

## PLEISTOCENSKA POLEDENITEV V LOGARSKI DOLINI

**Borut Stojilkovič\*, dr. Uroš Stepišnik\*\*, Manja Žebre\*\*\***

\* Attemsov trg 8, SI-3342 Gornji Grad

\*\* Oddelek za geografijo, Filozofska fakulteta Univerze v Ljubljani, Aškerčeva 2, SI-1000 Ljubljana

\*\*\* Groharjeva 8, SI-1241 Kamnik

e-mail: borut.stojilkovic@gmail.com; uros.stepisnik@gmail.com; manjazebre@gmail.com

*Izvirni znanstveni članek*

*COBISS 1.01*

*DOI: 10.4312/dela.40.2.25-38*

### **Izvleček**

Članek prinaša rezultate preučevanja ledeniških ostankov iz časa zadnjega poledenitvenega viška na območju Logarske doline v Kamniško-Savinjskih Alpah. Namen članka je reinterpretirati dosedanje ugotovitve in podati novo tolmačenje obsega viška zadnje poledenitve na tem območju. S pomočjo ugotovitev, pridobljenih s terenskim delom, so bile opravljene morfometrične analize, po katerih smo začrtali skrajno mejo poledenitvenega sunka in izdelali tridimenzionalno rekonstrukcijo topografije površja takratnega ledenika.

**Ključne besede:** Logarska dolina, Kamniško-Savinjske Alpe, pleistocenska poledenitev, glacialna geomorfologija

## PLEISTOCENE GLACIATION IN THE LOGAR VALLEY

### **Abstract**

The article focuses on the glacial remains from the time of the last glacial maximum in the Logar Valley in the Kamnik-Savinja Alps. The purpose of the work is to reinterpret the findings written so far and the geomorphologic remains from the time of the Pleistocene glaciation and to prepare a new proposal of the circumference of the last glacial maximum in this area. The numerical analysis was based on the findings gained with field work. According to the findings, the maximum glacier extent was drawn and a three-dimensional reconstruction of the topography of the surface was created.

**Key words:** Logar Valley, Kamnik-Savinja Alps, Pleistocene glaciation, glacial geomorphology

## I. UVOD

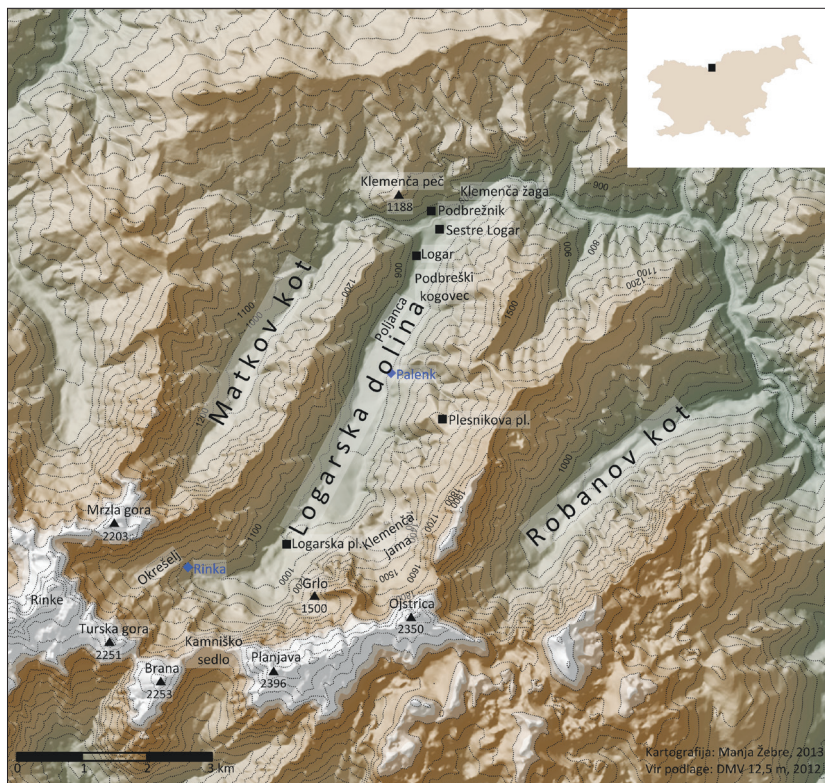
Logarska dolina je dolga skoraj deset kilometrov in sega proti severovzhodu od osrednjega grebena Kamniško-Savinjskih Alp med Ojstrico na vzhodu in Štajersko Rinko na zahodu. Z geomorfološkim preučevanjem doline sta se do sedaj ukvarjala R. Lucerna (1906) in D. Meze (1963; 1966). Čeprav med njunima interpretacijama prihaja do manjših neskladij, sta oba zaključila, da je bila v pleistocenu celotna dolina preoblikovana z ledeniškim delovanjem.

Lucerna (1906) je v svojem delu *Gletscherspuren in den Steiner Alpen* opisal tudi sledove poledenitve na območju Logarske doline. Ugotovil je, da je ledenik v Logarski dolini segal od krnice Okrešelj do samega konca doline.

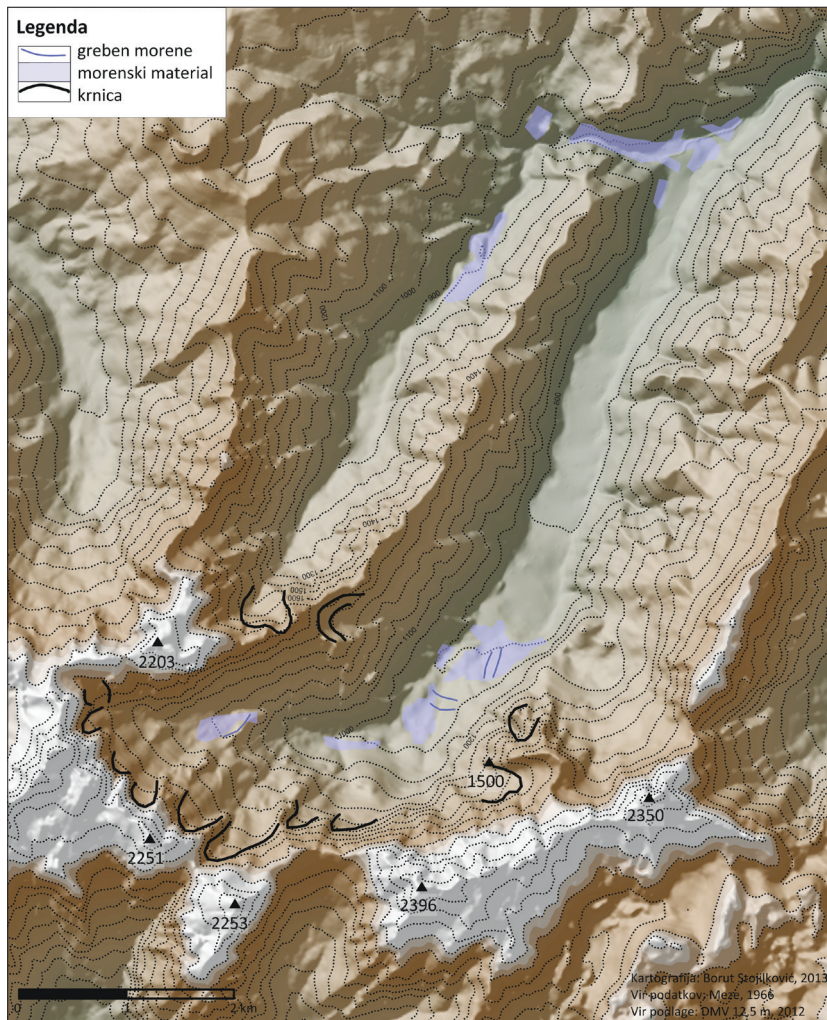
Meze (1966) navaja, da naj bi bili geomorfološki sledovi poledenitve v Logarski dolini na različnih mestih dobro vidni. Na njihovi podlagi je zaključil, da je ledenik segal od krnice Okrešelj vse konca doline pri kmetiji Podbrežnik, kjer je identificiral čelno moreno. V isti raziskavi je opisal tudi značilnosti poledenitve v bližnji okolici. Trdi, da obstaja več zanesljivih dokazov, da sta se ledenika iz Logarske doline in Matkovega kota

*Slika 1: Logarska dolina z okolico*

*Figure 1: The Logar Valley and surroundings*



Slika 2: Sledovi poledenitve v Logarski dolini in Matkovem kotu po Mezetu (1966)  
 Figure 2: The remains of glaciation in the valleys of Logar and Matkov kot according to Meze (1966)



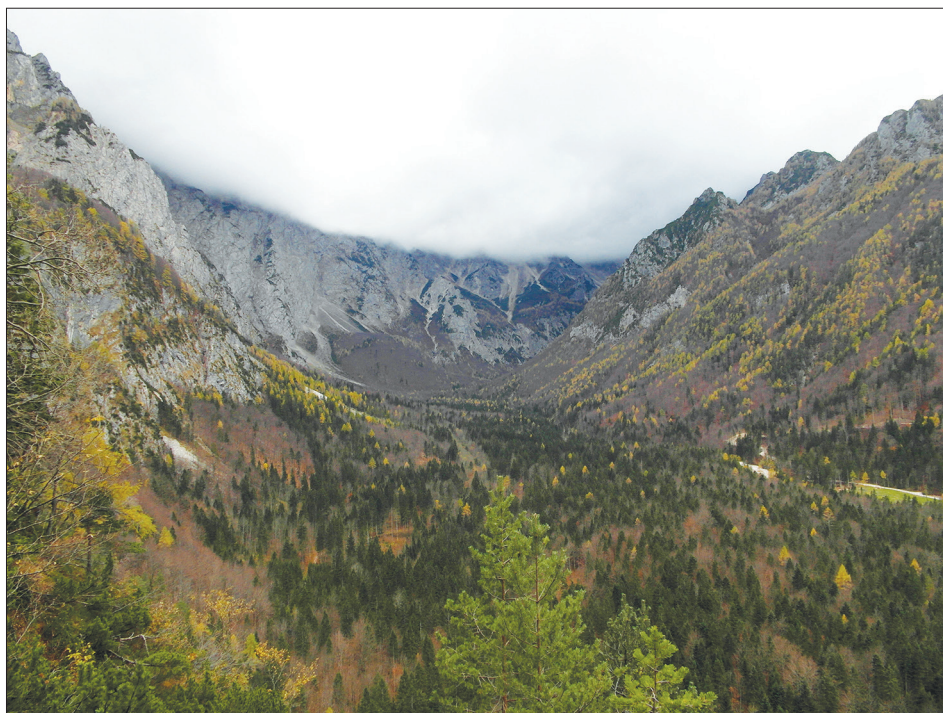
združevala. Poleg tega je ugotovil, da je bil spodnji del Logarske doline ob umiku ledenika ojezerjen. Pod prodnimi nanosi v spodnjem delu doline na območju Poljance je našel približno 4 m debele plasti pasovitih glin oziroma peščenih ilovic. Sedimente, ki dokazujejo ojezeritev, je našel tudi na Logarski planini in v Matkovem kotu (Meze, 1966).

Osnovni namen članka je reinterpretacija obsega pleistocenske poledenitve v Logarski dolini. S tem namenom smo najprej povzeli dosedanjo literaturo o poledenitvi

na tem območju. Sledilo je detajlno morfografsko kartiranje celotne doline in identifikacija ledeniških oblik ter reinterpretacija vseh ledeniških oblik, ki jih navaja dosedanja literatura (Lucerna, 1906; Meze, 1963; 1966). Nato smo opravili morfometrično analizo vseh relevantnih ledeniških oblik, na podlagi katere smo s pomočjo geografskih informacijskih sistemov izdelali rekonstrukcijo obsega in topografije poledenitve Logarske doline.

*Slika 3: Zgornji del Logarske doline (foto: U. Stepišnik)*

*Figure 3: Upper section of the Logar Valley (photo: U. Stepišnik)*



## 2. METODOLOGIJA

Metodologija je obsegala klasično geomorfološko analizo: morfografsko, morfometrično in morfostrukturno. Morfografska in morfometrična analiza sta temeljili na reinterpretaciji podatkov dosedanje literature, analizi kartografskega gradiva in topografije današnjega površja ter terenskem delu. Morfostrukturna analiza je obsegala pregled in interpretacijo geološke literature o ožjem in širšem območju Logarske doline. Nazadnje smo na podlagi morfografskih in morfometričnih podatkov s pomočjo numeričnega modeliranja topografije ledenikov izdelali interpretacijo topografije nekdanjega ledenika.

## 2.1. Morfografska in morfometrična analiza

Pregledu geomorfološke literature o poledenitvi izbranega območja sta sledila pregled in interpretacija vseh sledov poledenitve, ki jih v svojih delih navajajo predhodni avtorji (Lucerna, 1906; Meze, 1966; Meze, Ramovš, 1978). Nato smo podrobno pregledali celotno območje Logarske doline. Med pregledom smo identificirali vse ledeniške reliefne oblike, ki smo jih nato podrobno morfografsko kartirali. Posebno pozornost smo na terenu posvetili ledeniškim akumulacijskim oblikam, saj na podlagi njih določamo obseg dolinskih ledenikov. Osnova za morfografsko kartiranje so bili temeljni topografski načrti v merilu 1:10.000. Kot pomoč pri morfografskem kartiranju smo uporabljali tudi topografske karte drugih meril, ortofoto posnetke in digitalni model višin. Morfografska analiza je obsegala še identifikacijo in dokumentacijo litološke in teksturne sestave morenskega gradiva. S pomočjo identificiranih sledov poledenitve smo opravili rekonstrukcijo topografije nekdanjih ledenikov (Benn, Hulton, 2010).

Podrobno morfometrično analizo ledeniških akumulacij smo naredili z namenom pridobitve podatkov za čim bolj natančno rekonstrukcijo topografije poledenitve. Analizirali smo vse ledeniške oblike, ki bi lahko kakorkoli pripomogle pri nadaljnjih rekonstrukcijah. Poleg terenskih morfometričnih podatkov, ki smo jih pridobili s pomočjo barometričnega GPS, smo uporabili tudi digitalni model višin in kartografsko gradivo. Med terenskim delom smo izvedli še osnovne morfometrične analize površja. Na osnovi vsega tega smo določili višine bočnih in čelnih moren.

## 2.2. Rekonstrukcija topografije ledenikov

Ledenik v Logarski dolini in prav tako okoliški ledeniki so po velikosti sodili med manjše ledenike. Za njihovo rekonstrukcijo je najprimernejši model rekonstrukcije vzdolžnega profila ledeniškega površja, ki je primeren tudi, če je topografija podlage razgibana (Benn, Hulton, 2010; Kodelja, Žebre, Stepišnik, 2013). Ta metoda temelji na enostavnem modelu dinamičnega ravnovesja (angl. *simple steady-state model*), ki predvideva popolno plastično reologijo ledu (Benn, Hulton, 2010). Zaradi tega je bil za rekonstrukcijo uporabljen numerični model, ki ga predlagata Benn in Hulton (2010). Poleg tega modela obstaja še več drugih metod, s katerimi je mogoče rekonstruirati ledeniško površje, vsaka pa ima svoje dobre in slabe lastnosti. Slabost uporabljene metode je, da na vseh naklonih izračuna debelino ledu, čeprav to ni povsem točno, saj se na velikih strminah sklenjena ledena površina prekine. Rešitev namreč išče v 'popolni plastičnosti' ledeniškega toka, v naravi pa bi preko strmega pobočja v takšnih primerih padal ledeniški plaz (Benn, Hulton, 2010).

Strižna napetost ( $\tau_D$ ) je rezultat površinskega gradienta ledu in teže. Po uporabljenem numeričnem modelu pride do deformacije ledu, ko je strižna napetost enaka meji plastičnosti ( $\tau_y$ ). Vzdolžni profil se konstantno spreminja glede na spremenljivke in posledično lahko strižna napetost le doseže, ne more pa preseči meje plastičnosti. Če je strižna napetost manjša od meje plastičnosti, se led ne premika (Benn, Hulton, 2010). Od tod sledi:

$$\tau_D = \tau_y$$

Enačbo, v kateri je  $\rho$  gostota ledeniškega ledu ( $\sim 900 \text{ kg m}^{-3}$ ),  $g$  težnostni pospešek ( $9,81 \text{ m s}^{-2}$ ),  $H$  debelina ledu, zadnja spremenljivka  $\partial h/\partial x$  pa je površinski gradient ledu (Benn, Hulton, 2010), lahko zapišemo:

$$\tau_Y = \tau_D = \rho g H \frac{\partial h}{\partial x}$$

### 3. GEOLOŠKE ZNAČILNOSTI

Celotno Logarsko dolino in njena pobočja gradijo triasne kamnine. Pobočja krnic v skrajnem jugozahodnem delu Logarske doline med Mrzlo goro, Rinkami, Tursko goro in Brano gradijo zgornjetriasni skladoviti dachsteinski apnenci. Okrešelj in pretežni del njegovih severnih pobočij gradijo zgornjetriasni masivni dolomiti cordevolske formacije, njegova južna pobočja pa masivni apnenci iste formacije. Pod Okrešljem, vse do Klemenče jame, gradijo pobočja predvsem srednetriasni ladinijski masivni in plastoviti apnenci. Od Klemenče jame proti severu se na vzhodnih pobočjih doline menjavajo srednetriasni anizijski masivni apnenci in spodnetriasni laporovci, lapornati apnenci, plastoviti apnenci in peščenjaki skitijske formacije. Zahodna pobočja doline gradijo srednetriasni anizijski masivni dolomiti ter spodnetriasne kamnine skitijske formacije. Spodnje dele Logarske doline zapolnjujejo rečni in ledeniški nanosi kvartarne starosti (Celarc, 2004).

Po celotni dolžini Logarske doline poteka zmični prelom v smeri severovzhod–jugozahod, od Klemenče peči do Logarske planine (Planšarija Logarski kot), kjer se razcepi v dva preloma. Preloma na obeh straneh omejujeta Kamniško sedlo (Celarc, 2004).

### 4. SLEDOVI POLEDENITVE

Na podlagi sistematičnega morfografskega kartiranja območja Logarske doline smo identificirali številne oblike, ki neposredno ali posredno nakazujejo prisotnost pleistocenskega ledeniškega delovanja.

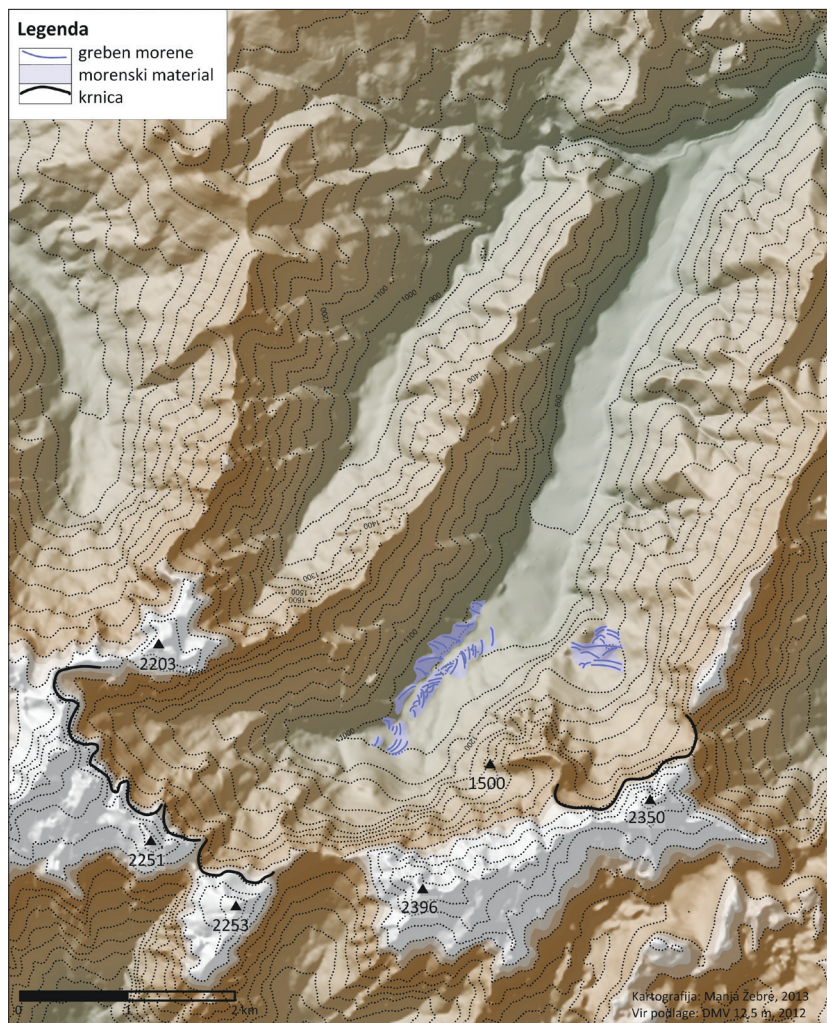
Najvišje ledeniške akumulacije v dnu Logarske doline smo identificirali na nadmorski višini okoli 1000 m v bližini Koče pod slapom Rinka. Ohranjeni so značilni, a redki grebeni umikalnih bočnih in čelnih moren, saj so jih v dnu doline odstranili fluvialni procesi, na pobočju pa jih je deloma prekril pobočni grušč, deloma pa jih je odnesla voda in v njih izdelala erozijske jarke.

Nižje po dolini smo našli obsežna območja dobro ohranjenih grebenov bočnih in čelnih moren, ki so razporejeni od najvišje ležečega mostu preko Kotovca (okoli 500 m vzhodno od Koče pod slapom Rinka) okoli 1,5 km proti severovzhodu. V tem delu so pod strmim zahodnim pobočjem doline na levem bregu potoka ohranjeni do 30 m visoki grebeni bočnih moren. V dnu doline so fluvialni procesi popolnoma odstranili sledove poledenitve.

Na desnem bregu struge Kotovca je prav tako ohranjena cela serija grebenov bočnih in čelnih moren, visokih do 5 m. Te morene ne segajo do jugovzhodnega pobočja doline,

Slika 4: Karta sledov poledenitve v Logarski dolini

Figure 4: Map of the remains of the glaciation in the Logar Valley



saj jih v celoti prekrivajo melišča in vršaji manjših erozijskih jarkov. Med morenskimi nasipi in pobočnimi akumulacijami smo na območju Koče na Logarski planini identificirali tudi jezerske sedimente. Lucerna (1906) te grebene pripisuje bühlskemu umikalnemu stadiju, toda metod datacije v svoji objavi ne navaja.

Najnižje čelnomorense nasipe smo našli na nadmorski višini 860 m, okoli 600 m severozahodno od Koče na Logarski planini. Nižje po dolini kljub navedbam literature sledov poledenitve nismo našli (Lucerna, 1906; Meze, 1966; Meze, Ramovš, 1978). V vseh

morenskih nasipih v dnu Logarske doline so kosi dachsteinskih in cordevolskih apnencev ter dolomitov cordevolske formacije. V razkritih profilih moren se vidi nesortiranost in nesprijetost gradiva. Prevladujejo poglobati do polzaobljeni kosi, veliki od 0,5 do 30 cm, ki 'plavajo' v meljasto-peščeni osnovi. Posamezni bloki so veliki do 1,5 m.

Eden od pomembnejših ohranjenih ledeniških nanosov naj bi bil Podbreški kogovec, ki ga Meze (1966) opiše kot čelno moreno. Ta greben je Meze našel približno 4 km navzdol po dolini od zadnje čelne morene, ki smo jo našli mi v okviru naše raziskave, in okoli 1 km pred iztekom Logarske doline. Danes Podbreškega kogovca ni več, saj so ga domačini popolnoma zravnali zaradi lažje kmetijske obdelave terena. Po pripovedovanju domačinov naj bi ga gradil droben peščen sediment, kar pa nikakor ne more biti morenski material. Najverjetneje je bil iz pobočnega materiala z vzhodnega pobočja, ki ga gradijo spodnjetriasni laporovci, lapornati apnenci in peščenjaki skitijske formacije (Celarc, 2004).

Skrajne čelne morene naj bi se po navedbah vseh avtorjev, ki so se do zdaj ukvarjali s poledenitvijo Logarske doline, nahajale na izteku doline (Lucerna, 1906; Meze, 1966; Meze, Ramovš, 1978). Na pobočjih doline pri kmetijah Logar in Podbrežnik naj bi bile odložene bočne in čelne morene, visoke do 17 m (Lucerna, 1906), v dnu doline pa naj bi bilo v okolici doma sester Logar polje ledeniških balvanov (Lucerna, 1906; Meze, 1966). Meze

*Slika 5: Eden izmed grebenov umikalnih bočnih moren v Logarski dolini (foto: B. Stojilkovič)*  
*Figure 5: One of recessional lateral moraine ridges in the Logar Valley (photo: B. Stojilkovič)*





in Ramovš (1978) celo navajata, da naj bi ledenik segal po dolini vse do Klemenče žage, kar dokazujeta z usmerjenostjo in višino bočnih moren pri kmetijah Logar in Podbreznik. V okviru naše raziskave smo izkopali in pregledali več profilov na mestih, ki jih predhodna literatura opisuje kot ledeniške akumulacije. Čeprav opisane oblike morfolofsko res spominjajo na bočne morene, v vseh profilih prevladuje nesortiran ostrorobat material, litološko enak pobočjem nad njim. V nižje ležečih profilih ob potokih je razkrit tipičen sortiran in zaobljen prod. Prav tako je polje balvanov pri domu sester Logar v celoti enotne litološke sestave. Sestavljajo ga masivni svetlosivi mikritni anizijski apnenci srednjetriasne starosti. To niso ledeniški balvani, ampak podorni bloki s pobočja Klemenče peči.

Obsežne sledove poledenitve smo identificirali tudi na območju Klemenče jame (slika 6). V kotanji pod ostenjem obsežne krnice smo našli ledeniške nanose in niz dobro ohranjenih grebenov bočnih in čelnih moren na nadmorski višini okoli 1150 m. Grebeni so visoki do 10 m. Ledeniški material sestavljajo srednjetriasni ladinjski in anizijski apnenci. V profilih moren je vidna pretežno peščena osnova, v kateri se nahajajo oglati do pologlati kosi prevladujoče velikosti od 2 do 50 cm, največji pa dosežejo 3 m. Sediment je nesortiran in nesprijet. Ledeniško gradivo sega skoraj do ostrega pregiba v Logarsko dolino, a je iz razporeditve morenskih nasipov razvidno, da ledenik ni segal dalje in padal v dolino.

*Slika 6: Morenski material na Klemenči jami (foto: U. Stepišnik)*

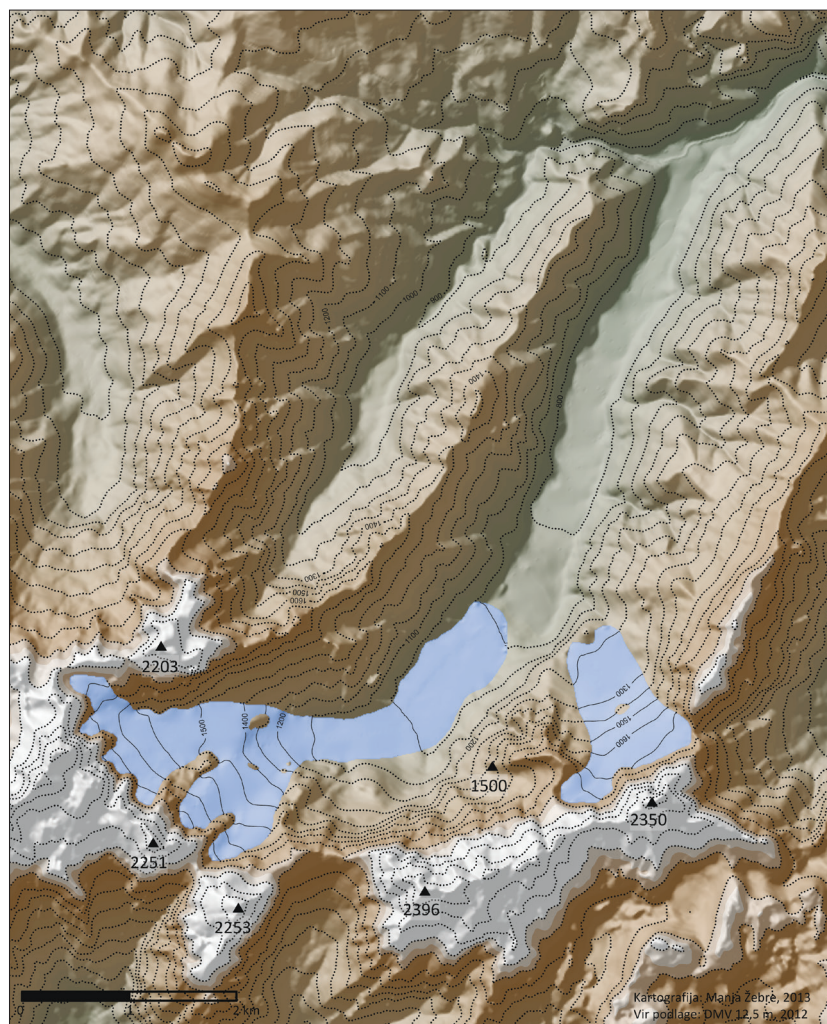
*Figure 6: Morainic material in Klemenča jama (photo: U. Stepišnik)*



## 5. TOPOGRAFIJA LEDENIKOV

Podatke morfometrične in morfografske analize smo uporabili pri numeričnem modeliranju vzdolžnega profila površja ledenika po metodi Benna in Hultona (2010), s katerim smo rekonstruirali topografijo pleistocenskih ledenikov. Pri rekonstrukciji poledenitve na območju krnic smo upoštevali samo naklone do  $60^\circ$  (Meierding, 1982). Če je naklon večji od  $60^\circ$ , bi se ledeniški led težje zadrževal na strmini, zato smo pri modeliranju izvzeli območja z nakloni nad to mejo.

Slika 7: Obseg zadnjega viška pleistocenske poledenitve v Logarski dolini  
Figure 7: The extent of the last glacial maximum in the Logar Valley



Ugotovili smo, da sta bila v času zadnjega poledenitvenega viška v Logarski dolini dva ledenika s skupno površino približno 4,4 km<sup>2</sup> (slika 7). Površinsko večji ledenik je imel značilnosti dolinskega ledenika, manjšega pa uvrščamo v krniški tip ledenikov. Dolinski ledenik s površino 3,2 km<sup>2</sup> je tekel iz krnice Okrešelj skoraj 4,8 km daleč proti severovzhodu. Akumulacijsko območje tega ledenika je bil več kot 1 km širok kompleks krnic vzhodno od Rink in Turske gore ter severno od Brane. Na območju teh krnic je ledenik najvišje segal do nadmorske višine približno 1945 m. Čelo ledenika je bilo severno od Logarske planine na nadmorski višini 860 m. Na tem mestu je bila širina ledenika manj kot 500 m. Največja debelina ledenika, izračunana na podlagi numeričnega modela (Benn, Hulton, 2010), je bila okoli 80 m.

Manjši krniški ledenik s površino 1,2 km<sup>2</sup> se je nahajal v krnici severno od Ojstrice, na območju Klemenče jame. Maksimalna nadmorska višina, do katere je segal ledenik na območju krnice, je bila 1880 m. Okoli 1,5 km dolg ledenik se je zaključil tik nad strmim reliefnim pregibom nad Logarsko dolino na nadmorski višini okoli 1135 m. Ledeniški jezik v samo dno doline ni segal, saj po dnu Logarske doline pod Klemenčo jamo ni ohranjenih nobenih ledeniških nanosov. Na podlagi modela je izračunana največja debelina ledenika znašala okoli 70 m.

## 6. SKLEP

Logarska dolina je gorska dolina v severnem delu Kamniško-Savinjskih Alp. Dolino so oblikovali in preoblikovali tektonski, ledeniški, fluvialni, pobočni in korozijski procesi. Od krnice Okrešelj do konca doline na severu je dolina dolga približno deset kilometrov. Do sedaj sta se ukvarjala z geomorfološkim raziskovanjem Logarske doline Lucerna (1906) in Meze (1963; 1966). Oba sta prišla do zaključkov, da je ledenik iz krnice Okrešelj segal vse do zaključka Logarske doline, kjer naj bi se združil z ledenikom iz Matkovega kota ter pri kmetiji Podbrežnik odložil čelno moreno.

Osnovni namen raziskave je bil reinterpretirati obseg pleistocenske poledenitve v Logarski dolini ter izdelati rekonstrukcijo obsega in topografije ledenikov na preučevanem območju. Metodološko je raziskava obsegala morfografsko, morfometrično in morfostrukturno analizo ter rekonstrukcijo topografije ledenikov. Na osnovi dosedanje literature, analize kartografskega gradiva in reliefa ter terenskega dela smo izvedli morfografsko in morfometrično analizo. Končni rezultat je bila interpretacija površja ledenika, ki je temeljila na morfografskih in morfometričnih podatkih ter numeričnem modeliranju topografije ledenikov po metodi, ki sta jo razvila Benn in Hulton (2010).

Najvišje ledeniške akumulacije v dnu Logarske doline smo ugotovili na nadmorski višini okoli 1000 m v bližini Koče pod slapom Rinka. Nižje po dolini smo serije dobro ohranjenih grebenov bočnih in čelnih moren našli le na pobočjih, v dnu doline pa je bil material odstranjen zaradi fluvialne erozije. Od 5 do 30 m visoki grebeni bočnih moren so ohranjeni tako na desnem kot na levem bregu struge Kotovca. Najnižje čelne morene smo ugotovili na nadmorski višini 860 m, okoli 600 m severozahodno od Logarske planine. Sledove poledenitve smo našli tudi v krnici severno od Ojstrice, na območju Klemenče jame. Do 10 m visoki grebeni bočnih in čelnih moren se nahajajo na dnu krnice na nadmorski višini 1150 m.

V času zadnjega poledenitvenega viška sta bila po naših ugotovitvah v Logarski dolini dva ledenika s skupno površino približno 4,4 km<sup>2</sup>. Večji dolinski ledenik je imel površino 3,2 km<sup>2</sup> in je tekel iz krnice Okrešelj po dolini navzdol skoraj 4,8 km daleč proti severovzhodu. Najvišji del ledenika je segal do približne nadmorske višine 1945 m, čelo ledenika pa je bilo na nadmorski višini 860 m. Manjši, poldrugi kilometer dolg krniški ledenik s površino 1,2 km<sup>2</sup> se je nahajal na območju Klemenče jame. Maksimalna nadmorska višina ledenika na območju krnice je bila 1880 m. Ledenik je segal zgolj do izrazitega roba krnice na nadmorski višini 1135 m; v samo dno Logarske doline ni segal.

Z uporabo najnovejših metod, ki z numeričnimi metodami dopolnjujejo morfometrične in morfografske analize, smo podali novo interpretacijo obsega pleistocenske poledenitve v Logarski dolini. Čeprav velja celotna Logarska dolina za tipično ledeniško dolino, mi tega s svojimi preučevanji nismo mogli potrditi in bo potrebno izoblikovanost Logarske doline pojasniti na drugačen način. Prav tako bodo potrebne podrobne morfokronološke analize ledeniških nanosov v dolini, da bo možno v celoti pojasniti časovni potek pleistocenske poledenitve v tej dolini.

## Viri in literatura

- Benn, D. I., Hulton, N. R. J., 2010. An Excel<sup>TM</sup> spreadsheet program for reconstructing the surface profile of former mountain glaciers and ice caps. *Computers and geosciences*, 36, 5, str. 605–610.
- Celarc, B., 2004. Geološka zgradba severovzhodnega dela Kamniško-Savinjskih Alp. Doktorsko delo. Ljubljana, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo, 137 str.
- Kodelja, B., Žebre, M., Stepišnik, U., 2013. Poledenitev Trnovskega gozda. Ljubljana, Znanstvena založba Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani (E-GeograFF 6), 63 str. URL: [http://geo.ff.uni-lj.si/sites/default/files/12/e-geograff\\_6\\_poledenitev\\_trnovskega\\_gozda.pdf](http://geo.ff.uni-lj.si/sites/default/files/12/e-geograff_6_poledenitev_trnovskega_gozda.pdf) (Citirano 20. 3. 2013).
- Lucerna, R., 1906. Gletscherspuren in den Steiner Alpen. *Geographischer Jahresbericht aus Österreich. Forschungsberichte aus dem Institut für Geographie und Regionalforschung der Universität Wien*, 4, str. 9–74.
- Meierding, T. C., 1982. Late Pleistocene glacial equilibrium-line altitudes in the Colorado Front Range: a comparison of methods. *Quaternary research*, 18, 3, str. 289–310.
- Meze, D., Ramovš, A., 1978. Logarska dolina. Ljubljana, Zavod SR Slovenije za spomeniško varstvo (Kulturni in naravni spomeniki Slovenije, 82), 38 str.
- Meze, D., 1963. Geomorfološki razvoj Gornje Savinjske doline. Doktorsko delo. Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo, 200 str.
- Meze, D., 1966. Gornja Savinjska dolina. Nova dognanja o geomorfološkem razvoju pokrajine. Ljubljana, Slovenska akademija znanosti in umetnosti, 195 str.

## PLEISTOCENE GLACIATION IN THE LOGAR VALLEY

### Summary

The Logar Valley is a mountain valley situated in the Kamnik-Savinja Alps in northern Slovenia. It is about ten kilometres long, stretching from southwest to northeast. It has fluvial, glacial and karst characteristics. Geologically, all the area is mostly composed of the Triassic limestones and dolomites. The valley bottom is filled with Quaternary fluvial and glacial deposits.

There were two researchers that studied the glaciations in this area: Lucerna (1906) and Meze (1963, 1966). Although there are small differences among their interpretations, they both came to the same general conclusion that the whole valley was glacially modified in Pleistocene. Lucerna (1906) wrote in his article *Gletscherspuren in den Steiner Alpen* that the glacier in the Logar Valley stretched from the cirque Okrešelj to the very end (the other extreme) of the valley. Meze (1963; 1966) concluded that the glacier ended at the terminal moraine near the farm Podbrežnik. He listed several reasons why he believed that the glaciers from the Logar Valley and the Matkov kot joined at the point of that moraine.

The main purpose of the article is to reinterpret the extent of the last glacial maximum of the Pleistocene glaciation in the Logar Valley. We made detailed morphographic mapping of the whole valley, identification of all existing glacial forms and interpretation of all forms mentioned by the literature written so far (Lucerna 1906; Meze, 1963; 1966). Afterwards we did a morphometric analysis of all relevant glacial remains. This analysis was the basis for further GIS reconstruction of the extent and topography of the last Pleistocene maximum glaciers in the Logar Valley.

Based on our findings, it was possible to conclude that the size of the glaciers during the last glacial maximum of the Pleistocene glaciation in the Logar Valley was smaller and different by its form than it was stated in the literature written so far.

The work included morphographic geomorphological mapping of the Logar Valley and morphometric and morphostructural analyses of geomorphologic forms. The reconstruction of the profile of the glacier was based on the simple steady-state model described by Benn and Hulton (2010).

It was confirmed that the extent of glaciations was not the same as it was determined in the studies of Lucerna (1906) and Meze (1963; 1966). The surface that was covered with ice during the last glaciation was much smaller than what it has been thought until now. We found out that there were two smaller glaciers and not just one.

In the Logar Valley there were two glaciers during the last glacial maximum of the Pleistocene glaciations. The bigger glacier had the cirque complex just above Okrešelj and the smaller one (in the part of the valley named Klemenča jama) had two cirques. They are both presented in the Figure 7. The highest glacier deposits were found at the altitude of 1000 m above the sea level in close surroundings of the mountain hut near the waterfall Rinka. Lower in the valley series of lateral and terminal moraines were located. Fluvial erosion removed lots of glacial remains at the very bottom of the valley.

Despite that, many remains of the moraines were found on each slope of the valley. The extreme of the terminal moraine material was located at the altitude of 860 m above the sea level in the main valley and at 1150 m in the area of Klemenča jama. The glacier from Klemenča jama cirque did not continue to the main valley.

By creating topography of the glacier in the Logar Valley, we got approximate data about the size and other quantitative characteristics of the last glacial maximum of the Pleistocene glaciation. The main glacier stretched between 860 m and 1945 m above the sea level and the glacier in Klemenča jama stretched from 1135 m to 1880 m above the sea level. The height of the latter glacier was measured about 70 m at its highest part. The height of the main glacier in its accumulation area rose up to 80 m. The area of both glaciers together was 4,4 km<sup>2</sup> (the main glacier occupying 3,2 km<sup>2</sup> and the smaller in the area of Klemenča jama 1,2 km<sup>2</sup>).

The understanding of the Pleistocene glaciation and its remains has changed a lot in the last century. Since the first research of glaciers was conducted in the Logar Valley more than one century has passed. The methodology of research and interpretation of glacial forms has changed as well. With new approaches to studying glacial phenomena in combination with morphometric and morphographic analyses, we presented modern interpretation of dynamics in Pleistocene in the studied area. This research and the conclusions were based on the form, lithification and remains of the morainic material. The further research should mainly focus on absolute dating of the material but we were not able to do the absolute dating because of the lack of financial means.

*(Translated by the authors)*