
**WILLIAM MORRIS DAVIS, ANTON
MELIK, LEVEL TOP RIDGES AND SLOPE
PROCESSES IN SLOVENIA**

**WILLIAM MORRIS DAVIS, ANTON
MELIK, SLEMENSKI NIVOJI IN POBOČNI
PROCESI**

Ivan Gams

Abstract

UDC: 911.2:551.4(497.4)

COBISS: 1.02

William Morris Davis, Anton Melik, level top ridges and slope processes in Slovenia

KEY WORDS: geomorphology, geomorphogenetics of hills, chemical erosion, neotectonics, slope processes, Slovenia, margins in Pannonian and Adriatic drainage area, hills

Professor Anton Melik (1890–1966) as the leading Slovenian geographer (1927–1965) was a crucial person who, with lectures in geomorphology and publications, introduced the concept of erosion cycle of W. M. Davis into Slovenian geomorphology. His morphogenetics of the mountainous part of Slovenia is also based on the Austrian geologists and Slovenian geomorphologist I. Rakovec. For the hilly areas on the margin of Slovenia he expected the best results from using the concept of W. M. Davis and Serbian geomorphologist Jovan Cvijić who studied terraces in northern Šumadija on southern border of the Pannonian Tertiary Sea.

In the 1950s A. Melik sent his assistants and collaborators to map terraces of the Slovenian hills in the drainage area of Danube's tributaries Mura, Drava and Sava and in the hinterland of the Adriatic Sea – Bay of Triest (Slovenian part of Istria and Brda of Gorizia – Gorica). In these hills we found no proper Pliocene terraces and niveaus. Instead of them, we proclaimed the horizontally leveled tops of ridges for the remnants of primary surface. According to the mapped level ridges, published mostly in the *Geografski zbornik*, they have even in the 60 km long hills of Slovenske gorice the same altitude and no inclination along the main rivers.

The present article denies the opinion on level top ridges as an indicator of the primary surface. According to the slope processes theory they are the result of the permanent surface lowering by chemical erosion. On the tops of ridges the chemical erosion of the ground water is the only process, as on the water divide the rainwater flows below the surface and there is no surface run-off. But on both sides, this water comes out in springs on the upper slopes. The lower parts of slopes are formed by soil erosion and occasionally faster movements of the weathered mantle (creeping, sliding).

The above-mentioned hills in the hinterland of the Bay of Triest are built of Eocene flysch and in E and NE Slovenia of Neogene marls, sands and clays mostly. As they are more or less carbonatic, the author of the article calculated chemical erosion from mean total hardness and run-off. It amounts between 15 and 30 m³ of CaCO₃ and MgCO₃/km²/yearly, what is equivalent to 15–30 m of surface lowering in one million years. The lowering of surface lasted presumably up to 4 million years, from Lower Pliocene onward.

In the Velenje Basin the hills are built of Pliocene sediments. The depth of the valleys from 40–90 m is also common in the mentioned border hilly areas. Neotectonical subsiding of Velenje Basin is proved by 1000 m thick Pliocene and Quaternary sediments, and is also typical for wide main river valleys and basins in hilly areas mentioned above.

The opinion on the uninterrupted chemical and mechanical erosion of surface is confirmed by geological profile of the Miocene/Pliocene anticline of Kog (Slovenske gorice). From it nearly 900 m of sediments were removed during the Upper Miocene, Pliocene and Quaternary.

Spacing of valleys on the cross-section through hilly regions are compared in a special table, where data on the yearly precipitation, potential evapotranspiration, run-off and depth of the valleys for three hilly areas in Slovenia and one in Šumadija (near Belgrade, Yugoslavia) are enlisted, too. A close correlation between the spacing of valleys (this means width of the level surface in between) and run-off is evidently explained.

The role of neotectonics is also evident in the basins of Dravsko polje and Ptujsko polje. The Drava River formed in the same Tertiary sediments at Limbuš (W of Maribor) 1 km wide valley bottom and 30 km

to the SE in the Dravsko polje a 15 km wide plain of gravel with different thickness. The character of neotectonic basins is partially evident in the Mura »valley« in Slovenia, in the Celje and Krško-Brežice (Krka) basins and in the basin of Preval in Brda. Lowering of the crests in Slovenian Istria to the west is the result of the oblique tectonic sinking at the flanks of the Friulian basin.

The relief in Slovenia pertains to the Alpides where the active contacts of Eurasian, Adriatic and Pannonian (micro) plates with pressure provoke the local sinking and contemporary rising of the surface. The concept of erosion cycles as predicted by W.M. Davis can be therefore reasonably adopted in Slovenia only in regions where Neogene and Quaternary tectonic stability is assured.

Izvleček

UDC: 911.2:551.4(497.4)

COBISS: 1.02

William Morris Davis, Anton Melik, slemenski nivoji in pobočni procesi

KLJUČNE BESEDE: geomorfologija, fluvialna geomorfogeneza, kemična erozija, abrazijske terase, neotektonika, submediteransko in subpanonsko gričevje v Sloveniji, južni rob Panonske kotline

Davisovo teorijo o erozijskem ciklu je v Sloveniji uveljavljal vodja slovenske geografije, univ. prof. akad. dr. Anton Melik, ki je z mladimi sodelavci v petdesetih letih 20. stoletja izvedel v gričevju na panonskem in primorskem obrobju kartiranje slemenskih nivojev. To je bilo največje ciljno usmerjeno geomorfogenetsko raziskovanje v zgodovini slovenske geografije, katerega zaključke pa je potrebno preveriti v luči novejših shem procesov in oblik pobočij. Navedeni so argumenti, da so »slemenski nivoji«, to je na večjo razdaljo enakomerne višine slemen, kvartarne starosti in plod nenehnega zniževanja površja zaradi kemične erozije podtalne vode, globlje doline pa plod dodatnih procesov erozije prsti in premikanja prepereline.

Address – Naslov:

Ivan Gams, Ph. D.

Ul. Pohorskega bataljona 185

SI – 1000 Ljubljana

Slovenija – Slovenija

Phone – telefon: +386 (0)1 534 18 36

E-mail – el. pošta: ivan.gams@guest.arnes.si

1. Uvod

Davisovo teorijo o geografskem ciklu je v slovensko raziskovalno geomorfologijo vnesla vodilna osebnost slovenske geografije, univ. prof. akad. dr. Anton Melik (1890–1966). Kot sugestivni predavatelj geomorfologije na Oddelku za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani med leti 1927 in 1966 je razvoj reliefa pojasnjeval predvsem s fluvialnim erozijskim zniževanjem površja v smislu Davisove ciklične teorije. S tem je za več desetletij usmeril razvoj raziskovanja geomorfogeneze v Sloveniji. V začetnih petdesetih letih 20. stol. je mlade sodelavce napotil k ugotavljanju nivojev v robnem subpanonskem in submediteranskem gričevju. Devet tako nastalih razprav je plod največjega ciljno usmerjenega slovenskega geomorfogenetskega raziskovanja, ki po pol stoletja kliče v luči razvoja geomorfološke znanosti doma in v svetu k ponovnemu vrednotenju, ki ga je napovedal že pobudnik raziskave sam.

2. Anton Melik in njegova geomorfološka šola

Anton Melik je pred in med prvo svetovno vojno študiral in diplomiral iz zgodovine in geografije na Dunaju. Ko je l. 1927 postal na Filozofski fakulteti univerzitetni docent in kmalu nato profesor, je imel za sabo predvsem zgodovinske objave (Meze, 1990). Relief ga je sprva bolj pritegnil kot pomembna prvina agrarne pokrajine (Melik, 1934). V samo geomorfogenezo se je začel poglobljati predvsem, ko je zbiral gradivo za epohalno monografijo Geografija Slovenije, izdano l. 1935. V njej na 48 straneh povzema ugotovitve avstrijskih geologov F. Kossmata, A. Winklerja, F. Heritscha, O. Ampfererja, R. Klebelsberga, A. Aignerja in drugih. Povzema tudi navedbe o prapovršini (Primärrumpfläche) in o nastanku v terciarju uravnanih površin kot učinek faznega tektonskega mirovanja.

Shemo sarmatskih in pontskih nivojev sta za slovensko ozemlje najbolj izpopolnila A. Winkler (1957) in akademik, geolog in geomorfolog Ivan Rakovec (1931, 1934), ki je raziskoval reliefni razvoj našega visokogorja in sredogorja. Ker so bile večje uravnave – planote – kot poglobljata oporišča za geomorfogenezo v srednji Sloveniji tako že obdelana, je Melik našel v robnih subpanonskih in submediteranskih goricah najbolj perspektivno območje za dopolnitev geomorfogenetskega poznavanja s pomočjo erozijskih in morebiti tudi abrazijskih uravnjav. V Sloveniji (1935, 133–135) razlaga relief v teh goricah predvsem v luči napredovanja in umikanja morja, katerega učinke je opazoval ob obali Tržaškega zaliva. Med drugim pravi: »Ko se je (Panonsko morje, o. I. G) dokončno umikalo v zaporednih stopnjah s kopnega, iz Alp in Dinarskega gorovja, so postale abrazijske terase del kopne površine ... Toda poznejša tektonika je z erozijo tak relief spremenila ... Spričo tega na slovenskem obodu Panonske kotline po geomorfološki metodi ni lahko ugotoviti posameznih faz v razvoju mladoterciarnega panonskega morja ... Boljše je le severno od Pohorja in Drave, kjer tektonske motnjave ne segajo več v najnovjšo dobo ... Pri nas sicer še nimamo takih preučitev, so pa narejene na drugih sektorjih panonskega oboda, v okolici Beograda in v Šumadiji, Dunajski kotlini, Moravski in Slovaški«. Tu Melik citira Cvijičevi razpravi o jezerski plastiki Šumadije ter abrazijskih in fluvialnih uravnjavah (Cvijić, 1909, 1921). Prav ti sta ga verjetno vzpodbudili, da je mlade sodelavce usmeril v preučevanje robnega gričevja.

V svoji geografski monografiji o Sloveniji iz leta 1935 navaja Melik tri Davisova dela, ki so še zdaj v knjižnici Oddelka za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani; dve sta prevedena v nemščino, tretja je v angleščini (The geographical cycle (Geographical Journal 14, 1899)). Na str. 104 in 105 so v Melikovi monografiji iz Davisa reproducirane upodobitve razvojnih stadijev. V njegovi razlagi osnovne geomorfološke terminologije vzemo za termine kot prapovršina, pomladitev gorovja, mladi, zreli in stari relief, erozijska baza, erozijska in denudacijska terminanta, peneplain, skulpturne oblike itd. Erozijska terminanta naj bi bila pomembna celo za kras, ker da deluje tudi znotraj kraških polj. Ob tej podmeni je dolinaste reliefne depresije tudi na krasu razlagal s predkraškimi površinskimi tokovi in njihovimi poznejšimi prestavitvami. Zeremski (1981) je v Vojvodini z vrtnami dokazal, da vodni tokovi na ravnini sledijo že majhnim tektonskim dislokacijam.

3. Kartiranje slemenskih nivojev

Ker Geografski inštitut na Filozofski (občasno Naravoslovni) fakulteti v vseh štirih vojnih letih in še desetletje in pol po njej ni dobival tekoče tuje literature, smo povojni študenti geomorfološko znanje pridobivali predvsem iz Melikovih predavanj geomorfologije, ki jih je imel vse od leta 1927. V prvih povojnih letih je zaradi prevzetih družbenopolitičnih funkcij (Gams, 1990) imel predavanj sicer malo, a nas je znal navdušiti za terensko geomorfološko raziskovanje. A nanj smo absolventi geografije, asistenti, nameščeni v Geografskem inštitutu SAZU, Geografskem muzeju in na Geografskem inštitutu, poznejšem Oddelku za geografijo na Filozofski fakulteti, in drugi odšli brez točnih navodil in z redkimi terenskimi pripomočki. Dostopni so bili le nekateri rokopisni listi ponekod slabe avstrijske geološke karte v merilu 1 : 75.000 z zastarelo klasifikacijo neogenih sedimentov.

Ker smo imeli skupnega učitelja, so bili naši objavljeni zaključki terenskega dela dokaj enotni. Vsi smo ugotovili nivoje, ki se v tem gričevju iz slabo sprijetih terciarnih sedimentov pojavljajo le z eno dimenzijo – na vrhu slemen – in ki smo jih začeli imenovati slemenski nivo. Njihovo absolutno in relativno višino smo določevali v glavnem po jugoslovanski topografski karti v merilu 1 : 100.000. Podrobno interpretirati dobljeno shemo nivojev za splošni geomorfni razvoj pa mnogi nismo bili sposobni ali nismo imeli za potrebno. Kar je nivojev označenih za pliocenske, si v naših razpravah sledijo v kratkih razmikih. Na vsem obravnavanem ozemlju je vsak našel nivoje v istih višinah, skladen strmec z današnjim dnom doline ali kotline pa smo ugotavljali

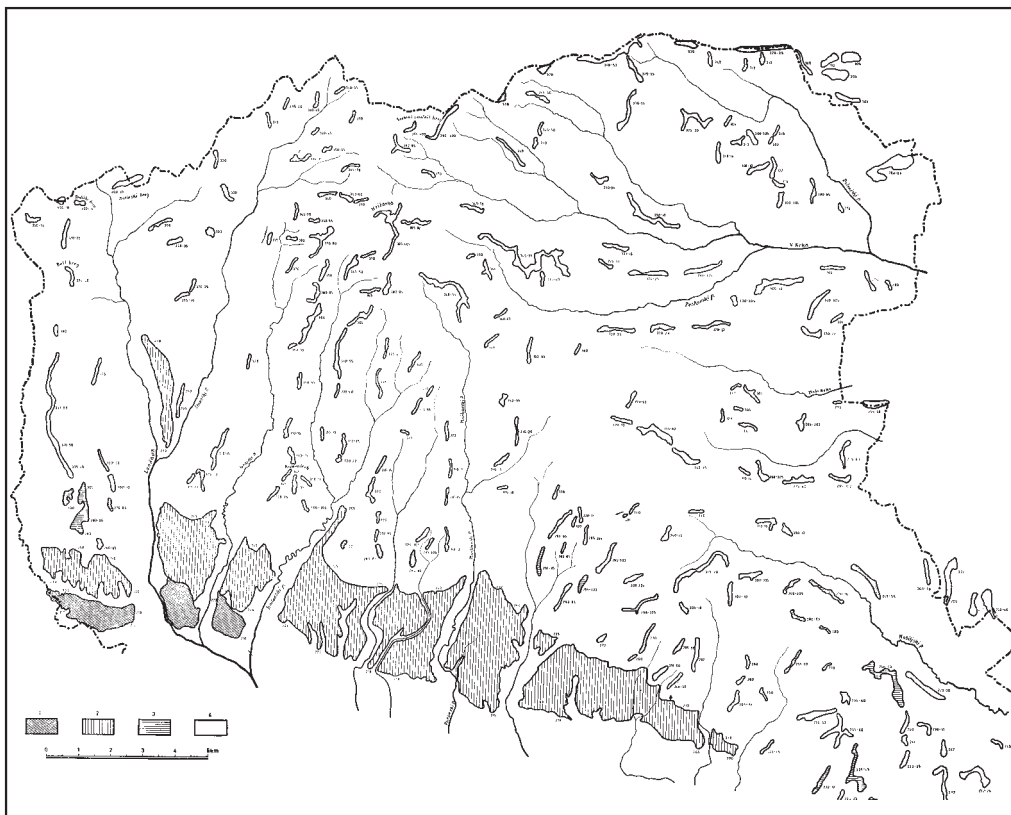


Figure 1: Longitudinal profile of some ridges in Goričko (NE corner of Slovenia, in its Pannonian part). Levels on the top of ridges mapped as »crest niveaus« are marked with thicker line.

Slika 1: Vzdolžni profil nekaterih slemen na Goričkem v SV, subpanonski Sloveniji. Uravnave na vrhu slemen, kartirane kot slemenski nivoji, so označene z debelejšo črto (Gams 1959).

še pri pleistocenskih akumulacijskih terasah. (Kako je avtor tega zapisa določeval slemenske nivoje, prikazuje skica za Goričko). Samoumevno se nam je zdelo, da so ti nivoji fluvialni, zato je o tem malo govora.

V nadaljnjem pregledu teh študij so, večinoma po legendah kart s kartiranimi nivoji in terasami, navedene nadmorske višine pliocenskih nivojev in število kvartarnih teras ter kratka razlaga nastanka reliefa. Podstopnje istega nivoja so združene v stopnje.

Za Goričko (terenske raziskave so bile opravljene 1953 in 1954; Gams, 1959) je bilo med n. v. 400 in 275 m ugotovljenih osem slemenskih nivojev (trije v dveh stopnjah), in sicer 410–395 m, 385–370 m, 360–335 m, 325–320 m, 315–295 m, 285–280 m ter 275–270 m. Te uravnave naj bi zapustila mladopliocenska rečna erozija. Ostalo je pet kvartarnih akumulacijskih teras 105 m, 38 m, 58–20 m, 35–12 m in 12–5 m nad dnom Murske doline.

V Slovenskih in Medjimurskih gorica (Belec, 1959) je bilo med n. v. 344 in 270 m ugotovljenih sedem nivojev v nadmorskih višinah 344–340 m, 325–320 m, 315–310 m, 306–300 m, 296–290 m, 285–280 m ter 275–270 m. Navzdol sledijo še tri terase kvartarne starosti. Pliocenske uravnave so nastale zaradi zniževanja erozijske baze rek.

V razmeroma dolgih severozahodnih Slovenskih gorica je Kert (1959) pod višino najvišjih vrhov ugotovil enajst nivojev v n. v. 633–596 m, 578–575 m, 555–545 m, 517–516 m, 466–448 m, 426–400 m, 388–370 m, 365–346 m, 366–320 m ter 316–295 m. Pet od teh nivojev je deljenih na dve podstopnji. Nižje kvartarne terase nad Dravo, Ščavnico in Muro nastopajo krajevno. Tektonika ni pomembna, nivoji so erozijsko-denukacijski, brez navedb o strmcih; višji so zastopani v višjih (severozahodnih) in nižji v nižjih (srednjih) gorica. »O kakem enotnem ravniku na večje razdalje ne more biti govora« (Kert 1959, 157).

V Dravinjskih gorica je Polajnar (1959) našel devet pliocenskih nivojev v razponu med 550 m (in več) ter 270 m, in dve »diluvialni terasi«. Najvišji nivoji so na pobočju Pohorja. Kartiranje je našlo nivoje nad 500 m, 470–450 m, 427–405 m, 385–375 m, 365–360 m, 350–342 m, 325–320 m, 305–295 m, 285–280 m in 275–270 m. Nivoji so erozijskega postanka, v gričevnati dolini Dravinje posledica prestatitve Dravinje na jug. Na severni strani gričevja jih je izdelala Drava, ki je s selektivno erozijo poglobila Dravsko polje.

Meze (1963) je v Voglajnski pokrajini in zgornjem Sotelskem našel in označil 12 pliocenskih nivojev in podnivojev (830–800 m, 760–740 m, 720–680 m, 640–580 m, 540–480 m, 420–400 m, 395–380 m, 360–340 m, 320–300 m, 295–280 m, 275–260 m in 255–240 m). Nižji sta dve kvartarni akumulacijski terasi. Na tem ozemlju je prej Ivan Rakovec (1931) predvideval nadaljevanje Savinje, ki je mimo današnjega Celja v panonu tekla proti vzhodnemu Panonskemu morju. Tega mnenja niso potrdile Nosanove raziskave stratigrafije skladov, zato je bil Meze mnenja, da je Savinja iz Celjske kotline prvotno odtekala proti Dravskemu polju. Nivoji so erozijskega postanka, njihov strmec ni omenjen.

Med Savo in Sotlo so pliocenski nivoji razvrščeni pod različno visoko dvignjenim pontskim nivojem (na Bohorju, Rudnici in Orlici povprečno v n. v. okoli 770 m) v osem pliocenskih nivojev (720–700 m, 640–620 m, 580–560 m, okoli 500 m, 460–440 m, okoli 400 m, 360–350 m, 325–300 m, 270–250 m in 225–200 m), ki jim sledita dve pleistocenski terasi v dnu doline Save in Sotle (Kokole 1953). Prvotni odtok severno od Orlice je bil proti vzhodu, proti zalivu v Hrvaškem Zagorju, a ga je nato Sava s Sotlo pritegnila na jug v Krško kotlino. Nivoji so fluvialni (erozijski), o njihovem strmcu ni govora.

Na zahodnem delu Krškega hribovja je za umikajočim se Panonskim morjem nastal penepain oziroma pontski nivo, ki je zdaj v nadmorski višini 550–500 m, nižje pa so terase v n. v. 470–440 m, 420–440 m, 420–400 m, 380–360 m, 350–340 m, 280–270 m, 240–230 m, 220–200 m, 175–170 m in 165–160 m. Te uravnave so nastale v dobah tektonskega mirovanja ali zaostajanja med dvigovanjem okoliškega ozemlja oziroma med dobami dvigovanja od začetka pliocena dalje. Pet najnižjih teras je uvrščenih v pleistocen (Lipoglavšek-Rakovec 1951).

V Šavrinskem gričevju so reke površje razrezale po nastanku pontskega penepaina v n. v. okoli 500 m, ki je ostal obsežen v Bujskem krasu in v severnejših ter vzhodnejših apneniških planotah pod Slavnikom,

na njih so še vidne suhe rečne struge. Penepplain, rekonstruiran po slemenskih nivojih, je v eocenskem flišu le malo nižji. Terasni nivoji si sledijo v nadmorskih višinah 450 m, 410–400 m, 350 m, 300 m, 250 m, 210–200 m, 110–90 m, 60–50 m ter 10–1 m. Rahel strmec proti zahodu imajo šele ti pod 210 m n. v., višji pa ne, ker so bili prvotno razviti na širokem ozemlju. Nivoji so posledica premikanja obalne linije, ki je bila prvotno zahodnejše (Kokole 1956).

Vrišer (1956) je v Goriških brdih našel in kartiral osem nivojev v n. v. med 630 in 165 m (650–630 m, 420–390 m, 350–330 m, 290–270 m, 240–230 m, 210–190 m in 175–165 m) ter šest nižjih teras v relativni višini 11 do 80 m nad Sočo. Nivoji so erozijski, z razširjenimi denudacijskimi kotanjami v povirju, nastali so v dvigajočem se zaledju Jadranskega morja, katerega furlanska obala se je istočasno tektonsko ugrezala. Pleistocenske akumulacijske terase Soče so v tektonsko nastali kotlini Preval preusmerile briške potoke proti zahodu.

Že po bežnem preletu navedenih nivojev spoznamo znatne razlike v številu in višinskem razmiku v sosednjih, kaj šele v bolj oddaljenih gričevjih. Povprečni razmik slemenskih nivojev znaša 38 m na sto metrov višine, skrajnosti pa so 11 m (Vzhodne Slovenske in Medjimurske gorice) in 66 m/100 m (Brda; glej diagram Primerjava višine kartiranih slemenskih nivojev).

V večini gričevja je najbolj zastopan slemenski nivo malo nad in nekaj pod 300 m n. v. Mogoče je vzrok za pogostejše kartiranje v kartah, kjer je bolj vidna in debelejša izohipsa te višine.

Kako je bil z rezultati geomorfološke analize robnega gričevja zadovoljen njen organizator Anton Melik? Čeprav je lahko kot urednik Geografskega zbornika že prebral prva poročila o kartiranju slemenskih nivojev, je ostal pri stari trditvi: »Dasi po širokih ravninah ob Dravi in Muri med seboj ločeno, je vendar gričevje v vsem našem področju v glavnem enako, silno razrezano in razčlenjeno v nepregleden sistem goric« (Melik, 1957, 152). Toda v obnovljeni Sloveniji (Melik, 1963, 72–82) je že objavil kritike na račun Davisove sheme. Pravi, da je v njegovi Sloveniji iz leta 1935 relief prikazan po Davisovem konceptu, ki je bil vodilna ideja pri tolmačenju morfogeneze po vsem svetu. Toda po drugi svetovni vojni so se v svetu pojavile kritike tega sistema in veljavo je pridobila klimatska geomorfologija. Trdi, da uravnave nastajajo tudi brez zveze z erozijsko terminanto. Tudi površje v Sloveniji so v geološki preteklosti oblikovali procesi vlažne tropske in subtropske ter hladne pleistocenske klime. »Danes je potemtakem tako v geomorfologiji, da se zdi, kakor da se proučuje v reliefu vse na novo, pa da je v ospredju vodilo klimatsko pogojene morfogeneze« (Melik, 1963, 73–76.). Pri oceni ugotavljanja slemenskih nivojev ohranja upanje v poznejšo uporabnost: »Naša naloga ostane, da ugotavljamo reliefne oblike, ravnote, terasne nivoje in terase, ki so in ostanejo dejstva, a se kasneje potrudimo za genetična tolmačenja in medsebojna usklajevanja, ko se bomo povzpeli do novih spoznanj in novih metod« (Melik, 1963, 82).

4. **Obstoj slemenskih nivojev v luči dinamične geomorfologije, zlasti teorije razvoja pobočij**

Po Melikovi Sloveniji (1963) je sledil skoraj štiridesetletni razvoj geomorfologije, ki je zasejal dvome v to, da so »ravnote, terasni nivoji in terase« v teh razpravah zares to, kar Melik imenuje dejstva, to je ostanki uravnnav oziroma prapovršine, nastale med zastojem pri splošnem zniževanju gladine Panonskega morja in njegovega oddaljevanja. Razlogov za dvom je več:

1. Navedimo le en podatek, da najvišji slemenski nivoji niso ostanek prvotne uravnane površine, povezane z obalo ponskega morja. Ob državni meji s Hrvaško poteka preko Slovenskih goric ormoško-selniška antiklinala, imenovana tudi koška antiklinala. Pleničar (1954) in A. Winkler (1944; 1957) dokazujeta, da je bilo glavno gubanje tega ozemlja v pliocenu, od zgornjega panona do srede pliocena oziroma v starejši dakijski dobi. To potrjuje geološki profil antiklinala na črti Spodnji Šalovci – Presika. V njej leže še t. i. kongerijske plasti konkordantno z zgornje tortonskimi in neskladje se začne pojavljati šele s t. i. romboideada skladi. Z vrha slemena so bili torej večinoma odneseni sarmatski in spodnjepanonski skladi, skupno debeli okoli 950 m (glej prevzeti profil v Gams, 1957, 321).

Po Pleničarju (1970, 16–17) so spodnje pliocenski (pontski) sedimenti na Goričkem sladkovodni, jezerske mlajše spodnje paludinske plasti, levantinski (zgornjepliocenski) prodi pa rečni. Podobne sestave so pliocenski sedimenti v Slovenskih goricah v območju ptujsko-ljutomerske sinklinale. Po nekaterih geoloških kartah so starostno opredeljeni za pliokvartarne. V njih segajo slemena le 10–25 m nižje kot v območju miocena v koški antiklinali (Belec, 1959).

2. Avtorji študij navajamo erozijski nastanek nivojev. Istočasno pa v gričevju, dolgem ponekod več deset kilometrov, nismo našli zniževanja nivojev v smeri vodnega odtoka. Aluvialna ravnica ob Dravi ima med Mariborom in Ptujem, ob Muri med Gornjo Radgono in Gibino in ob Savi med Krškim in Dobovo v značilni črti strmec okoli 1 m/km. Pričakovali bi, da imajo tolikšen strmec tudi slemenski nivoji, na primer v Slovenskih goricah, torej znižanje za 22 m, podobno tudi na bolj oddaljenem Savinjskem gričevju, v robnem Goričkem in drugod.

3. Od umika obale Panonskega morja, ki je najpozneje zapustilo Goričko in Slovenske gorice, so reke zniževale površje okoli 4 milijone let. Če upoštevamo slabo sprijete ali nesprijete neogene in kvartarne sedimente in na primorski strani Slovenije eocenski fliš ter intenzivnost rečnega odnašanja hribine v obliki rečnega transporta v sedanosti, pridemo do zaključka o znatnem erozijskem znižanju, ki se mu slemenski nivoji oziroma vrhovi gričevnatih slemen niso mogli izogniti. Višina slemenskega nivoja je odvisna tudi od gostote rečne mreže in naklona pobočij, na katerega v veliki meri vplivajo kamninska sestava, vodni odtok in starost reliefa. Uravnano vrha slemen je po razlagi teorije o oblikovanju pobočij, ki je na Zahodu prevladala po izpeti klimatski geomorfologiji, posledica procesov na razvodju. Tam v območju prenikanja padavinske vode v tla ni odnašanja v površinsko tekoči vodi. Deluje predvsem pedogenetski, pretežno kemični proces in odnašanje raztopljenih mineralov v talni vodi, ki izvira niže na rahlo nagnjenem pobočju izpod tanjše odeje prepereline, kjer se začne odnašanje v površinski vodi ter obenem počasno in obdobjno hitro premikanje vrhnjih skladov v obliki erozije prsti, usadov in zemeljskih plazov (Abrahams 1986).

PREGLEDNICA 1: PRIMERJAVA PADAVIN, ODTOKA, ŠIRINE IN GLOBINE DOLIN OZIROMA VMESNIH URAVNAV.

	Goriška brda	Svečinske gorice	Goričko	Šumadija
Letno padavin (mm)	1600–1800	1050–1150	800–850	650–700
Odtok* (mm)	850–950	300–400	150–250	50–100
Globina dolin (m)	50–110	80–130	50–150	50–200
Razmik dolin (na km)	1,14	1,6	3,0	6,0

* Odtok (v mm letno) je razlika med letnimi padavinami, zmanjšanimi za evapotranspiracijo. Ta je za Slovenijo povzeta po Kolbezu in Pristovu (1998), vodni odtok za Šumadijo po Dukiću (1984). Povprečno število dolin na kilometer je ugotovljeno na prečnem profilu čez doline po topografski karti 1 : 100.000.

Širina slemenskega nivoja zavisi med drugim tudi od vodne kapacitete tal oziroma njihove zadrževalne sposobnosti in količine padavin. To zvezo potrjuje zgornja preglednica, kjer primerjamo širino in globino dolin oziroma vmesnih uravnjav in vodni odtok v treh slovenskih in enem šumadijskem gričevju.

Očitna je povezanost med specifičnim vodnim odtokom in gostoto dolin. Manj dolin pomeni širšo uravnajo, kjer se talna voda lahko odteka še pod površjem. Na Slovenskem so najširše uravnave na vodno prepustnem ozemlju (krasu), kjer je dolin in površinskega pretakanja najmanj.

Na južnem obodu Panonske kotline v Šumadiji je uravnave v neogenih sedimentih preučeval že pred prvo svetovno vojno Jovan Cvijić (1909). Ugotovil je Brezovačko (550–600 m) in Kačersko površ (410–420 m), ki jima navzdol sledijo Ripantska (310–330), Pinosavska (210–245 m) in Beograjska površ (140–160 m). Po njegovem so vse razvojno povezane z obalno linijo Panonskega morja. O abrazijskem poreklu teh teras se je po zadnji svetovni vojni v srbski geomorfologiji pojavilo obilo kritik. Cvijićeva oznaka površ je upravičena, ker so terase široke pol kilometra in več. Še širše, do kilometer in več široke so pod južnimi Karpati v okolici mesta Craiova. Od tam prek Šumadije do slovenskih severovzhodnih in jugozahodnih robnih gorc se stopnja razčlenjenosti reliefa povečuje.

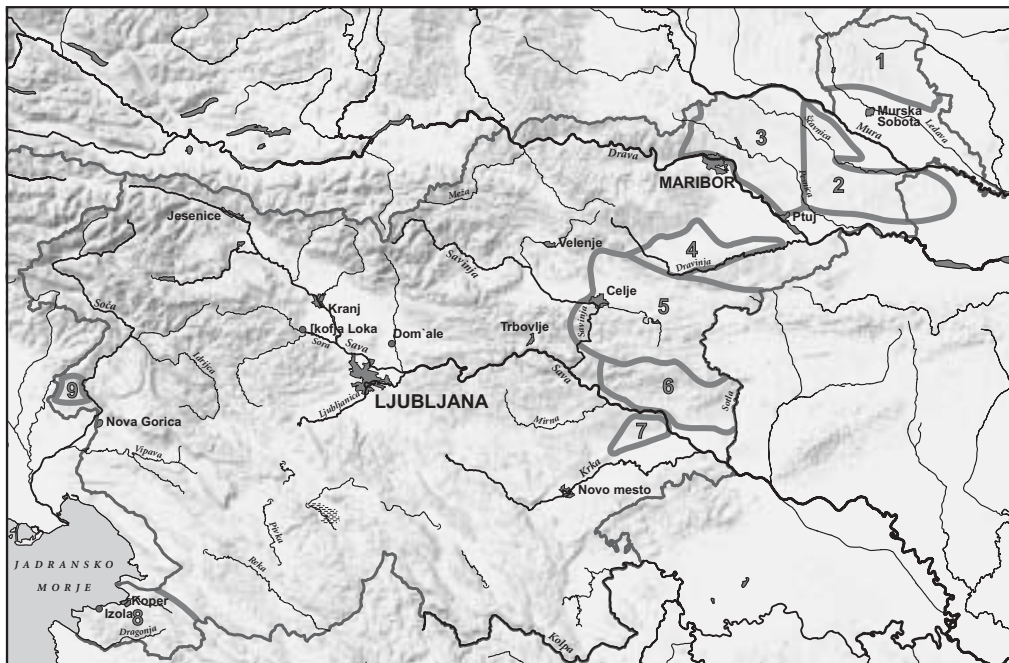


Figure 2: Hilly areas comprised in the planned morphogenetic studies in the NE and SW marginal hilly areas in Slovenia in the 1950s. The numbers on the map of Slovenia are: 1 – Goričko, 2 – Eastern part of Slovenske gorice and hills of Medjimurje, 3 – Northwestern Slovenske gorice, 4 – Hills in the drainage area of the Dravinja, 5 – The Voglajna and Sotla hills, 6 – Area between the Sava and Sotla rivers, 7 – Hills of Krka (Krško hribovje), 8 – Hills of Šavrini and surroundings, 9 – Hills of Gorizia (Goriška brda).

Slika 2: Robna gričevja, ki jih je zajelo v petdesetih letih preteklega stoletja načrtno raziskovanje razvoja goric na SV in JZ robu Slovenije. Oštevilčena in omejena so 1 – Goričko, 2 – Vzhodne Slovenske in Medjimurske gorice, 3 – Severozahodne Slovenske gorice, 4 – Dravinjske gorice, 5 – Voglajnska pokrajina in Sotelske gorice, 6 – Gorice med Savo in Sotlo, 7 – Vzhodno Krško hribovje, 8 – Šavrinsko gričevje z obrobjem, 9 – Goriška brda.

Pričakovali bi nižja slemena z razvodjem vred v karbonatnih kamninah, kjer so kemični procesi hitrejši. Razliko lahko preverjamo z alkalnostjo odtekaajočih vodnih tokov. Na podlagi nekaterih meritev trdot in odtoka je bila za porečje Ščavnice izračunana korozija CaCO_3 in MgCO_3 20–30 m³/km²/leto v porečju Pesnice in Ščavnice, v porečju Dravinje pa 30–40 m³/km²/leto, po čemer je mogoče sklepati na zniževanje površja v mikronih na leto ali metrih na milijon let. Po letno objavljenih podatkih o kakovosti površinskih vodotokov v Sloveniji na 92 merskih postajah, kjer v štirih sezonah merijo tudi za geomorfologijo pomembne trdote in suspenz po sušenju in žarenju (letna poročila Hidrometeorološkega zavoda RS), znaša v letu 1997 povprečna skupna (totalna) trdota Ledave (postaja Čentiba) 7,2° N (1 nemška trdotna stopnja = 17,0 mg CaCO_3 /l), Ščavnice (Pristava) 11,7° N, Pesnice (Zamušani) 13,1° N in Dravinje (Videm) 8,5° N.

Izračun kemične erozije in zniževanja površja otežuje dejstvo, da na vododržnih karbonatnih kamninah ob visokem vodnem stanju, ko odteče največ vode, na vododržnih kamninah trdota bolj upade kot na krasu. Pri sklepanju iz sedanjih procesov na zniževanje površja v geološki preteklosti so pomisleki zaradi drugačnih pogojev v pleistocenu in pliocenu. Ker je bilo v hladnih pleistocenskih obdobjih manj kemičnega, a več mehaničnega preperevanja, torej več trdnega rečnega transporta, procesi preoblikovanja niso mogli biti manjši od današnjih, ki je nekatere pospešil človek z obdelovanjem zemlje. Po teh podatkih pa upravičeno lahko ocenjujemo intenzivnost kemične erozije, na katero človekov poseg v naravo manj vpliva. Za orientacijo: pri trdoti odtekaajoče vode 10° N in 400 mm letnega odtoka znaša znižanje v enem milijonu let 25 m (npr. v porečju Pesnice, kjer prevladujejo miocenski laporji).

Žal niso znane vse prvine za izračun kemične erozije, saj zajema poleg karbonatov še druge minerale (za vzhodno Srbijo glej Manojlović, 1992). Hidrometeorološki zavod RS ne meri več nealkalnih razto-

pin, na katere odpade upoštevanja vredna kemična erozija pri nas in še bolj v topli klimi (Summerfield, 1996), kakršna je bila pri nas še v pliocenu.

Ker ne poznamo mineraloške sestave suspenza, ki ga Hidrometeorološki zavod RS meri na 92 postajah, ne vemo, koliko je v njem mineralov. Raztopljene minerale vgradi koreninje v površinske dele, stebela, drevesa in listje, kar človek z njive in s podrtimi drevesi iz gozda odnaša (fitoerozija), drugod v gozdu po razpadu lesa pa delno odnašajo vode. Po že omenjenih letnih poročilih Hidrometeorološkega zavoda RS je bilo v letu 1997 v Ledavi, Ščavnici, Pesnici in Dravinji ob sezonskih meritvah povprečno 21,2 mg/l suspenza (plavja) po sušenju in 15,8 mg po njegovem žarjenju. Obojega je ob nizkem vodnem stanju navadno pod 12 mg/l, ob visoki vodi je suspenz po sušenju v Dravinji narastel na 47 in Pesnici na 21 mg/l, po žarjenju pa na 38 oziroma 17 mg/l. Pri žarjenju zgori humus. Pri suspenzu vodita Dravinja in Pesnica, ki imata zelo majhen strmec v podolžnem profilu (Pesnica pred regulacijo, ki je odpravila okljuke) in skozi mersko postajo na koncu toka ne prenašata proda. Bolj celoviti rečni tovor zastaja v vodnih akumulacijah pred jezom hidroelektrarn, starejši podatki o tem pa so že bili objavljeni in prav tako dokazujejo intenzivno recentno odnašanje hribine (Gams, 1957; 1998). V novejšem času so to potrdile meritve na potokih s pretežno gozdnatega vzhodnega in jugovzhodnega Pohorja v podpohorskih gorinah (Kolbezen, 1998, 153–155).

4. Neupoštevanje neotektonike. Na Goričkem v neposrednem porečju Mure so doline globoke okoli 60 m, v porečju Krke in Kobiljskega potoka pa se globina hitro zmanjšuje, zlasti hitro na gričevju med Kobiljskim potokom in ravnino Mure. Pri tem pa je razvodno sleme enako široko, se pravi, da se hitro zmanjšuje strmina pobočij. Vse kaže, da je neotektonsko sinklinalno ugreznanje, ki je povzročilo široko ravnino med Goričkim in Lendavskimi gorami zajelo tudi robno Goričko, ne pa Lendavskih gor.

V Slovenskih gorinah so doline v miocenskih laporjih (v severozahodnem in vzhodnem delu) globoke 60–70 m, v mlajših prodih, peskih in glinah med Ptujem in Ljutomerom pa okoli 40 m. Tu čez poteka sinklinala Slovenske Konjice – Ljutomer. V njenem nadaljevanju proti severovzhodu je med Lendavskimi gorami in Goričkim široka kvartarna ravnina Krke. Med Slovenskimi Konjicami in Polskavo pa se v Dravinjskih gorinah v pliokvartarnih glinah in peskih močno razširijo doline pohorskih potokov in znižajo slemena, ki se nato v miocenskih laporjih Dravinjskih goric zvišajo do Ptujске gore na 342 m n. v. ali 110 m metrov nad dolino Dravinje. Polajnar (1959) in Šifer (1974) podpohorsko razširitev kvartarnih dolin in znižanje vmesnih slemen pripisujeta eroziji pohorskih potokov, zavoj pohorskih potokov proti jugovzhodu v dolino Dravinje med Halozami in Dravinjskimi gorami pa zajezitvi s prodno akumulacijo na Dravskem polju. Ker prenašata Dravinja in Pesnica drobnejši rečni transport kot Drava na Dravskem polju, imata manjši strmec v podolžnem profilu in zato sposobnost obglavljanja sosednjih potokov. In to je moglo pritegniti Dravinjo v sedanjo lego. Dvig Dravinjskega gričevja od vzhoda in zahoda proti vmesni Ptujski gori lahko pripišemo le neotektoniki.

Drava je v Ruški dolini med Limbuškimi gorami, ki so iz nesprijetih pliokvartarnih sedimentov, in Slovenskimi gorami izdelala en kilometer široko dno doline. Ista reka pa naj bi z erozijo med Polskavo in Krčevino na Dravskem polju izdelala kar 15 km široko kotlinsko dno. Po Šiferju (1974) so potoki z jugovzhodnega Pohorja v posameznih hladnih pleistocenskih razdobjih naplavili gradivo, v katerem so ohranjeni ostanki teras 8–15 m, 15–20 m, 30–40 m in čez 40 m nad najnižjo teraso in vselej naj bi v toplih pleistocenskih razdobjih spet poglobili dolino. Najmanj tri najvišje terase segajo višje od najnižjih prevalov v podpohorskih gorinah, se pravi, da naj bi bilo tako visoko zasuto tudi tedanje dno Dravskega polja. In Drava naj bi ga torej v toplih pleistocenskih razdobjih (po novejših podatkih jih je bilo v pleistocenu 14) na Dravskem polju 3–5-krat znižala široko dno za več deset metrov, kar si je težko predstavljati. Rob Dravskega polja med Duplekom in Ptujem je ob ravni dinarsko usmerjeni črti, med njim in Ormožem je stik z gričevjem ob ravni zahodno-vzhodni črti. Med Vurberkom in Ptujem je razvodnica med Dravo in Pesnico tik nad Dravo, kar vse govori v prid tektonski ugreznini Dravskega polja.

Neotektoniko na slovenskem ozemlju, ki spada v kategorijo, katere površinske makrooblike določa predvsem dogajanje na vrhu astenosfere (Summerfield 1996), so osvetlile novejša vrtine v naplavino ugreznjenih kotlin in dolin. Med nje spada tudi sestavljena dolina Mure. Metamorfne kamnine kot podlaga terciarnih sedimentov so v območju alpske antiklinale pri Murski Soboti blizu površja, pri Bogojini pa je do



Figure 3: Hills of Ložnica between the Velenje Basin (left) and the Savinja Valley (photo taken from the west). In the lower picture is a belt of higher hills west of the Paka gorge Penk. To the left is the straight tectonic dislocation of Šoštanj in the Velenje Basin where 1000 m deep Pliocene and Quaternary sediments accumulated, between them also 160 m thick seam of lignite. Seen are towns of Šoštanj and Velenje, close to the left border of the picture are wooded hills built of Pleistocene sandy and silty sediments. From the distance the level top ridges seem to be equally high, but at the closer examination the considerable height differences make the assessment of the primary and secondary top levels on the ridges questionable (photography Ivan Gams).

Slika 3: Ložniško gričevje med Velenjsko kotlino (levo) in Savinjsko dolino, slikano od zahoda, od Belih vod. Spodaj je pas nizkih hribov zahodno od paške soteske Penk. Levo od ravne Šoštanjske prelomnice izstopa neotektonska Velenjska kotlina, kjer je odloženih 1000 m pliocenskih in kvartarnih sedimentov, med njimi 160 m debela plast lignita. Vidna sta Šoštanj in Velenje, bliže roba fotografije pa gozdnato gričevje iz pleistocenskih nesprijetih, peščenih in meljnatih sedimentov. Gričevje je videti od daleč, da je podobnih višin, v drobnem pa so med vrhovi oblih slemen tolikšne razlike, da je ugotavljanje enotnega nivoja in nižjih slemenskih nivojev nesigurno (fotografija Ivan Gams).

amfibolitov 2334 m (Pleničar, 1970, 19). Če bi dolina Mure med Goričkim in Slovenskimi goricami nastala samo z erozijo, bi bila kvartarna naplavina enakomerno debela. V resnici niha med 8 in 18 m (Pleničar 1954; Gams 1959), pri Bistrici do 83 m (Breznik 1985).

Da gre na južnem robu murske ravnine med Cezanjevci in Gibino za mlado tektonsko ugrezanje, sklepamo po sotočju Mure, Ščavnice in Murice. Med Gerlinci in Filovci so slemena Goričkega proti jugu strmo odrezana ob dokaj ravni črti, in podobno je z gričevjem med Gornjo Radgono in Vučjo vasjo, kjer so potoki proti Muri zelo kratki, tisti proti jugu, pritoki Ščavnice, pa veliko daljši. V tem delu ima dolina Mure značaj tektonskega jarka. Dolina Mure se v območju Ljutomerske sinklinale med Goričkim in Lendavskimi goricami dvakratno razširi. Da se je erozijska baza goričkih pritokov Mure hitro zniževala, sklepamo po odsotnosti erozijskih teras v njihovih goričkih dolinah. Podobno so odrezana slemena Ljutomerskih goric ob ravni črti med Ljutomerom in Donjim Koncovčakom.

Pisci študij o slemenskih nivojih na robnih gričevjih Slovenije so lokalne višje nivoje navadno razlagali z bolj trdnimi, navadno tudi starejšimi kamninami. Tak primer je na Goričkem med dolino Lukaj–Ledava in dolino Spunika, kjer so na Rdečem bregu in v okolici paleozojski metamorfni skrilavci, pri Gradu tudi tufi, v njih pa bazalni prod. Tu blizu je v zgornjem pliocenu prihajal na dan tudi vulkanski material

ob plinskih erupcijah. Predvidevajo, da so istodobne magmatske kamnine na Goričkem tudi pod sipki-mi pliocenskimi sedimenti v okolici Gradu. Slemena med Gradom in Srebrnim bregom so zato višja od ostalih na Goričkem. Še bolj izrazit tak primer so do 596 m visoki hribi iz metamorfni in magmatskih kamnin v Grabenlandu nedaleč od zahodne in severozahodne državne meje na Goričkem.

Kot primer pliocenskega in kvartarnega reliefnega razvoja si oglejmo primer 11 km dolge in 4,5 km široke Velenjske kotline, kjer je na podlagi tisoč vrtin Vrabc (1999, 454) napravil naslednji shematski stratigrafski stolpec:

- 5 m: holocenski peski,
- 15 m: v južnem delu kotline, kjer so erodirani pleistocenski sedimenti (pesek, melj in prod),
- 90 m: pleistocenski močvirski in terigeni zeleni in rumeni peščeni melj, premog,
- 100 m: jezerski zgornjegliocenski melj in pesek,
- 100 m: zgornjegliocenski jezerski glinovec in pesek,
- 150 m: jezerski pliocenski glinovec, lapor in pesek,
- 5 m: pliocenski močvirski lapor,
- 160 m: pliocenski močvirski sloj lignita,
- 56 m: pliocenska močvirska glina, premog in premogovna glina,
- 250 m: pliocenski terestrični zeleni peščeni melj,
- 150 m: pliocenski terestrični meljnati sediment in debeli klastiti.

Podlaga pliocena je v jugozahodnem pasu med šoštanjso in velenjsko prelomnico pretežno iz miocenskih laporjev, tu ugreznjenih za 1500–1600 m pod slemenske nivoje na severnem robu Ložniškega gričevja, ki je nad Velenjsko kotlino iz istih miocenskih kamnin in tufov. Te sestavljajo tudi dno Dobrnškega podolja, ki se začena vzhodno od Velenja (Natek 1984).

Ob poznavanju reliefa v kotlini je iz zgornjega stratigrafskega stolpca sklepati na naslednji kvartarni morfogenetski razvoj: Glede na dejstvo, da je v severni polovici velenjskega kotlinskega dna ostalo gričevje iz kvartarnih sedimentov, med šoštanjso in velenjsko prelomnico pa ne, je videti, da je Paka poglobila dolino in jo v pleistocenu zasula s 15 m debelimi plastmi peskov in prodov. Ti v debelini 5 m sestavljajo delno tudi dno dolin v gričevju. Doline v gričevju v severni kotlini so globoke večinoma 50–90 m in so poglobljene v pleistocenske sedimente (v njih je Šercelj našel pelod bukove vegetacije, v pliocenskih sedimentih pa termofilno floro *Taxodium*; Šercelj 1968). Globine dolin 50–90 m prevladujejo tudi v že obravnavanem robnem gričevju Slovenije, ki so, sodeč po Velenjski kotlini, tudi kvartarne starosti. Iz stratigrafije kotlinske zapolnitve Vrabc (1999) sklepa na zmik vzdolž šoštanjске prelomnice, ki je južno krilo premaknil za 5 km proti zahodu. Če poravnamo zmik, teče Paka po prečkanju Velenjske kotline v isti smeri skozi višji del doline potoka Slatina, ki nedaleč od cestnega križišča pri šoštanjski termoelektrarni prebija severni rob Ložniškega gričevja. Cesta od Prelog po tej dolini na prevalu v n. v. 450 m doseže Podgorsko-Lokoviško podolje, zgrajeno iz miocenskih laporjev. V višini prevala je mnogo slemenskih nivojev v gozdnatem gričevju iz (plio-)pleistocenskih sedimentov v severnem delu Velenjske kotline. Sledeč podolju in dolini Lokovskega potoka se glavna cesta za Zgornjo Savinjsko dolino spusti in nato doseže dolino Pake tam, kjer se končuje soteska Penk in začena širša dolina. K temu dodajmo še, da se dno paške aluvialne ravnine pri šoštanju med Ložniškim gričevjem in slemeni iz pliokvartarja zoži na en kilometer. Po teh podatkih sklepamo:

- a) na splošno uravnava površja v kotlini v višini okoli 450 m,
- b) na odtok Pake v tej višini iz kotline skozi Lokoviško podolje,
- c) na prvotni odtok združenih potokov Šentflorjanščica, Toplica in Bečovnica skozi Penk in na njihovo pretočitev Pake v sedanjo lego.

Dobro geološko preučena Velenjska kotlina je lahko vzorec za razvoj robnega gričevja iz neogenih in kvartarnih sedimentov. Tudi tam so se v kvartarju ugreznile široke kotline (Dravsko-Ptujsko polje, Spodnja Savinjska dolina, Krško-Brežiško polje), široke doline (dolina Mure, spodnja Pesnica in Ščavnica) ali podolja (Voglajnsko podolje), s čimer so v kvartarju pospešile poglobljanje dolin ob potokih iz gričevja. Na mlado tektonsko ugreznanje depresij sklepamo po ravnem ali ločnato zavitem stiku z gričevjem (ločnato zavite je v Velenjski kotlini severni stik ugreznjenega pliokvartarja z višjimi slemeni Karavank). Ločnato zavite tektonske dislokacije je uporabljal že U. Premru (1976), ki je na neotektonske ravne ali zavite dislo-

kacije sklepal po vzorčnem primeru, kjer so v ugreznini nastali sočasni datirani sedimenti, na istočasno starost dvigov tudi drugod pa je sklepal po isti smeri dislokacij. Geomorfologi smo upravičeni, na dislokacije brez geološko registriranih prelomov sklepati v primeru, ko se iz kotline ali nenavadno široke doline ob ravni ali ločnati črti strmo dvigujejo vzpetine, in ko denivelacijo ne moremo tolmačiti z drugimi morfološkimi vzroki (litološkimi, erozijskimi, korozijskimi, hidrološkimi itd.). Pri tem izhajamo iz teorije, da erozijska (mišljene so vse oblike odnašanja) depresija na stiku mnogih stranskih dolin ne more imeti več kilometrov dolge ravne robove naplavinškega dna. Kvartarno dno se brez tektonskega ugrezjanja zvezdasto razširja v stranske doline.

Iz teh spoznanj so na naši orientacijski karti (slika 1) vrisane geomorfološko ugotovljene pokrajinske reliefne denivelacije med nižjim in višjim reliefom. Tako poreklo izraža ime – pokrajinska reliefna pregibnica. Ime pregibnica je poleg strukturne uporabljal že P. Habič (1988, in drugod), pri tem pa je na krasu na karti omejil tudi drobne depresije in vzpetine velikosti nekaj sto metrov.

Geomorfologi lahko na tektonske dislokacije in pokrajinske pregibnice sklepamo po ravnih ali ločnatih stikih med sklenjenim nižjim in sklenjenim višjim reliefom. Po primeru južnega roba Ljubljanskega barja, kjer je ugreznjen 20 km dolg in do 15 km širok relief s slemeni in dolinami vred (Mencej 1990), moramo dopuščati tudi neravne dislokacije. Robovi imenovanih tektonskih depresij v robnem gričevju so v alpski, dinarski smeri in ločnati (glej tudi Gams 1998). Takih smeri so lahko tudi pokrajinske pregibnice, ki pomenijo v našem primeru hitro znižanje gričevja v terasirano ali ravno aluvialno dno kotlin in dolin ali (in) dvig vzpetin. Take pregibnice spremljajo tudi vzhodni rob Goričkega, Medjimurskih gor in Brd ob robu kotanje Preval.

Pravokotno na dolgo os depresij so usmerjene doline pritokov iz vmesnega gričevja, globoke 40–90 m, ki so v pleistocenu razbrazdale prej bolj uravnan relief iz terciarnih kamnin. Do višine 60 m je Šifrer (1974) med Halozami in Dravinjskimi goricami v dolini Dravinje ugotavljal sledove kvartarnih akumulacijskih teras.

V nasprotju s pliocensko velenjsko udorino so neotektonske kotanje v Ljubljanski kotlini (na Ljubljanskem polju, Kranjsko-Sorškem polju in Ljubljanskem barju) kvartarne starosti (Žlebnik, 1971; Mencej, 1990; Breznik, 1985), in v njih so kvartarni sedimenti debeli 60–200 m. Glede na mlade udorine moramo dopuščati tudi verjetnost, da so se drugod za toliko ali več dvignile večje ali manjše vzpetine. Ker pa je dvigovanje pospešilo eksogene procese, je tektonske prelomnice razvoj zabilisal ali pa jih geomorfologi Melikove geomorfološke šole ne znamo razbrati.

Slovenski raziskovalci morfogeneze si doslej domala nismo upali višinske skoke v reliefu razlagati z neotektoniko, če nismo našli na geološki karti vrisanih ravnih prelomnic. Mnogo kje razlike v reliefu ni mogoče razložiti s stališča dinamične geomorfologije. Direktni murski pritoki nad teraso, imenovano Radensko polje, so v Kapelskem gričevju izdelali le do en kilometer dolge dolinice, ščavniški pritoki v istih sedimentih in v istem gričevju pa do 4 kilometre dolge doline. Edina logična razlaga je, da je del Kapelskega gričevja mlada tektonika ob ravni prelomnici poglobila v dno murskega jarka. Pritoki Dravinje med krajema Pečke in Zgornja Pristava so v Dravinjskem gričevju na razdalji 12 km izdelali le do tri četrt kilometra dolge strme grape, ki so ob ložniških pritokih na njegovi severni strani še krajše. Ravna Dravinjska dolina in raven stik miocena s kvartarjem Dravskega polja sta že avtorje pregledne geološke karte 1 : 500.000 (Geološki zavod Slovenije, 1990) privedla do potrebe, vrisati dve robni vzporedni prelomnici.

Iz teh in drugih navedenih razlogov je v pregledno topografsko karto (slika 2) z oštevilčenimi kartiranimi robnimi gričevji vrisanih nekaj *pokrajinskih reliefnih pregibnic*, ki jih je povzročila neotektonika. Kjer se slemena na obeh straneh depresije počasneje dvigujejo, je bilo na delu sinklinalno ugrezjanje ali (in) dvigovanje.

Davisova shema erozijskega cikla drži za Apalače, ki so s tektonskim dvigom nastali pred terciarjem in v mlajši tektoniki niso doživeli dislokacij, ne pa za alpe. Zato je upravičena Habičeva ocena Melikove geomorfologije in njegovega vpliva na prvo povojno generacijo slovenskih geomorfologov: »Davisov ero-

zijski model se je pregloboko zajedel v zavest, da bi mogli pravočasno oceniti še druge vplive na oblikovanje ravnot« (Habič 1990). Habič je imel v mislih predvsem neotektoniko.

5. Vpliv litologije. Drobna oblikovanost površja je plod predvsem 2 milijona let trajajoče kvartarne dobe. V njenih hladnih obdobjih so pobočja oblikovali procesi hitrega premikanja hribine v obliki soliflukcije, usadov, zemeljskih plazov, doline pa poglobljanje in akumulacija. Procese hitrega prestavljanja prepereline je v holocenski dobi obnovil človek z izkrčitvijo gozda. Dilema o njegovem vplivu na usade (Natek 1989) je potrebno presojati s stališča globine drevesnih korenin. V času kartiranja slemenskih nivojev sta na Goričkem gozd na strmem južnem pobočju Sotinskega brega (418 m) v ozkem pasu prekinjala dva zemeljska plazova, ker drevje slabo korenini v plitvi distrični rjavi prsti in filitom podobnih paleozojskih skrilavcih (Gams 1959, 241, sl. 18). Tamkajšnja strmina okoli 25° je za Goričko izjemno velika, še večja, okoli 40°, je v prebojni dolini Ledave med Sotinskim in Rdečim bregom (416 m), ki je iz enake kamnine. Ledava je v okolici Sotine verjetno epigenetsko nasedla na filitoidne skrilavce, potem ko je odnesla krovne pliocenske plasti in ne gre za neotektonski dvig. Položen vrh v n. v. okoli 400 m pa se pojavlja še v Križarki, ki je iz pliocenskih kremenovih prodov, a imajo pobočja tam mnogo manjši naklon. Pod Sotinskim bregom so pri Serdici slemena med sotočjem potokov za več kot 100 m nižja, ker je tam v miocenskem laporju gostejša rečna mreža, pobočja pa ne vzdržijo večjih strmin.

Vse to navaja na potrebo po ugotavljanju in preučevanju pobočnih naklonov. L. 1975 je C. Knight (1976) s študenti geografije londonskega kolidža na terenu pri Rogaški Slatini preizkušala model pobočja, kot ga je razvil Kirkby. Naklon so ugotavljali s terenskimi meritvami na dva metra razdalje, dobljeni nakloni pa močno odstopajo od modela. Toda Kirkbyjev model je bil narejen in preizkušen na vododržnih kamninah, kjer prenaša kamninske in talne delce površinsko tekoča voda in prihaja do premikov zemlje na vododržni podlagi. Merjena pobočja pri Rogaški Slatini so v širokih dolih na apneniških pobočjih, kjer ni vidne nobene struge, in je v sedanosti korozija očitno najvažnejši proces. Ta pa za odnašanje (raztopljene) kamnine ne potrebuje nobene strmine.

Relief v okoli 5 km dolgem in slaba 2 km širokem pasu med Duplekom in Viničko vasjo v Slovenskih goricah, zgrajen iz litotamnjskega apenca, izstopa iz okolice v miocenskih laporjih po svoji uravnanosti in je v povprečju nižji kot okolica (!). To geomorfologu govori o pomembnosti korozije.

Kartirane slemenske nivoje bi lahko vsestransko pojasnili le s podrobno analizo gričevja ob uporabi vseh relevantnih metod dinamične geomorfologije. V zadnjem pol stoletju se je v raznih slovenskih arhivih in inštitutih (geoloških, geodetskih, pedoloških, arheoloških, hidroloških, meteoroloških in drugih) nabralo veliko za geomorfologijo pomembnega, a neizrabljenega gradiva. Po novih specialkah, kjer je mogoče ugotavljati nagibe površja iz razmikov izohips, in letalskih posnetkih, lahko napravimo podrobno karto strmin brez zamudnega niveliranja na terenu. Litološke karte hitro se menjajoče litološke strukture, kot je v našem gričevju iz terciarnih kamnin in ki vpliva na drobne površinske oblike, tudi slemenske nivoje in procese, pa ni na razpolago. Narediti bi jo morali geomorfologi sami, če bi hoteli pojasniti višino slemenskih nivojev. Nova teoretska spoznanja o pobočnih procesih so obogatila zlasti raziskovalne terenske postaje, opremljene z mnogimi samoregistrirnimi aparati, ki jih po svetu naročajo za študij erozije prsti, akumulacije, stabilnosti terena pred zajezitvijo doline ali drugo intenzivno rabo. Za to potrebnih sredstev slovenski geomorfologi nismo imeli nikoli.

Kljub spornim slemenskim nivojem pa so citirane reliefne študije robnega gričevja koristna literatura tudi v sedanosti, saj beležijo mnoge druge geomorfološke pojave, pomembne tudi za geografijo.

Melik (1935, 118) je pod fotografijo vzhodnega Goričkega zapisal: »Pred seboj imamo relief, ki je prekorčil poznoreli stadij v svojem razvoju ter je že prišel v prvo stopnjo starosti«. Preseneča, da je Melik v Sloveniji prav na Goričkem ugotavljal pozno zrel stadij na prehodu v starost, ko pa so na vzhodnem Goričkem najmlajši terciarni sedimenti, ki so jih pri Gradu prebili in se v njih odložili tufi ob najmlajših plinskih vulkanskih izbruhih na Slovenskem. Podrobno geomorfološko sodobno preučevanje bi verjetno dodalo, da gre v porečju Krke za mladi, tektonsko znižani relief v nesprijetih sedimentih v hladnejši hladnodobni pleistocenski klimi (v Panonski kotlini so se tedaj odlagale puhlice, v Sloveniji pa ne), ki je pospešila denudacijske procese.

5. Literatura

- Abrahams, A. D., 1986: Hillslope processes, 416 str. Boston.
- Belec, B., 1959: H geomorfologiji Slovenskih in Medjimurskih gor. Geografski zbornik 5, 161–203. Ljubljana.
- Breznik, M., 1985: Perspektiva in problematika izkoriščanja podzemnih voda. Acta hydrotechnica, 3. letnik, izredna številka, 1–45. Ljubljana.
- Cvijić, J., 1909: Jezerska plastika Šumadije. Glas Srp. kralj. Akademije nauka 32, 1–94. Beograd.
- Cvijić, J., 1921: Abrasione i fluvijalne površi. Glasnik Geogr. društva VI, Beograd.
- Dukić, D., 1984: Hidrologija kopna. Naučna knjiga, 498 s. Beograd.
- Gams, I., 1957: O intenzivnosti recentnega preoblikovanja in o starosti reliefa v Sloveniji. Geografski vestnik, 27–28, 310–325. Ljubljana.
- Gams, I., 1959: Geomorfologija in izraba tal v Pomurju. Geografski zbornik 5, 205–251. Ljubljana.
- Gams, I., 1990: Melik in njegov čas. Geografski vestnik 62, 19–26. Ljubljana.
- Gams, I., 1992: Tektonska pogojenost večjih poplavnih območij v Sloveniji in bivši Jugoslaviji. Poplave v Sloveniji, 59–67. Ljubljana.
- Gams, I., 1998: Chemical denudation as a geomorphic process. Geografia fisica e dinamica quaternaria 21, 19–22. Torino.
- Gams, I., 1998: Relief. Geografija Slovenije, Slovenska matica, 24–54. Ljubljana.
- Habič, P., 1984: Novo vrednotenje tektonskega oblikovanja reliefa v zahodni Sloveniji. Geografski vestnik 56, 3–12. Ljubljana.
- Habič, P., 1988: Tektonska pogojenost kraškega reliefa zahodne Suhe krajine. Acta carsologica 17, 32–64. Ljubljana.
- Habič, P., 1991: Melikov prispevek h geomorfologiji in krasoslovju. Geografski vestnik 62 (1990), 43–50. Ljubljana.
- Kert, B., 1959: Geomorfologija severozahodnih Slovenskih gor. Geografski zbornik 5, 141–159. Ljubljana.
- Knight, C., 1976: Teoretski model pobočja, preizkušen blizu Rogaške Slatine. Geografski vestnik 48, 47–55. Ljubljana.
- Kokole, V., 1953: Morfološki razvoj področja med Savo in Sotlo. Geografski vestnik 25, 167–187. Ljubljana.
- Kokole, V., 1956: Morfolologija Šavrinskega gričevja in njegovega obrobja. Geografski zbornik 4, 185–219. Ljubljana.
- Kolbezen, M., 1979: Transport hribinskega materiala na potokih vzhodnega in jugovzhodnega Pohorja kot posledica erozije tal. Geografski vestnik 51, 73–82. Ljubljana.
- Kolbezen, M., 1998: Hidrografija. Geografija Slovenije, Slovenska matica, 139–172. Ljubljana.
- Kolbezen M., J. Pristov, 1998: Površinski vodotoki in vodna bilanca Slovenije. Hidrometeorološki zavod Slovenije, 98 s. Ljubljana.
- Lipoglavšek-Rakovec, S., 1951: Krška kotlina (Študija o geomorfološkem razvoju). Geografski vestnik 23, 85–108. Ljubljana.
- Manojlović, P., 1992: Kemijska erozija kao geomorfološki proces. Geografski fakultet PMF, laboratorij fizične geografije, 112 s. Beograd.
- Melik, A., 1934: Še o razvoju Bohinjske kotline. Geografski vestnik 10, št. 1–4, 150–168. Ljubljana.
- Melik, A., 1935: Slovenija. Geografski opis, splošni del, 1–2. Slovenska matica, 594 s. Ljubljana.
- Melik, A., 1957: Štajerska s Prekmurjem in Mežiško dolino. Slovenska matica, 594 s. Ljubljana.
- Melik, A., 1963: Slovenija. Geografski opis, splošni del. 2. predelana izdaja. Slovenska matica, 617 s. Ljubljana.
- Mencej, Z., 1990: Prodni zasipi pod jezerskimi sedimenti Ljubljanskega barja. Geologija 31/32, 517–553. Ljubljana.
- Meze, D., 1963: H geomorfologiji Voglajnske pokrajine in Zgornjega Sotelskega. Geografski zbornik 8, 77–120. Ljubljana.
- Meze, D., 1990: Bibliografija Antona Melika. Geografski vestnik 62, 65–78. Ljubljana.
- Natek, K., 1984: Razvoj reliefa in izraba tal v Ložniškem gričevju. Geografski zbornik 23, 57–97. Ljubljana.

- Natek, K., 1989: Vloga usadov pri geomorfološkem preoblikovanju Voglajnskega gričevja. Geografski zbornik 29, 37–77. Ljubljana.
- Pleničar, M., 1954: Obmurska naftna nahajališča. Geologija 2, 36–83. Ljubljana.
- Pleničar, M., 1970: Tolmač za osnovno geološko karto, list Goričko in Leibnitz, I. 33–45. Zvezni geološki zavod, 38. s. Beograd.
- Polajnar, S., 1959: Morfološki razvoj v Podravinju. Geografski zbornik 5, 253–273. Ljubljana.
- Premru, U., 1976: Neotektonika vzhodne Slovenije. Geologija 19, 211–249. Ljubljana.
- Rakovec, I., 1931: Morfološki razvoj v območju posavskih gub. Geografski vestnik 7, šte. 1–4, 3–66. Ljubljana.
- Rakovec, I., 1934: Prispevki k tektoniki in morfogenezi Savinjskih Alp. Geografski vestnik 10, no. 1–4, 116–143. Ljubljana.
- Summerfield, M. A., 1996: Global geomorphology. An introduction to the study of landforms. Longman. 537 s. Burnt Mill.
- Šercelj, A., 1968: Pelodna stratigrafija velenjske krovne plasti z ostanki mastodontov. Razprave SAZU IV., 11/8, 337–397. Ljubljana.
- Šifrer, M., 1974: Kvartarni razvoj Dravinjskih gor in bližnjega obrobja. Geografski zbornik 14, 103–178. Ljubljana.
- Vrabec, M., 1999: Style of postsedimentary deformation in the Plio-Quaternary Velenje basin, Slovenia. N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 1999 (8), 449–463. Stuttgart.
- Vrišer, I., 1956: Morfološki razvoj v Goriških brdih. Geografski zbornik 4, 159–183. Ljubljana.
- Winkler v. Hermaden, A., 1944: Neue Beobachtungen im Tertiärbereiche des mittelsteirischen Beckens. Berichte R. A. Abhandlungen für Bodenforschung. Wien.
- Winkler v. Hermaden, A., 1957: Geologisches Kräftespiel und Landformung. 822 s. Wien.
- Zeremski, M., 1981: Neotectonic processes and their forms. Geographica Iugoslavica, III, 24–31, Beograd.
- Žlebnik, L., 1971: Pleistocen Kranjskega, Sorškega in Ljubljanskega polja. Geologija 14, 5–51. Ljubljana.