

Lasersko skeniranje Slovenije

Nov podroben vir prostorskih podatkov

IZVLEČEK

Lasersko skeniranje Slovenije je bilo izvedeno večinoma v letih 2014–2015, dva bloka pa že leta 2011. Izdelki laserskega skeniranja so: klasificiran oblak točk, oblak točk reliefa in digitalni model višin. Podatki so namenjeni splošnim kartografskim prikazom, ne podrobnejšim od merila 1 : 5000. Podatki so bili namenjeni trirazsežnostnemu zajemu podatkov o hidrografiji in dejanski rabi vodnih zemljišč celotne Slovenije, uporabljamo pa jih tudi za zajem topografskih kart merila 1 : 5000 ter za izdelavo ortofota v okviru Cikličnega aerfotografiranja Slovenije (CAS) od leta 2015 naprej. Prvič omogočajo preučevanje površja pod rastlinsko odejo tako podrobno, kot smo ga doslej lahko preučevali le s terenskim ogledom.

Ključne besede: lasersko skeniranje Slovenije, topografija, geomorfološki pojavi.

ABSTRACT

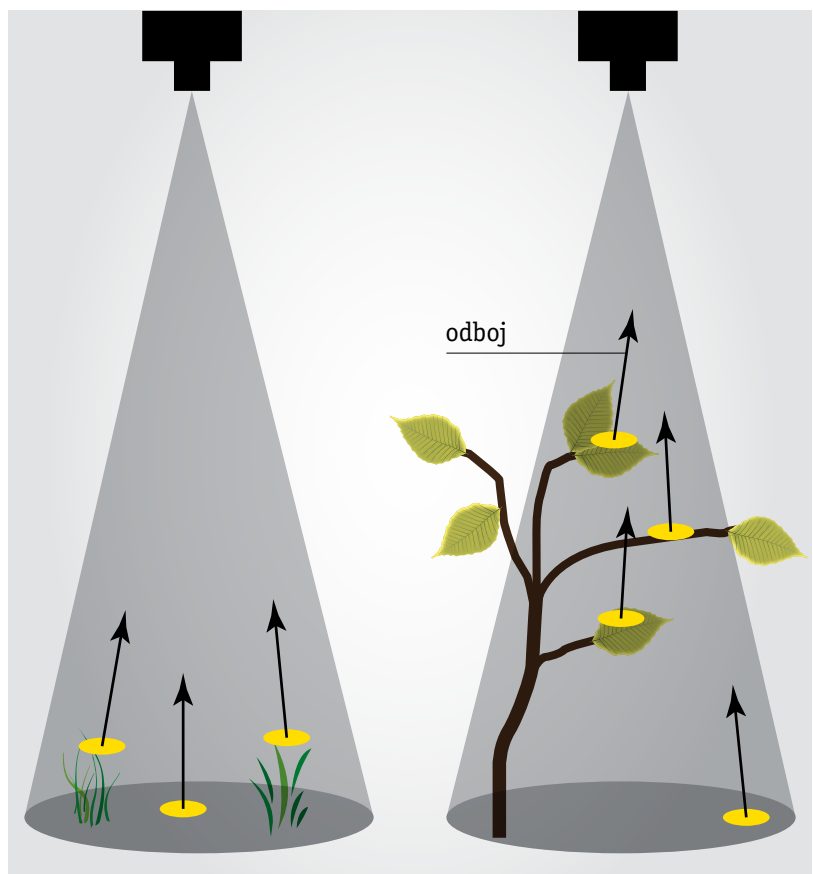
Nationwide aerial laser scanning of Slovenia

Nationwide aerial laser scanning of Slovenia was carried out mainly in period 2014–2015, two scanning blocks already in 2011. Products of laser scanning are: classified point cloud, the ground point cloud and digital terrain model. Data are intended for general cartographic representations in scales not more detailed than in scale 1:5000. The data were provided for 3D data acquisition of hydrography and water land use for total Slovenian area. They are also used for data acquisition of the topographic maps in scale 1:5000 and for making of national orthophotos within the Cyclical Aerial Survey (CAS) frame from 2015 on. The data enables study of the terrain under the vegetation in such details, that previously could be studied only by field work.

Key words: Nationwide aerial laser scanning of Slovenia, topography, geomorphologic objects.

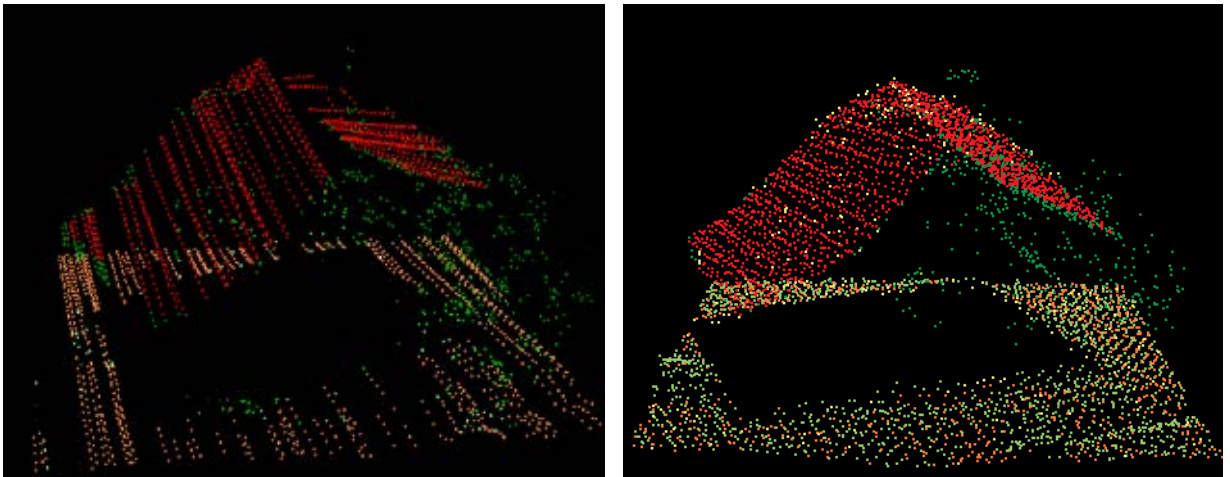
Lasersko skeniranje ali LiDAR (angleško *light detection and ranging*) je aktivna metoda daljinskega zaznavanja, kjer razdaljo med oddajnikom in tarčo izmerimo z lasersko svetlobo. Lasersko skeniranje lahko izvajamo z nosilcev laserskega skenerja, ki so nepremično postavljeni na tleh (terestrično lasersko skeniranje), s premikajočih se nosilcev v zraku (aerolasersko skeniranje) ali s premikajočih se nosilcev na tleh (mobilni snemalni sistemi). Lasersko skeniranje lahko uporabljamo vse od izmere manjših objektov kulturne dediščine pa do izmere celotnih regij ali držav (Bric, Triglav Čekada in Bitenc 2012). Za kartografske namene je najbolj uporabno aerolasersko skeniranje, saj z njim pridobimo prikaz obsežnejših območij s ptičje perspektive, ki omogoča takojšnjo kartografsko uporabo. Bistvena prednost aerolaserskega skeniranja pred klasičnim aerofotografiranjem je dejstvo, da del laserskega žarka skozi špranje med listi v krošnjah dreves prodre do tal in tako se lahko izmeri tudi potek reliefa oziroma oblike površja tudi pod gozdnim pokrovom. V tem primeru en laserski žarek vrne več laserskih odbojev, odbitih od različnih delov drevesa (različni red odboja), ti laserski odboji pa predstavljajo vertikalno strukturo drevesa, zadnji odboj pa večinoma tla pod drevesom (slika 1).

Slika 1: Shematski prikaz različnih redov odbojev enega laserskega žarka na travi in drevesu.



Avtorica besedila in fotografij:
 MIHAELA TRIGLAV ČEKADA, dr. geodezije
 Geodetski inštitut Slovenije,
 Jamova 2, 1000 Ljubljana
 E-pošta: mihaela.triglav@gis.si

COBISS 1.04 strokovni članek



Slika 2: Klasificiran oblak točk na enodružinski hiši z drevsom v ospredju z gostotami: a) 5 točk/m², b) 10 točk/m².

Osnovni rezultat laserskega skeniranja je oblak georeferenciranih točk v prostoru, kjer ima posamezna točka dodani informaciji o redu odboja in intenziteti vrnjenega laserskega odboja. Pri poznejši uporabi teh podatkov v kartografske namene je iz oblaka točk treba prepoznati posamezne objekte ali pojave ter določiti robove med njimi. Laserske podatke lahko uporabimo same ali pa jih kombiniramo skupaj z drugimi prostorskimi podatki, kot so digitalni ortofoti ali stereofotografije. Digitalni ortofoti so le pomožni vir za lažjo interpretacijo objektov, prikazanih v laserskih podatkih, saj je na ortofotih zapisana le horizontalna lega, višine pa ne. Stereofotografije pa omogočajo dodatno izmero 3D-objektov, ki v laserskih podatkih zaradi premajhne gostote točk ali neodbojnosti objekta v valovni dolžini laserja (na primer vodna površina ali gladke strehe) niso vidni.

V splošnem lahko gostoto laserskih točk na enoto površine delimo glede na želen namen uporabe (slika 2). Pri

gostoti okrog 5 točk/m² govorimo o majhni gostoti, ki omogoča izdelavo digitalnih modelov višin (DMV), primerljivih z DMV 5 m × 5 m, pridobljenim s stereofotogrametričnim zajemom s posnetkov Cikličnega aerofotografiranja Slovenije (CAS). Srednje gostote med 5 in 10 točk/m² omogočajo izdelavo podrobnejših DMV-jev; v ta sklop lahko uvrstimo tudi večino rezultatov projekta Lasersko skeniranje Slovenije, saj je bila zanj zahtevana gostota 5 ali 2 točki prvih odbojev na m². Velika gostota laserskih točk z več kot 10 točkami/m² omogoča izdelavo topografskih kart v merilih 1 : 10.000 ali 1 : 5000 že samo na podlagi laserskih podatkov, brez dodatnih pomožnih virov za zajem (Triglav Čekada, Crosilla in Kosmatin Fras 2010).

Lasersko skeniranje Slovenije

Temeljni namen projekta lasersko skeniranje Slovenije je bila zagotovitev ustreznih podatkovnih podlag za zajem 3D-podatkov hidrografije in dejanske rabe vodnih zemljišč za celotno Slovenijo. Zajem hidrogra-

fije in dejanske rabe vodnih zemljišč je bil končan v letošnjem letu (leto 2016). Zaradi lažje interpretacije in možnosti dodatnih meritev smo pri zajemu hidrografije in dejanske rabe vodnih zemljišč poleg laserskih podatkov uporabljali še stereoposnetke CAS. 3D-vektorje hidrografije in dejanske rabe vodnih zemljišč smo zajeli v merilu 1 : 5000.

Lasersko skeniranje smo izvedli večinoma v letih 2014 in 2015, deloma že tudi leta 2011 (slika 3). Za gostoto laserskega skeniranja smo izbrali malo do srednjo gostoto, primerno za vsedrjavno snemanje s pogojem, da se snemanje opravi v delu leta, ko so drevesa brez listja. Izjemi sta bila bloka B31 in B37, ki pokrivata visokogorje, saj je bilo tu treba zadostiti dodatnemu pogoju, da se snemanje izvede takrat, ko je v gorah najmanj snega. Zato sta bila ta dva bloka posneta avgusta 2014. Žal je bilo to poletje mokro in hladno, zato v laserskih podatkih visokogorja zasledimo precej snežišč, ki jih v bolj sušnih in vročih poletjih ponavadi ni.

Poglavitni izdelki laserskega skeniranja Slovenije so:

- georeferenciran in klasificiran oblak točk (GKOT), kjer so točke razvrščene oziroma klasificirane v sedem razredov: tla, nizka (do 1 m višine), srednja (med 1 m in 3 m) in visoka vegetacija (nad 3 m višine), stavbe, nizke točke ter neklasificirane oziroma nikoli klasificirane; shranjen je v formatu LAS,
- digitalni model reliefa 1 m × 1 m (DMR1), zapisan v formatu ASCII,
- oblak točk reliefa (OTR) – samo točke tal, zapisan v formatu LAS,
- podoba analitičnega senčenja DMR1 (PAS), zapisana v rastrskem geolociranem formatu TIF.

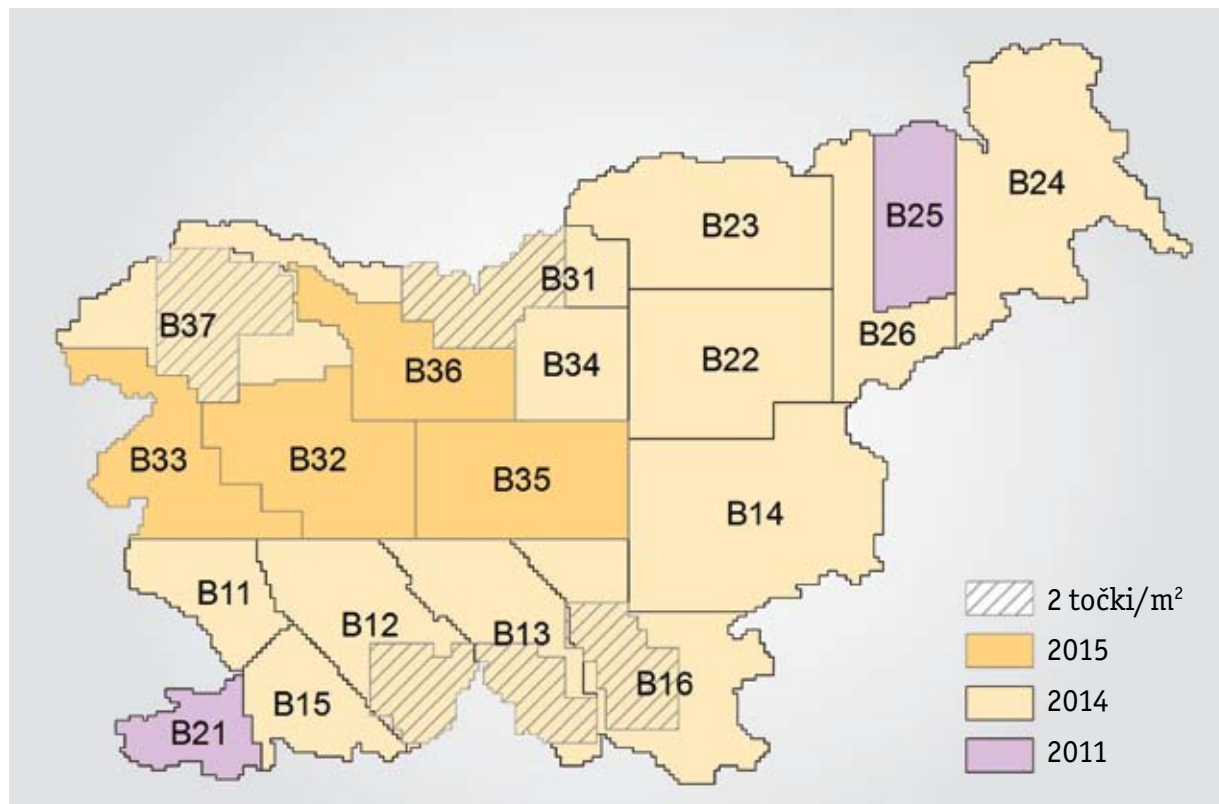
Izdelki GKOT, OTR, DMR1 so shranjeni v datotekah, ki pokrivajo površino enega kvadratnega kilometra, izdelek PAS pa prikazuje območje površine 5 km².

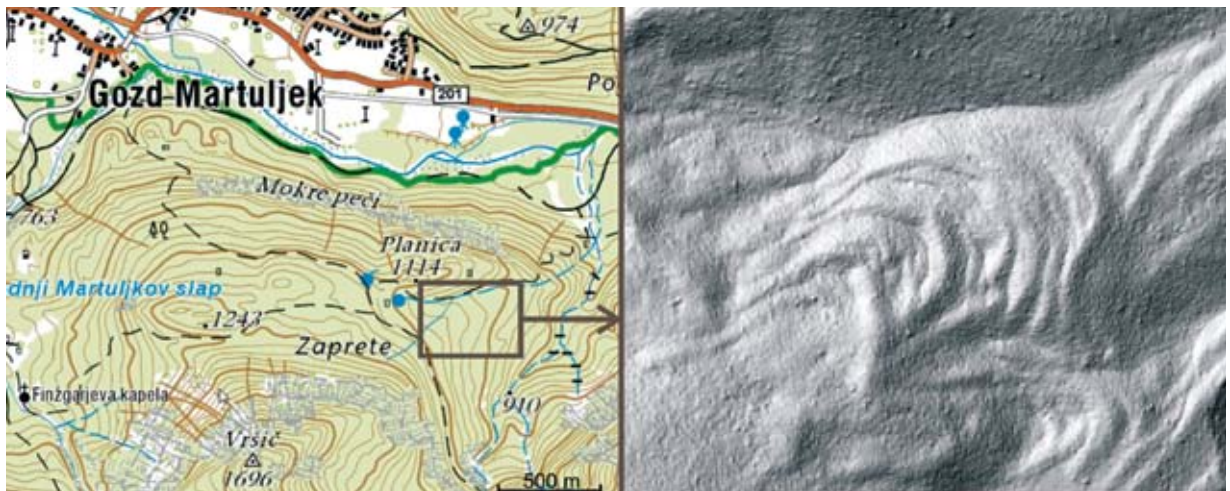
Izdelki laserskega skeniranja Slovenije so brezplačno na razpolago na spletni strani ARSO (Grilj s sodelavci 2015): http://gis.arso.gov.si/evode/profile.aspx?id=atlas_voda_Lidar@Arso

Izdelki so na voljo v državnih ravninskih koordinatnih sistemih D96/Prečna Mercatorjeva projekcija in D48/Gauss-Krügerjeva projekcija ter v nadmorskih višinah. Izdelke smo najprej izdelali v D96/TM ter jih v D48/GK le transformirali in ponov-

no razrezali na območja velikosti 1 km². Zato DMR1, zapisan v formatu ASCII, v D48/GK ni sestavljen iz točk s koordinatami, zaokroženimi na 1 m, ampak so koordinate zapisane na dve decimalni mesti natančno, torej je posamezna celica lahko malenkost večja ali manjša od 1 m². Na ta način smo želeli ohraniti položajno in višinsko točnost izdelka DMR1 po transformaciji, saj bi z interpolacijo na koordinate, zaokrožene na 1 m, obe točnosti izgubili. Na več kot 4000 terensko izmerjenih kontrolnih točkah smo preverili položajno in višinsko točnost izdelkov. Položajna točnost koordinat v D96/TM je 30 cm in višin 15 cm (Triglav Čekada in Bric 2015).

Slika 3: Razdelitev Slovenije na bloke laserskega skeniranja po letnikih večine snemanja v posameznem bloku ter območja z manjšo gostoto podatkov.





Slika 4: Fosilni kamniti ledenik pod Rutarškim Vršičem v Martuljški skupini: levo lokacija, desno prikaz na podobi analitičnega senčenja DMR 1 × 1 m.

Med pomembnimi lastnostmi izdelkov laserskega skeniranja Slovenije moramo omeniti, da iz podatkov nismo izbrisali večinoma napačnih odbojev pod površjem (nizke točke), ki nastanejo zaradi vlage v zraku v času snemanja ali večpotja (laserski odboj se dvakrat odbije: najprej na primer od stene stavbe, potem pa še od tal), saj nekatere nizke točke vseeno predstavljajo brezna, ki so v Sloveniji zelo pogosta. Povprečna gostota jam v Sloveniji naj bi bila 0,4 jame/km² (Staut in Čekada 2006). Kot drugo pomembno značilnost laserskega skeniranja in izdelka GKOT moramo izpostaviti, da lasersko skeniranje vodnih površin vrne manjše število odbojev kot na ostalih površinah. Tako je v GKOT na vodnih površinah veliko manjša gostota točk, lahko pa točk na vodah sploh ni. Zaradi tega lahko pride do napak pri interpolaciji DMR1 na večjih vodnih telesih, ki se v izdelku PAS odražajo v sunkovitih skokih med posameznimi ploskvami vode. Teh v postopku ročnega popravljanja DMR1 nismo odstranjevali, saj bi

lahko pri tem v vodnih telesih odstranili značilne robove in objekte (otoki, pregrade ...), ki pa so zelo pomembni za zajem hidrografije in dejanske rabe vodnih zemljišč, čemur so bili izdelki prvenstveno namenjeni. Omenimo še, da se je skeniranje izvajalo s prej navedenimi gostotami za celotno območje Slovenije in 250 m prek državne meje. Podatkov, ki pokrivajo območja, oddaljena več kot 250 m čez mejo, nismo brisali ne popravljali. Zato je na teh območjih v interpolaciji DMR1 več napak, ki jih gre pripisati temu, da se pri manjši gostoti odbije do tal manj točk. Manjšemu številu točk gre pripisati tudi pojav zgoščanja in redčenja snemalnih linij, ki ga lahko vidimo na območjih z gostoto 2 točki/m². Pojav nastane zaradi rahlih treslajev nosilca snemanja, očiten pa postane pri zelo majhnih gostotah snemanja. Kljub razredčenim in zgostitvam snemalnih linij izdelek vsepovsod izpolnjuje zahtevano gostoto, saj se je ta preverjala v kvadratih velikosti 10 × 10 m. Podatki so podrobno opisani v tehničnih poročilih posameznih blokov laserske-

ga skeniranja, ki jih prenesemo z iste spletne strani kot podatke same.

Sklep

S prostim dostopom so podatki laserskega skeniranja Slovenije, ki so bili prvenstveno namenjeni zajemu hidrografije in dejanske rabe vodnih zemljišč celotne Slovenije, dosegli veliko širšo uporabo, za katero pa niso vedno najbolj optimalni.

Kot smo že na začetku omenili, so to podatki z nizko do srednjo gostoto, ki so namenjeni predvsem pripravi preglednih slojev in ne pripravi slojev za podrobne analize. Med pregledne sloje lahko štejemo tudi ortofoto CAS; pri izdelavi zadnjega v letu 2015 so že uporabili laserski DMV 1 m × 1 m, s katerim so zamenjali prej uporabljen fotogrametrični 5 m × 5 m. Skupaj s stereoposnetki CAS laserske podatke uporabljajo tudi za kombiniran zajem topografskih kart v merilu 1 : 5000 (državni topografski model), ki jih prav tako lahko štejemo med pregledne sloje.

Laserske podatke uporabljajo tudi za zajem gozdnih cest, prikaze sestojnih kart ter druge prikaze v gozdarstvu (Šturm s sodelavci 2016). Kljub kombiniranju z drugimi podatki so laserski podatki neprimerni za izdelavo kart v merilu 1 : 1000 ali drugih prostorskih prikazov, primerljivih temu merilu (Triglav Čekada, Crosilla in Kosmatin Fras 2010).

Če se omejimo na geomorfološke pojave, so ti podatki primerni za analizo velikih zemeljskih plazov (na primer Slano blato in Macesnik), velikih skalnih podorov in iskanju velikih vhodov v jame oziroma brezna (Triglav Čekada 2011). Podatki prikazujejo površje v Sloveniji pod rastlinskim pokrovom

tako podrobno, da prvič omogočajo preučevanje natančnosti koordinat leg jamskih vhodov brez terenskega ogleda (Čekada in Gostinčar 2016). Podatki so omogočili tudi odkritje našega prvega fosilnega kamnitega ledenika, skritega pod gostim gozdom vzhodno pod Rutarškim Vršičem v Martuljški skupini Julijskih Alp (slika 4) (Triglav Čekada s sodelavci 2016). Omogočili so tudi podrobno preučevanje terasiranih pokrajin v Sloveniji (Kladnik s sodelavci 2016). Uporabljamo jih lahko tudi za preučevanje drobnih sprememb površja, ki v določenih razmerah razkrivajo prikrita arheološka najdišča in sledove. Za kakovostno arheološko interpretacijo potrebujemo večinoma gostoto

od vsaj 10 do 20 točk/m². Vendar pa podatki Laserskega skeniranja Slovenije, v kolikor so pravilno obdelani (to vključuje tudi ročno klasifikacijo), mestoma omogočajo tudi arheološko interpretacijo (Štular in Lozić 2016).

Zahvala

Naročnik laserskega skeniranja Slovenije je bilo Ministrstvo za okolje in prostor. Pri projektu sta poleg Geodetskega inštituta Slovenije sodelovala še Flycom, d. o. o. in Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru. Podatki so brezplačno na razpolago na spletni strani Agencije Republike Slovenije za okolje.

Viri in literatura

1. Bric, V., Triglav Čekada, M., Bitenc, M. 2012: Uporaba laserskega skeniranja pri zaščiti in reševanju ter vojaških aktivnostih. Geoprostorska podpora obrambnemu sistemu Republike Slovenije. Direktorat za obrambne zadeve Ministrstva za okolje in prostor, Inštitut za antropološke in prostorske študije ZRC SAZU, Geodetski inštitut Slovenije. Ljubljana.
2. Čekada, M., Gostinčar, P. 2016: Uporaba lidarja v jamarstvu. GIS v Sloveniji 13. Ljubljana.
3. Grilj, T., Cunder, M., Kogovšek, P., Kregar, M., Štravs, L. 2015: eVode, Atlas voda in LIDAR – novi javno dostopni in brezplačni sistem za dostop do podatkov s področja upravljanja voda. Urbani izziv, posebna izdaja: 26. Sedlarjevo srečanje.
4. Kladnik, D., Perko, D. (ur.), Ciglič, R. (ur.), Geršič, M. (ur.) 2016: Terasirane pokrajine. Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU. Ljubljana.
5. Staut, M., Čekada, M. 2006: Porazdelitev gostote jam v Sloveniji. Naše jame 46.
6. Štular, B., Lozić, E. 2016: Primernost podatkov projekta lasersko skeniranje Slovenije za arheološko interpretacijo: Metoda in študijski primer. GIS v Sloveniji 13. Ljubljana.
7. Šturm, T., Pisek, R., Kobler, A., Beguš, J., Matjašič, D. 2016: Možnosti uporabe lidarskih podatkov na Zavodu za gozdove Slovenije. GIS v Sloveniji 13. Ljubljana.
8. Triglav Čekada, M., Barborič, B., Zorn, M., Ferk, M. 2016: Lasersko skeniranje Slovenije in akumulacijske reliefne oblike v slovenskem visokogorju. Raziskave s področja geodezije in geofizike 2015. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
9. Triglav Čekada, M., Bric, V. 2015: Končan je projekt laserskega skeniranja Slovenije. Geodetski vestnik 59-3.
10. Triglav Čekada, M. 2011: Možnost uporabe zračnega laserskega skeniranja (lidar) za geomorfološke študije. Geografski vestnik 83-2.
11. Triglav Čekada, M., Crosilla, F., Kosmatin Fras, M. 2010: Teoretična gostota lidarskih točk za topografsko kartiranje v največjih merilih. Geodetski vestnik 53-3.