

Daljnovidne preseke v gozdnem prostoru

Transmission Lines Clearings In Forest Areas

Nataša BUSER¹, Milan KOBAL²

Izvleček:

Buser, N., Kobal, M.: Daljnovidne preseke v gozdnem prostoru; Gozdarski vestnik, 77/2019, št. 2. V slovenščini z izvlečkom in povzetkom v angleščini, cit. lit. 25. Prevod Breda Misja, jezikovni pregled slovenskega besedila Marjetka Šivic.

Obravnavali smo vidnost daljnovoda v prostoru in v nadaljevanju prikazali možnost prilagajanja poseka na koridorju daljnovoda, pri čemer smo upoštevali reliefne razmere in različne simulirane višine drevja (od 5 do 35 m). Kot primer smo izbrali odsek obstoječega 220 kV daljnovoda med Hrušico in Postojnskim poljem (skupna dolžina 11.024 m). Vidnosti smo izračunali znotraj radija moteče razdalje (4.100 m). Daljnovidni stebri (skupaj 30) so bili vidni s 33 % površine, različno široke preseke (pri določenih višinah drevja 15, 25 in 35 m) so bile v povprečju vidne s 30,3 % območja. Dolžina gozdnega roba in površina potrebnega poseka sta bili največji pri najvišjih simuliranih višinah drevja. Razlike v površini poseka so se večale linearno, medtem ko so se razlike v dolžini gozdnega roba eksponentno zmanjševale z večjimi simuliranimi višinami drevja.

Ključne besede: daljnovidna preseka, vidnost, gozdni rob, krajina, geoinformatika, daljinsko zaznavanje.

Abstract:

Buser, N., Kobal, M.: Transmission Lines Clearings In Forest Areas; Gozdarski vestnik (Professional Journal of Forestry), 77/2019, vol 2. In Slovenian, abstract and summary in English, lit. quot. 25. Translated by Breda Misja, proofreading of the Slovenian text Marjetka Šivic.

The aim of this paper is to show the possibility of changing visibility of the transmission line, creating powerline clearings and changing the length of forest edge, with respect to terrain conditions and different heights of trees (between 5 and 35 m). The section of transmission line between Hrušica Plateau and Postojna Basin was selected (total length 11,024 m). Visibility was calculated for 30 transmission towers within the radius of disturbing distance (4,100 m). Transmission towers were visible from 33% of the analysed area. The average proportion of the visible area of different transect width was 30.3%. The maximum surface of clearings and the length of forest edge were calculated at the maximum height of trees. The differences in the length of forest edge and surface of removals decreased with the height of trees.

Key words: transmission corridor, visibility, forest edge, landscape, geoinformatics, remote sensing

1 UVOD

1 INTRODUCTION

Daljnovodi in njihovi koridorji so zaradi vse večjih potreb po električni energiji veliki porabniki prostora. Njihovo vključevanje v prostor temelji na varovanju okolja in zahtevah prebivalstva. Zaradi velike gozdnatosti Slovenije in splošnega izogibanja naseljenim območjem daljnovodi pogosto prečkajo gozdni prostor, kjer so daljnovidne preseke velik del odprtih koridorjev. Kot linijski elementi so lahko zaradi velikih dolžin

estetsko moteč dejavnik v prostoru, pomembno pa vplivajo tudi na ekološke in socialne vloge gozda (Majkič, 2011).

Umeščanje daljnovodov v prostor mora zadoščati zahtevam porabnikov prostora, saj je s prečkanjem različnih zemljišč ogrožena njihova raba in zmanjšana vrednost oz. kakovost prostora (Majkič, 2011). Kako opazen je daljnovod, je odvisno od njegovih dimenzij in prostorskih razmer (Jakl in Marušič, 1998). Med prostorskimi dejavniki, ki vplivajo na vidnost, prevladuje razgiban relief,

¹ N. B., GEOVED, inženirske storitve, Nataša Buser, s. p., Slovenja vas 6C, SI-2288 Hajdina 2, natas.buser@gmail.com

² Doc. dr. M. K., Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. Večna pot 83, SI-1000 Ljubljana, Slovenija. milan.kobal@bf.uni-j.si

zaradi velike gozdnatosti Slovenije tudi višina in gostota rastja (Zakšek, 2006). Vpliv je v veliki meri pogojen z intenzivnostjo opazovanja in percepcijo (odnosom) opazovalca do infrastrukturnega objekta. Dejavniki moteče vidnosti se eksponentno zmanjšujejo z oddaljenostjo opazovalca (Mišič in sod., 2010).

Poseke so motenjski koridorji v gozdnem prostoru in povzročajo fragmentacijo krajinske matice ali zaplate (Pirnat, 2007). Na območju gozdov so vzdolž trase daljnovoda gozdne poseke, ki jih je treba vzdrževati. Širina gozdne poseke je odvisna od določene širine varovalnega pasu, lahko pa se razlikuje tudi glede na oblikovanost terena oz. višine vodnikov nad terenom, od višine dreves in od prečnega profila terena (Jakl in Marušič, 1998). Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo IGLG (1976) je v krajinskoureditvenih načrtih trasiranja 380 kV daljnovodov v Sloveniji določil širino preseka glede na višino rastja in višino vodnikov nad tlemi. Razen izgube gozdnih površin, poškodb vegetacijskega pokrova ob spravilu in slabših rastnih razmer ob novem gozdnem robu daljnovodi nimajo večjih negativnih vplivov na gozdni prostor (Kregar in Mandelj, 2009). Za gospodarjenje z gozdom je pozitivna izgradnja dostopnih poti za vzdrževanje posek. Večja odprtost gozdov s prometnicami omogoča optimalnejše gospodarjenje (Kregar in Mandelj, 2009).

V prispevku ugotavljamo, kako so daljnovidni stebri in različno široke daljnovidne preseke, ki nastanejo pri različnih višinah drevja, vidni v prostoru. Raziskali smo tudi, kako širina preseke, z upoštevanjem reliefnih razmer in različnih višin dreves, vpliva na delež gozdnega roba in površino poseka glede na dolžino daljnovidnega koridorja.

2 METODE

2 METHODS

2.1 Objekt raziskave

2.1 Study area

Vidnost in širino daljnovidnega koridorja smo analizirali na izbranem odseku daljnovoda 220 kV Kleče–Divača, med delom Hrušice in Stranami pod Nanosom (Slika 1). Odsek je dolg 11.024 m. Na njem je 30 stebrov (oz. stojnih mest) daljnovoda, s širino koridorja 40 m. Trasa daljnovoda

prečka gozd na petnajstih različnih mestih v skupni dolžini 5.544 m, gozdne površine v okolici odseka daljnovoda obsegajo 71 % površin. Na območju Hrušice prevladuje gozdna krajina z dinarskimi jelovo-bukovimi gozdovi in značilnim visokokraškim reliefom. V nadaljevanju daljnovod poteka preko Postojnskega polja z gozdnato in večinoma kmetijsko krajino. Značilen je valovit rečno-denudacijski relief, prevladujejo bukovi in hrastovi gozdovi, ki so ponekod zasmrečeni.

2.2 Analiza vidnosti

2.2 Visibility analysis

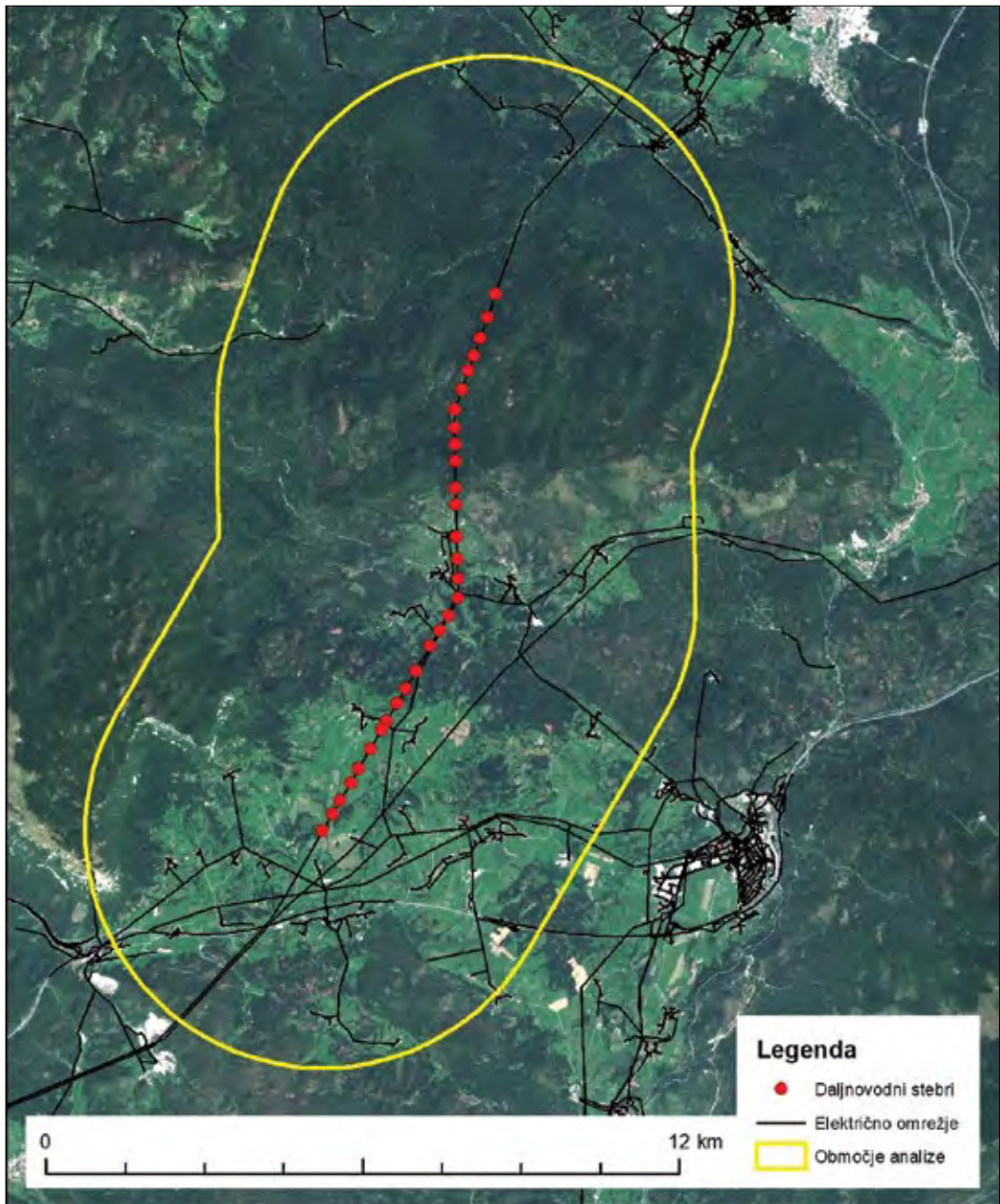
Celotno analizo vidnosti in računanje različnih širin preseke smo izvedli v programskem okolju ArcGIS. Program zajema zbirko aplikacij, namenjeno urejanju, obdelavi, prikazu in objavi geografskih podatkov. Za izdelavo digitalnega modela reliefa (v nadaljevanju DMR) in površja (v nadaljevanju DMP), ki sta bila podlaga pri nadaljnjem delu, smo uporabili podatke laserskega skeniranja Slovenije (Bric in sod., 2015). Geografski informacijski sistemi (GIS) se uporabljajo pri načrtovanju daljnovodov (Grassi in sod., 2014; Bagli in sod., 2011), v številnih primerih pa se lahko kot podpora laserskega skeniranja uporabljajo pri vzdrževanju daljnovidnih koridorjev (Bilc, 2002; Lovrenčič in sod., 2003; Kurinsky, 2013).

2.2.1 Analiza vidnosti daljnovidnih stebrov

2.2.1 Visibility analysis of the transmission towers

Pri analizi vidnosti (angl. visibility analysis) smo z modelom vizualizacije ugotavljali, katera območja (preseke) in objekti (daljnovidni stebri) so vidni z določene lokacije. Digitalizirali smo izbrani odsek trase daljnovoda. V podlagi analize vidnosti daljnovidnih stebrov smo uporabili izdelano karto DMP s prostorsko ločljivostjo 5×5 m. Upoštevali smo naslednje parametre: višino daljnovidnih stebrov (27 in 32 m), višino opazovalca (1,75 m) in (motečo) razdaljo oz. radij, do katere sega analiza. Za slednji parameter smo izračunali motečo razdaljo na podlagi kartografsko določenega vidnega (o) kota v odvisnosti od velikosti objekta (G) in opazovane razdalje (g) (Obrazec 1).

$$g = G / \tan \alpha \quad (1)$$



Slika 1: Prikaz analiziranega območja na satelitskem posnetku (Copernicus ..., 2017)

Figure 1: Display of the analysed area on a satellite image (Copernicus ..., 2017)

Preglednica 1: Izračun moteče razdalje za daljnovidni steber**Table 1:** Calculation of disturbing distance for transmission towers

Objekt	Geometrija	Najmanjši vidni kot	Višina	Moteča razdalja
Napenjalni / kotni steber	votel kvadrat	0,2247 °	27 m	3442 m
Nosilni steber	votel kvadrat	0,2247 °	32 m	4079 m

V Preglednici 1 so prikazani podatki o stebrih, minimalnem vidnem kotu in izračunani moteči razdalji. Na podlagi izračunov smo vidnost analizirali znotraj radija 4.100 m od osi trase daljnovođa. Rezultate smo prikazali s karto vidnosti, na kateri so prikazana območja, ki niso vidna z nobene opazovane točke (vidnost = 0), ter tista območja, ki so vidno izpostavljena (vidnost > 0). Območja smo razdelili v velikostne razrede glede na število vidnih stebrov in izračunali njihovo površino.

2.2.2 Analiza vidnosti različno širokih daljnovidnih presek

2.2.2 Visibility analyses of clearings of different widths

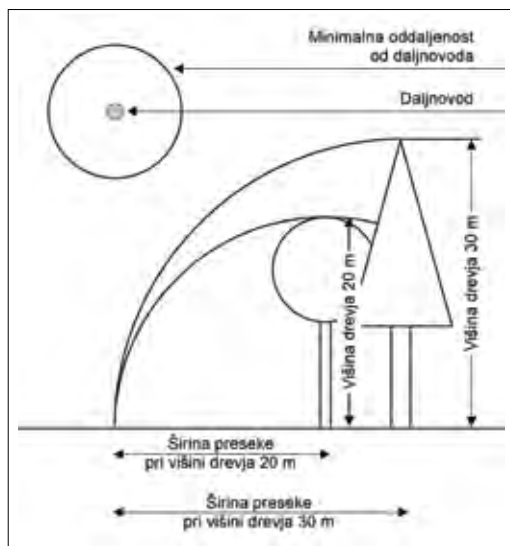
Za izračun vidnosti preseke smo uporabili karto rabe tal (Javni pregledovalnik..., 2016) in izločili gozdove. Na gozdnih površinah smo nato višinam

z DMR prišteli različne višine dreves – 15, 25 in 35 m – ter določili širino preseke. Za vsako določeno širino preseke in za enoten koridor, širine 40 m, smo izračunali vidnost daljnovidne preseke. Pri računanju vidnosti preseke smo za višino opazovane točke določili tla, torej 0 m.

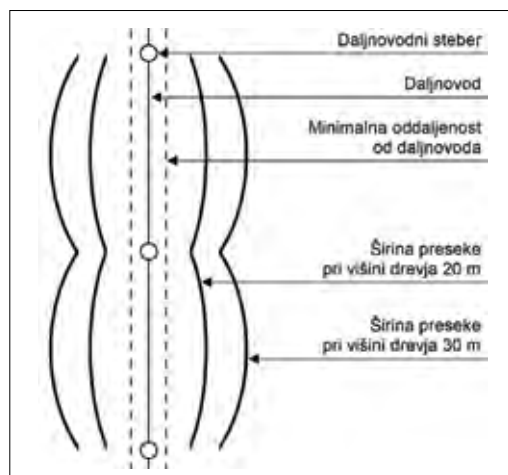
2.2.3 Izračun širine preseke daljnovođa in dolžine gozdnega robu

2.2.3 Calculation of width of clearings and length of forest edge

Širino daljnovidne preseke in dolžino gozdnega robu vzdolž daljnovidnega koridorja smo izračunali glede na različne simulirane višine drevja (5, 10, 15, 20, 25, 30 in 35 m). Pri tem smo upoštevali različne reliefne razmere (DMR) in izračunali povprečne električne vodnikov za vsak meter razpetine med dvema stebroma. Okoli vodnika smo upoštevali varnostno oddaljenost 5 m. Izračunali smo razdalje med vodnikom (skupaj z varnostno



Slika 2: Prikaz izračuna oddaljenosti vodnika od dreves
Figure 2: Example of the calculation of the distance of the transmission line from trees

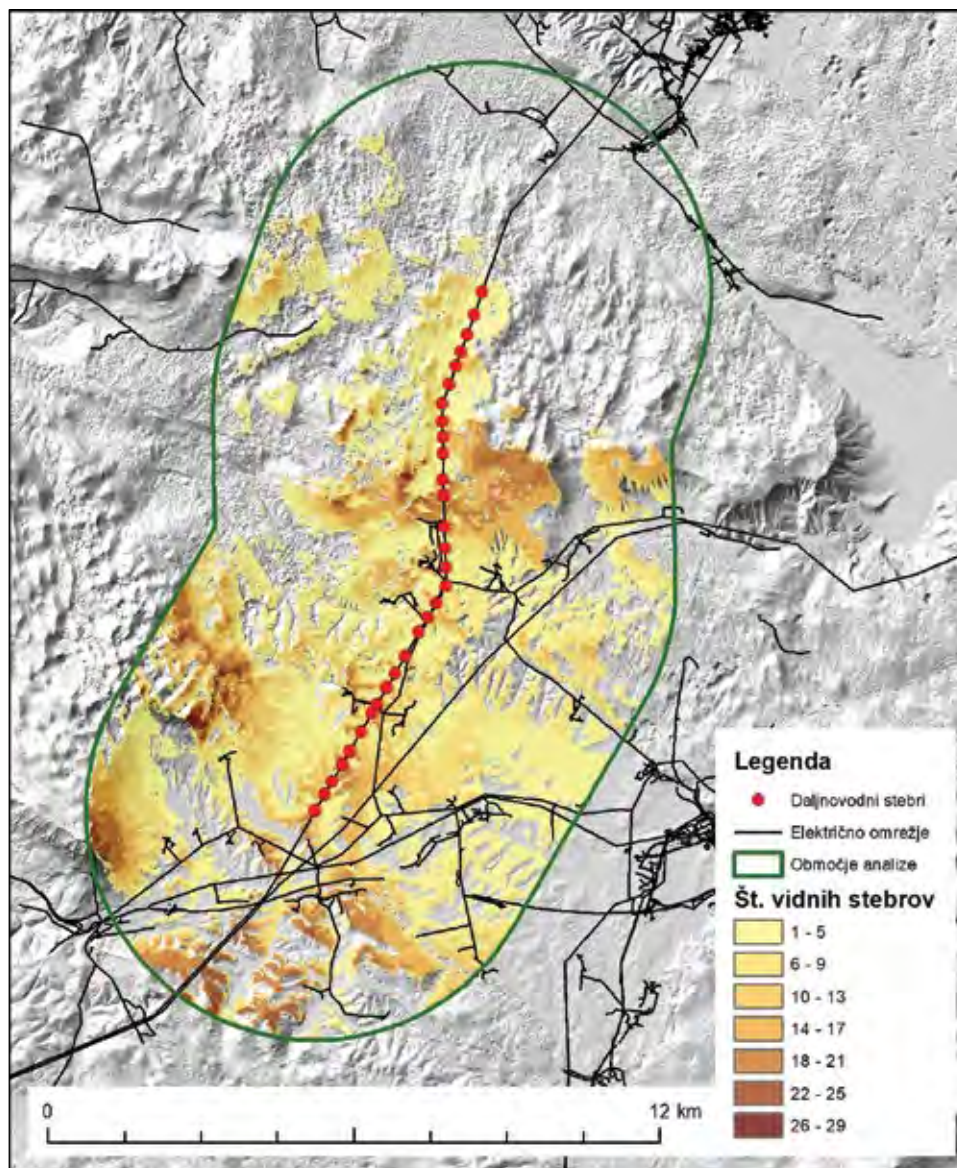


Slika 3: Prikaz izračuna oblike daljnovidne preseke
Figure 3: Example of the calculation of the transmission line clearings

oddaljenostjo) in tlemi oz. podlago DMR (grafični prikaz izračuna na Slikah 2 in 3). Rastrsko podlago DMR, ločljivosti 5×5 m, smo spremenili v točkovni sloj, vsako točko vodnika (vsak meter) povezali s točkami tal in izračunali razdalje v 3D prostoru. Širino izračuna smo omejili na 40 m na vsako stran vodnika.

Za prikaz območja, potrebnega poseka na trasi, glede na različne simulirane višine drevja (Sliki 2

in 3), smo ustvarili poligone. Posamezni poligon prikazuje vse točke na tleh, kjer je razdalja med vodnikom in tlemi – skupaj z dodano višino dreves – manjša od določene višine drevja (npr. 35 m za drevje, višine 30 m in 5 m varnostne razdalje). Upoštevali smo samo mesta poseka, večja od 500 m^2 . Površina poligonov tako prikazuje posekana območja na trasi, njihov obseg pa dolžino in obliko gozdnega roba.



Slika 4: Vidnost daljnovodnih stebrov

Figure 4: Visibility of the transmission towers

3 REZULTATI

3 RESULTS

3.1 Vidnost daljnovidnih stebrov

3.1 Visibility of the transmission towers

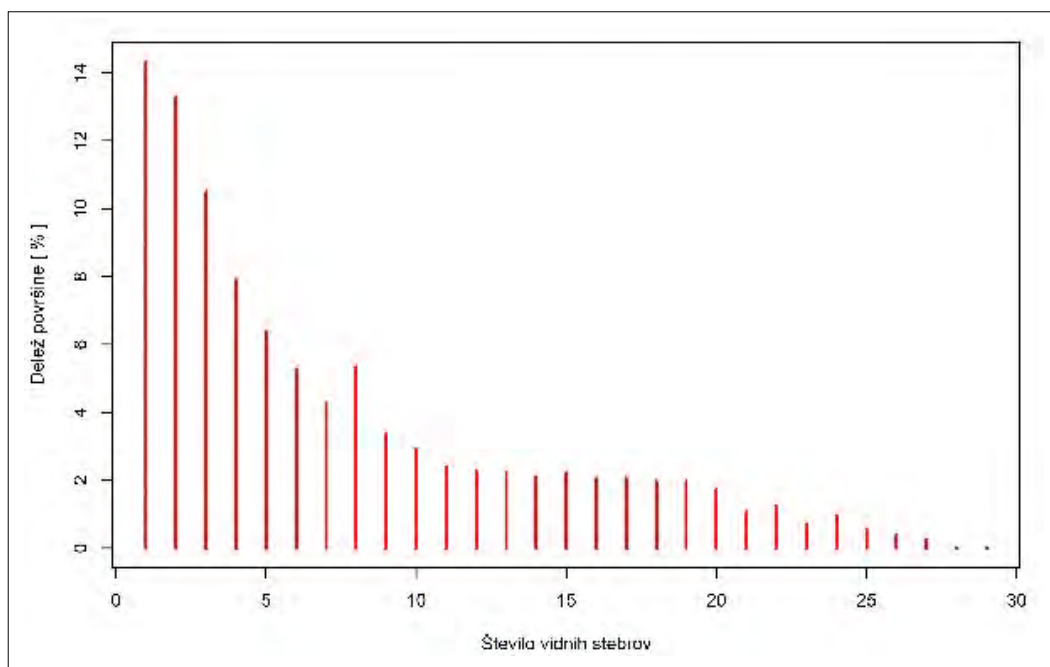
Na izbranem odseku daljnovoda je območje analize vidnosti znotraj moteče razdalje 4.100 m skupaj obsegalo 14.301,4 ha. Daljnovidni stebri so bili vidni s 4.823,3 ha velike površine oz. 33,7 % obravnavanega območja znotraj moteče razdalje (Slika 4).

Na sliki 5 je prikazano spreminjanje velikosti območja, s katerega so vidni daljnovidni stebri. Na vodoravni osi je podano število stebrov, navpična os pa prikazuje odstotek površine območja, od koder je vidno določeno število daljnovidnih stebrov. S 14,35 % površine izračunanega območja (692,1 ha) je viden en steber, sledita območji z dvema vidnima (640,9 ha) in tremi (506,4 ha) vidnimi stebri. Z najmanj območij (0,37 ha) je vidnih 29 stebrov. To je tudi največje izračunano število vseh vidnih stebrov v prostoru (med 30 stebri na celotni trasi, ki so bili vključeni v analizo). Razvidno je eksponentno zmanjševanje površine z več stebri.

3.2 Vidnost različnih širin daljnovidne preseke

3.2 Visibility analysis of clearings of different widths

Izračunali smo velikost območja, s katerega so vidne različno široke daljnovidne preseke, ki bi nastale ob predpostavljenih višinah drevja 15, 25 in 35 m in vidnost preseke za enoten daljnovidni koridor, širine 40 m. Preglednica 2 prikazuje površino in delež površin različnih širin preseke. Največje območje vidnosti daljnovidne preseke (4.395,9 ha) zavzema največja širina preseke, ki nastane pri višini drevja do 35 m. Površine območja, s katerega so vidne različno široke preseke, se razlikujejo največ za 114,3 ha (to je razlika med površino območja, s katere je vidna preseka, ki bi nastala v primeru višine drevja 35 m, ter površino območja, s katere je vidna preseka, ki bi nastala v primeru višine drevja 15 m). Glede na površino celotnega območja znotraj moteče razdalje je ta razlika manjša od 1 %.



Slika 5: Spreminjanje velikosti območja, s katerega je vidno določeno število daljnovidnih stebrov.

Figure 5: Changes of area from where different numbers of transmission towers are visible.

Preglednica 2: Površina in delež območja, s katerega so vidne različne širine preseke
Table 2: Area and proportion of area from which clearings of different widths are visible.

Višina drevja	Velikost območja, s katerega so vidne različne širine preseke	Delež
0–15 m	4.281,6 ha	29,9 %
0–25 m	4.347,3 ha	30,4 %
0–35 m	4.395,9 ha	30,7 %
Koridor 40 m	4.327,5 ha	30,3 %

3.3 Površine presekov in dolžine gozdnega roba

3.3 Area of clearings and length of forest edge

Daljnovidne preseke zavzemajo določen delež gozdnega prostora, kjer poteka trasa. V Preglednici 3 je prikazano spreminjanje površine preseke in spreminjanje skupne dolžine gozdnega roba glede na višino drevja na območjih, kjer trasa daljnovoda poteka skozi gozdni prostor. Število različnih območij poseka prikazuje, na koliko različnih lokacijah bi bil potreben posek in se zmanjšuje z višjimi simuliranimi višinami drevja, s posameznimi odstopanji pri 5 in 15 m visokem drevju. Površina poseka se z višjimi simuliranimi višinami drevja povečuje linearno. Pri skupni dolžini gozdnega roba se razlike v vrednostih pri višinah drevja nad 20 m znatno zmanjšajo.

4 RAZPRAVA IN ZAKLJUČKI

4 DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Daljnovidni stebri so bili pričakovano vidni z večjega deleža površine znotraj radija moteče razdalje, saj smo pri računanju vidnosti uporabili parameter višine objekta. Višina daljnovidnih stebrov je na nekaterih delih segala nad vegetacijski pokrov. Tako se je površina vidnosti stebra povečala, čeprav je bil v takih primerih viden zgolj zgornji del stebra. Pri računanju vidnosti preseke smo se omejili na območja gozdov, kot višino objekta pa smo v tem primeru upoštevali le višino tal. Višine drevja smo določili sami in jih prišteli digitalnemu modelu reliefa, medtem ko smo pri računanju daljnovidnih stebrov v podlagi uporabili model površja, ki vsebuje podatke o pokrovnosti površja. Neposredna primerjava površine območji vidnosti v našem primeru tako ni najustreznejša.

Preglednica 3: Spreminjanje dolžine gozdnega roba in površine poseke pri izbranih različnih višinah drevja
Table 3: Changing the length of the forest edge and the clearing area at selected different heights of trees.

Višina drevja	Število različnih območij poseka	Skupna dolžina gozdnega roba	Razlika v dolžini gozdnega roba glede na višino drevja 35 m	Skupna površina poseke	Razlika v površini poseka glede na višino drevja 35 m
5 m	6	1.936 m	60,9 m	0,7 ha	88,4 ha
10 m	16	4.960 m	52,2 m	4,3 ha	63,3 ha
15 m	20	10.388 m	19,6 m	11,7 ha	41,5 ha
20 m	14	12.925 m	6,5 m	20,0 ha	26,7 ha
25 m	12	13.819 m	5,7 m	27,3 ha	19,7 ha
30 m	11	14.651 m	4,1 m	34,0 ha	14,8 ha
35 m	10	15.279 m	–	39,9 ha	–

Ocenjujemo, da je bila vidnost daljnovoda na območjih gozdov manjša tako v neposredni bližini daljnovoda kot tudi z bolj oddaljenih območij. Gozd je izrazita vidna prepreka kljub višini daljnovodnih stebrov, ki segajo nad sestožno višino (Ady in sod., 1979). Ko so stebri vidni delno, njihova moteča vidnost ni tako izrazita, kot je na območjih, kjer so stebri vidni v celoti (Mišič in sod., 2010).

Glede na karte vidnosti so bili daljnovidni stebri in različne širine daljnovodnih presek na izbranem odseku (območja Postojnskega polja) izrazito bolj vidni z višje ležečih predelov; s pobočij Nanosa in Hrušice. V takih primerih so daljnovidni stebri vidni skoraj v celoti. Gozd in druge geomorfološke oblike (valovit teren) na takih območjih zaradi višinske razlike ne pomenijo izrazitejše vidne prepreke. V našem primeru taka območja niso bila v neposredni bližini daljnovoda. Po navedbah Mišiča in sod. (2010) vpliv moteče vidnosti ni tako izrazit, saj se le-ta z oddaljenostjo eksponentno zmanjšuje. Prav tako se vidnost v prostoru spreminja ves čas, bodisi zaradi atmosferskih dejavnikov (Zakšek, 2006) ali spreminjanja krajine (npr. krčitve gozda ob daljnovodu, postavitve novih objektov itn.) (Mišič in sod., 2010).

Pri posegih v koridorju daljnovoda (varovalni pas) višina vegetacije značilno vpliva na površino poseka in delež gozdnega robu (Guggenmoos in Sullivan, 2008). Razlike so odvisne predvsem od geomorfoloških značilnosti terena, kjer poteka daljnovod, in od tipa gozda (gozdne združbe), kjer je potreben posek. Slednji se tako lahko prilagaja pričakovanim sestojnim višinam in povšom vodnikov (Vardjan, 1976).

Tako kot so območja poseka prikazana v tlorisu, se slika lahko prenese v oblikovanje gozdnega robu v narisu. Glede na simulirano višino dreves oz. sestožno višino in obliko površja območja prikazujejo različne cone gozdnega robu. Tako se npr. na delih, kjer je izračunan posek 20 m drevja, lahko načrtno pušča grmovno plast in podstojna drevesa do višine 15 m. Na tak način se gozdni rob postopno oblikuje v primerno obliko, širina preseke se zmanjša oz. se prilagaja varnostni oddaljenosti od vodnikov (Vardjan, 1976).

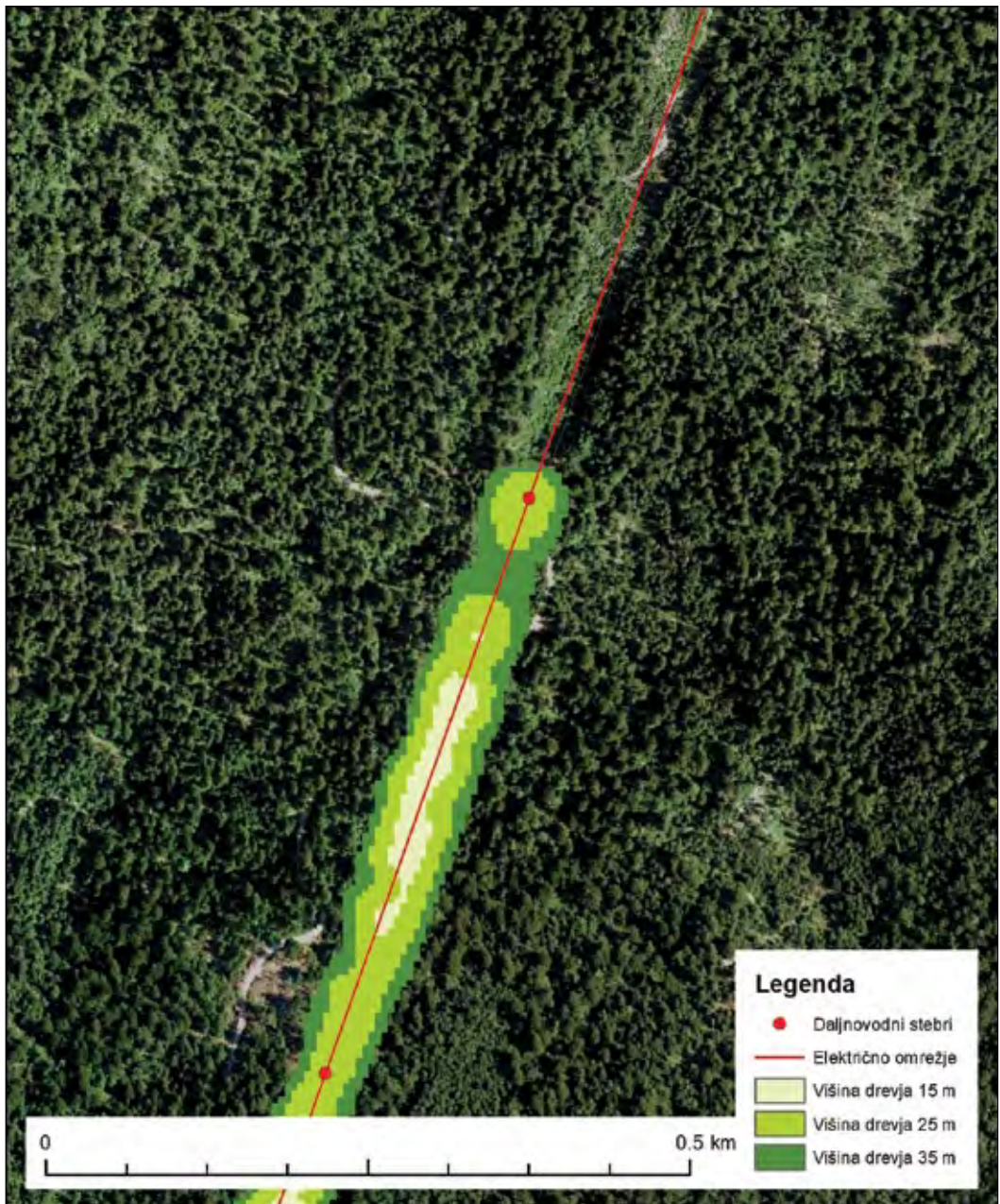
Upoštevanje drevesne višine in reliefnih značilnosti lahko zmanjša posek na območju koridorja daljnovoda (Slika 6). Pri prečkanju dolin in drugih nižje ležečih reliefnih oblik posek velikokrat ni potreben; ni nujen v celotnem koridorju, ampak samo na določenih delih (nastanek zaplat). Pri tem je treba upoštevati dostopnost za vzdrževalna dela na daljnovodu (Zupančič, 1976). Na takih delih daljnovodna preseka izgubi značilnosti koridorja, gozdna matica ostane v enotni obliki (Pirnat, 2007). Pri tem se zmanjša učinek moteče vidnosti in drugih negativnih ekoloških učinkov (npr. območja prehodov divjadi) (Vardjan, 1976).

Gozdni robovi ob koridorjih daljnovodov ponujajo možnosti za obogatitev krajine v ekološkem pogledu. Pravilno strukturirani gozdni robovi so ugodni v estetskem pogledu in ublažijo posege v krajino. Pravilno oblikovan gozdni rob je vidna prepreka in zmanjšuje motečo vidnost daljnovoda v prostoru. Oblikovanje gozdnega robu je zato največkrat oziroma edina najbolj smotrna izraba daljnovodnega koridorja, ki prečka gozdne površine. Zaradi pomena, ki ga ima gozdni rob, njegov obstoj ne sme biti prepuščen naključju in mora biti vedno vključen v gozdarsko načrtovanje na vseh ravneh (Smole, 1976).

5 POVZETEK

Prikazali smo metodo računanja vidnosti daljnovoda v prostoru ter spreminjanje dolžine gozdnega robu in površine poseka na območju daljnovodnih koridorjev z upoštevanjem reliefnih razmer in različnih višin drevja. Izbrali smo metodo dela z GIS-orodji (program ArcGIS) in uporabili javno dostopne podatke laserskega skeniranja Slovenije ter karto rabe tal. Izbrali smo odsek trase daljnovoda 220 kV Kleče–Divača, na območju Hrušice (gozdna krajina) in Postojnskega polja (gozdnata in kmetijska krajina). Skupna dolžina odseka je 11.024 m, v analizi je bilo vključenih 30 stojnih mest. Trasa daljnovoda na dolžini 5,5 km poteka skozi gozdne površine.

Velikost analiziranega območja smo določili na podlagi izračunane razdalje moteče vidnosti v radiju 4.100 m okoli trase daljnovoda. Celotno območje računanja vidnosti je obsegalo 14.301,4 ha veliko površino. Območje, s katerega so vidni daljnovidni stebri, je obsegalo 33,7 % izračunane



Slika 6: Spreminjanje širine daljnovodne preseke z upoštevanjem različnih višin drevja in reliefa (namenoma je prikazan del, kjer se je naša analiza zaključila, da je viden koridor enotne širine)

Figure 6: Changing the width of the clearings, taking into account the different heights of the trees and the relief (we deliberately show the edge of our study site to demonstrate the corridor of a uniform width)

površine. Povprečni delež območja, s katerega so bile vidne različne širine preseke, ki nastanejo pri višinah drevja 15, 25 in 30 m, je bil 30,3 %. Za izračun potrebnega poseka smo izračunali povese električnih vodnikov in upoštevali varnostno oddaljenost. Izračunali smo razdaljo med vodniki in tlemi. Podlagi digitalnega modela reliefa smo za območje gozdov (karta rabe tal) prišteli različne višine dreves; od 5 do 35 m. Število lokacij poseka se je zmanjševalo z višjimi simuliranimi višinami drevja. Pri računanju smo upoštevali mesta poseka, večja od 500 m². Dolžina gozdnega robu in površina potrebnega poseka sta bili pričakovano največji pri najvišjih simuliranih višinah drevja. Razlike v površini poseka so se večale linearno, medtem ko so se razlike v dolžini gozdnega robu eksponentno zmanjševale z večjimi simuliranimi višinami drevja.

5 SUMMARY

We presented the method of transmission tower visibility in the space as well as changing of the forest edge length and felling area in the zone of transmission line corridors with regard to terrain conditions and diverse tree heights. We selected GIS tools working method (ArcGIS program) and used publically accessible laser scanning data of Slovenia and land use map. We chose a section of transmission line 220 kV Kleče–Divača in the area of Hrušica (forest landscape) and Postojna Field (forest and agricultural landscape). Total length of the section was 11.024 m; the analysis comprised 30 transmission tower positions. The transmission line ran through forest landscape at the length of 5.5 km.

We determined the size of the analyzed area on the basis of the calculated distance of disturbing visibility in the radius 4,100 m around the transmission line. The whole visibility calculation area comprised a surface of 14,301.4 ha. The area where the transmission towers were visible from comprised 33.7 % of the calculated surface. The average proportion of the area where diverse transect widths, occurring at tree heights of 15, 25 and 30 m, was 30.3 %. For the calculation of the needed felling, we calculated sags of electrical conductors and took safety distance into account.

We calculated the distance between conductors and ground. For the forest area (land use map) we added diverse tree heights – from 5 to 35 m – to the basis of the digital model of the relief. The number of the clearing locations decreased with higher simulated tree heights. In our calculations, we took into account clearing locations, larger than 500 m². The length of forest edge and the surface of the necessary clearing were, as expected, the highest at the highest simulated tree heights. The differences in the clearing surface increased linearly, while the differences in the length of forest edge decreased exponentially with higher simulated tree heights.

6 VIRI

6 REFERENCES

- Ady J., Brian A., Jones R. G. 1979. A Visual Resource Management Study of Alternative Dams, Reservoirs and Highway and Transmission Line Corridors near Copper Creek, Washington: Copper Creek Environmental Assessment: final environmental report. City of Seattle, Department of Light: 8 str.
- ArcGIS Desktop Help <http://doc.arcgis.com/en/arcgis-online/> (21. avgust 2015).
- Bagli S., Geneletti D., Orsi F. 2011. Routeing of power lines through least – cost path analysis and multicriteria evaluation to minimise environmental impacts. *Environmental Impact Assessment Review*, 31: 234–239.
- Bilc A. 2002. Ali dobiva klasična fotogrametrija konkurenco? Poročilo o prvem prijektu LIDAR v Sloveniji. *Geodetski vestnik*, 46, 4: 440–410.
- Bric V., Berk S., Oven K., Triglav Čekada M. 2015. Aerofotografiranje in aerolasersko skeniranje Slovenije. Raziskave s področja geodezije in geofizike 2014. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije.
- Copernicus open access hub. 2017. ESA, Copernicus. <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home> (8. 1. 2017).
- Grassi S., Friedli R., Grangier M., Raubal M. 2014. A GIS - Based Process for Calculating Visibility Impacy from Bulidings During Transmission Line Routing. V: *Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*. Cartwright W., Gartner G., Meng L., Peterson M. P. (ur.). Zurich, Springer International Publishing: 382 – 402.
- Guggenmoos S., Sullivan T. E. 2008. Outside Right – of – Way Tree Risk Along Electrical Transmission Lines. <http://www.experts.com/Articles/Outside-RightofWay-Tree-Risk-Along-Electrical->

- Transmission-Lines-By-Siegfried-Guggenmoos (17. junij 2016).
- Jakl F., Marušič J. 1998. Načrtovanje in krajinsko oblikovanje koridorjev daljnovodov in cevnih vodov: priročnik. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Urad Republike Slovenije za prostorsko planiranje: 124 str.
- Javni pregledovalnik grafičnih podatkov MKGP. <http://rkg.gov.si/GERK/> (18. 8. 2016)
- Kregar A., Mandelj M. 2009. Ukrepi zmanjševanja vplivov novih prenosnih daljnovodov na okolje. V: 9. Konferenca slovenskih elektroenergetikov - CIGRE: zbornik prispevkov. Kranjska Gora, 2009: 3–4.
- Kurinsky B. 2013. Power line corridor vegetation management: clearing a path to reliable electric service using lidar: a thesis presented to the department of humanities and social science in candidacy for the degree of master of science. Missouri, Northwest Missouri State University Maryville: 117 str.
- Lapajne R. 1973. Gozdne preseke pod daljnovodi kot gozdnogospodarski pomen: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo). Ljubljana, samozaložba: 56 str.
- Lovrenčič V., Pirc A., Žiberna M., Marinšek M., Tomažič R., Barl B. 2003. Lasersko snemanje daljnovodov. V: 6. konferenca slovenskih energetikov - Portorož 2003. Cigre B2: 37–40.
- Majkič M. 2011. Umeščanje daljnovodov v prostor: magistrsko delo. (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo). Ljubljana, samozaložba: 212 str.
- Miller M. L. 2011. Analysis of Viewshed Accuracy with Variable Resolution LIDAR Digital Surface Models and Photogrammetrically- Derived Digital Elevation Models: Master of Science in Geography. Virginia Polytechnic Institute and State University Blacksburg: 98 str.
- 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: 26 str.
- Mišič T., Vizovšek Motaln M. 2006. Analiza vidnosti kot strokovna podlaga pri izdelavi študije ranljivosti na primeru variant daljnovođa črpalne hidroelektrarne Kozjak. V: Mišičev vodarski dan 2006, Aktualni projekti s področja upravljanja z vodami in urejanje voda: zbornik prispevkov: 81–87.
- Pirnat J. 2007. Krajinska ekologija: skripta. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška Fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire (neobjavljeno).
- Roženberger D., Rugani T., Fidej G., Diaci J. 2013. Ekološki vidiki ter vpliv krčitev na gozd in njegove varovalne funkcije. V: XXX. Gozdarski študijski dnevi: pogledi gozdarstva na krčitve gozdov: zbornik prispevkov. Pirnat J. (ur). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 28–30.
- Smole I. 1976. Ekološka problematika oblikovanja in ureditve koridorjev 380 kV daljnovođa v Sloveniji. V: Oblikovanje in ureditev koridorjev 380 kV Daljnovođa v Sloveniji: elaborat. Ciglar M. (ur.) in Kuder M. (ur). Ljubljana, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo pri Biotehnični fakulteti v Ljubljani: 61–90.
- Triglav Čekada M. 2011. Možnosti uporabe zračnega laserskega skeniranja (LIDAR) za geomorfološke študije. Geografski vestnik, 83, 2: 81–93.
- Vardjan F. 1976. Krajinsko- ureditvena izhodišča za trasiranje in oblikovanje koridorjev 380 kV Daljnovođa v Sloveniji. V: Oblikovanje in ureditev koridorjev 380 kV Daljnovođa v Sloveniji: elaborat. Ciglar M. (ur.) in Kuder M. (ur). Ljubljana, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo pri Biotehnični fakulteti v Ljubljani: 5–61.
- Zakšek K. 2006. Analiza vidnosti s prostorskim kotom odprtega neba. Geografski vestnik, 78, 2: 97–109.
- Zupančič M. 1976. Gozdni rob na koridorjih 380 kV daljnovođa v Sloveniji. V: Oblikovanje in ureditev koridorjev 380 kV Daljnovođa v Sloveniji: elaborat. Ciglar M. (ur.) in Kuder M. (ur). Ljubljana, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo pri Biotehnični fakulteti v Ljubljani: 90–123.