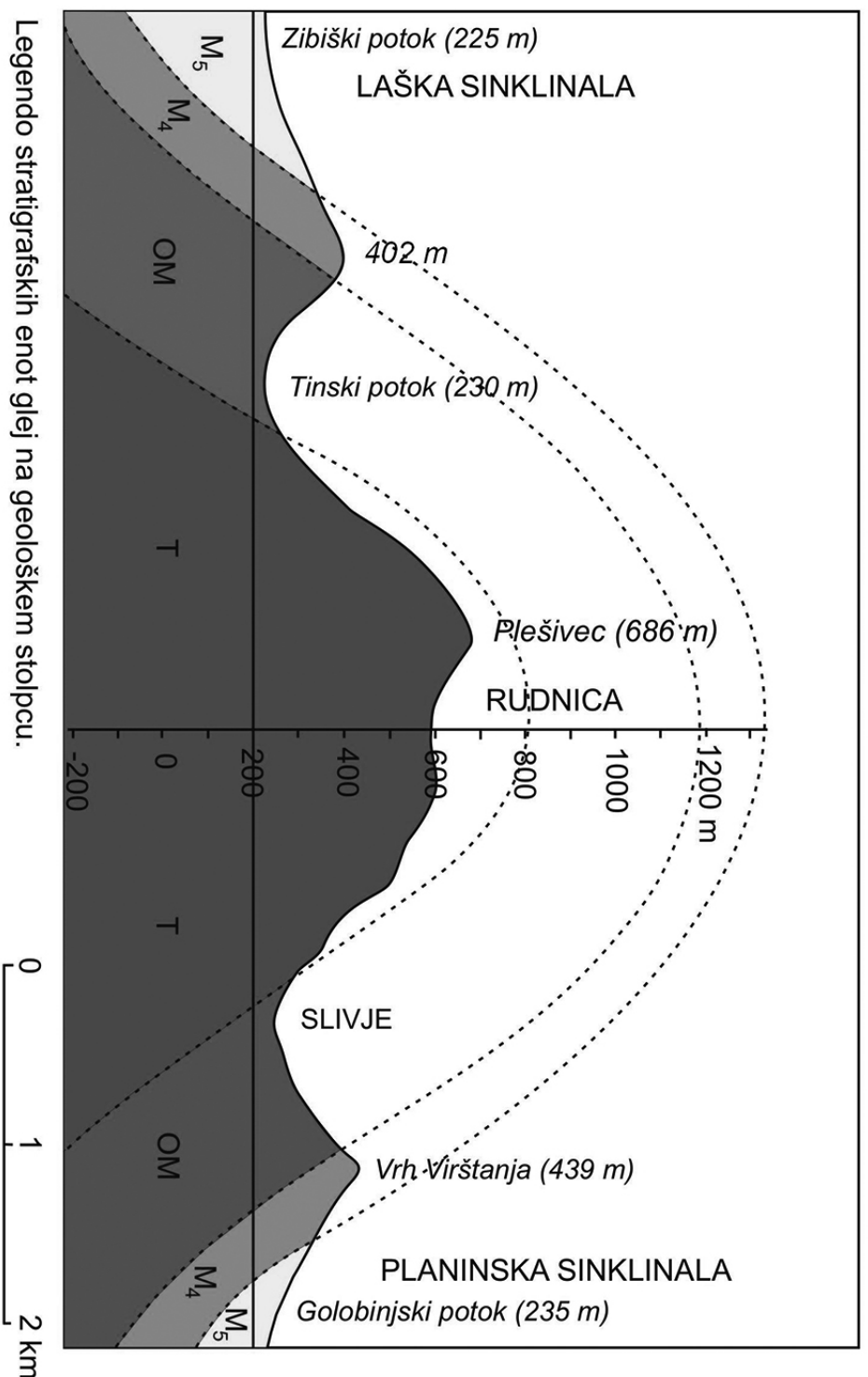
Placer (1999, 215) navaja za Posavske gube največje neotektonske spremembe med koncem sarmatija in začetkom pliocena. Najbrž to bolj velja za območje Zasavja in še posebej za območje Zagorja, ki ga podrobneje analizira v svojem članku. Ohranjeni panonski in spodnjepliocenski sedimenti na vzhodnem robu Posavskih gub kažejo, da se je površje v Obsotelju začelo gubati in dvigati kasneje ter manj intenzivno kot v Zasavju.

Zanimive so tudi natančne meritve recentnih (sedanjih) dviganj v različnih delih Slovenije. Premru (2005, 338) prikazuje na zemljevidu Slovenije za območje Sotelsko-Savinjske pokrajine letno dviganje od 2 do 4 mm. Uporabil je nekoliko starejše podatke iz leta 1976 po Jovanoviču. Novejše raziskave (Komac in Bavec, 2007; Oštir in Komac, 2007; Rižnar, Koler in Bavec, 2007) za zahodno Slovenijo potrjujejo že prej ugotovljene vrednosti, vendar ugotavljajo za obdobje meritev tudi precejšnje razlike na majhnih razdaljah in velike razlike v intenzivnosti ter celo smeri premikanj (dviganje ali spuščanje). Te precejšnje razlike na majhnih razdaljah lahko ugotovimo že na primeru Rudniške antiklinale in obeh sosednjih sinklinal, ki smo jih predstavili v enem od prejšnjih odstavkov. Če upoštevamo, da se je vrh sarmatijskih sedimentov, ki so nastali na ravni morske gladine, v zadnjih petih milijonih let dvignil pri Golobinjeku in Pristavi za okoli 200 m nad morsko gladino, je bilo povprečno dviganje samo 0,04 mm/leto. Nad vrhom Rudnice, kjer pa naj bi bile sarmatijske kamnine dvignjene vsaj še 800 m višje na višino najmanj 1.500 m, pa bi bilo povprečno dviganje 0,3 mm/leto. Seveda takšne povprečne ocene ne povejo ničesar o zelo spremenljivi dinamiki dviganj in celo spuščanj terena v sinklinalah in v posameznih krajših obdobjih, kot je tudi današnji čas, v katerem nas potresna aktivnost opozarja na intenzivna premikanja v podzemlju in na površju.

Prav zaradi tako intenzivnih dviganj in velikih razlik na krajših razdaljah danes ne moremo primerjati časov nastanka posameznih erozijskih ravnin samo po njihovi nadmorski višini, kot so to delali Meze (1963) in njegovi

sodobniki v petdesetih, šestdesetih in sedemdesetih letih prejšnjega stoletja, če so te ravni nastale pred več kot npr. 20.000 leti. Nastale višinske razlike so preprosto prevelike in premalo poznane, da bi lahko postavili preverjeno zanesljive ugotovitve. Prav tako ni mogoče primerjati med seboj celo mlajših akumulacijskih in erozijskih rečnih teras, če so te med seboj oddaljene ali imajo različno lokalno erozijsko bazo. Višinska razlika med posameznimi terasami se že na nekajkilometerskih razdaljah povsem spremeni in pri lokalni, tektonsko pogojeni erozijski bazi povsem izklini (Bahar, 1985). Podrobneje je o slabostih metode primerjave višinskih ravni pisal Gams (2001).

Slika 1:  
Poenostavljeni geološki prerez čez Rudniško antiklinalo med Zibiškim potokom pri Osovniku, Plešivcem in Golobinjskim potokom



**Sklep** Sotelsko-Savinjska pokrajina je po nastanku najmlajši del Posavskih gub in narivov, ki potekajo na splošno v vzporedniški smeri proti Panonski nižini. Na pretežno triasni podlagi so se v oligocenu, miocenu in spodnjem pliocenu odložile sedimentne in vulkanske kamnine, ki danes gradijo večino površja. Med njimi in triasno podlago je dolgotrajna vrzel, ki je najverjetneje nastala z erozijo vmesnih kamnin v obdobju paleogena – starejšega terciarja. Večina terciarnih kamnin se je odložila v obdobju treh transgresij Paratetide (»Panonskega morja«), to je egerijske, badenijske in sarmatijsko-panonijske transgresije. V prvih dveh je prevladovalo še morsko okolje, v tretji pa brakično ali somorno okolje. V spodnjem pliocenu so se odložili na kopenskem pediplenu še rečni sedimenti, ki so danes ohranjeni onstran Sotle na sosednjem Hrvaškem. V srednjem pliocenu je tudi našo pokrajino zajelo neotektonsko preoblikovanje, ki smo mu priča še danes (potresna aktivnost). Nastale so antiklinale in sinklinale, ki imajo za slovenske razmere zelo pravilne oblike. Pri tem gubanju se je površje v celoti dvigalo (tudi sinklinale), vendar so pri tem nastajale velike višinske razlike že na majhnih razdaljah. Posledica tektonskih dogajanj in erozije površja so razgaljeni pasovi različno erozijsko odpornih kamnin. O njihovi vlogi pri oblikovanju današnjega reliefa in rečne mreže pa bo govor v drugem delu članka: Razvoj rečnega omrežja.

*Zahvaljujem se prof. dr. Juriju Kunaverju in dr. Antonu Polšaku za skrben pregled besedila, popravke in pomoč pri končnem oblikovanju tega članka.*

## Literatura

1. Aničić, B. in Juriša, M., 1985, Osnovna geološka karta SFRJ v merilu 1 : 100.000, List Rogatec. Zvezni geološki zavod, Beograd. Dostopno na <http://kalcedon.geo-zs.si/website/OGK100/viewer.htm>.
2. Aničić, B. in Juriša, M., 1985, Osnovna geološka karta SFRJ v merilu 1 : 100.000, Tolmač za list Rogatec, 76 s. Zvezni geološki zavod, Beograd.
3. <http://www.geo.ntf.uni-lj.si/tverbic/pac/GEOLO%8AKE%2OKARTE/TOLMA%8C8I/> (april 2014).
4. Aničić, B., 1984, Geološka zgradba ozemlja Občine Šentjur pri Celju. Med Bočem in Bohorjem, 46–55. Šentjur pri Celju in Šmarje pri Jelšah.
5. Aničić, B., Ogorelec, B., Kralj, P. in Mišič, M., 2002, Litološke značilnosti terciarnih plasti na Kozjanskem. Geologija 45/1, 213–246. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana. Dostopno na [www.geologija-revija.si](http://www.geologija-revija.si).
6. Aničić, B., Ogorelec, B. in Dozet, S., 2004, Geološka karta Kozjanskega v merilu 1 : 50.000. Geološki zavod Slovenije in Mladinska knjiga, Ljubljana.
7. Aničić, B. in Pavšič, J., 2004, Geološka učna pot, Kozjanski park, Rudnica/Virštanj. Vodnik po geološki učni poti, 95 str. Kozjanski park, Podsreda.
8. Bahar, I., 1985, Novejše poglobljanje Save na Ljubljanskem polju. Diplomsko delo, 50 str. in priloge. Univerza v Ljubljani, FF, Oddelek za geografijo, Ljubljana.
9. Buser, S., 1979, Osnovna geološka karta SFRJ v merilu 1 : 100.000, List Celje. Zvezni geološki zavod, Beograd. Dostopno na <http://kalcedon.geo-zs.si/website/OGK100/viewer.htm>.
10. Buser, S., 1979, Osnovna geološka karta SFRJ v merilu 1 : 100.000, Tolmač za list Celje, 72 s. Zvezni geološki zavod, Beograd. Dostopno na <http://www.geo.ntf.uni-lj.si/tverbic/pac/GEOLO%8AKE%2OKARTE/TOLMA%8C8I/>.
11. Buser, S., 1984, Geološka zgradba ozemlja Občine Šentjur pri Celju. Med Bočem in Bohorjem, 35–45. Šentjur pri Celju in Šmarje pri Jelšah.
12. Buser, S., 2002, Geološki pogoji nastanka Potočke Zijalke. Geologija 45/2,

- 331–334. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana. Dostopno na [www.geologija-revija.si](http://www.geologija-revija.si).
13. Buser, S., 2009, Geološka karta Slovenije v merilu 1 : 250.000. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana.
  14. Gams, I., 2001, William Morris Davis, Anton Melik, slemenski nivoji in pobočni procesi. Geografski zbornik 41, 203–219. ZRC SAZU, Geografski inštitut Antona Melika. Ljubljana. Dostopno na: <http://giam.zrc-sazu.si/zbornik/gams41.pdf>.
  15. Geografija, 1977, Leksikoni Cankarjeve založbe, 272 str. Cankarjeva založba, Ljubljana.
  16. Geografski terminološki slovar, 2005, Zbirka Slovarji, 451 str. ZRC SAZU, Geografski inštitut Antona Melika, Ljubljana. Dostopno na <http://www.evroterm.gov.si/slovar/index.html>.
  17. Geologija Slovenije, 2009, Ur. Pleničar, M., Ogorelec, B. in Novak, M., 612 str. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana.
  18. Geološki terminološki slovar, 2006, Ur. Pavšič, J., 331 str. Zbirka Slovarji. ZRC SAZU, Ljubljana. Dostopno na <http://www.evroterm.gov.si/slovar/index.html>.
  19. Gosar, A., Komac, M. in Poljak, M., 2005, Strukturni model predterciarne podlage Krške kotline. Geologija 48/1, 23–32. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana. Dostopno na [www.geologija-revija.si](http://www.geologija-revija.si).
  20. Ilešič, S., 1972, Slovenske pokrajine. Geografska regionalizacija Slovenije. Geografski vestnik XLIV, Ljubljana.
  21. Ilešič, S., 1974, Sotelsko-Vogljajska regija, njene osnovne geografske poteze in njena vloga v slovenskem prostoru. Voglajnsko-Sotelska Slovenija, 65–79. Geografsko društvo Slovenije ter Skupščini občin Šmarje pri Jelšah in Šentjur pri Celju, Ljubljana.
  22. Ilešič, S., 1984, Svet in ljudje. Med Bočem in Bohorjem, 46–55. Šentjur pri Celju in Šmarje pri Jelšah.
  23. Jelen, B., 2003, Poročanje ali dokazovanje: Jezikovni problem ali kaj več? Geologija 46/2, 451–458. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana. Dostopno na [www.geologija-revija.si](http://www.geologija-revija.si).
  24. Komac, M. in Bavec, M., 2007, Opazovanje vertikalne komponente recentnih premikov v Julijskih Alpah s PSInSAR metodo. Geologija 50/1, 97–110, Geološki zavod Slovenije. Ljubljana. Dostopno na [www.geologija-revija.si](http://www.geologija-revija.si).
  25. Kunaver, J., 1974, Nekateri morfološke značilnosti reliefa v nizkem terciarnem svetu med Voglajno in Sotlo. Voglajnsko-Sotelska Slovenija, 65–79. Geografsko društvo Slovenije ter Skupščini občin Šmarje pri Jelšah in Šentjur pri Celju, Ljubljana.
  26. Oštir, K. in Komac, M., 2007, Primerjava uporabe metodologije PSInSAR in DInSAR za opazovanje premikov površja – primer SZ dela Slovenije. Geologija 50/1, 77–96. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana. Dostopno na [www.geologija-revija.si](http://www.geologija-revija.si).
  27. Placer, L., 1999: Strukturni pomen Posavskih gub. Geologija 41, 191–221. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana. Dostopno na [www.geologija-revija.si](http://www.geologija-revija.si).
  28. Premru, U., 1976, Neotektonika vzhodne Slovenije. Geologija 19, 209–249. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana. Dostopno na [www.geologija-revija.si](http://www.geologija-revija.si).
  29. Premru, U., 2005, Tektonika in tektogeneza Slovenije, Geološka zgradba in geološki razvoj Slovenije, 518 str. in 5 kart v prilogi. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana.
  30. Rižnar, I., Koler, B. in Bavec, M., 2007, Recentna aktivnost regionalnih geoloških struktur v zahodni Sloveniji. Geologija 50/1, 111–120. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana. Dostopno na [www.geologija-revija.si](http://www.geologija-revija.si).

31. Sore, A., 1984, Potres 1974. Med Bočem in Bohorjem, 56–63. Šentjur pri Celju in Šmarje pri Jelšah.
32. Videc, J., 2003, Geološki razvoj plasti med Kostrivnico in Dobjem pri Planini. Diplomsko delo, 43 str. in priloge. Univerza v Ljubljani, FNT, Oddelek za geologijo, Ljubljana.
33. <http://en.wikipedia.org/wiki/Paratetis> (april 2014).
34. <http://de.wikipedia.org/wiki/Paratethys> (april 2014).
35. <http://en.wikipedia.org/wiki/Pediplain> (april 2014).