

A. BOGNAR, S. FAIVRE, J. PAVELIĆ

GLACIJACIJA SJEVERNOG VELEBITA

Prirodoslovno–matematički fakultet
Sveučilišta u Zagrebu
HR 41000 Zagreb

Izvorni znanstveni rad
UDC: 551.33(234.422.1)
Ur.: 1991–06–30

Prvi put su utvrđeni tragovi pleistocenske oledbe područja Sjevernog Velebita. Oni se odnose i na egzaracijske morfološke oblike i na odgovarajuće korelativne sedimente i morenske oblike.

Uvod

Jedno od interesantnijih pitanja koje je zaokupljalo mnoge naše prirodoslovce u tijeku 20. stoljeća jest problematika pleistocenske glacijacije na Velebitu. Prvi istraživači još su na početku stoljeća pravilno pretpostavili da je oledbe bilo, ali je to mišljenje kasnije opovrgnuto. Prvi put glacijaciju spominje H. Hranilović (1901) u Glasniku Hrvatskoga prirodoslovnog društva. Godine 1903. A. Gavazzi je dao još jedan prilog glacijaciji Velebita, temeljen na istraživanjima Male i Velike Paklenice. Istim se područjem bavi i geolog R. Schubert, te godine 1910. daje prve konkretne podatke koji govore u prilog oledbe J. Velebita. B. Bauer (1935) objavljuje cjelovit morfološki prikaz masiva S. Velebita u okviru kojeg iznosi i svoja detaljna zapažanja o visoravni Jezera. Tvrdi da je na visoravni egzistirao tip plato–ledenjaka koji se kretao prema jugoistoku. U području Jezera otkriva oblutke u velikim ponikvama i drži ih pokazateljima rada ledenjaka. Iako gibanje ledenjaka prema B. Baueru nije imalo većeg zamaha, ono je ipak prelazilo preko ruba platoa prema sjeveroistoku. Isti autor drži da se u toku pleistocena snježna granica nalazila negdje između 1400 i 1500 m nadmorske visine. Pozitivno mišljenje o oledbi Velebita iznose također i mađarski biolog A. Degen (1936–1938) te geomorfolog B. Ž. Milojević (1922). Ovaj posljednji kasnije je korigirao svoja zapažanja držeći ih nepouzdanim. (Milojević B. Ž. 1949).

Suprotno mišljenje ima J. Poljak (1949), koji negira svaku mogućnost egzistencije ledenjaka na Velebitu. Tvrdi da se tu radilo o snježnicama koje su ispunjavale pojedine veće ponikve vršnog dijela Velebita. U okviru obrade Velebitske primorske padine V. Rogić (1958) uglavnom prihvaća mišljenje J. Poljaka. Međutim,

novija su istraživanja (L. Nikler 1973. i S. Belij 1985) dokazala postojanje glacijacije tokom pleistocena na Južnom Velebitu.

Istraživano područje predstavlja samo dio Sjevernog Velebita, koji inače uključuje dvije orografske jedinice i to: Senjsko bilo između prijevoja Vratnik (1640 m) i prijevoja Oltari (1940 m) na ZSZ do linije Ličko Lešće – Studenci na JI te padinsku strukturu Sjevernog Velebita u užem smislu, između prijevoja Oltari i prijevoja Veliki Alan (1406 m) na ZSZ do krajnjeg JI dijela Lipova polja na IJI. Orografske jedinice međusobno su odijeljene sustavom manjih međugorskih zavela Krasnog i Lipova polja.

1. Opće morfološke osobine

U orografskom smislu područje Sjevernog Velebita predstavlja jedan asimetričan gorski masiv izometričnog ocrta. To proizlazi iz očitog blokovskog karaktera novije etape razvoja gorskog masiva. Generalno gledajući, izdvajaju se samo dvije jasno diferencirane orografske jedinice, i to ustrmljena, zapadna primorska padina, te položena, istočna. Ova posljednja poklapa se zapravo s najvećim dijelom asimetrično izbočenog tektonskog bloka. U cjelini, primorska je padina reljefna jedinica iznimno velike raščlanjenosti jer se na relativno kratkim udaljenostima visinske razlike skokovito povećava od 0 m pa sve do preko 1600 m. Npr. na potezu Starigrad–V. Zavižan visinska razlika, na udaljenosti od 7 km zračne linije, doseže vrijednosti čak blizu 1700 m, to znači da je na svaki km reljefna energija gotovo 300 m. Odstupanja od tog ipak su znatna jer je primorska padina specifičnog stepeničastog ocrta. Na pojedinim izraženim strmcima vrijednosti reljefne energije premašuju 500, pa čak i 600 m/km².

Blokovski karakter izdizanja koji je izražen asimetrijom poprečnog profila, zatim specifičnosti litološkog sastava, kao i dominacija glacijalnih i periglacijalnih procesa tokom pleistocena u vršnom dijelu masiva nisu pogodovali razvoju izrazitog grebena. Upravo stoga, najviši dio Sjevernog Velebita ima mrežastu reljefnu strukturu, obilježenu nizom vrhova–uzvišenja, koji su oblikovani intenzivnom denudacijom (korozijskim, padinskim, glacijalnim i periglacijalnim procesima) vapnenačke osnove koja je primarno bila denudacijski zaravnjena). U krajnjoj liniji slične osobine ima i kompletna lička, tj. istočna padina Sjevernog Velebita, s tim da se razina vrhova idući od zapada prema istoku postupno snižava, no, gledano u odgovarajućoj projekciji, odražava prvobitni zaravnjeni karakter, kasnije tektonski iskošenog denudacijskog nivoa–površi. Naknadni tektonski pokreti rasjednog obilježja poremetili su primarne orografske odnose, tako da su danas dijelovi nivoa nekadašnjeg denudacijskog nivoa–površi uklopljeni u današnju primorsku padinu masiva. Razlog je to, uz djelovanje odgovarajućih egzogenih procesa pedimentacije, da se u poprečnom profilu primorske padine pojavljuju i izrazite tektonski uvjetovane stepenice, posebno u njenom privršnom dijelu. Npr. na potezu Starigrad–V. Zavižan mogu se izdvojiti čak četiri jasno izražena reljefna, manje više zaravnjena, nivoa, od kojih su prva dva na visinama od 100–300 m i 600–700 m pedimenti, a

nivoi na 1200–1300 m te 1400–1500 m tektonski uvjetovani strukturalni podovi. Treba dodati da se u okviru blago iskošene ličke padine izražavaju i određene denivelacije koje su plod i mikrotektonske razdrobljenosti, koja je pak uvjetovala formiranje manjih tektonskih blokova koji su diferencijalno kretani. Tako npr. blokovi Malog i Velikog Kozjaka, zatim V. i M. Rajinca te Hajdučkih kukova jasno iskaču svojom visinom u odnosu na generalni nagib terena, iskošen prema istoku. Izraženo je to u reljefnom pogledu pojavom glavica–vrhova koje su izdignute u odnosu na okolni teren i do 300 m relativne visine. Važno je, osim toga, napomenuti da se takva uzvišenja, odnosno manji tektonski blokovi, uvijek javljaju uz osnovne poprečne rasjede koji su uvjetovali i stepeničast ocrtni ličke padine masiva, pravcem S–J. Rasjedne stepenice mogu se pratiti kontinuirano i u krajnjim istočnim dijelovima Ličke padine u području Begovače i Konjske drage. Egzogenim procesima disecirani rasjedni odsjeci pritom su uvjetovali, ovisno o njegovu intenzitetu na pojedinim mjestima, oblikovanja manjih glavica koje zapravo predstavljaju rezidualne dijelove površi izdignute uz navedene rasjede. Dobar primjer glavica iznad rasjeda pravca SZ–JI (iznad Ledene drage i Begovače) je Mramornica (1491 m), Tromeda (1263 m), Bijeli Grif (1051 m), Piršlin vršak (921 m) i Krčak (894 m). Isto vrijedi za impozantni rasjedni strmac (32–55°), na potezu od Jezerske strane preko Nadžak–bila do Lipova polja. Idući od SZ prema JI izdvajaju se zaobljeni vrhovi Robinac (1587 m), Krecelj (1518 m), Tavan (1425 m), zatim glavice na 1346 m i 1219 m, Vučjak (1208 m), Crni vrh (1038 m), Mačjak (957 m), Tarni vrh (894 m) itd.

grafikon 1

POPREČNI PROFIL SJEVERNOG VELEBITA

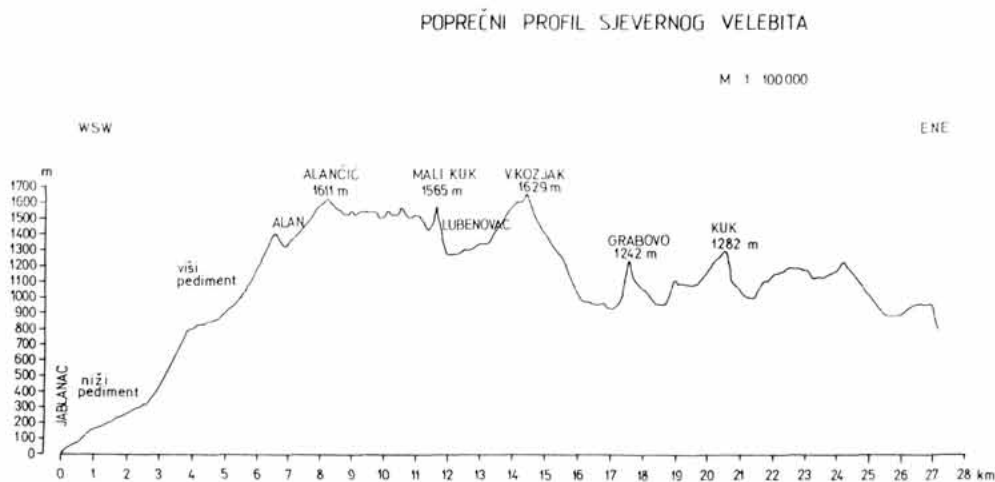
M 1:100000



Poprečni profil vrhova V. Zavižan, M. Rajinac i Bjeli Kuk u sjevernom Velebitu

Sjeverni Velebit konformna je denudacijsko–tektonska morfostruktura. Predstavlja planinski masiv antiklinalu, koja je asimetrično izbačena sa strmijom primorskom padinom i blaže položenom Ličkom padinom. Na takve odnose bitno su utjecali rasjedi pravca pružanja S–J u međuprostoru između Jurjeva i Oltara na sjeveru te Jablanca i Alana na jugu. Tu je uz glavni tzv. Velebitski rasjed padinska struktura najviše izdignuta, na što upućuju stepeničasto položeni rasjedni odsjeci i velika strmost nagiba primorske padine. Međutim, za trokutast ocrt planinskog masiva od odlučujućeg utjecaja bili su poprečni rasjedi pravca ZSZ–IJI, posebno onaj Bukovački na jugu te Krasansko–Lipovački na S i SI. Naime, tim rasjedima, u kombinaciji s onim Velebitskim, sjeverni dio Velebita definiran je kao jedan zaseban tektonski blok s boranom unutrašnjom gradom. Za razliku od Srednjeg Velebita, gdje dominira antiklinorijska građa vergencije S–J (Prelogović E. 1989. g.), sjeverno od Bakovačkog rasjeda sjevernovelebitski tektonski blok je u odnosu na prethodni rotiran, pa dominiraju strukture pružanja SZ–JI i SSZ–JJI. To je najljepše izraženo u antiklinalnoj strukturi blokova od Lipova polja preko Apatišana prema ZSZ. Sve to upućuje da se u slučaju planinskog masiva Sjevernog Velebita u strukturno–genetskom smislu radi o jednoj borano–blokovskoj strukturnoj jedinici. Ukoliko se uvažava novija gledanja S. Bahuna (g. 1974), M. Heraka (g. 1986) i E. Prelogovića (g. 1989) o alohotnom karakteru Velebita, onda je masiv Sjevernog Velebita borano–navlačna–blokowska morfostruktura. Bitno je međutim za današnji izgled reljefa, makro gledajući, da je on asimetričan planinski masiv. Njegova je asimetrija pritom odlučujuće određena tektonikom blokovskog

grafikon 2



Poprečni profil vrhova Alancić, M. Kuk, V. Kozjak u sjevernom Velebitu

karaktera. Na to upućuje izrazito rasjedni karakter granice Sjevernog Velebita prema Srednjem Velebitu i zavalama Krasnog polja, Lipova polja te Senjskom bilu, a isto tako prema bazenu podmorja Jadrana. Reljefno je to veoma lijepo izraženo u velikoj strmini padina (32–55°), dubini erozivnog ureza (npr. dolina Bakovca do 500 m), tipu paralelnih dolina dubine ureza do 200 m (jaruge i okršene suhe doline na primorskoj padini).

Kako je i taj dio Velebita pripadao tzv. dinarskoj karbonatnoj platformi, koja je prije samog izdizanja u orogenoj fazi doživjela snažno poligenetsko uravnavanje egzogenim procesima, to je, generalno gledano, područje Sjevernog Velebita jedna visoko izdignuta površ (denudacijski nivo zaravnjavanja), koja je osobito u neotektonskoj fazi doživjela iznimno jako mikrotektonsko razlamanje, a to je bitno utjecalo na usmjerenost i intenzitet daljnjeg modeliranja reljefa masiva. Blokovski karakter tektonike u neotektonskoj fazi i prvobitna zaravnjenost i danas se odražavaju u makro i mikroreljefnoj strukturi Sjevernog Velebita. Nema jasno izraženih grebena, već dominira jedna mrežasta struktura, uglavnom kupolastih i glavičastih uzvišenja, veoma sličnih nadmorskih visina, koja su međusobno odvojena relativno duboko usječnim okršenim udolinama (sukcesija duliba, npr. Lomska–Studena ili sukcesija duliba jugozapadno od zavale Lubenovačkog polja), platoima s brojnim ponikvama (npr. Jezera) i manjim zavalama–poljima u kršu (Lubenovačko polje). Intenzivna mikrotektonska razlomljenost površi, koja je uvjetovala nastanak manjih blokova različitog relativnog predznaka pokreta, utjecala je i na oblikovanje brojnih manjih uzvišenja i potolina–udubljenja. Predjele spuštanja označava centripetalni tip dolina (pretežno suhih i okršenih), proširenje udolina (npr. Apatišanska duliba i zavala Lubenovačkog polja). Naprotiv, manja uzvišenja su centrifugalnim tipom dolinske mreže, kao što je to npr. područje Hajdučkih kukova, Velikog Zavizana, Alančića itd.

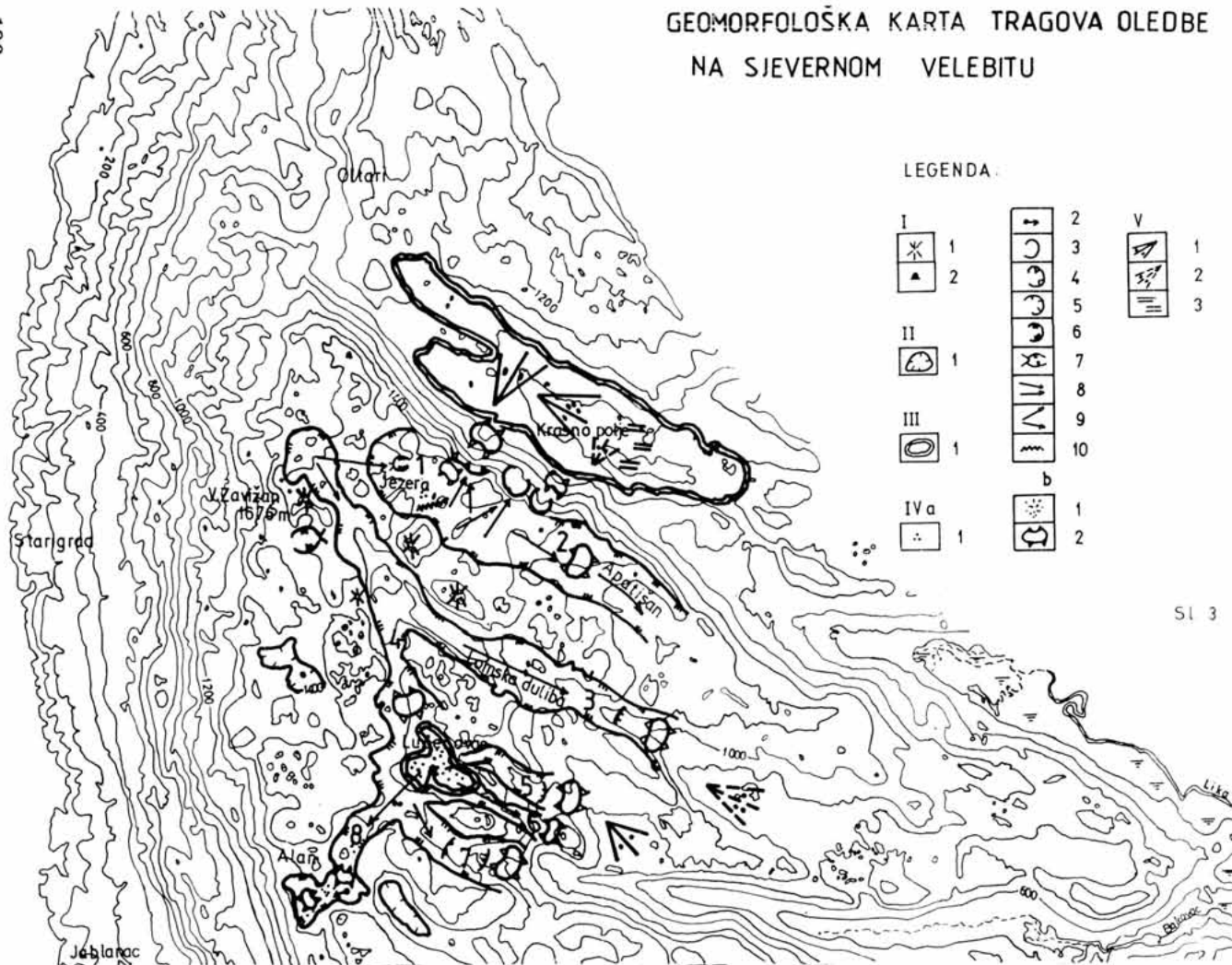
Sjeverni Velebit ne samo da je planinska struktura koja je u neotektonskoj etapi razvoja doživjela najveće vrijednosti izdizanja u okviru Dinarida već je ona i danas područje relativno žive tektonske aktivnosti koja se u strukturno–morfološkom smislu izražava oblikovanjem paralelnog tipa erozijske mreže, razvojem samostalnih pravocrtnih dolina (npr. Bakovačka dolina), koljeničastih anomalija dolina (npr. kontakt Bukovačke doline s Lipovim poljem – rijekom Likom) i deformacije razvodnica u zonama rasjeda koji sijeku istaknute oblike reljefa (E. Prelogović, g. 1989.). Treba dodati da na recentnu tektonsku živost upućuje i izuzetno velika gustoća ponikva i njihov pravocrtni razvoj.

2. Tragovi oledbe

Kartiranjem područja Sjevernog Velebita za potrebe projekta »Geomorfološko kartiranje Republike Hrvatske« prvi put su pouzdano utvrđeni odgovarajući geomorfološki i geološki tragovi pleistocenske oledbe tog područja. Odnosi se to i na egzaracijske morfološke elemente i na akumulacijske te na odgovarajuće korelativne sedimente. Sudeći po podacima dobivenim analizom morfometrijskih para-

GOMORFOLOŠKA KARTA TRAGOVA OLEDBE NA SJEVERNOM VELEBITU

graфикон 3



metara, rekonstrukciji klime u tijeku posljednjega glacijala te raširenja i prostornog rasporeda ledenjačkih morfoloških oblika, može se računati da je oledba zahvatila vršni dio Sjevernog Velebita iznad 1300–1400 m n. m. U tom dijelu masiva imala je regionalna obilježja, zahvatila je površinu od cca 115 km². Tragovi oledbe utvrđeni su osim toga i ispod navedenih nadmorskih visina, međutim, u tom dijelu Sjevernog Velebita ona je ograničena samo na manje fragmente.

Tri su osnovna tipa oledbe, no zapažene su i različite kombinacije u toku oblikovanja i evolucije ledenjaka. To su *cirkni*, *dolinski* i *platoasti tip ledenjaka*.

Cirkni ledenjaci najljepše su bili razvijeni na SI padini Nadžak–bila iznad zavale Krasnog polja. Utvrđena su tri, danas fosilizirana, cirka koji su padinskim (točila i sipari) i korozivskim procesima samo dijelom preoblikovani. To su cirkovi: Ripljevica, Splitvina i Žestikovac na visini od 1140–1170 m, 1180–1200 m i 1170–1200 m (računajući visinu dna cirka). Dimenzije cirknih izvorišta ledenjaka, koji su se spuštali manjim jezicima (dužine cca 750–1000 m) prema Krasnom polju relativno su male. Širina se kreće od 200–400 m, dužina od 200–350 m, a dubina od 300–350 m. Treba međutim reći da su u evolucijskom smislu tijekom pleistocena u pojedinim vremenskim intervalima za maksimuma oledbe posve sigurno bili

← Geomorfološka karta tragova oledbe na sjevernome Velebitu, legenda:

I. Padinski reljef

1. domni kupolasti vrh — veliki
2. zaobljeni vrh — mali

II. Krški reljef

1. uvala

III. Fluviokrški reljef

1. polje

IV. Glacijalni reljef

a) egzracijski

1. komčići, 2. strije, 3. cirk, 4. podledenjački stupnjevi i prečage, 5. terminalni bazen, 6. egzracirani bazen bez oštih ivica, 7. fosilna ledenjačka ponikva, 8. pravci ledenjačke konvergencije, 9. pravci ledenjačke divergencije, 10. ledenjački izglađene stjenovite površine

b) akumulacijski

1. razasuti morenski materijal, 2. čeona morena

V. Glaciofluvijalni reljef

1. proglacijalne glaciofluvijalne plavine od šljunka, 2. proglacijalne glaciofluvijalne plavine od šljunka slabije izražene, 3. ledenjačko–jezerske ravnice

1. Ledenjak Jezera, 2. Apatišanski ledenjak, 3. Lomski ledenjak, 4. Ledenjak Škrbine drage, 5. Jurekovački ledenjak, 6. Kozjanski ledenjak, 7. Vranjkovački ledenjak, 8. Alanski ledenjak

povezani s platoastim ledenjakom površi Jezera. U podnožju Nadžak–bila ispod amfiteatralnih cirknih udubljenja otkriven je i morenski materijal (u području Trapolovice) pomiješan s onim glaciofluvijalnog podrijetla: heterogeno kršje, blokovi, valutice i manji zaobljeni blokovi. Najčešće taj materijal gradi podinske morene jer su čeone spiranjem i bujicama uglavnom razorene. Morene su nesumnjiv materijalni dokaz egzistencije cirkne oledbe Nadžak–bila.

Platoasti ledenjaci oblikovali su se isključivo na reliktnoj vapnenačkoj površini Jezera, dakle na samom vršnom dijelu Nadžak–bila koje je više–manje zaravnjeno. Površ je oblikovana na visini od 1400–1500 m s reljefnom energijom do 100 m/km². Disecirana je pa predstavlja blagu valovitu površinu karakteriziranu smjenom manjih platoa, glavica humaka i relativno dubokih duliba–ponikava. Postojanje ponikava i dominacija vapnenca u sastavu dokaz su da je u razdoblju koje je prethodilo pleistocenoj glacijaciji to područje bilo intenzivno okršeno. Za glacijala upravo su ponikve dale okvir akumulaciji velike količine snijega iz kojih se onda razvio ledenjački led. Prema tome, očito je da su u početnoj fazi glacijacije tu egzistirala manja cirkna izvorišta leda, međusobno neovisna, a u maksimumu glacijacije došlo je do spajanja tih cirknih ledenjaka i formiranja onog platoastog tipa. Svakako su najveća izvorišta leda predstavljali inicijalni cirkovi Lomivrata, Jezera i Zukovca te sustav manjih cirkova Bevandinice. Tim cirknim ledenjacima pritjecali su manji ledeni jezici koji su oblikovani u danas okršenim udolinama (tada trogovima), Carski dolci, Generalski dolci i Kokošnica. To su tektonski



Terminalna morena Alanskog ledenjaka u uvali Bilensko Mirevo

predisponirana linearna udubljenja formirana između uzvišenja V. Rajinca, M. Rajinca, Kokošnice i Laževca.

Na današnjoj površi Jezera utvrđen je čitav niz manjih glacijalnih egzaracijskih i akumulacijskih oblika kao što su npr. *komčići* ili *mutonirane stijene* (posebno u području Lomivrata), blago zaobljene *prečage* između pojedinih cirkova–ponikava, *razasuti morenski materijal* i jedna relativno velika *čeona morena*. Ona zatvara nekadašnji stariji *trog* (Pricina–Lastva), koji je iz područja Jezera i Lomivrata vodio do velike ledenjačke prečage koja je oblikovana na samom rubu eskarpmana Nadžak–bila prema cirku Žestikovac (tzv. Zarez). Morena ima relativnu visinu od oko 40 m i dužinu od oko 500 m. Sastavljena je uglavnom od kršja i manjih blokova promjera maksimalno do 0,5 m. To je utvrđeno makroskopski jer je morena uglavnom zastrta gustim travnim pokrovom i nema otvorenih profila koji bi dali uvid u njen sastav. Kako je ispod cirka Žestikovac u području Lisina–Hajdukuša na visini 1000–1100 m otkrivena, danas velikim dijelom gustom šumom zastrta, velika *terminalna morena* dužine 750 m a visine oko 100 m, to s jedne strane ukazuje da je viša čeona morena na Jezerima mlađa a ova niža i veća starija, a s druge strane da je ledenjak s platoa u dijelu glacijala »otjecao« niz padinu Nadžak–bila i spajao se s manjim ledenjakom cirka Žestikovac. Odkop uz šumsku cestu daje veoma lijep uvid u sastav starije i veće, terminalne morene Lisina–Hajdukuša. Uz blokove razmjera 2–3 m u sastavu morene sudjeluje granulometrijski gledano veoma heterogen materijal čak do frakcije silta (0,01–0,05 mm). Uzvišenja koja uokviruju površ Jezera, M. Rajinac (1699 m), V. Rajinac (1667 m) u svom vršnom dijelu karakterizirana su dominacijom ljutog krša, posebno iznad 1600 m. Ispod te visine njihove su padine uglavnom obilježene stjenovitim kršem i prevladavaju blago zaobljene površine. Zanimljivo je da slične osobine, dakle, prevladavanje stjenovitog krša i blago zaobljenih ploha, karakterizira sve vrhove niže od 1600 m (npr. Plješivica 1560 m, Robinac 1587 m, Laževac 1567 m). Iz takvih hipsometrijskih odnosa pojave različitih tipova krša može se pretpostaviti da je debljina ledenog pokrova, računajući najniži dio površi 1400 m i granicu raširenja ljutog krša, iznosila u prosjeku 200 m. To znači da su samo najviši vrhovi kao npr. M. i V. Rajinac, bili izvan zahvata modeliranja leda.

Platoasti ledenjak Jezera vjerojatno je otjecao na više mjesta preko ruba eskarpmana Nadžak–bila. Misli se tu osobito na područje cirkova Splitvine i Ripljevice.

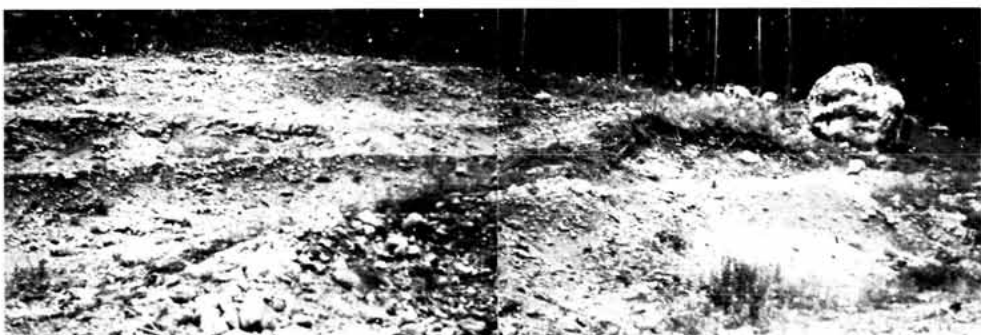
Led se s površi Jezera spuštao i u pravcu Apatišanske dulibe prema JI. Ledeni tok bio je dug minimum oko 9 km. Širina mu se kretala i do 1 km. Otjecanje leda prema Apatišanskoj dulibi obilježeno je pojavom niza manjih prečaga koje su posebno lijepo izražene u području toponima Vojni logor–Potrvenica i Smrčevica. Led je u pravcu Apatišanske dulibe, koja zapravo predstavlja široki i plitki trog, pokazivao čitav niz zastoja, tj. faza napredovanja ili povlačenja, na što upućuje pojava nekoliko *morenskih bedema*. Na geomorfološkoj karti ucrtana je samo jedna morena, mada ih postoji nekoliko. Kako do sada još nije utvrđen njihov cjelokupni



Pogled na dio zaravni Jezera na kojem je oblikovan platoasti ledenjak Jezera. Jasno se vidi i najmlađa čona morena visine oko 50 m



Otkriveni profil velike čone morene na krajnjem istočnom dijelu Begove drage



Otkriveni profil morene u zavali Mali Lubenovac s eratskim blokom



Otkriveni profil terminalne morene Hajdukuša–Lisina platoastog ledenjaka Jezera iznad Krasna

prostorni obuhvat niti njihov karakter, potrebno je obavljati daljnja istraživanja, i to posebno stoga što još nije otkrivena završna morena Apatišanskog ledenjaka.

Dolinski ledenjaci na Sjevernom Velebitu bili su tokom pleistocena, za razliku od njegova južnog dijela, veoma lijepo razvijeni. Do sada su na temelju otkrivenih i kartiranih korelativnih naslaga i odgovarajućih akumulacijskih oblika ustanovljena dva sustava dolinskih ledenjaka koji su egzistirali za oledbe. Nastanak im je bio vezan za dva »izvorišna« područja, i to za Zavižansku »zavalu« i zavalu Lubenovačkog polja. Sistem ponikava i uvala, nekadašnjih cirkova, koji morfološki definira tzv. Zavižansku »zavalu« okruženu uzvišenjima V. Zavižana (1676 m), Vučjaka (1644 m) i Pivčevca (1676 m), »hranio« je tzv. Lomski ledenjak. Otkrivena *čeoona morena* (heterogenog materijala: blokova, kršja i silta), na završetku Ledene drage, predstavljala je ujedno i terminalnu morenu.

Ledenjak je bio dug 11 km. Blago zaobljeni reljef Zavižanske »zavale« i karakterističan »U« poprečni profil Lomske dulibe nesumnjivi su dokazi egzarcijskog oblikovanja vapnenačke podloge. Pravac kretanja ledenjaka bio je predisponiran postojanjem jednoga predglacijalnog sustava tektonski uvjetovanih krških udubljenja – Lomska duliba, Ledena draga. Zbog iznimno teškog terena do sada nisu istraženi svi dijelovi dna krških udubljenja pa se može samo pretpostaviti postojanje niza manjih *stadijalnih morena*. Njihovo otkrivanje i kartiranje zadatak je daljnjeg istraživanja.

Drugo veće »izvorište« ledenjaka nalazilo se u području zavale Lubenovačkog polja. Reljefne predispozicije za akumulaciju ogromnih količina snijega i leda bile su zbog veličine udubljenja iznimno povoljne. Najvjerojatnije su prema zavali kao denudacijskom bazu bili usmjereni i brojni manji lokalni ledenjački jezici s okolnih uzvišenja, kao što su npr. Rožanski kukovi s čitavom mrežom manjih ili većih cirkova–ponikava iz kojih se led »prelijevao« prema Lubenovačkom polju. Prostorni raspored *kartiranih morena* upućuje da se led iz zavale Lubenovačkog polja kretao u četiri pravca, i to, sustavom uvala Tuderevo, Dundović Mirevo i Bilensko Mirevo prema JI i, prstasto, Vranjkovačkom, Kozjanskom i Jurekovačkom dragom prema JI. Dok je *završna morena* ledenjaka Jurekovačke drage oblikovana u okviru velike uvale Begove drage, koja je istodobno predstavljala *terminalni bazen*, ledenjaci Vranjkovačke i Kozjanske drage spuštali su se preko iznimno strme *prečage* Panoga u područje Bovana. *Terminalna morena ledenjaka Jurekovačke drage* (dužina od cca 4 km), iznimno je velikih dimenzija oko 0,5 km dužine i 50–60 m relativne visine. Sličnih je dimenzija i *terminalna morena Vranjkovačke drage* u području Bovana. Iako relativno dug (4 km), *Alanski ledenjak* oblikovao je relativno malu *završnu morenu* u uvali Bilensko Mirevo dužine oko 50–ak m a visine 5–6 m. Međutim, na prečagi između uvale Tuderevo i Dundović Mirevo isti ledenjak oblikovao je jednu mlađu čeonu morenu znatno većih dimenzija dužine do 200 m, visine do 100 m. Postojanje te morene bliže Lubenovačkom polju upućuje na oscilacije Alanskog ledenjaka, tako da se tu može



Glaciofluvijalna plavina i terminalna morena Hajdukuša–lisina (pod šumom) kod Krasna

računati s morenama različite starosti. Istodobno, sličnost glacijalnog materijala (blokovi i kršje manjih dimenzija) i njegova necementiranost upućuje da su navedene morene posve sigurno iz najmlađega dijela virmskog glacijala.

Osim reljefnih, na razvoj glacijacije veliki utjecaj imale su niske temperature te obilje padalina. Na osnovu rezultata Poserove¹ matematske rekonstrukcije za Panonsku nizinu A. Klein (1953) je izračunala srednje mjesečne i godišnje temperature za Zagreb u maksimumu virmskog ledenog doba. Razlike između matematičke rekonstrukcije temperatura Poser–Klein virmske i današnje temperature su slijedeće:

Tablica 1. Razlike matematičke temperaturne rekonstrukcije za virm i današnjih temperatura za Zagreb (prema A. Klein, 1953. u S. Belij 1985)

mj.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	god.
danas	0,6	2,2	7,4	11,3	16,2	19,3	21,5	20,7	16,8	11,7	6,2	2,8	11,4
virum	-13	-12	-8	-3	3	8	11	9	3	-2	-8	-12	-2
razlika	-13,6	-14,2	-15,4	-14,3	-13,2	-11,3	-10,5	-11,7	-13,8	-13,7	-14,2	-14,8	-13,4

Izvor: S. Belij, 1985.

Kao osnova za rekonstrukciju paleotemperature Sjevernog Velebita poslužile su prosječne temperature meteoroloških stanica Zavižan, Gospić i Senj.

Tablica 2. Prosječne temperature izmjerene na meteorološkim stanicama Zavižan, Gospić i Senj (1966–1976) i prosječne virmske temperature dobivene matematičkom rekonstrukcijom Posera i Kleinove

Meteorološka stanica Zavižan (°C)													
mj.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	god.
danas	-3,6	-4,0	-2,4	1,2	6,7	9,5	12,1	11,8	8,8	4,6	0,7	-3,1	3,5
virum	-17,2	-18,2	-17,8	-13,1	-6,5	-1,8	1,6	0,1	-5,0	-9,1	-13,5	-17,9	-9,9

Meteorološka stanica Gospić (°C)													
mj.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	god.
danas	-1,2	0,7	3,4	7,9	13,1	15,9	17,9	17,9	13,5	8,3	4,5	-1,1	8,3
virum	-14,8	-13,5	-12,0	-6,4	-0,1	4,6	7,4	6,2	-0,3	-5,4	-9,7	-15,9	-5,1

Izvor: S. Belij, 1985.

Meteorološka stanica Senj (°C)													
mj.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	god.
danas	6,0	7,3	9,0	12,9	17,7	21,0	24,0	27,6	23,9	18,9	14,3	9,5	16,0
virum	-7,6	-6,9	-6,4	-1,4	4,5	9,7	13,5	15,9	10,1	5,2	0,1	-5,3	2,6

Izvor: Republički hidrometeorološki zavod, Zagreb, Grič 3

Treba naglasiti da se radi o rekonstrukciji na osnovi današnjih reljefnih oblika i visinskih odnosa, koji su međutim, u virnu s obzirom na to da je morska razina bila oko 100 m niža, bili u znatnoj mjeri drugačiji. Cijeli sjeverni Jadran bio je kopnena površina pa su zimske temperature zasigurno bile još niže od pretpostavljenih. A i sam je ledeni pokrov, u vršnom dijelu, utjecao na snižavanje temperature.

Upotrebljavajući isti princip aktualizma po kojem su suvremene klimatske prilike ključ za rekonstrukciju klime u prošlosti (V. M. Sinicin, 1980) može se izračunati i količina padalina. Na karti Evrope A. Kleinove (1953) predočena su odstupanja količine padalina tokom maksimuma wirmskog zaleđenja od današnje količine. To odstupanje za S. Velebit iznosi oko 70 %, tj. padaline su manje za 30 %.

Tablica 3. Prosječne godišnje količine padalina danas (1966–1976) i u virnu za meteorološke stanice Zavižan, Gospić i Senj

prosječno god. (u mm)	Zavižan	Gospić	Senj
danas	1827	1353	1278
virn	1279	947	895

Izvor: Republički hidrometeorološki zavod, Zagreb, Grič 3

Na meteorološkoj stanici Zavižan obavljaju se mjerenja pomoću kišomjera s mrežicom. Dobiveni podaci pokazuju da kišomjer s mrežicom (HN = 4754 mm) u višegodišnjem srednjaku ima doprinos od 249 % prema količini padalina koja je izmjerena pomoću normalnog kišomjera (H = 1907 mm), prema jedanaestgodišnjem nizu 1955–1965 (B. Kirigin 1967).

Kad se izračuna ukupna prosječna količina padalina i padalina od magle za virmsko razdoblje, dobije se iznos od 4662 mm, te se i na temelju toga zasniva pretpostavka o mogućnosti stvaranja velikih snježnih akumulacija i regionalnoj oledbi.

Primjenom Heferove metode određivanja snježne granice kao aritmetičke sredine između srednje visine grebena, koji ograničava oblast hranjenja ledenjaka, i visine donje granice ledenjaka, snježna granica na Velebitu kretala se oko 1300 m. Prosječna visina vrhova Robinac (1587 m), Laževac (1567 m), M. Rajinac (1699 m), Bukovo Bijace (1515 m), V. Rajinac (1667 m), Kitavac (1562 m), Lomski vrh (1463 m), Krecelj (1518 m), Tavan (1425 m) i Plješivica (1560 m) koji okružuju površ Jezera iznosi 1556 m. Najniža morena jezerskog ledenjaka (Hajdukuša–Lisina) nalazi se na 1100 m, pa aritmetička sredina, tj. lokalna snježna granica iznosi 1328 m.

Na području zavale Lubenovac lokalna snježna granica bila je nešto niža. Prosječna visina vrhova Jurekovića kuk (1525 m), M. Kozjak (1466 m), V. Kozjak (1629 m), Goljak (1605 m), Vučjak (1586 m) i Mali kuk (1565 m) iznosi 1563 m, a najniža morena nalazi se na 1000 m, pa je lokalna snježna granica bila na 1292 m.

Zaključak

Sjeverni Velebit svojim je najvećim dijelom visoko planinsko područje. Njegov najviši dio od 1400–1700 m odražava prvobitni zaravnjeni karakter naknadno tektonski iskošenog i izdignutog denudacijskog nivoa–površi. Dominira mrežasta struktura reljefa obilježena nizom vrhova–uzvišenja i udubljenja–polja, uvala i ponikava te platoa. Upravo takvi reljefni odnosi u uvjetima iznimno niskih temperatura i bogatstava snježnih padalina tokom pleistocena bili su vrlo povoljna predispozicija za razvoj oledbe na Sjevernom Velebitu. Ona je bila obilježena oblikovanjem dolinskih, platoastih i cirknih ledenjaka, na što upućuje niz otkrivenih egzaracijskih i akumulacijskih glacijalnih morfoloških oblika te odgovarajućih korelativnih sedimenata.

Literatura

1. Bauer B., Über des Nordlichen Velebit, Jahresber. des BundeRealgymn in Knittenfeld, 1935.
2. Belij S., Glacijalni i periglacijalni reljef Južnog Velebita, Srpsko geografsko društvo, Beograd, 1985.
3. Bognar A., Reljef i geomorfološke osobine Jugoslavije, Veliki geografski atlas, SNL, Zagreb, 1987.
4. Bognar A., Tipovi reljefa u Hrvatskoj, Zbornik II znanstvenog skupa geomorfologa SFRJ, Zagreb, 1987.
5. Cindrić Ž., Mikroklimatska istraživanja šumskih fitocenoza na Zavižanu, Vijesti iz HMS SRH, 1965, broj 9–10, i 1967, broj 9–10.
6. Degen A., Flora velebitica, sv. I–IV, Akademie der Wissenschaften, Budapest, 1936–1938.
7. Herak M., Geologija, ŠK, Zagreb, 1984.
8. Kirigin B., Klimatske karakteristike Sjevernog Velebita, Zbornik radova povodom proslave 20 godina rada i razvoja Hidrometeorološke službe Jugoslavije 1947–1967, Beograd, 1967.
9. Mamužić P., Milan A., Tumač osnovne geološke karte 1:100 000, List Rab, Beograd, 1973.
10. Mamužić P., Milan A., Korolija B., Borović I., Majcen Ž., Osnovna geološka karta 1:100 000, list Rab.
11. Milojević B. Ž., Beleške o glečerskim tragovima na Raduši, Cincaru, Šatoru, Troglavu i Velebitu, Glasnik SGD, 7–8, Beograd 1922.
12. Milojević B. Ž., O tektonskim i petrografskim uticajima na glacijalni reljef naših visokih planina, Glasnik SGD 29/2, Beograd, 1949.
13. Poljak Ž., Planine Hrvatske, Planinarski savez Hrvatske, Zagreb, 1986.
14. Poljak Ž. i suradnici, Velebit, Planinarski savez Hrvatske, 1969.
15. Prelogović E., Neotektonski pokreti u području Sjevernog Velebita i dijela Like, Geološki vjesnik br. 42, Zagreb, 1989.
16. Klein A., Die Wiederschläge in Europa im Maximum der letzten Eiszeit, Petermans Geogr. Mitteilungen V, 97, Stuttgart, 1953.

17. Rogić V., Velebitska primorska padina, Radovi Geografskog instituta Sveučilišta u Zagrebu, sv. 2, Zagreb, 1958.
18. Sokač B., Bahun S., Velić I., Galović I., Tumač osnovne geološke karte 1:100 000, list Gospić, Beograd 1976.
19. Velić I., Bahun S., Sokač B., Galović I., Osnovna geološka karta 1:100 000, list Gospić.
20. Posebno zaštićeni objekti prirode u SRH, Republički zavod za zaštitu prirode, Zagreb, 25. 1. 1980.

Izvori

1. Arhiva Republičkoga hidrometeorološkog zavoda u Zagrebu.

Bilješka

1. H. Poser je izračunao srednje mjesečne temperature tokom virna, i to na osnovu intenziteta otapanja zamrznutog tla u Panonskoj nizini. Prema toj analizi dobivena prosječna godišnja temperatura od -2° C nesumnjivo upućuje da je Panonski prostor spadao tokom virna u periglacialne zone. Potvrdila su to kasnija istraživanja M. Maleza (1965), K. Kaisera (1960), A. Bognara (1975 i 1976) i M. Zeremskog (1977) – vidi u S. Belij (1985).

Summary

Glaciation of the Northern Velebit

A. Bognar, S. Faivre, J. Pavelić

The mapping of the North Velebit region provided for the first time the evidence of glaciation traces. Three glaciation types have been determined: cirque, valley and plateau glaciation. The glaciation affected the top part of the mountain, above 1400 meters height. Therefore, the glaciation had regional properties. The following morphological forms have been positively found out and mapped: exaration forms (glacier valleys, cirques, aretes, striae and polished surfaces) and accumulation glacial morphological forms. Moraine forms (frontal, terminal, slope and end moraines) undoubtedly point out that the North Velebit glaciation occurred in two stages. There were three glaciation centres: in the Zavižan basin, Lubenovačko polje and on the Jezero plateau. From the basin »Lubenovačko polje« ice was flowing versus the Alan pass and in three parts versus the Bakovac valley and the »Veliki kotao« basin. A whole range of stadial, frontal and terminal moraines has been discovered. The longest one was the so called glacier of »Lomska duliba« (over 10 km) which originated in the Zavižan basin. The terminal moraine was formed in Studena draga. A plateau-like glacier glided with one arm towards the Krasno polje basin and with another one through the Apatišanska duliba. For both arms, the corresponding frontal and terminal moraines have been discovered.