

Ledeniki na kartah vojaške izmere avstro-ogrske monarhije

Mihaela Triglav Čekada*

Povzetek

Karte druge in tretje vojaške izmere avstro-ogrske monarhije prikazujejo tudi stanje ledenikov na slovenskih tleh in v njeni bližnji okolici med letoma 1818 in 1887. S pomočjo spletne karte Mapire, kjer so te karte predstavljene, digitalizirane in transformirane v koordinatni sistem WGS84, smo izmerili površino ledenikov. Na kartah druge vojaške izmere najdemo: Triglavski ledenik in snežišče pod Travnikom vzhodno od Jalovca ter, tik za današnjo slovensko mejo, tri Kaninske ledenike (Vzhodni in Zahodni Kaninski ledenik ter Vršiški ledenik). Na karti tretje vojaške izmere pa so prikazani Triglavski ledenik in trije Kaninski ledeniki. Površino Triglavskega ledenika in Kaninskih ledenikov smo primerjali s kasnejšo izmero ledenikov, ki smo jo večinoma izvedli s pomočjo interaktivne metode orientacije starih fotografij na osnovi novejših digitalnih modelov reliefa. Izdelali smo še vizualizacijo zmanjševanja Triglavskega ledenika od leta 1829 (obdobje 1829–1835 v katerem je bila izvedena druga vojaška izmera) do leta 2016.

Ključne besede: karte druge in tretje vojaške izmere Avstro-Ogrske, ledeniki, snežišča, Triglav, Kanin, Travnik

Key words: maps of the second and third Habsburg military survey, glaciers, snowfields, Triglav, Kanin, Travnik

Uvod

Majhni ledeniki in trajna snežišča v Sloveniji in njeni bližnji okolici so nastali v mali ledeni dobi, ki je trajala med letoma 1550 in 1850. Mala ledena doba je bila večinoma posledica zmanjšane Sončeve aktivnosti v Maunderjevem (1650–1710) in Daltonovem (1800–1830) minimumu ter večjega števila stratosferskih izbruhov vulkanov v ekvatorialnem pasu (Benn in Evans, 2013). Skokovito napredovanje največjih ledenikov v Alpah po letu 1600, kot so Bosson ter Mer de Glace v Franciji in Unterer (Spodnji) Grindelwald v Švici, se časovno ujema z največjimi vulkanskimi izbruhi tistega časa (Lüthi, 2014). Kot zadnji sunek male ledene dobe lahko štejemo obdobje med letoma 1810 in 1820, ko sta k ohladitvi močno prispevala še izbruha neznanega vulkana iz leta 1809 in vulkana Tambora v Indoneziji iz aprila 1815. V osrednji Evropi so imeli mrzla poletja in obilo padavin ter pozne zmrzali, kar je uničilo več zaporednih letin pridelkov. Zato je leto 1816 imenovano tudi »leto brez poletja«, v Nemčiji »leto berača« ter v Švici »leto lakote« (Wood, 2014). Huda lakota iz tistega časa, zaradi katere so ljudje umirali tudi pri nas, je izpričana tudi v slovenskem ustnem izročilu s Solčavskega (Triglav Čekada, 2015). Zadnji sunek male ledene dobe in posledična prehranska kriza pa sta bila po svoje vsaj deloma tudi vzrok za pričetek vzpostavljanja pravičnejšega zemljiškega katastra v Avstro-Ogrski, to je Franciscejskega katastra, ki je temeljil na izmerjeni velikosti parcel. Tako so v »leto brez poletja«/leta 1816 sprejeli predlog dvorne komisije o načinu katastrske izmere, ki se je navezoval na enoten koordinatni sistem, ki so ga vzpostavljali v okviru vojaške triangulacije za namene vojaško-topografske izmere (Lisec in Ferlan, 2017).

Odločili smo se, da pogledamo omenjene stare karte treh vojaško-topografskih izmer Avstro-Ogrske, natančneje katere ledeniške zaplate v Sloveniji in njeni neposredni okolici so na njih izrisane. Karte treh vojaških izmer Avsto-Ogrske so izdelali med letoma 1763 in

*Geodetski inštitut Slovenije, Jamova 2, 1000 Ljubljana in Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova 2, 1000 Ljubljana.

1887 in so prosto dostopne na spletni karti Mapire (2014). Na kartah prve vojaške izmere (nastale med letoma 1763–1787) ni nobenih ledenikov, tudi ne večjih ledenikov z območja današnje avstrijske Koroške (npr. Pastirica/Pasterze ter ledeniki Visokih Tur), zato lahko sklepamo, da ledenikov takrat niso kartirali. Ledeniki se nahajajo le na kartah druge in tretje vojaške izmere, ki jih bomo opisali v nadaljevanju.

Če primerjamo karte vojaške izmere z novodobnimi kartami, se moramo zavedati, da na prvih, vsaj v visokogorju, nekatere podrobnosti niso pravilno izrisane. Na kartah vojaške izmere je ponekod izpuščen kakšen vrh ali del stene, potek vrhov je napačen... Zato lahko karte vojaških izmer uporabimo na dva načina: da verjamemo vsebini in izmerimo površine/črte direktno iz transformiranih kart ali pa da skušamo prepoznati enako vsebino in površino izmerimo iz novejših kart glede na prikaz vsebine na vojaških kartah. Kot bomo videli v nadaljevanju na primeru Triglavskega ledenika, so vrednosti površin, ki jih dobimo po teh dveh poteh, lahko različne.

Metodologija

V članku bomo predstavili le površine, ki smo jih izmerili sami. Najprej bomo opisali kako smo izmerili površine ledenikov iz spletnih zemljevidov Mapire (2014), na katerem so predstavljene in georeferencirane karte treh vojaških izmer avstro-ogrske monarhije. Površine ledenikov smo izmerili v orodju za izračun površine, ki ga ponuja spletni zemljevid. Obod Triglavskega ledenika iz 2. vojaške izmere smo še enkrat izmerili s podobnostno transformacijo vsebine, pridobljene s spletnega zemljevida, na današnje stanje podobe analitičnega senčenja (PAS) laserskega skeniranja Slovenije. Podobnostna transformacija je 4-parametrična transformacija, kjer se spremenijo orientacija, položaj in merilo (Berk, 2001). Nato smo vsebinsko, torej s primerjavo podrobnosti na stanju stare karte in novem PAS, digitalizirali obod ledenika.

Ostale omenjene, kasnejše površine Triglavskega ledenika in Kaninskih ledenikov (preglednici 2 in 3), so povzete po naših predhodnih raziskavah (Triglav in Gabrovec, 2013; Triglav Čekada in sod., 2014) in so bile izmerjene na dva načina. V prvi način sodijo vse natančne geodetske metode izmere ledenika od tahimetrične izmere, GNSS-izmere do fotogrametrične metode izmere ali laserskega skeniranja. V drugi način sodi približna metoda izmere na osnovi interaktivne metode orientacije arhivskih fotografij s pomočjo uporabe novejšega digitalnega modela reliefa. Uporabili smo ali digitalni model reliefa izdelan v postopku ročnega fotogrametričnega 3D-stereo zajema iz velikoformatnih aerofotografij (del obdelave Triglavskega ledenika) ali samodejno izdelan digitalni model reliefa iz oblaka laserskih točk (Triglavski ledenik in Kaninski ledeniki). V postopku interaktivne metode orientacije dobimo kot končni rezultat samo obod ledenika v 3D-vektorskem zapisu (shp-format datoteke).

Geodetske metode izmere so bile večinoma uporabljene za izmero Triglavskega ledenika konec talilne dobe ali kakšen mesec pred koncem talilne dobe (večinoma stanje konec avgusta).

Arhivske fotografije lahko prikazujejo ledenike konec talilne dobe ali pa ob neznanem času. Za večino najstarejših arhivskih fotografij, narejenih pred letom 1950, ne vemo, kdaj so bile posnete, vendar lahko sklepamo, da je večina najverjetneje posneta poleti, ko so se avtorji fotografij vzpenjali na Triglav ali Kanin. Najbolj natančno poznamo čas snemanja za arhivske fotografije Triglavskega ledenika, narejene s panoramskim fotoaparatom Horizont, s pomočjo katerega so ledenik fotografirali enkrat mesečno vse od leta 1976 naprej. Horizontove fotografije, ki smo jih uporabili, kažejo ledenik konec talilne dobe, saj smo orientirali le fotografije narejene v avgustu, septembru ali oktobru, odvisno od tega,

katera je bila kakovostnejša (vremenske razmere, jasnost slike, najmanjša površina ledenika).

Ker bomo v članku podali in prikazali le površine ledenikov, ki smo jih sami izračunali s pomočjo interaktivne metode orientacije ali izmerili, se površine Triglavskega ledenika lahko razlikujejo od površin objavljenih v Gabrovec in sod. (2014).

Ledeniki na kartah vojaških izmer avstro-ogrske monarhije

Karte prve, druge in tretje vojaške izmere avstro-ogrske monarhije so bile za upodobitev na spletnem zemljevidu Mapire transformirane v WGS84 s položajno natančnostjo med 150–200 m. Karte prve in druge vojaške izmere so bile originalno izdelane v današnjem merilu 1:28 800 (Timár et al., 2006). Karte tretje vojaške izmere so bile izmerjene med leti 1869–1887, izdelane so bile v dveh merilih 1:25 000 in 1:75 000. Na spletnem zemljevidu Mapire so bile v času pisanja članka prikazane le pregledne karte izdelane v merilu 1:75 000 (Molnár in Timár, 2009).

Kot smo omenili že zgoraj, na kartah prve vojaške izmere ni ledenikov.

Triglavski ledenik je kartografsko označen s kartografskim prikazom na kartah druge in tretje vojaške izmere (sliki 1 in 2). V bistvu sta prikazana skupaj Triglavski ledenik in snežišče nad Triglavskim ledenikom. Ledenika pod Skuto ni ne na drugi ne na tretji vojaški izmeri (slika 3). Na sliki 2 sicer vidimo belo zaplato vzhodno od vrha Skute, vendar ta predstavlja rob izmere in kartografije province in ne ledenika pod Skuto, saj bi se ta moral nahajati na severni strani Skute. Belino, ki predstavlja rob karte, vidimo še čisto na desnem delu slike 3 in dvakrat na sliki 6. Te beline so ostale zaradi neujemanja mej provinc (črtkane črte) na različnih transformiranih listih kart, saj so bili posamezni listi kart iz različnih provinc ločeno transformirani v WGS84. Pri transformaciji pa so uporabili tudi različne transformacijske parametre (Timár et al., 2006), zato se vsebina na robovih ne ujema popolnoma.

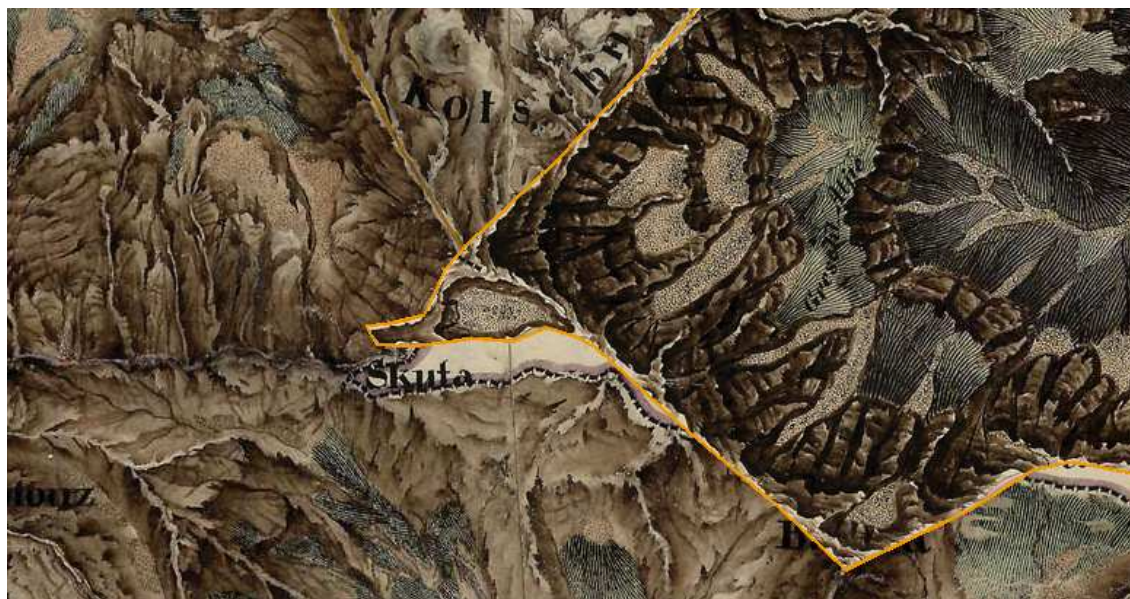
Vzhodni in zahodni Kaninski ledenik ter Vršiški ledenik, ki so danes tik za slovensko-italijansko mejo, so označeni na kartah druge in tretje vojaške izmere. Ti trije ledeniki so bili nekoč združeni, zato jih Colucci in Guglielmin (2015) obravnavata kot izvorno enoten Kaninski ledenik in površine vseh treh v analizah seštevata. Vršiški ledenik je od Kaninskih ledenikov ločen z grebenom in obdan z obširnimi meliščem (sliki 4 in 5). Ker vemo, da so ti ledeniki tudi danes podvrženi intenzivnemu zasipavanju z gruščem iz okoliških vrhov, lahko sklepamo, da je bil Vršiški ledenik večji, vendar je na kartah vsaj del ledenika označen s topografskim znakom za melišče. Na kartah ni Prestreljeniškega ledenika, ki bi moral biti pod vrhom Prestreljenika na današnji italijanski strani, saj je bil v času izmere vojaških kart tudi ta najverjetneje obilno zasut z gruščem in je zato lahko prikazan oz. skrit v topografskem znaku za melišče. Na sliki 4 vidimo tudi na južni, danes slovenski strani Kanina, dva ledenika oz. snežišči. Snežišči se na karti tretje vojaške izmere ne pojavita več (slika 5).



Slika 1: Prikaz Triglavskega ledenika na karti druge vojaške izmere 1:28 800 (vir: Mapire in Avstrijski državni arhiv).



Slika 2: Prikaz Triglavskega ledenika na karti tretje vojaške izmere 1:75 000 (vir: Mapire in Avstrijski državni arhiv).



Slika 3: Skuta na karti druge vojaške izmere 1:28 800
(vir: Mapire in Avstrijski državni arhiv).

Na karti druge vojaške izmere najdemo še snežišče pod Travnikom (slika 6), ki ga ni na tretji vojaški izmeri. Povežemo ga lahko s snežiščem med Lopami in Kumljahi pod severno steno Travnika, ki ga omenja Gams (1961). Zanimivo je, da na karti druge vojaške izmere pod Jalovcem ni izrisanih drugih snežišč, ki jih omenja Gams (1961) in ki naj bi v šestdesetih letih 20. stoletja še obstajala, sočasno s snežiščem pod Travnikom. To so bila trajno snežišče v Jalovčevem ozebniku ter občasna snežišča v Severni grapi in na melišču v Velikem kotu.

Gams (1961) omenja med pomembnejšimi snežišči Julijskih Alp še snežišče v Skednju ali Prisojnikov ledenik, ki pa ni prikazan niti na karti druge in niti tretje vojaške izmere.

V Kamniško-Savinjskih Alpah ni na kartah druge in tretje vojaške izmere izrisan ne ledenik pod Skuto, niti druga snežišča, ki jih omenjena Šifrer (1961). Obstoj ledenika pod Skuto sicer omenja že Frischauf v opisu ture iz leta 1874 (Šifrer, 1961).

Karte druge vojaške izmere so bile za provinco Ilirijo, kamor sta spadala tako ledenik pod Triglavom in Skuto ter snežišče pod Travnikom (slike 1, 3 in 6), izmerjene med letoma 1829 in 1835. Karte za provinco Lombardije, Benetke, Parme in Modene, na čigar meji so ledeniki na severni strani Kanina (slika 4), so bile izmerjene med letoma 1818 in 1829, torej pred izmero Ilirije. Snežišči na južni strani Kanina sta spadali v provinco Primorska in sta bili izmerjeni in kartirani med letoma 1821 in 1824 (Timár et al., 2006). Povsem različne barve, ki predstavljajo enako visokogorsko topografijo na vsaki strani meje provinc na primeru Kaninskih ledenikov potrjujejo to dejstvo.



Slika 4: Od leve proti desni si sledijo Zahodni in Vzhodni Kaninski ledenik ter Vršički ledenik na karti druge vojaške izmere 1:28 800 (vir: Mapire in Avstrijski državni arhiv).



Slika 5: Od leve proti desni si sledijo Zahodni in Vzhodni Kaninski ledenik ter Vršički ledenik na karti tretje vojaške izmere 1:75 000 (vir: Mapire in Avstrijski državni arhiv).



Slika 6: Prikaz snežišča pod Travnikom na karti druge vojaške izmere 1:28 800 (vir: Mapire in Avstrijski državni arhiv). Rumena črta predstavlja mejo med dvema provincama, za katere se je izmera in kartografija izvajala ločeno. Na levi strani in spodaj desno vidimo neujemanje meja provinc (dve črtkani črtni črti predstavljata isto mejo iz dveh kart, bela območja pa območje izven obsega ene karte).

Na kartah tretje vojaške izmere, izdelanih med letoma 1869 in 1887, so prikazani samo Triglavski ledenik, Zahodni in Vzhodni Kaninski ledenik ter Vršiški ledenik (sliki 2 in 3), ledenikov pod Skuto in Prestreljenikom ter snežišča pod Travnikom v bližini Jalovca pa ni.

Preglednica 1: Ledeniki v Sloveniji in njeni neposredni okolici na kartah avstro-ogrske monarhije. Površine so izmerjene z orodjem za izmero površin v spletnem zemljevidu Mapire, kjer so karte Avstro-Ogrske transformirane v koordinatni sistem WGS84.

Ledenik ali snežišče	karta 2. vojaške izmere (1829–1835) Merilo: 1:28 800	karta 3. vojaške izmere (1869–1887) Merilo: 1:75 000
Triglavski ledenik	31 ha	30 ha
Snežišče nad Triglavskim ledenikom	2 ha	prekrito z napisom
Ledenik pod Skuto	ni prikazan	ni prikazan
Zahodni Kaninski ledenik	34 ha (1818–1829)	21 ha
Vzhodni Kaninski ledenik	15 ha (1818–1829)	17 ha
Vršiški ledenik	2 ha (1818–1829)	2 ha
Prestreljeniški ledenik	ni prikazan	ni prikazan
Snežišče pod Travnikom	29 ha	ni prikazano

Površine v preglednici 1 so izmerjene s pomočjo orodja za izračun površin v spletnem zemljevidu Mapire. Površine so digitalizirane z natančnostjo ± 1 ha na kartah druge vojaške izmere, kjer se vidijo robovi ledenikov zelo lepo (slika 1). Na kartah tretje vojaške izmere, kjer so ledeniki večinoma in vsaj deloma zakriti z napisom ter je merilo karte slabše (1:75 000), je natančnost digitalizacije še slabša, velikostnega razreda nekaj hektarjev (slika 2).

Izrez karte Triglavskega ledenika iz druge vojaške izmere smo s podobnostno transformacijo transformirali še na stanje podobe analitičnega senčenja (PAS) laserskega skeniranja iz leta 2014 (Triglav Čekada in Bric, 2015). Izmero smo ponovili tako, da smo rob Triglavskega ledenika vsebinsko identificirali na trenutnem stanju topografije (npr. vsebinsko ledenik sega do roba Triglavske stene; če zemljevid samo transformiramo temu ni tako) in dobili še nekaj hektarjev večjo površino, t. j. 34 ha. Zato ocenjujemo, da so na spletnih zemljevidih Mapire izmerjene površine nekoliko podcenjene. Tako digitaliziran obod smo uporabili tudi za izris površine Triglavskega ledenika za stanje 1829–1835 na sliki 10.

Zaradi preslabega merila karte tretje vojaške izmere, ponovne izmere s predhodno transformacijo na PAS na tej karti nismo izvedli. Tudi površina Triglavskega ledenika izmerjena iz merila 1:75 000 je zelo majhna, saj naj bi na karti tretje vojaške izmere v merilu 1:25 000 iz leta 1877 le-ta meril 40 ha (Gabrovec in sod., 2014, 31). Žal v času pisanja tega članka, merilo 1:25 000 na spletni strani Mapire ni bilo dostopno.

Površina Triglavskega ledenika iz obdobja 1829–1835 je primerljiva s površinami, izmerjenimi iz starih razglednic z začetka 20. stoletja (preglednica 2). Površine Kaninskih ledenikov iz obdobja 1818–1829 so podobne Marinellijevi fotogrametrično izmerjeni površini iz leta 1908, ko je Zahodni Kaninski ledenik meril 30,1 ha, Vzhodni pa 12,9 ha (preglednica 3). Na karti tretje vojaške izmere iz obdobja 1869–1887 je največji Zahodni Kaninski ledenik meril le 21 ha, kar je bolj primerljivo s stanjem po letu 1934 (Triglav in sod., 2014), oziroma je njuna skupna površina primerljiva s stanjem iz leta 1948 (Colucci in Guglielmin, 2015).

Površina Triglavskega ledenika skozi čas

Triglavski ledenik se je od konca male ledene dobe leta 1850 do leta 1930 počasi zmanjševal in je segal ponekod skoraj do roba Triglavske severne stene. Pokrival je okoli 30 ha. Med leti 1930 in 1950 se je pospešeno zmanjševal in je leta 1950 obsegal že manj kot 13 ha. Med leti 1950 in 1983 se je njegovo zmanjševanje močno upočasnilo, saj je v posameznih letih celo napredoval, zato je meril leta 1983 še vedno 10 ha. To leto je prelomno, saj se je takrat pričel pospešeno zmanjševati in je leta 1999, ko smo ga sodelavci Geodetskega inštituta Slovenije prvič izmerili, meril le še nekaj več kot 1 ha. Ta površina sovпада z lego ledenika v kotanji, ki je pred soncem tretjino leta v celoti zaščiten z ostenjem med Malim Triglavom in vrhom Triglava kar omogoča njegov obstoj. Svoj minimum je dosegel leta 2007 z 0,6 ha in se mu vnovič približal s površino 0,7 ha v letu 2017 (Pavšek, 2017). V zadnjem desetletju mu pri ohranjanju pomagajo večinoma ugodne snežne razmere z veliko količino snega v redilni dobi.

Preglednica 2: Kolebanje površine Triglavskega ledenika v zadnjih 180 letih.

Leto	Površina [ha]	Metoda izmere	Vir
1829–1835	34	karta merila 1:28 800 transformirana s podobnostno transformacijo na PAS	Mapire in Avstrijski državni arhiv
1869–1887	30	površina digitalizirana z orodjem v Mapire iz karte merila 1:75 000	Mapire in Avstrijski državni arhiv
1897	22	interaktivna orientacija stare razglednice	Triglav Čekada in sod. (2014)
1934	27,6	interaktivna orientacija stare razglednice	Triglav Čekada in sod. (2014)
1956	14,4	interaktivna orientacija stare razglednice	Triglav Čekada in sod. (2014)
1958	13,7	interaktivna orientacija stare fotografije	Triglav Čekada in sod. (2014)
1962	21,5	interaktivna orientacija stare fotografije	Triglav Čekada in sod. (2014)
1976	18	interaktivna orientacija fotografije Horizont	Triglav Čekada in Gabrovec (2013)
1979	24,1	interaktivna orientacija fotografije Horizont	Triglav Čekada in Gabrovec (2013)
1980	15	interaktivna orientacija fotografije Horizont	Triglav Čekada in Gabrovec (2013)
1982	11	interaktivna orientacija fotografije Horizont	Triglav Čekada in Gabrovec (2013)
1985	10,8	interaktivna orientacija fotografije Horizont	Triglav Čekada in Gabrovec (2013)
1986	8,9	interaktivna orientacija fotografije Horizont	Triglav Čekada in Gabrovec (2013)
1987	8	interaktivna orientacija fotografije Horizont	Triglav Čekada in Gabrovec (2013)
1989	6,8	interaktivna orientacija fotografije Horizont	Triglav Čekada in Gabrovec (2013)
1991	6,7	interaktivna orientacija fotografije Horizont	Triglav Čekada in Gabrovec (2013)
1992	4,3	interaktivna orientacija fotografije Horizont	Triglav Čekada in Gabrovec (2013)
1993	4,7	interaktivna orientacija fotografije Horizont	Triglav Čekada in Gabrovec (2013)
1995	3,8	interaktivna orientacija fotografije Horizont	Geodetski inštitut Slovenije
1997	2,9	interaktivna orientacija fotografije Horizont	Triglav Čekada in Gabrovec (2013)
1999	1,1	tahimetrična in fotogrametrična izmera	Geodetski inštitut Slovenije
2002	1,2	interaktivna orientacija fotografije Horizont	Triglav Čekada in Gabrovec (2013)
2003	0,7	interaktivna orientacija fotografije Horizont	Triglav Čekada in Gabrovec (2013)
2005	0,9	interaktivna orientacija fotografije Horizont	Triglav Čekada in Gabrovec (2013)
2006	0,7	interaktivna orientacija fotografije Horizont	Triglav Čekada in Gabrovec (2013)
2007	0,6	tahimetrična in fotogrametrična izmera	Geodetski inštitut Slovenije
2008	1,1	tahimetrična in fotogrametrična izmera	Geodetski inštitut Slovenije
2009	0,6	tahimetrična in fotogrametrična izmera	Geodetski inštitut Slovenije
2010	2,5	tahimetrična in fotogrametrična izmera	Geodetski inštitut Slovenije
2011	2,4	tahimetrična in fotogrametrična izmera	Geodetski inštitut Slovenije
2012	0,6	GNSS izmera	Geodetski inštitut Slovenije
2013	2,5	tahimetrična in fotogrametrična izmera	Geodetski inštitut Slovenije
2014	3,6	tahimetrična in fotogrametrična izmera	Geodetski inštitut Slovenije
2015	1,7	tahimetrična in fotogrametrična izmera	Geodetski inštitut Slovenije
2016	1	tahimetrična in fotogrametrična izmera	Geodetski inštitut Slovenije
2017	0,7	tahimetrična izmera	Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU (Pavšek, 2017)

Površine Kaninskih ledenikov skozi čas

V preglednici 3 so povzete površine Kaninskih ledenikov, ki smo jih izmerili na enak način oziroma z interaktivno metodo orientacije starih posnetkov s pomočjo novejšega digitalnega modela reliefa. Podatki od 1893 do 2011 so povzeti po Triglav Čekada in sod. (2014). Dodani sta površini izmerjeni v spletnem zemljevidu Mapire s pomočjo orodja za izračun površine. Colucci in Guhlielmin (2014) pri preučevanju vpliva različnih vremenskih dejavnikov na Kaninske ledenike, seštejeta površini Vzhodnega in Zahodnega Kaninskega ledenika v enotno površino. Tudi sami smo napravi enako in v tem primeru sta se Kaninska ledenika iz začetnih 49 ha v obdobju 1818–1829 zmanjšala na 38 ha v obdobju 1869–1887 ter ostala približno enaka z 41 ha v letu 1893 in 43 ha v letu 1908. V približno 70 letih sta se oba ledenika skupaj zmanjšala za približno 10 ha, zato ne preseneča trditev Marinellija iz leta 1909, ki je te ledenike redno meril, da bodo ledeniki prav kmalu izginili, saj se zelo pospešeno zmanjšujejo (Marinelli, 1910).

Preglednica 3: Kolebanje površine Vzhodnega in Zahodnega Kaninskega ledenika v zadnjih 200 letih.

Leto	Površina [ha]		Metoda izmere	Vir
	Zahodni Kaninski ledenik	Vzhodni Kaninski ledenik		
1818–1829	34	15	površina digitalizirana z orodjem v Mapire iz karte v merilu 1:28 800	Mapire in Avstrijski državni arhiv
1869–1887	21	17	površina digitalizirana z orodjem v Mapire iz karte v merilu 1:75 000	Mapire in Avstrijski državni arhiv
1893	28	13	interaktivna orientacija stare razglednice	Triglav Čekada in sod. (2014)
1908	30,1	12,9	georeferenciran načrt Marinellija	Triglav Čekada in sod. (2014)
1957	7,6		interaktivna orientacija stare razglednice	Triglav Čekada in sod. (2014)
1970–1980	10,1	5,5	interaktivna orientacija stare razglednice	Triglav Čekada in sod. (2014)
2000	5,9	2,7	ortofoto Cikličnega aerofotografiranja Slovenije (CAS)	Triglav Čekada in sod. (2014)
18. 8. 2011	14,6	6,4	ortofoto CAS	Triglav Čekada in sod. (2014)
29. 9. 2011	8,8	4,7	posebno aerolasersko skeniranje	Triglav Čekada in sod. (2014)

Poleg izmere površin predstavljenih v preglednici 3 Colucci in Guhlielmin (2014) omenjata, da sta bila oba Kaninska ledenika skupaj leta 1948 velika 38 ha. Torej se površina od leta 1908 do 1948 ni bistveno zmanjšala. Izostanek podatkov o površini za vmesno obdobje sta zapolnila z redno izmero umikanja čela ledenika od stalnih kontrolnih točk (merjenje razdalj z ročnim metrom), ki jo na Kaninskih ledenikih redno izvajajo že vse od leta 1920 dalje. Ta kaže na trend splošnega zmanjševanje ledenika med letoma 1920 in 1946 ter na trend povečevanja ledenika med letoma 1946 in 1981. Oddaljenost od kontrolnih točk tudi kaže, da sta se od leta 1986 dalje ledenika samo še zmanjševala. To se nadaljuje vse do leta 2008, ko se je trend ponovno nekoliko obrnil. Leta 1971 in 1975 naj bi ledenika merila 16 ha, leta 1986 pa 25 ha. Leta 2003 so izmerili najmanjšo površino obeh ledenikov skupaj in sicer 5 ha.

Iz opisanega vidimo, da se Kaninski ledeniki in Triglavski ledenik odzivajo na enake dolgoročne podnebne trende, ki so primerljivi z dolgoročnimi trendi, ki so jih ugotovili tudi pri drugih ledenikih v Alpah (Zemp in sod., 2015). Prepoznamo lahko naslednja obdobja:

- od 1850 do 1930 obdobje počasnega krčenja ledenikov,
- med letoma 1930 in 1950 se ledeniki pospešeno krčijo,
- med letoma 1950 in 1983 ledeniki stagnirajo ali celo rastejo in
- od 1983 naprej se pospešeno krčijo,
- od leta 2008 dalje se njihov upad upočasnjuje, saj so od takrat pa vse do 2016 ob koncu poletij (talilne dobe) občasno in to kar nekaj poletij zapored, prekrito s snegom preteklih snežnih sezon (redilne dobe).

Tako Triglavski ledenik kot tudi Kaninski ledeniki so najverjetneje doživeli svoj minimum okoli leta 2005, zdaj pa jih najverjetneje ohranja predvsem topografija, saj so vsi na severni (osojni) strani vrhov, kjer se večino leta uspešno skrivajo pred soncem. K ohranjanju jim v zadnjem desetletju pomagajo tudi dokaj ugodne snežne razmere z veliko količino snega v redilni dobi, ki jih ohranja pri življenju (Triglav Čekada in sod., 2014; Colucci in Guhlielmin, 2014).

Prikaz zmanjševanja Triglavskega ledenika in razprava

Nekatere obode Triglavskega ledenika smo uporabili za izdelavo 3D-prikaza površine ledenika v programu za prikaz 3D-podatkov (ArcScene v ArcGIS), kjer smo na digitalnem modelu reliefa s pomočjo TIN-mreže povezali 3D-točke oboda v ploskev površja Triglavskega ledenika. Kot podlogo smo uporabili digitalni model reliefa izdelan iz podatkov posebnega aerolaserskega skeniranja Triglavskega ledenika iz septembra 2012 (Triglav Čekada in sod., 2013b). Zaradi lepšega prikaza smo uporabili digitalni model reliefa z velikostjo celice $5\text{ m} \times 5\text{ m}$, ki smo ga izdelali iz laserskega digitalnega modela reliefa z velikostjo celice $1\text{ m} \times 1\text{ m}$. Za bolj izrazito predstavitev zmanjševanja in rasti ledenika digitalnega modela reliefa, ki prikazuje ostenje Triglava, nismo obarvali z ortofotom. Tako izdelane slike stanja ledenika iz posameznih let (slika 10) smo uporabili tudi za prikaz zmanjševanja Triglavskega ledenika v dveh televizijskih oddajah, ki sta to temo obravnavali poleti 2017:

- oddaja Ugriznimo znanost na RTV Slovenija (<http://4d.rtvlo.si/arhiv/ugriznimo-znanost/174470676> glej minuto 9:50) in
- oddaja Fokus na POP TV (<http://www.24ur.com/novice/slovenija/triglavski-ledenik-lepota-ki-izginja.html> glej minuto 4:48).



Slika 7: Mozaik zmanjševanja Triglavskega ledenika

Na sliki 7 najprej opazimo, da smo iz starejših posnetkov izmerili tudi obode snežišča nad Triglavskim ledenikom, na Horizontovih posnetkih od leta 1976 dalje pa ne. Snežišče je seveda še obstajalo kar nekaj časa po letu 1976, ker pa ga v naših začetnih analizah (Triglav Čekada in Gabrovec, 2013a) nismo šteli k Triglavskemu ledeniku, ga tudi nismo merili. Za snežišče nad Triglavskim ledenikom Gams (1961) omenja, da je bilo v preteklosti povezano z Triglavskim ledenikom, kar lahko vidimo tudi na karti druge vojaške izmere Avstro-Ogrske (slika 1).

Prav tako smo na Horizontovih posnetkih merili samo osrednji del Triglavskega ledenika, ne pa tudi njegovih manjših ostankov, ki so ostali ločeni od osrednjega dela ledenika. V prihodnosti je smiselno razmisliti o ponovni analizi in izmeri obodov tudi manjših delov ledenika poleg osrednjega dela. Colucci in Guglielmin (2015) namreč seštevata površini obeh Kaninskih ledenikov v enotno površino in v analizah predstavljata skupno večjo površino, kljub temu, da sta ledenika že nekaj časa ločena. Če se bomo za to odločili, bo potrebno vnovič izmeriti manjše ostanke Triglavskega ledenika oz. nekdanja snežišča severozahodno od Glave in tudi površino snežišča nad Triglavskim ledenikom, da bomo dobili primerljivo časovno vrsto tudi za vsa manjša sneženo-ledena telesa.

Druga pomembna značilnost, ki jo opazimo na sliki 7 je, da prične Triglavski ledenik po letu 2006 »rasti«. Ker za nastanek novega ledu v teh robnih razmerah potrebujemo tudi do več desetletij (Benn in Evans, 2013), je »povečanje« ledenika od leta 2006 do 2011 v resnici le ponazoritev večanja snežišča, ki prekriva ostanke ledenika. Ledenik je vnovič dosegel svoj minimum v letu 2012, potem pa je sledilo nekaj ugodnih zim in poletij, ko je konec redilne dobe snežišče ob rednih meritvah še vedno prekrivalo ledenik vse do leta 2017, ko je bil ta vnovič skoraj v celoti razgaljen (Pavšek, 2017). Zato je ostanek pravega ledenika, ki je večinoma pokrit s obsežnejšim snežiščem, v resnici velik le še 0,4 ha že celotno zadnje desetletje (Del Gobbo in sod., 2016).

Resne primerjave med Kaninskimi ledeniki in Triglavskim ledenikom le na osnovi površin ne moremo narediti, ker imamo za Kaninski ledenik preredko časovno vrsto.

Zahvala

Delo je bilo delno financirano v okviru temeljnega raziskovalnega projekta J2-8176 Javne agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije. Dolgoletne izmere Triglavskega ledenika je finančno omogočil Geografski inštitut Antona Melika (GIAM) ZRC SAZU. Sodelavcem GIAM se zahvaljujem za možnost dolgoletnega sodelovanja z njimi pri preučevanju slovenskih ledenikov.

Literatura

- Benn, D.I., Evans, D.J.A. (2013). *Glaciers & Glaciation*. Routledge, Taylor & Francis Group, London, New York.
- Berk, S. (2001). Možnosti transformacije katastrskih načrtov grafične izmere v državni koordinatni system. *Geodetski vestnik*, 45 (1&2), 91-105.
- Del Gobbo, C., Colucci, R.R., Forte, E., Triglav Čekada, M., Zorn, M. (2016). The Triglav glacier (South-Eastern Alps, Slovenia): Volume estimation, internal characterization and 2000–2013 temporal evolution by means of ground penetrating radar measurements, *Pure Appl. Geophys.*, 173:6, 1847-2244.

- Colucci, R.R., Guglielmin, M. (2015). Precipitation – temperature changes and evolution of small glaciers in the southeastern European Alps during the last 90 years. *International Journal of Climatology*, 35, 2783-2797.
- Gabrovec, M., Hrvatina, M., Komac, B., Ortar, J., Pavšek, M., Topole, M., Triglav Čekada, M., Zorn, M. (2014). Triglavski ledenik. *Geografija Slovenije* 30. Založba ZRC, Ljubljana.
- Gams, I. (1961). Snežišča v Julijskih Alpah. *Geografski zbornik*, 6, 241-269.
- Lisec, A., Ferlan, M. (2017): 200 let od začetka parcelno orientiranega katastra na Slovenskem. *Geodetski vestnik*, 61:1, 76-90.
- Lüthi, P. 2014: Little Ice Age climate reconstruction from ensemble reanalysis of Alpine glacier fluctuations, *The Cryosphere*, 8, 639-650.
- Mapire (2014). Spletni portal historičnih kart, <http://mapire.eu/en/>, Österreichisches Staatsarchiv in Arcanum Adatbázis Kft (dostopano 3. 10. 2017).
- Marinelli, O. (1910). I ghiacciai delle Alpi Venete. *Memorie geografiche*, 4 (11).
- Molnár, G., Timár, G. (2009). Mosaicking of the 1:75000 sheets of the third military survey of the Habsburg Empire, *Acta Geod. Geoph. Hung.*, 44 (1), 115–120.
- Pavšek, M. (2017). Triglavski ledenik. DEDI – digitalna enciklopedija naravne in kulturne dediščine na Slovenskem, <http://www.dedi.si/dediscina/449-triglavski-ledenik> (dostopano 5. 1. 2018).
- Šifrer, M. (1961). Snežišča v Kamniških Alpah. *Geografski zbornik*, 6, 271-286.
- Wood, G.D. (2014). *Tambora: the eruption that changed the world*. Woodstock.
- Timár, G., Molnár, G., Székely, B., Biszak, S., Varga, J., Jankó, A. (2006). Digitized maps of the Habsburg Empire – The map sheets of the second military survey and their georeferenced version. Arcanum, Budimpešta, 59 p.
- Triglav Čekada, M., Bric, V. (2015): Končan je projekt laserskega skeniranja Slovenije. *Geodetski vestnik*, 59 (3), 586-592.
- Triglav Čekada, M., Zorn, M. Colucci, R.R. (2014). Površina Kaninskih in Triglavskega ledenika od leta 1893, določena na podlagi arhivskih posnetkov ter aerolaserskih podatkov. *Geodetski vestnik*, 58 (2), 274-313.
- Triglav Čekada, M. in Gabrovec, M. (2013a). Documentation of Triglav glacier, Slovenia, using non-metric panoramic images. *Annals of Glaciology*, 54 (62), 80-86.
- Triglav Čekada, M., Bric, V., Klanjšček, M., Pavšek, M. (2013b). Zračno lasersko skeniranje zasneženega površja. V: Kuhar, M. (ur.). *Raziskave s področja geodezije in geofizike 2012: zbornik predavanj*, 18. strokovno srečanje Slovenskega združenja za geodezijo in geofiziko, Ljubljana, 29. januar 2013. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. 85-93.
- Zemp, M. in 39 drugih (2015). Historically unprecedented global glacier decline in the early 21st century. *Journal of Glaciology*, 61:288, 745-762.