

VIDNOST GOZDOV V OKOLICI ŽIČKE KARTUZIJE KOT MERILO NJIHOVE DEDIŠČINSKE IN ESTETSKE VLOGE

VISIBILITY OF FORESTS IN THE VICINITY OF THE ŽIČE CHARTERHOUSE AS A CRITERION OF THEIR HERITAGE AND AESTHETIC FUNCTION

Janez Pirnat, Milan Kobal

UDK: 528.9:63:719(497.4:Žička kartuzija)
 Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
 Prispelo: 16. 6. 2017
 Sprejeto: 27. 1. 2018

DOI: 10.15292//geodetski-vestnik.2018.01.28-38
 SCIENTIFIC ARTICLE
 Received: 16. 6. 2017
 Accepted: 27. 1. 2018

IZVLEČEK

Žička kartuzija je eden najpomembnejših primerov kulturne dediščine v Sloveniji. Gozdna krajina v njeni okolici pomeni njeno nepogrešljivo danost in identiteto, saj je bila 'divjina' eden od ključnih dejavnikov za izbiro prostora, kamor so v 12. stoletju kartuzijo postavili. Danes so gozdovi v okolici Žičke kartuzije vrstno spremenjeni, na sicer je na bukovich rastiščih v okolici kartuzije močno zastopana smreka. Za opredelitev gozdov, katerih sonaravna zgradba je ključnega pomena za zagotavljanje nepogrešljivega vzorca tako imenovane prvinske krajinske zgradbe, smo uporabili analizo vidnosti, ki je sicer osnovno orodje sodobnih geografskih informacijskih sistemov. Kot osnovni vhodni prostorski sloj smo uporabili digitalni model površja (DMP), izdelan iz podatkov laserskega skeniranja Slovenije (podatki GKOT), z velikostjo slikovne celice 1×1 m. Izračunali smo tudi vidnost vodnikov daljnovoda nad kartuzijo, ki je moteč element, saj zmanjšuje zaznavo prvinskosti prostora. Sprehajalne poti in ceste na severozahodnem delu kartuzije, iz katerih smo računali vidnost gozdov in daljnovoda, smo predstavili s serijo točk ($n = 1081$ stojšč). Za posamezne gozdne sestoje smo izračunali deleže njihove vidnosti. Tudi vodnike daljnovoda smo predstavili kot serijo točk ($n = 1153$), upoštevali smo njihove poves. Določili smo odseke daljnovoda, ki so vidni z območja poti in bi jih bilo smiselno vkopati. Najvidnejši sestoji v okolici kartuzije imajo poudarjeno dediščinsko in estetsko vlogo, v tistih z najvišjim deležem smreke bi morali v prihodnje prednostno povečati delež listavcev.

KLJUČNE BESEDE

Žička kartuzija, kulturna krajina, nepogrešljivi vzorec, model vidnosti, Lidar

ABSTRACT

The Žiče Charterhouse is one of the most important cultural heritage monuments in Slovenia. The forest landscape in its vicinity represents part of its indispensable natural resource and identity, as "wilderness" was one of the key factors when selecting the charterhouse's location in the 12th century. For the purpose of defining the forests with a close-to-nature structure that are of key importance in preserving the indispensable pattern of the so-called pristine landscape structure, visibility analysis, a basic tool in modern geographic information systems, was utilized. As the basic spatial layer, a digital elevation model (DEM) based on the data provided by airborne laser scanning of Slovenia (georeferenced and classified point cloud data) with the cell size of 1×1 m was used. The visibility of a power line above the charterhouse, representing an obtrusive element as it diminishes the perception of a pristine environment, was calculated. The visibility of both the forests and the power line was calculated from the paths NW of the charterhouse, which were presented as a series of points ($n = 1081$ stands). The visibility shares of individual forest stands were also calculated. The power line was also presented with a series of points ($n = 1153$), including cable deflection. In this way, the power line sections visible from the paths that would benefit from undergrounding installation were determined. The most visible stands in the charterhouse's vicinity have an emphasized function of heritage and aesthetics. Among them, increasing the share of deciduous trees in the stands with the highest share of spruce should take priority in the future.

KEY WORDS

Žiče Charterhouse, cultural landscape, indispensable pattern, visibility model, Lidar

1 UVOD

Gozdarstvo in gospodarjenje z gozdovi sta po svoji temeljni usmeritvi zavezana načeloma sonaravnosti in mnogonamenskosti, kar pomeni, da skušamo pri upravljanju gozdov upoštevati potrebe drugih uporabnikov gozdnega prostora. Mednje štejemo tudi strokovne službe, ki se ukvarjajo s kulturno dediščino. Zavest, da je pri vsakodnevnem gospodarjenju z gozdom treba upoštevati kulturno dediščino v gozdnem prostoru, je prisotna v Evropi in svetu (Forestry and Our Cultural Heritage, 2005; Jansen et al., 2012; Forest management: cultural heritage, 2017). Vse države, ki so ratificirale evropsko konvencijo o krajini, torej tudi Slovenija, ki je leta 2003 sprejela Zakon o ratifikaciji Evropske konvencije o krajini (Uradni list RS, št. 19/2003), morajo upoštevati in vzdrževati tiste kulturne značilnosti posamezne krajine, zaradi katere ima slednja izjemno visok kulturni pomen.

Pri nas prinaša temeljne vsebine s področja kulturne dediščine Zakon o varstvu kulturne dediščine (ZVKD-1, Uradni list RS, št. 16/2008), po katerem je kulturna krajina nepremična dediščina, ki je odprt prostor z naravnimi in ustvarjenimi sestavinami, katerega strukturo, razvoj in uporabo pretežno določajo človekovi posegi in dejavnost. Na pomen značilnih krajinskih vzorcev so opozorili številni krajinski ekologi (O'Neill et al., 1988; Riitters et al., 1995; Turner, 1990; Bell, 2012; Forman, 1995; McGarigal, 2017). Forman (1995) je uvedel pojem nepogrešljiv vzorec (angl. *indispensable pattern*) v krajini. Čeprav gre v njegovi interpretaciji predvsem za kombinacije naravnih danosti, ki naj zagotavljajo visoko stopnjo ohranjanja biotske pestrosti, pa je mogoče njegovo izvajanje prenesti tudi na posamezne primere dediščinske krajine. Prav umestitev Žičke kartuzije (Zadnikar, 1972; Peskar in Golež, 2010) v gozdno krajino je takšen primer, saj je naravna zgradba gozda nepogrešljiva za celostno ohranjanje zgodovinske kulturne krajine okrog kartuzije in s tem za avtentičnost prostora, ki ga želijo vzdrževati strokovne službe za varstvo kulturne dediščine.

Po Peterlinu (1988) najdemo v gozdnem prostoru tri skupine dediščine: izvorno, vseljeno in zasedeno. Izvirno skupino predstavljajo naravne vrednote, drugi dve pa sestavljajo tako naravne vrednote kot kulturna dediščina. Sakralni spomeniki, kamor spada Žička kartuzija, se uvrščajo v skupino vseljene kulture dediščine. Njena posebnost je, da je gozdna krajina nepogrešljiva danost in identiteta prostora okrog kartuzije, saj je bila 'divjina', danes bi rekli ohranjena gozdna krajina, eden od ključnih dejavnikov za izbiro prostora, kamor so ustanovitelji želeli umestiti kartuzijo. Prav zaradi tega pomenita kartuzija in gozdnata krajina v njeni okolici nepogrešljiv vzorec kulturne krajine, kot ga poimenuje Forman (1995).

Pri prostorski omejitvi (gozdnega) prostora, ki predstavlja identiteto okolja kartuzije, se tako zdi logična uporaba geografskih informacijskih sistemov (GIS) in analize vidnosti, ki je od samih začetkov pomemben del uporabniških rešitev geoinformacijskih sistemov (Davidson et al., 1993; Zakšek, 2006). Kljub temu so analize vidnosti v Sloveniji še vedno redke (na primer Krevs, 1994; Stančič in Veljanovski, 1998; Oštir et al., 2000; Zavadlav in Oštir, 2004; Mišič in Vizovišek Motaln, 2006; Alič, 2016; Buser, 2016), sicer pa se najpogosteje uporabljajo pri vrednotenju vidnih lastnosti krajine in umeščanju različnih objektov vanjo (na primer Mišič, 2010; Grassi et al., 2014). Pogosto so analize vidnosti uporabljene tudi za druge namene, na primer v arheologiji (Kantner in Hobgood, 2016), varstvu pred požari (Bao et al., 2015), pri načrtovanju omrežja mobilne telefonije (na primer Oštir et al., 2004; Sangeetha, 2014) itd.

Na podlagi podatkov o lokaciji Žičke kartuzije (natančneje cest in poti ob kartuziji) ter podatkov digitalnega modela površja, ki je bil izdelan iz podatkov laserskega skeniranja Slovenije, želimo z analizo vidnosti

določiti tiste gozdove v njeni okolici, katerih sonaravna zgradba je ključnega pomena za zagotavljanje nepogrešljivega vzorca tako imenovane prvinske zgradbe v okolici kartuzije. Pri tem z vidika prostorskih analiz vidnost opredeljujemo kot operacijo daljnega sosedstva, ki omogoča določitev območij, vidnih z izbrane točke na terenu. Dodatno smo analizirali vidnost daljnovoda (daljnovodnih stebrov in vodnikov) nad kartuzijo, ker želimo določiti del njegove trase, ki je z območja kartuzije najbolj viden, saj gre za vizualno moteč element, ki močno zmanjšuje zaznavo prvinskosti prostora. Pri usmeritvah za ohranjanje vidnih pozitivnih prvin prostora Jakl in Marušič (1998) navajata, da se mora daljnovod smiselno izogibati naseljem in krajem pogostejšega opazovanja; izpostavljenim točkam, kjer je večje število opazovalcev, pomembnim kulturnim objektom (na primer kartuziji) ter območjem s krajinskimi posebnostmi (na primer vrhovom, rekam, jezerom).

2 METODE DELA

2.1 Teoretična izhodišča analize vidnosti

Površje lahko matematično predstavimo kot sliko grafa zvezne funkcije dveh spremenljivk (Kaučič in Žalik, 2001; De Floriani in Magillo, 2003), vendar je takšna predstavitev lastnosti površja zaradi kompleksnosti manj uporabna (Kaučič in Žalik, 2001). V okolju geoinformacijskih sistemov je pogosteje v uporabi predstavitev lastnosti površja s končnim številom podatkov, bodisi s konturno mrežo oziroma plastnicami bodisi z mrežo neenakih trikotnikov, ali pa z mrežnim višinskim modelom oziroma rastrskim digitalnim modelom višin (Kaučič in Žalik, 2001; De Floriani in Magillo, 2003).

Pri ugotavljanju vidnosti računamo vidnost površja ali objektov, lociranih na površju (Kaučič in Žalik, 2001), samo površje pa pomeni osnovni vhodni podatek. Tako za dve točki na površju P_1 in P_2 , ki sta določeni s koordinatami

$$P_1 = (x_p, y_p, z_p) \text{ in } P_2 = (x_p, y_p, z_p), \quad (1)$$

pravimo, da sta vidni, ko vsaka točka Q

$$Q = (x, y, z) = P_1 + t(P_2 - P_1), \quad (2)$$

ko je $0 < t < 1$, leži nad pripadajočo točko terena P_q , t. j. $z > z_q$. Torej sta dve točki medsebojno vidni, ko daljica $P_1 P_2$, ki ju povezuje, leži nad terenom ($z > z_q$) in se ga dotakne le v svojih krajiščih (Lee, 1991; Kaučič in Žalik, 2001).

Podlaga za analizo vidnosti je torej analiza vidnosti za posamezen žarek pogleda (medsebojna vidnost točke P_1 in P_2), ki ga praviloma razširimo v problem vidnosti površja, tega pa predstavimo z množico točk (Lee, 1991). Ko z modelom vizualizacije ugotavljamo, kaj z neke točke vidimo, govorimo o aktivni vidnosti (z lokacije vidimo neko območje oziroma objekte), ko pa ugotavljamo, od kod je določena lokacija vidna, govorimo o pasivni vidnosti (od kod sta neko območje oziroma objekt vidna) (Zakšek, 2006). Razširitev analize vidnosti predstavlja uporaba teorije grafov, kjer točke, med katerimi računamo vidnost, predstavljajo vozlišča grafa $V(G)$, žarki pogledov pa povezave $E(G)$ med njimi. Te skupaj sestavljajo graf $G(V, E)$. Če vozlišča grafa med seboj niso vidna, potem imajo povezave med vozlišči grafa (žarki pogledov) vrednost 0, tj. $E(G) = 0$, oziroma vrednost 1, če so vozlišča grafa med seboj vidna, tj. $E(G) = 1$ (O'Sullivan in Turner, 2001).

2.2 Vidnost v prostoru

Pri zaznavi vidnosti objektov v naravi imajo pomembno vlogo velikost, oblika, barva, transparentnost opazovanega objekta, tj. njegove fizične lastnosti (Jakl in Marušič, 1998; Zakšek, 2006; Mišič, 2010), razdalja opazovanja oziroma oddaljenost objekta in opazovalca (Mišič, 2010) ter kontrast objekta in ozadja (Mišič, 2010). Pomemben dejavnik je tudi zastiranje oziroma vidnostna prepreka. Prav tako na vidnost zelo močno vplivajo atmosferske razmere (Zakšek, 2006), kot so megla, padavine, oblačnost, sopara, svetloba, smer osvetlitve. Omeniti velja še psihološko-sociološki vidik zaznavanja opazovane objekta kot procesa sprejemanja, organizacije in interpretacije informacij (Jakl in Marušič, 1998; Mišič, 2010). Ta je v Sloveniji zaradi razgibanega reliefa najbolj omejujoč dejavnik vidnosti (Zakšek, 2006). Podobno velja za gozdnatost, ki je leta 2012 v Sloveniji znašala $61,1 \pm 0,7$ % (Hladnik in Žižek Kulovec, 2012). Pri daljših razdaljah na vidnost vplivata ukrivljenost Zemlje in refrakcija, ki pa druga drugo izničujeta, tako da je njun skupni vpliv načeloma manjši od natančnosti vhodnih podatkov (Zakšek, 2006).

V programskem okolju *ArcGIS*, ki smo ga uporabili v raziskavi, se v osnovi upošteva osem parametrov, s katerimi določamo vidnost (višina opazovalca, višina opazovane točke, minimalni notranji iskalni radij, minimalni zunanji iskalni radij, azimut začetka analize vidnosti, azimut konca analize vidnosti, zgornji horizontalni kot ter spodnji horizontalni kot). V novejših različicah že lahko definiramo tudi parametre, ki se nanašajo na 3D-analizo (na primer oddaljenost v 3D-prostoru).

Nezanemarljiv omejitveni dejavnik analize vidnosti v prostoru je čas izračunavanja (Mišič, 2010), zato pogosto določimo iskalni radij, s katerim določimo maksimalno oddaljenost dveh točk, za kateri računamo vidnost. Pri tem je treba upoštevati vizualni vpliv motečih objektov, ko se še zaznavajo. Razdalja se določi na podlagi vidnega kota v odvisnosti od velikosti objekta in opazovalne razdalje.

2.3 Uporabljeni podatkovni sloji

Osnovni podatkovni sloj, ki smo ga uporabili, je digitalni model površja (DMP) z velikostjo slikovne celice 1×1 m, ki smo ga v programskem okolju *ArcGIS 10.4* izdelali iz podatkov lidarskega skeniranja površja Slovenije (Bric et al., 2015). Podatke smo pridobili na spletnih straneh ministrstva za okolje in prostor RS. Lasersko skeniranje študijskega območja je bilo izvedeno od marca do oktobra 2014 z doseženo horizontalno natančnostjo točke $\pm 0,02$ metra in po višini $\pm 0,025$ metra. DMP smo kot interpolacijo površja izdelali na podlagi georeferenciranega in klasificiranega oblaka točk (GKOT-točke), tako da smo izbrali najvišjo točko v pravilni mreži 1×1 m.

Tudi sloj cest, ki potekajo mimo kartuzije, odsek poti, ki poteka po njenem severozahodnem delu (slika 1a), ter sloj daljnovoda smo na podlagi senčenega digitalnega modela površja izdelali v rprogramskem okolju *ArcGIS 10.4*, in sicer z zaslonsko digitalizacijo. Izdelali smo linijski vektorski sloj navedenih poti oziroma daljnovoda, nato smo vektorski sloj poti spremenili v rastrski zapis, tega pa v nadaljevanju v točkovni sloj. Pri poti točke ($n = 1081$) predstavljajo stojišča obiskovalcev, pri daljnovodu pa točke ($n = 1153$) predstavljajo horizontalno projekcijo daljnovoda oziroma vodnikov na tla.

Podatke o sestavi gozdov smo pridobili od Zavoda za gozdove Slovenije (ZGS), kjer so s poligoni predstavljeni različni sestoji, v atributni tabeli sestojev pa je tudi podatek o drevesni sestavi, v našem primeru nas je zlasti zanimal delež iglavcev v skupni lesni zalogi (vir: spletni portal Pregledovalnik gozdnogospo-

darskih in gozdnogojitvenih načrtov, Zavod za gozdove Slovenije).

Za vse sloje smo kot osnovni referenčni sistem uporabili državni referenčni koordinatni sistem D48/GK.

2.4 Izračun vidnosti sestojev

Pri analizi vidnosti sestojev smo za vsako stojišče, ki leži na navedenem delu ceste in odseku poti, določili območje, ki je z njega vidno. Tako govorimo o aktivni vidnosti sestojev. V programskem okolju *ArcMap 10.4*, kjer je sicer na voljo več orodij za analiziranje vidnosti (*Observer points*, *Viewshed*, *Viewshed2* in *Visibility*), smo zaradi že predhodno določene višine opazovalca (parameter $OFFSETA = 1,70\text{ m}$) ter predhodno določenega radija iskanja (parameter $RADIUS2 = 500\text{ m}$) uporabili kar osnovno orodje *Viewshed*, ki računa vidnost po eksaktni metodi. Ta metoda je najnatančnejša, a tudi najzamudnejša (Kaučič in Žalik, 2001). Kot podlago za izračun vidnosti sestojev smo uporabili že navedeni DMP z velikostjo slikovne celice $1 \times 1\text{ m}$. Rezultate smo prikazali s karto vidnosti, na kateri so prikazana območja, ki niso vidna z nobene opazovane točke (vidnost = 0), ter območja, ki so vidno izpostavljena (vidnost > 0). Na koncu smo za posamezne sestoje izračunali delež vidno izpostavljene površine (vidnost > 0) v posameznem sestoju (slika 1b).

2.5 Izračun vidnosti daljnovoda

Pri analizi vidnosti daljnovoda smo za točke, ki predstavljajo daljnovod, izračunali območja, od koder so vidne, ter posledično določili območja, od koder je viden sam daljnovod (slika 2a). V tem primeru govorimo o pasivni vidnosti daljnovoda. Pri tem smo upoštevali povos vodnikov med posameznimi daljnovodnimi stebri, in sicer tako, da smo za vsako točko izračunali njeno višino nad DMP (parameter $OFFSETA$).

Parameter $OFFSETA$ smo za vsako točko izračunali tako, da smo od nadmorske višine vodnikov odšteli vrednosti višin digitalnega modela reliefa (DMR). DMR smo izdelali kot interpolacijo reliefa na podlagi točk OTR (georeferenciran oblak točk reliefa, kjer so shranjene samo točke, ki so bile klasificirane kot tla), in je zapisana v pravilno mrežo $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ (Bric et al., 2015). Podatek o nadmorski višini vodnikov smo izračunali tako, da smo v programskem okolju *ArcGIS 10.4* z orodjem za vizualizacijo profilov oblaka točk (*LAS Dataset*) prikazali GKOT na območju daljnovoda ter odčitali višino vodnikov na stebrih ter povos na sredini razpetine med njima. Med te tri točke smo v statističnem programu *R* kot približek verižnice prilagodili polinom II. stopnje $p_2(x) = a_2x^2 + a_1x^1 + a_0$, kjer x predstavlja oddaljenost od stebrov.

Tudi tu smo kot podlago za izračun vidnosti sestojev uporabili DMP. Višino opazovalca smo določili na 170 centimetrov (parameter $OFFSETB$). S tem smo torej določili območje, od koder je daljnovod viden, hkrati smo izračunali, koliko točk daljnovoda je vidnih s posamezne točke ceste oziroma poti. Pri tem gre za izračun intenzitete aktivne vidnosti daljnovoda s ceste in poti (slika 2b). Uporabili smo kar osnovno orodje *Viewshed*.

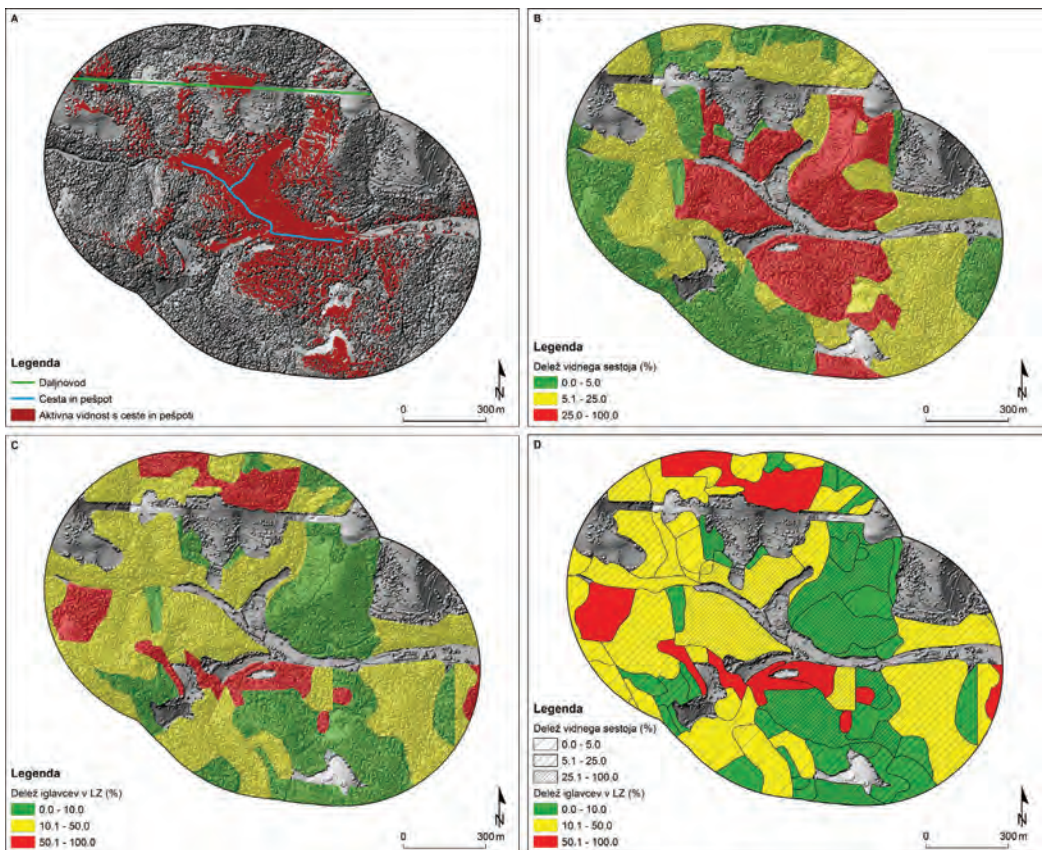
Ker na podlagi te analize vidnosti ni mogoče sklepati, kateri del daljnovoda je najbolj viden s stojišč na cesti in pešpoti, smo ponovno izračunali vidnost daljnovoda, vendar zgolj za stojišča na območju poti, ki so hkrati vidna z daljnovoda. Tako smo za vsako točko vzdolž trase daljnovoda določili, s katerih stojišč je neka točka vzdolž trase daljnovoda vidna. Pri tem govorimo o intenziteti pasivne vidnosti daljnovoda

(slika 2b). Model za izračun intenzitete pasivne vidnosti daljnovoda smo v okolju *ArcGIS 10.4* zgradili z uporabo orodja *ModelBuilder*.

3 REZULTATI

Na sliki 1 so rezultati analize vidnosti prikazani s tematskimi zemljevidi, ki imajo naslednje vsebine:

- A – Izračunana aktivna vidnost okolice Žičke kartuzije s ceste in pešpoti. Kot višino opazovalca smo določili 1,7 metra.
- B – Delež vidne površine sestojev s ceste.
- C – Delež iglavcev v lesni zalogi po podatkih Zavoda za gozdove Slovenije.
- D – Delež iglavcev v lesni zalogi po podatkih Zavoda za gozdove Slovenije ter delež vidne površine sestojev s ceste in pešpoti. Podloga je senčen digitalni model površja.



Slika 1: Rezultati analize vidnosti.

Iz preglednice 1 je razvidno, da se na območju analize pojavlja 2/3 sestojev, v katerih delež iglavcev v lesni zalogi presega 10 %. Od tega je 12,7 % sestojev takih, kjer iglavci prevladujejo (delež v lesni zalogi višji od 50 %) in za katere lahko trdimo, da glede na stanje izpred 19. stoletja vplivajo na spremenjeno podobo v dediščinski kulturni krajini. Sestoji, ki so najbolj vidni v okolici kartuzije, imajo poudarjeno dediščinsko in estetsko vlogo; teh sestojev je 29,9 % (delež vidne površine sestoja nad 25 %). Skupaj

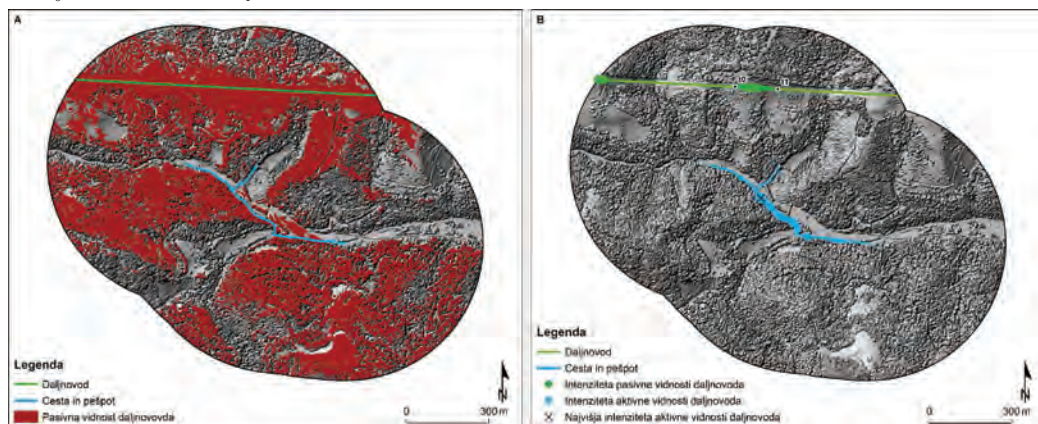
41,4 % teh sestojev je takšnih, kjer je iglavcev v lesni zalogi več kot 10 %, od tega pa 9,9 % takšnih, kjer iglavci prevladujejo. Te sestoje bi morali v prihodnje prednostno preusmeriti v povečan delež listavcev, saj so ti sestavljali gozdove v nekdanji kulturni krajini, ki je bila hkrati naravnejša, gozdovi v njej pa stabilnejši.

Preglednica 1: Površina sestojev glede na delež vidnosti in glede na delež iglavcev v lesni zalogi.

Delež iglavcev v lesni zalogi	Delež vidnosti sestoja s ceste in sprehajalne poti ob kartuziji							
	pod 5 %		od 5 do 25 %		nad 25 %		skupaj	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Pod 10 %	7,1	6,0	11,8	9,9	20,8	17,5	39,6	33,4
Od 10 do 50 %	22,0	18,5	30,8	26,0	11,2	9,4	64,0	53,9
Nad 50 %	3,9	3,3	7,6	6,4	3,5	3,0	15,0	12,7
Skupaj	32,9	27,8	50,2	42,3	35,5	29,9	118,6	100,0

Na sliki 2 so rezultati analize vidnosti daljnovoda v okolici Žičke kartuzije prikazani s tematskima zemljevidoma, ki imata naslednje vsebine:

- A – Izračunana pasivna vidnost daljnovoda v okolici Žičke kartuzije.
- B – Izračunana intenziteta aktivne vidnosti daljnovoda s ceste ter izračunana intenziteta pasivne vidnosti daljnovoda. Večja velikost simbola predstavlja a) odseke večje vidnosti daljnovoda oziroma b) odseke ceste, s katere je viden daljši odsek daljnovoda. Kot višino opazovalca smo določili 1,7 metra. Začetek odseka daljnovoda, ki je viden z 90 do 120 metrov ceste in poti, označuje točka t_0 , konec pa točka t_1 .

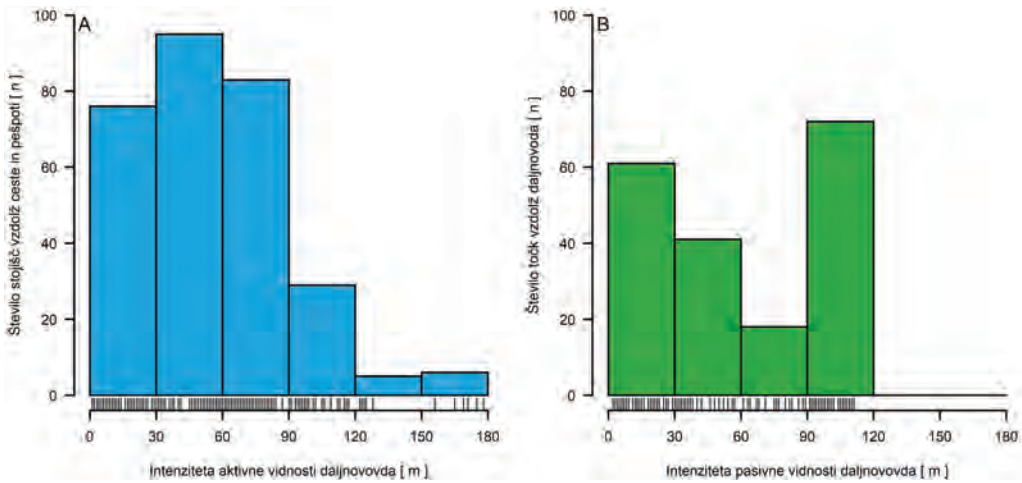


Slika 2: Rezultati analize vidnosti daljnovoda.

S slike 3a je razvidno, da na celotni dolžini ceste in pešpoti prevladujejo stojišča, s katerih je vidno od 30 do 60 metrov vodnika daljnovoda. Največ, 178 metrov, vodnika daljnovoda je vidnega z lokacije na cesti ob zahodnem delu kartuzije (slika 2b).

Celotna trasa daljnovoda na obravnavanem območju je dolga 1095 metrov. Vodniki daljnovoda so vidni na petih različnih mestih, v skupni dolžini 184 metrov. Vidne torej ni 83,1 % dolžine vodnikov daljnovoda. Prevladuje odsek daljnovoda, ki je viden iz 90 do 120 metrov ceste in poti – najbolj vidno

izpostavljeni del daljnovoda, ki je viden s 111 metrov ceste in pešpoti, je dolg 144 metrov (slika 3b).



Slika 3: Frekvenčna porazdelitev stojišč na cesti in pešpoti glede na aktivno vidnost daljnovoda (A) in frekvenčna porazdelitev števila točk na daljnovodu glede na pasivno vidnost daljnovoda (B).

4 RAZPRAVA

Odgovor na raziskovalno vprašanje – določanje obsega gozda, ki ga na podlagi vidnosti lahko opredelimo kot smiselno zaokrožen del krajine okrog kartuzije in ustvarja tako imenovano prvinsko razpoloženje, je pokazal, da je z analizo vidnosti v okolju geoinformacijskih sistemov mogoče objektivno opredeliti gozdove s poudarjeno dediščinsko in estetsko vlogo.

Običajno ključen vhodni prostorski sloj za analizo vidnosti je kakovosten digitalni model reliefa (Lee, 1991; De Floriani in Magillo, 2003), od katerega je odvisna verodostojnost rezultata analize vidnosti z neke točke. Pogojena je tudi z (ne)upoštevanjem ovir na terenu (zaraščenost, grajeni objekti itd.), kar poudarjajo tudi Drobne, Podobnikar in Marini (1997). Ovire lahko prepoznamo iz podatkov GKOT na celotnem območju Slovenije in izdelamo digitalni model površja. Glede na dejstvo, da se gozdovi v času spreminjajo, tako znotraj leta (olistanost) kot med leti, spremembe pa so lahko tudi hipne (različne ujme, napadi škodljivcev itd.), bi bilo smiselno izločiti tudi potencialno vidne gozdove, torej gozdove, ki zaradi trenutne zgradbe niso vidni. Pri tem bi morali v analizi vidnosti upoštevati zgolj natančen digitalni model reliefa (Triglav Čekada et al., 2010; Podobnikar in Vrečko, 2012).

V teh sestojih bi morali v skladu z usmeritvijo za funkcije prve stopnje poudarjenosti dediščinske funkcije gozda v prihodnje pospeševati delež listavcev in zmanjševati delež iglavcev ter tako upoštevati estetsko in dediščinsko vlogo pri ohranjanju ali celo spreminjanju njihove zgradbe v smeri povečane sonaravnosti v skladu s sodobno doktrino mnogonamenskega gospodarjenja z gozdovi. Prednostno naj bi to veljalo za sestoje, kjer je delež smreke sedaj nad 50 % (preglednica 1). Hkrati pa prav v teh gozdovih v prihodnje ne bi smeli dopustiti nobenih krčitev, saj predstavljajo skupaj s kartuzijo tisto obliko nepogrešljivega vzorca v krajini, ki je po Formanovem (1995) mnenju temeljna podlaga prihodnjih kulturnih krajin. V našem primeru smo temu pojmu lahko dodali nov pomen. Žičke kartuzije si v okolju zunaj gozdnate krajine

sploh ne moremo predstavljati in le skupaj z gozdom ohranja svoj avtentični pomen in sporočilnost. Manjši delež smreke, kot dolgoročni gozdnogospodarski cilj, je v skladu z usmeritvijo k sonaravnosti in avtentičnosti prostora. Tu se oba cilja ne bijeta, temveč se lepo medsebojno dopolnjujeta.

Tudi pri samem prepoznavanju drevesne zgradbe gozdov bi lahko namesto podatkov sestojne karte uporabili naprednejše in novejšje metode prepoznavanja drevesnih vrst, ki bodisi izhajajo iz lidarskih podatkov (na primer Triglav Čekada et al., 2017) ali iz različnih multi- in hiperspektralnih posnetkov (na primer Immitzer et al., 2016). Predvsem bi s tem pridobili kakovostnejše podatke o prostorskem položaju iglavcev, ki je danes podan na ravni sestojev. Tako bi pridobili jasne podatke o prihodnji drevesni sestavi, ki bo v prihodnje omogočila kontrolo ocene sonaravnosti sestojne zgradbe.

Poleg omejitev trenutne in prihodnje potencialne rabe tal ter zgradbe krajine na območju daljnovoda sama trasa daljnovoda (vodniki, podporni stebri in preseka) negativno vpliva na vidno podobo krajine (Majkič, 2011). Pri postavitvi daljnovoda v prostor se torej poslabšajo vidne pozitivne prvine avtentične dediščinske krajinske podobe. Kako opazen je sicer daljnovod, je odvisno od njegovih dimenzij in prostorskih razmer (Jakl in Marušič, 1998). Vpliv je precej pogojen z intenziteto opazovanja, slednja pa je odvisna od fizičnih ovir v prostoru (geomorfologije površja in višine vegetacijskega pokrova), položaja in števila opazovalcev (Jakl in Marušič, 1998). Potek trase daljnovoda naj bi vzdolžno sledil obstoječim geomorfološkim linijam v prostoru (doline, grebeni) in obstoječi infrastrukturi (telekomunikacije, druge daljnovodne linije). V dolinah naj trasa poteka po njihovem robu. Na območju gozdne in gozdnate krajine naj daljnovod sledi gozdnemu robu, poseke pa naj imajo razgiban gozdni rob. Na grebenschkih območjih, kjer to omogočajo geološke razmere, bi bil ugodnejši potek trase pod grebeni. Trasa daljnovoda naj bi prečkala greben tam, kjer teren omogoča postavitev stebra nekoliko nižje od vrha grebena (Jakl in Marušič, 1998).

Analiza vidnosti daljnovoda kot motečega dejavnika pri zaznavanju avtentične dediščinske krajinske podobe je pokazala, da bi bilo treba vkopati 184 metrov daljnovoda, prednostno vsaj 144 metrov. Podzemni kablovodi imajo manj negativnih vplivov na okolje od nadzemnih vodov, najočitnejša je prav vizualna razlika. Pri kablovodih izpadov zaradi vremenskih razmer ni, občutljivejši pa so za mehanske poškodbe (na primer poškodbe z delovnimi stroji), kjer okvar ni mogoče odpraviti tako hitro kot pri nadzemnih vodih. Potek podzemnih vodov na območjih kmetijskih površin ne ovira njihove uporabe, predviden je globlji vkop (Jamšek et al., 2011; Buser, 2016).

Čeprav je mogoče vidnost daljnovoda prikriti tudi z dodatno zasaditvijo drevja ob cesti pri kartuziji, se nam taka rešitev ne zdi smiselna in posrečena, saj spreminja avtentičnost neposredne okolice kartuzije. Zato zagovarjamo vkop električnega voda na navedenem odseku. Zavedamo se, da to pomeni dodaten strošek, a le tako bi bilo mogoče v resnici kar najbolj vzpostaviti avtentičnost prostora Žičke kartuzije kot vrhunskega objekta kulturne dediščine pri nas (Golob, 2006). Predlagamo tudi, da analiza vidnosti oziroma presoja poslabšanja vidnih pozitivnih prvin krajine postane stalna praksa ob novem umeščanju (točkovnih in linijskih) objektov v prostor, zlasti na območju izjemne kulturne krajine, tako pri izdelavi presoje vplivov na okolje kot pri gozdnogospodarskem načrtovanju.

Literatura in viri:

Alič, L. (2016). Primerjalna analiza podatkov franciscejskega in aktualnega katastra v k. o. Črešnjice. Diplomski naloga. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. <http://drugg.fgg.uni-lj.si/5941/>, pridobljeno 19. 11. 2017.

Bao, S., Xiao, N., Lai, Z., Zhang, H., Kim, C. (2015). Optimizing Watchtower Locations for Forest Fire Monitoring Using Location Models, *Fire Safety Journal*, 71, 100–109. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2014.11.016>

Bell, S. (2012). *Landscape, Pattern Perception and Process*. 2nd edition. London: Routledge.

Bric, V., Berk, S., Oven, K., Triglav Čekada, M. (2015). Aerofotografiranje in aerolasersko skeniranje Slovenije. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije.

Buser, N. (2016). Daljnovidne preseke v gozdnem prostoru. Magistrsko delo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta. http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/gozdarstvo/mdb_buser_natasa.pdf, pridobljeno 22. 10. 2017.

Davidson, D. A., Watson, A. I., Selman, P. H. (1993). An evaluation of GIS as an aid to the planning of proposed developments in rural areas. V: P. M. Mather (ur.), *Geographical Information Handling: Research and Applications* (str. 251–259). London: Wiley.

De Florian, L., Magillo, P. (2003). Algorithms for visibility computation on terrains: a survey, *Environment and Planning B: Planning and Design*, 30, 709–728. DOI: <https://doi.org/10.1068/b12979>

Drobne, S., Podobnikar, T., Marini, S. (1997). Prostorske analize v geografskih informacijskih sistemih. *Geodetski vestnik*, 41 (4), 291–301.

Forest management: cultural heritage. (2017). <https://www.ontario.ca/document/forest-management-cultural-heritage>, pridobljeno 22. 10. 2017.

Forestry and Our Cultural Heritage. (2005). *Proceedings of the Seminar, Sunne, Švedska*.

Forman, R. T. T. (1995). *Land Mosaics – The Ecology of Landscape and Regions*. Cambridge: Cambridge University Press.

Golob, N. (2006). Srednjeveški rokopi iz Žičke kartuzije. *Knjižnica Narodne galerije. Predstavitve*, 19–21.

Grassi, S., Friedli, R., Grangier, M., Raubal, M. (2014). A GIS-Based Process for Calculating Visibility Impacy from Bulidings During Transmission Line Routing. *Connecting a Digital Europe Location and Place Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, 383–402. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-03611-3_22

Hladnik, D., Žižek Kulovec, L. (2012). Ocenjevanje gozdnosti v zasnovi gozдне inventure na Slovenskem. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 97, 31–42.

Immitzer, M., Vuolo, F., Atzberger, C. (2016). First Experience with Sentinel-2 Data for Crop and Tree Species Classifications in Central Europe. *Remote Sensing*, 8 (12), 166. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs8030166>

Jakl, F., Marušič, J. (1998). Načrtovanje in krajinsko oblikovanje koridorjev daljnovidov in cevnih vodov: priročnik. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, Urad Republike Slovenije za prostorsko planiranje.

Jamšek, S., Marinišek, M., Kregar, A., Bokal, D. (2011). Problematika umeščanja daljnovidov v prostor – primer Irske in Slovenije. V: 10. konferenca slovenskih elektroenergetikov – CIGRE: zbornik prispevkov. Ljubljana.

Jansen, P., Van Benthem, M., de Groot, C., Boosten, M. (2012). *Cultural Heritage in Sustainable Forest Management. The Dutch Perspective*. Stichting Probos, The Netherlands, 88 str.

Kantner, J., Hobgood, R. (2016). A GIS-based viewshed analysis of Chacoan tower kivas in the US Southwest: were they for seeing or to be seen? *Antiquity*, 90 (353), 1302–1317. <https://doi.org/10.15184/aqy.2016.144>

Kaučič, B., Žalik, B. (2001). Izbira primerne metode računanja vidnosti na digitalnem modelu reliefa. *Geodetski vestnik*, 45 (3), 334–340.

Kreus, M. (1994). Pogled s Slavnika na Koprsko primorje. *Annales. Series historia naturalis*, 4 (4), 7–14.

Lee, J. (1991). Analyses of visibility sites on topographic surfaces. *International Journal of Geographical Information Systems*, 5 (4), 413–429. <https://doi.org/10.1080/02693799108927866>

Majkič, M. (2011). Umeščanje daljnovidov v prostor. Magistrsko delo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

McGarigal, K. (2017). *Landscape Pattern Analysis*. http://www.umass.edu/landeco/teaching/landscape_ecology/schedule/chapter8_pattern.pdf, pridobljeno 20. 4. 2017.

Mišič, T., Vizovišek Motaln, M. (2006). Analiza vidnosti kot strokovna podlaga pri izdelavi študije ranljivosti na primeru variant daljnovidna črpalne hidroelektrane Kozjak. V: Mišičev vodarski dan 2006, Aktualni projekti s področja upravljanja z vodami in urejanje voda: zbornik prispevkov (str. 81–87). Maribor.

Mišič, T. (2010). Analiza vidnosti širšega območja ČHE Kozjak ter vizualizacija izbrane vedute – dopolnitev študije za optimizirano traso DV ČHE Kozjak–RTP Maribor. Študija. Maribor: Vodnogospodarski biro Maribor d. o. o.

O’Neill, R. V., Krummel, J. R., Gardner, R. H., Sugihara, G., Jackson, B., DeAngelis, D. L., Milne, B. T., Turner, M. G., Zygmunt, B., Christensen, S. W., Dale, V. H., Graham, R. L. (1988). Indices of landscape pattern. *Landscape Ecology*, 3, 153–162. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00162741>

O’Sullivan, D., Turner, A. (2001). Visibility graphs and landscape visibility analysis. *International Journal of Geographical Information Systems*, 15 (3), 221–237. DOI: <https://doi.org/10.1080/13658810151072859>

Oštir, K., Stancič, Z., Podobnikar, T., Vehovar, Z. (2000). Pridobivanje in uporaba prostorskih podatkov visoke ločljivosti pri načrtovanju omrežja mobilne telefonije. V: D. Hladnik, M. Kreus, D. Perko, T. Podobnikar, Z. Stancič (ur.), *Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 1999–2000* (str. 143–152). Ljubljana.

Peskar, R., Golež, M. (2010). Žička kartuzija. DEDI – digitalna enciklopedija naravne in kulturne dediščine na Slovenskem, <http://www.dedi.si/dediscina/254-zicka-kartuzija>, pridobljeno 17. 11. 2016.

Peterlin, S. (1988). Naravna in kulturna dediščina v gozdu. V: B. Anko (ur.), *Varstvo naravne dediščine v gozdu in gozdarstvu* (str. 18–24). Ljubljana: Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, VTOZD za gozdarstvo.

Podobnikar, T., Vrečko, A. (2012). Digital elevation model from the best results of different filtering of a LiDAR point cloud. *Transactions in GIS*, 16 (5), 603–617. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9671.2012.01335>

- Riitters, K. H., O'Neil, R. V., Hunsaker, C. T., Wickham, J. D., Yankee, D. H., Timmins, S. P., Jones, K. B., Jackson, B. L. (1995). A factor analysis of landscape pattern and structure metrics. *Landscape Ecology*, 10 (1), 23–39. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00158551>
- Sangeetha, M. (2014). Estimating cellphone signal intensity and identifying radiation hotspot area for Tirunelveli taluk using RS and GIS. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 3 (2), 412–418. DOI: <https://doi.org/10.15623/IJRET.2014.0302073>
- Staničič, Z., Veljanovski, T. (1998). Arheološki napovedovalni modeli in GIS. V: M. Krevs (ur.), *Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 1997–1998* (str. 175–193). Ljubljana.
- Triglav Čekada, M., Crosilla, F., Kosmatin Fras, M. (2010). Theoretical lidar point density for topographic mapping in the largest scales. *Geodetski vestnik*, 54 (3), 403–416. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2010.03.403-416>
- Triglav Čekada, M., Lavrič, M., Kosmatin Fras, M. (2017). Ločevanje iglavcev in listavcev na podlagi neobdelane intenzitete laserskih točk. *Geodetski vestnik*, 61 (1), 23–34. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2017.01.23-34>
- Turner, M. G. (1990). Spatial and temporal analysis of landscape patterns. *Landscape Ecology*, 4 (1), 21–30. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02573948>
- Zadnikar, M. (1972). *Srednjeveška arhitektura kartuzijanov in slovenske kartuzije*. Ljubljana: SAZU in DZS.
- Zakon o ratifikaciji Evropske konvencije o krajini. Uradni list RS, št. 19/2003.
- Zakon o varstvu kulturne dediščine. ZVKD-1. Uradni list RS, št. 16/2008.
- Zakšek, K. (2006). Analiza vidnosti s prostorskim kotom odprtega neba. *Geografski vestnik*, 78 (2), 97–109.
- Zavadlav, N., Oštir, K. (2004). Percepcija slovenske planinske transverzale. *Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2003–2004* (str. 285–294). Ljubljana.



Pirnat J., Kopal M. (2018). Vidnost gozdov v okolici Žičke kartuzije kot merilo njihove dediščinske in estetske vloge. *Geodetski vestnik*, 62 (1), 28–38. DOI: [10.15292/geodetski-vestnik.2018.01.28-38](https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.01.28-38)

Izr. prof. dr. Janez Pirnat, univ. dipl. inž. gozd.

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo
in obnovljive gozdne vire
Večna pot 83, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: janez.pirnat@bf.uni-lj.si

Doc. dr. Milan Kopal, univ. dipl. inž. gozd.

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in
obnovljive gozdne vire
Večna pot 83, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: milan.kopal@bf.uni-lj.si