

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN
OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Nataša BUSER

**DALJNOVODNE PRESEKE V GOZDNEM
PROSTORU**

MAGISTRSKO DELO

Magistrski študij – 2. stopnja

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Nataša BUSER

DALJNOVODNE PRESEKE V GOZDNEM PROSTORU

MAGISTRSKO DELO
Magistrski študij – 2. stopnja

TRANSMISSION LINES IN THE FOREST AREAS

M. Sc. THESIS
Master Study Programmes

Ljubljana, 2016

Magistrsko delo je zaključek magistrskega študijskega programa druge stopnje Gozdarstva in upravljanja gozdnih ekosistemov. Opravljeno je bilo na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani.

Komisija za študijska in študentska vprašanja Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF je dne 6. 4. 2016 sprejela temo in za mentorja diplomskega dela imenovala doc. dr. Milana Kobala, za recenzenta pa prof. dr. Jurija Diacija.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Podpisana izjavljam, da je magistrsko delo rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Nataša Buser

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Du2
DK	GDK 917:585(043.2)=163.6
KG	daljnovodna preseka/vidnost/gozdni rob/GIS
AV	BUSER, Nataša
SA	KOBAL, Milan (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
LI	2016
IN	DALJNOVODNE PRESEKE V GOZDNEM PROSTORU
TD	Magistrsko delo (magistrski študij – 2. stopnja)
OP	IX, 59 str., 8 pregl., 17 sl., 9 pril., 47 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	

Obravnavali smo vidnost daljnovodnih presek, spreminjanje dolžine gozdnega robu in površine poseka ob upoštevanju različnih višin dreves (med 15 in 35 m). Izbrana metoda dela je potekala v GIS programih. Namen naloge je bil prikaz možnosti oblikovanja daljnovodne poseke in spreminjanje vidnosti različnih širin preseke v okolici. Izbran je bil odsek daljnovoda med planoto Hrušice in Postojnskim poljem, v dolžini 11024 m, v analizi je bilo vključenih 30 stojnih mest. Območje s katerega so vidni daljnovodni stebri, je obsegalo 33,7 % oz. 4823,3 ha izračunane celotne površine. Povprečni delež območja, s katerega so vidne različne širine preseke, je bil 30,3 %. Z največ površin (14,3 %) je bil viden samo en steber. Območje, s katerega sta vidni varianti trase 1 in 2 (šest določenih stebrov), obsega 2395,1 ha oz. 3586,2 ha veliko površino, slednja je glede na obstoječo traso vidna z največ območij. Območje, s katerega so vidne različne širine preseke pri določenih višinah drevja (15, 25 in 35 m) je v povprečju obsegalo 4338 ha. Enotna širina koridorja 40 m je bila vidna s 4327,5 ha. Število lokacij poseka se je zmanjševalo z velikostjo dreves. Največja površina poseka (39,9 ha) in dolžina gozdnega robu (15 km) sta bili pri višini drevja 35 m in najmanjši pri višini 5 m (1,9 km in 0,7 ha). Razlike v dolžini gozdnega robu in površini poseka so se zmanjševale z višino drevja.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN	Du2
DC	FDC 917:585(043.2)=163.6
CX	transmission corridor/visibility/forest edge/GIS
AU	BUSER, Nataša
AA	KOBAL, Milan (supervisor)
PP	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
PB	University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of forestry and renewable forest resources
PY	2016
TI	TRANSMISSION LINES IN THE FOREST AREAS
DT	M. Sc. thesis (Master Study Programmes)
NO	IX, 59 p., 8 tab., 17 fig., 9 ann., 47 ref.
LA	sl
AL	sl/en
AB	

The purpose of the thesis was to show the possibility of changing visibility of transmission line, creating powerline clearings and changing the length of forest edge, taking into account the different heights of trees (between 5 and 35 m). The section of transmission line between Hrušica plateau and Postojna basin was selected. The length of section was 11.024 m. The analysis included 30 standing places. Viewport of transmission towers covered 33,7 % (4823,3 ha) of total calculated area. The viewport of two imaginary spatial placements of transmission line covered 2395,1 ha and 3586,2 ha. The viewport of the second variant was greater than the viewport of existing transmission line. The average proportion of the visible area of different transect width was 30,3 %. The area of visibility comprised 4395,5 ha, at specified height of trees 35 m. Unified width of corridor (40 m) was evident with 4327,5 ha. Number of harvest locations has decreased with the size of the trees. Maximum surface of clearings (39,9 ha) and the length of forest edge (15 km) was calculated for height of trees of 35 m. The differences in the length of forest edge and surface of removals has decreased by the height of trees.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
KAZALO PRILOG	IX
1 UVOD	1
1.1 NAMEN NALOGE IN DELOVNE HIPOTEZE	2
2 PREGLED LITERATURE	3
2.1 DALJNOVOD	3
2.2 UMEŠČANJE DALJNOVODA V PROSTOR	3
2.3 VIDNOST DALJNOVODA IN STEBROV	5
2.4 DALJNOVODNE PRESEKE IN FRAGMENTACIJA	9
2.5 GOZDNI ROB	11
2.6 LIDAR V ANALIZI VIDNOSTI DALJNOVODOV	15
3 OBMOČJE RAZISKAVE	16
3.1 GOZDOVI NA OBMOČJU RAZISKAVE	16
3.2 ZNAČILNOSTI DALJNOVODA NA OBMOČJU RAZISKAVE	21
4 METODE DELA	22
4.1 AREOLASERSKO SKENIRANJE POVRŠJA	22
4.2 PROGRAMSKA OPREMA ARCGIS	24
4.3 UREJANJE LIDAR PODATKOV	25
4.4 DIGITALIZACIJA TRASE DALJNOVODA	26
4.5 ANALIZA VIDNOSTI	26
4.5.1 Določanje moteče razdalje	27
4.5.2 Izračun vidnosti stebrov	29
4.5.3 Izračun vidnosti daljnovidne preseke	29
4.6 IZRAČUN ŠIRINE PRESEKE DALJNOVODA IN DOLŽINE GOZDNEGA ROBU	30

4.6.1 Izračun povesov vodnikov	31
4.6.2 Izračun širine preseke in dolžine gozdnega robu	32
5 REZULTATI.....	34
5.1 ANALIZA VIDNOSTI DALJNOVODA	34
5.1.1 Območja vidnosti daljnovodnih stebrov	34
5.1.2 Vidnost izmišljenih variant trase.....	37
5.1.3 Vidnost različnih širin daljnovodne preseke	38
5.2 SPREMINJANJE POVRŠINE DALJNOVODNE PRESEKE IN DOLŽINE GOZDNEGA ROBU	39
5.2.1 Prikaz spreminjanja površine preseke in dolžine gozdnega robu	39
5.2.2 Analiza površine presek in dolžine gozdnega robu.....	40
5.3 KARTE VIDNOSTI DALJNOVODNIH STEBROV IN DALJNOVODNE PRESEKE	43
6 RAZPRAVA IN SKLEPI.....	44
6.1 SKLEPI.....	51
7 POVZETEK	52
8 VIRI.....	54
 ZAHVALA	 60
PRILOGE.....	61

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Širina gozdne preseke na ravnem terenu v odvisnosti od višine dreves in višine vodnikov nad zemljo (Vir: Vardjan, 1976; cit. po Jakše, 1976).....	10
Preglednica 2: Širina gozdne preseke za srednjo strmino (naklon $\alpha = 16^\circ$) v odvisnosti od višine dreves in višine vodnikov nad zemljo (Vir: Vardjan, 1976; cit. po Jakše, 1976).....	10
Preglednica 3: Izračun moteče razdalje za daljnovodni steber.	29
Preglednica 4: Podatki o vodnikih za daljnovod 220 kV.	31
Preglednica 5: Površina in delež območja, s katerega so vidni daljnovodni stebri.....	35
Preglednica 6: Površna vidnih območij daljnovodnih stebrov na določenih variantah trase.	37
Preglednica 7: Površina in delež območja, s katerega so vidne različne širine preseke.	38
Preglednica 8: Spreminjanje dolžine gozdnega robu in površine poseke pri izbranih različnih višinah drevja	40

KAZALO SLIK

Slika 1: Prizadetost vidnega okolja v odvisnosti od oddaljenosti (Vir: Mišič in sod., 2010).	7
Slika 2: Prikaz zastiranja pogleda z vidno prepreko (Vir: Mišič in sod., 2010).	8
Slika 3: Primer oblikovanja gozdnega robu (Vir: Zupančič, 1976).	12
Slika 4: Prikaz poteka trase daljnovoda Kleče – Divača med delom hribovja Hrušice in Stranami.	16
Slika 5: Odsek trase proti Hrušici (foto N. Buser).	17
Slika 6: Odsek na Postojnskem polju (foto N. Buser).	19
Slika 7: Primer daljnovodnega stebra (foto N. Buser).	21
Slika 8: Prikaz odbojev laserskega pulza (Vir: Triglav Čekada, 2011).	23
Slika 9: Primer prikaza oblaka točk na lokaciji stebra izbranega daljnovoda.	24
Slika 10: Shema atributov pri analizi vidnosti (ESRI, 2015).	27
Slika 11: Vidni kot v odvisnosti od velikosti objekta in opazovalne razdalje.	28
Slika 12: Grafični prikaz izračuna različnih širin preseke in dolžine gozdnega robu.	30
Slika 13: Prikaz izračuna oddaljenosti vodnika od dreves.	33
Slika 14: Prikaz spreminjanja velikosti območja, s katerega je vidno posamezno število daljnovodnih stebrov.	37
Slika 15: Prikaz spreminjanja oblike gozdnega robu in površine preseka na izbranem odseku trase.	39
Slika 16: Spreminjanje povprečne dolžine gozdnega robu (v m / ha / poseko) pri določenih različnih višinah drevja	41
Slika 17: Prikaz spreminjanja deleža površine poseka in dolžine gozdnega robu glede na simulirano višino drevja 35 m.	42

KAZALO PRILOG

PRILOGA A - Podatki o lokacijah daljnovodnih stebrov	61
PRILOGA B - Podatki o lokacijah daljnovodnih stebrov variante 1 in 2.....	63
PRILOGA C - Karta vidnosti daljnovodnih stebrov	64
PRILOGA D - Karta primerjave vidnosti daljnovodnih stebrov variante 1	65
PRILOGA E - Karta primerjave vidnosti daljnovodnih stebrov variante 2.....	66
PRILOGA F - Karta vidnosti preseke (višine drevja 15 m).....	67
PRILOGA G - Karta vidnosti preseke (višine drevja 25 m).....	68
PRILOGA H - Karta vidnosti preseke (višine drevja 35 m).....	69
PRILOGA I - Karta vidnosti preseke (koridor 40 m)	70

1 UVOD

Električna energija je nepogrešljiva v vsakdanjem življenju in nujno potrebna v gospodarstvu. Proizvajalci električne energije in potrošniki so med sabo povezani z elektroenergetskim prenosnim omrežjem.

Daljnovodi in njihovi koridorji so zaradi vse večjih potreb po električni energiji velik porabnik prostora. Zahteve po njihovem pravilnem in trajnostnem vključevanju v prostor so čedalje bolj pomembne in na očeh javnosti. Temeljijo na varovanju okolja in zahtevah prebivalstva v širši okolici. Pot do izbire najbolj optimalne trase daljnovoda je lahko dolgotrajna.

V prostoru so najbolj izrazito opazni visokonapetostni daljnovodi (napetosti 110 kV, 220 kV in 400 kV). Povezani so v prenosno omrežje, dolžine 2843 km (ELES, 2014). Dolžina nizkonapetostnih daljnovodov je daljša. Z njimi se tako lahko po dolžini primerja le cestno omrežje (Majkič, 2011). V prostoru povzročajo motečo podobo krajine oz. spremenijo vidne kvalitete krajine.

Slovenija spada med najbolj gozdnate države v Evropi (za Švedsko in Finsko). Gozd (skupaj 1237900 ha) prekriva več kot polovico države. Delež gozdnatosti je $61,1 \pm 0,7 \%$. (Hladnik in Žižek Kulovec, 2012). Največ je bukovih, jelovo - bukovih in bukovo - hrastovih gozdov, ki skupaj predstavljajo 70 % celotne gozdne površine (ZGS, 2014). Gozdovi v Sloveniji imajo pomembno ekološko vlogo. Zaradi velike proizvodne sposobnosti so gospodarsko pomembni. Gozdnatost Slovenije in splošno izogibanje naseljenim področjem vodi k temu, da velik del daljnovodov prečka gozdni prostor (Majkič, 2011). Daljnovodne preseke v gozdnem prostoru predstavljajo velik del odprtih koridorjev. Kot linijski element so zaradi velikih dolžin estetsko moteč dejavnik v prostoru, pomembno pa vplivajo tudi na ekološke in socialne vloge gozda (Majkič, 2011).

1.1 NAMEN NALOGE IN DELOVNE HIPOTEZE

V nalogi obravnavamo vidnost podpornih stebrov ter daljnovodne preseke v gozdni in gozdnati krajini. Analizirali smo vpliv širine daljnovodne preseke na njeno vidnost, primerjali smo vidnost različne umestitve trase v prostoru ter preučili dolžino gozdnega robu in površino daljnovodne preseke glede na različne simulirane višine gozdnega drevja na območju daljnovoda.

Namen naloge je ugotoviti, kako je daljnovodna preseka vidna v prostoru in kako njena širina in s tem oblika, z upoštevanjem reliefnih razmer in različnih višin dreves, vpliva na delež gozdnega robu glede na samo dolžino daljnovodnega koridorja. Z analizo vidnosti smo preizkusili kako je daljnovodna preseka, ki nastane pri različnih višinah drevja, s svojim koridorjem vidna v prostoru.

Postavili smo si naslednje delovne hipoteze:

- širina preseke vpliva na različno vidnost v prostoru;
- različna prostorska umestitev trase ima različno vidnost v prostoru;
- večja širina preseke vpliva na večji delež gozdnega robu.

2 PREGLED LITERATURE

2.1 DALJNOVOD

Daljnovodi (nadzemni vodi) so objekti za prenos električne energije od proizvajalca do porabnika. Tovrstni linijski objekti (sklenjena črta) so velik porabnik prostora. Njihovo načrtovanje in samo umeščanje v prostor mora zadoščati vsem zahtevam porabnikov prostora, obenem pa je vedno bolj izpostavljeno kritični presoji javnosti (Majkič, 2011).

Osnovni elementi daljnovoda so: trasa, temelji, stebri in vodniki. Najpogostejši so kovinski stebri, ki so pri nižjih napetostnih nivojih lahko tudi leseni. Na posamezni daljnovodni liniji se tipi stebrov in njihove višine razlikujejo. Nosilni stebri so postavljeni v premočrtni trasi, kjer je mehanska napetost vodnikov na vsaki strani stebra enaka. Pri napenjalnih (kotnih) stebrih mehanska napetost ni enaka (Majkič, 2011). Oblike glave stebrov (zgornjih delov) se prav tako razlikujejo. Nanje vpliva število vodnikov, električna napetost, medsebojni magnetni in električni vplivi, dodatne obtežbe, oblika terena, itd. Na stebrih so vodniki razporejeni v enem, dveh ali treh nivojih, po številu vodnikov se tako razlikujejo eno ali dvo sistemski daljnovodi. Pri stebrih (daljnovodi nazivne napetosti 110, 220 ali 400 kV) je najpogostejša jekleno palična konstrukcija (Jakl in Marušič, 1998).

Varovalni pas elektroenergetskih omrežij je zemljišče okoli osi daljnovoda. Razlikuje se glede na nazivno napetost elektroenergetskega voda. Zemljišče je namenjeno gradnji, obratovanju in vzdrževanju daljnovoda. Drugi posegi v tem prostoru, predvsem tisti, ki bi lahko vplivali na delovanje, so mogoči le ob določenih pogojih (Majkič, 2011). Širina varovalnega pasu za nadzemni večsistemski daljnovod nazivne napetosti 220 in 400 kV je 40 m (Energetski zakon, 48. člen).

2.2 UMEŠČANJE DALJNOVODA V PROSTOR

Daljnovodi prečkajo različna zemljišča, s tem lahko motijo njihovo rabo in zmanjšujejo vrednost oz. kakovost prostora. Vodenje linijskih infrastrukturnih objektov skozi prostor mora torej zagotoviti največje možno varstvo tistih kakovosti prostora, ki jih gradnja ali delovanje daljnovoda lahko poškoduje, moti ali jim zmanjšuje vrednost. Med kakovosti se ne uvršča samo sedanje rabe, ampak tudi bodoče potenciale rabe ter kulturno - krajinske

kakovosti (Majkič, 2011). Umeščanje infrastrukturnih objektov v prostor urejajo različni zakoni (Lap in sod., 2004).

Pri načrtovanju gradnje daljnovoda se upošteva inženirski (tehnični in ekonomski), socioekonomski in fizični (prostorsko - okoljski) del. Najpomembnejši vidiki načrtovanja so funkcionalnost, ekonomičnost oz. upravičenost investicije, potreba gospodarstva po energetskega objektu, varstveni kriterij in sprejemljivost v lokalnem okolju (Lap in sod., 2004). Načrtovanje poteka na več ravneh. Na strateški ravni se izvede širšo prostorsko analizo in predstavi možnosti različnih variant trase. Pogosto se pri tem uporablja geografske informacijske sisteme (GIS). Na podrobnejših ravneh se izbere najustreznejše variante. Najbolj natančna je končna terenska presoja, ki podrobno upošteva lokalne terenske razmere in opredeli tehnične omilitvene ukrepe (npr. manjši premiki trase, lokacije stebrov, ...). V nadaljevanju se varianto trase optimizira (urejanje dostopnih poti, gozdne poseke, območja elektromagnetnega sevanja, zahteve glede lokacije in višine stebrov, ...) (Lap in sod., 2004).

Pri načrtovanju je potrebno upoštevati predpisane omejitve, ki jih imajo določena zemljišča (pravni status zemljišč). Pogosto se nanašajo na kulturno dediščino, habitate in značilne biotope, območja naravnih vrednot, zavarovana območja narave (Lap in sod., 2004).

Podzemni vodi oz. kablovodi imajo glede na nadzemne vode manj negativnih vplivov na okolje, najočitnejša je vizualna razlika. Pri kablovodih izpadov zaradi vremenskih razmer ni, občutlivejši so na mehanske poškodbe (npr. poškodbe z delovnimi stroji), kjer okvar ni mogoče odpraviti v takem času kot pri nadzemnih vodih. Potek podzemnih vodov na območjih kmetijskih površin ne ovira njihove uporabe (predviden je globlji vkop). Na območju gozdov je prepovedano pogozdovanje znotraj varovalnega pasu; v primeru 110 kV kablovoda je to 6 m, pri višjih napetostih je ta razdalja 10 m (Energetski Zakon, 48. člen). Stroški gradnje kablovoda so lahko do 10× višji kot pri nadzemnih vodih, razlika v ceni narašča pri višjih napetostih kablovodov (Jamšek in sod., 2011).

2.3 VIDNOST DALJNOVODA IN STEBROV

Pri umeščanju daljnovoda v prostor prihaja do poslabšanja vidnih kvalitiet krajine (Jakl in Marušič, 1998). Kako opazen je daljnovod, je odvisno od njegovih dimenzij in prostorskih razmer (Jakl in Marušič, 1998). Vpliv je v veliki meri pogojen z intenziteto opazovanja. Slednja je odvisna od fizičnih ovir v prostoru (geomorfologije površja in višine vegetacijskega pokrova), položaja in števila opazovalcev (Jakl in Marušič, 1998).

Analiza vidnosti izbranih objektov v prostoru je postopek, pri katerem z modelom vizualizacije ugotovimo bodisi a) katera območja oz. objekte iz določene lokacije vidimo (npr. razgledni stolpi), bodisi b) s katerega območja oz. objekta so določene lokacije vidne (npr. smetišča). Vidna območja prikažemo 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). Uporablja se na različnih področjih, npr. pri načrtovanju vojaških strategij, v urbanizmu in pri načrtovanju telekomunikacijskih omrežij (Miller, 2011).

Zakšek (2006) navaja več prostorskih dejavnikov, ki vplivajo na vidnost; prevladuje razgiban relief, zaradi velike gozdnosti Slovenije tudi višina in gostota rastja (Zakšek, 2006). Znotraj gozdnega prostora je vidnost omejena na nekaj deset metrov (Zakšek, 2006). Meteorološke razmere študije vidnosti po navadi zanemarijo, čeprav so velikokrat ključni dejavnik vidnosti (npr. megla). Pri velikih razdaljah na vidnost vplivata ukrivljenost zemeljskega površja in refrakcija. Njun vpliv je praviloma zanemarljiv in manjši od natančnosti vhodnih podatkov (Zakšek, 2006).

Zakšek (2006) pri analizah vidnosti omenja pojma aktivne in pasivne vidnosti v prostoru. Aktivna vidnost je kadar iz izbrane točke opazujemo oz. vidimo neko območje. Pri pasivni vidnosti nas zanima s katerega območja vidimo neko točko. Kadar imamo v analizo vidnosti vključen le relief, sta aktivna in pasivna vidnost izenačeni. Kadar v analizi upoštevamo tudi pokrovnost tal z različno vegetacijo, pa se območje vidnosti razlikuje. Z višje ležečih področij (hrib, greben) vidimo gozd (aktivna vidnost), iz gozda pa se zaradi krošenj okolice ne vidi (pasivna vidnost) (Zakšek, 2006).

Mišič in sod. (2010) so v študiji analize vidnosti širšega območja črpalne hidroelektrarne Kozjak ugotavljali povezavo med vidnostjo stebrov s posameznih turističnih kmetij v okolici ter vidnost v gozdovih s poudarjeno rekreacijsko funkcijo (kolesarske poti, sprehajalne steze). Ugotavljali so s katerih kmetij (turistična območja) so v radiju 8 km vidni daljnovidni stebri. Območje vidnosti so prikazali s karto vidnosti in jih razdelili v razrede, glede na intenziteto vidnosti (Mišič in sod., 2010). S karto »ranljivosti vidnega okolja« pa so prikazali vidno najbolj izpostavljena območja zaradi svojih geomorfoloških značilnosti, kulturne dediščine ter ostalih dejavnikov (območje gozdov, oddaljenost od naselij) (Mišič in sod., 2010).

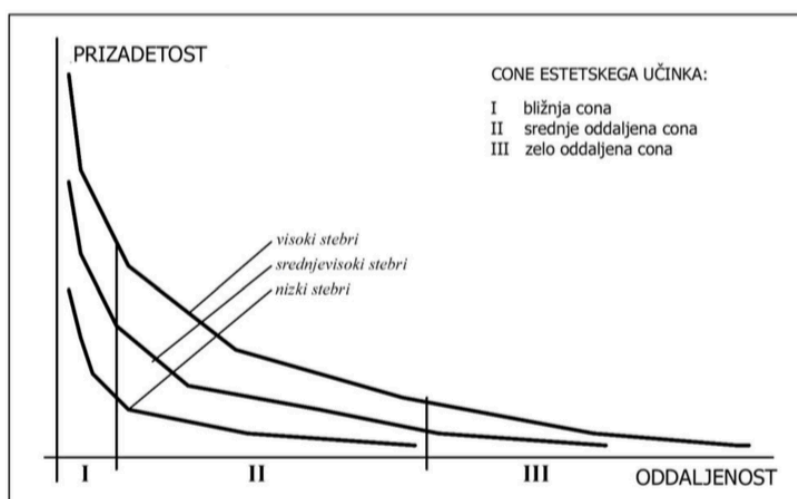
V študiji navajajo ključne vidike vidnosti. Ključne so dimenzije opazovanega objekta in transparentnost ter kontrast s podlago na katero se projecira steber. Ta problem pogosto rešujejo z barvanjem stebrov (npr. v gozdbem prostoru zelene barve) (Mišič in sod., 2010). Z ozadjem se doseže učinkovito zakrivanje daljnovoda, saj ga ozadje vidno absorbira (Jakl in Marušič, 1998). Kadar se steber projecira na gozdni prostor (npr. poraslo pobočje) se barva ozadja pogosto spreminja glede na letni čas, posebno v zmernem podnebnem pasu in v sestojih listavcev.

Bagli in sod. (2011) so obravnavali umeščanje daljnovoda v prostor na turističnih območjih, kjer je vidna kvaliteta krajine pomembna. V analizi ranljivosti so z metodami multikriterialnega odločanja in metodo najmanjših stroškov primerjali tri različne variante trase daljnovoda. Kriteriji vidnosti so pri tem postavili na prvo mesto in mu pri odločanju postavili največjo težo (Bagli in sod., 2011).

Ady in sod. (1979) so preučevali, kako različna postavitve novega daljnovoda in druge infrastrukture vpliva na estetsko kvaliteto krajinskega parka, kjer je bila načrtovana zajezev doline. Pri tem so upoštevali vidnost z različnih točk v dolini (okolica jezera, s ceste, druge razgledne točke) in različne skupine ljudi, kot uporabnike prostora (izletniki, prebivalci, mimoidoči). V končnih ugotovitvah poudarjajo, da nova infrastruktura nima večjega vpliva na vidno kakovost krajine saj trase daljnovoda potekajo skozi gozdnato krajino. Vizualni vpliv daljnovodov in cest z različnih mest opazovanja je tako zanemarljiv. Podarjajo, da je z določenih manjših območji v dolini postavitve nove

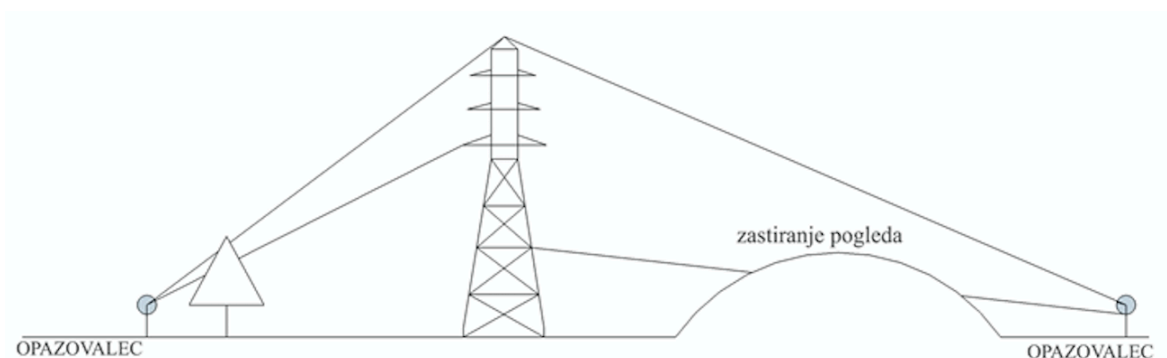
infrastrukture lahko zelo vidna in moteča. Kot ključni dejavnik moteče vidnosti navajajo percepcijo opazovalca (Ady in sod. 1979).

Po Mišiču in sod. (2010) je eden ključnih dejavnikov moteče vidnosti vpliv oddaljenosti na opazovalca. Navajajo, da učinek pada eksponentno, naklon krivulje pa je odvisen od negativnega vizualnega estetskega učinka (Mišič in sod., 2010). Slika 1 prikazuje prizadetost vidnega okolja daljnovoda v odvisnosti od oddaljenosti. Graf, ki je razdeljen na tri cone (bližnjo, srednje oddaljeno in zelo oddaljeno), nakazuje eksponentni padec estetskega učinka daljnovodnih stebrov (Mišič in sod., 2010).



Slika 1: Prizadetost vidnega okolja v odvisnosti od oddaljenosti (Vir: Mišič in sod., 2010).

V naravi se pogosto pojavi vidnostna prepreka, ki zastre pogled opazovalca do stebra. Slika 2 prikazuje zastiranje pogleda z geomorfološkimi oblikami (npr. gričevje) in vegetacijo. Tovrstni primeri so pogosti v gozdnem prostoru. Višina drevja dobro zastira pogled, vendar so daljnovidni stebri pogosto višji od vegetacije. Tako je viden le (večji ali manjši) zgornji del stebra (Mišič in sod., 2010). Z ozirom na vpliv daljnovoda na vidno okolje Kregar in Mandelj (2009) navajata vzpostavitev čim večje število vidnih preprek s čim manjšim obsegom posegov na vegetaciji.



Slika 2: Prikaz zastiranja pogleda z vidno prepreko (Vir: Mišič in sod., 2010).

Miller (2011) je v študiji na podlagi velikega števila podatkov in algoritmov določil vidnost preko vegetacije, tako da je izračunal koeficient vidne prepustnosti. Slednji se razlikuje glede na tip vegetacije. Odvisen je od drevesnih vrst, višine vegetacije, gostote podrasti, letnega časa in drugih dejavnikov, ki vplivajo na stopnjo vidnosti. Glede na oddaljenost se koeficient vidnosti preko vegetacije eksponentno zmanjšuje (Dean, 1997, cit. po Miller, 2011).

Mišič in sod. (2010) navajajo psihološko - sociološki vidik zaznavanja, kot najpomembnejši dejavnik vpliva na vidnost daljnovoda. To je proces dojetja in interpretacije informacij, ki preko čutil preidejo v možgane. Zaznavanje temelji na izkušnjah, potrebah in čustvih posameznika. Je subjektivno in močno odvisno tudi od vrednot in kulture. Jakl in Marušič (1998) opredeljujeta doživljanje prostora z odnosom opazovalec - prostor. Na estetsko doživljanje prostora, poleg fizičnih in vidnih značilnosti krajinske podobe, vplivajo posameznikove subjektivne lastnosti in njegovo trenutno razpoloženje (Britovšek, 2009, cit. po Mišič in sod., 2010).

Grassi in sod. (2014) so z analizo vidnosti primerjali trideset različnih novih umestitev daljnovoda v prostor in obstoječo traso daljnovoda. Najpomembnejši kriterij umeščanja na močno poseljenem območju je bila vidnost v prostoru, medtem ko so kriterij najkrajše poti daljnovoda postavili na drugo mesto. Vidnost so izračunali s pomočjo GIS programov, kjer so kot podlago uporabili digitalni model površja (s podatki o vegetaciji in stavbah). Rezultate vidnosti so standardizirali in jih primerjali med sabo. V ugotovitvah navajajo, da imajo nove umestitve trase daljnovoda nekoliko manjšo vidnost v prostoru, vendar je

njihova primerjava z obstoječo traso težko izvedljiva, zaradi drugih kriterijev umeščanja v prostor, ki jih je potrebno prednostno upoštevati pri načrtovanju daljnovoda. V članku tako prikažejo metodo umeščanja v prostor le z vidika vidnosti. Uporaba GIS programov močno skrajša načrtovanje poteka daljnovoda, pri čemer se rezultati z uporabo digitalnega modela površja močno približajo realni krajini (Grassi in sod., 2014).

Jakl in Marušič (1998) podajata nekaj usmeritev za ohranjanje vidnih kvalitiet prostora. Daljnovod se mora smiselno izogibati naseljem in mestom pogostejšega opazovanja; izpostavljenim točkam, kjer je večje število opazovalcev (npr. ceste), pomemben kulturni objekt ali območje s krajinskimi posebnostmi (vrhovi, reke, jezera). Potek trase daljnovoda naj bi vzdolžno sledil obstoječim geomorfološkim linijam v prostoru (doline, grebeni) in obstoječi infrastrukturi (telekomunikacije, druge daljnovodne linije). V dolinah naj bi trasa potekala po njihovem robu. Na gozdnih območjih naj bi daljnovod sledil gozdnemu robu, poseke pa naj bi imele razgiban gozdni rob. Na grebenskih območjih, kjer to omogočajo geološke razmere, bi bil ugodnejši potek trase pod grebeni. Trasa daljnovoda naj bi prečkala greben na mestu, kjer teren omogoča postavitev stebra nekoliko nižje od vrha grebena (Jakl in Marušič, 1998).

2.4 DALJNOVODNE PRESEKE IN FRAGMENTACIJA

Poseke so motenjski koridorji v gozdnem prostoru in povzročajo fragmentacijo krajinske matice ali zaplate. Matica je krajinska sestavina ali ekosistem, ki je najbolje povezan, ima največji vpliv na razvoj (dinamiko) prostora. Je tudi krajinski element, ki obdaja zaplato. V slednji so zaradi manjše površine vplivi fragmentacije s prečkanjem koridorjev toliko večji. Posegi najmočneje vplivajo na ekološke značilnosti sestoja in spremembo biotske pestrosti v določenem prostoru. Različne živalske vrste imajo drugačne potrebe po zgradbi krajinske matice in njenih zaplat. Vpliv fragmentacije tako ni nujno negativen (Pirnat, 2007).

Na območju gozdov so prisotne gozdne poseke vzdolž trase daljnovoda, ki jih je potrebno vzdrževati. Širina gozdne poseke je odvisna od določene širine varovalnega pasu. Lahko pa se razlikuje tudi glede na konfiguracijo terena oz. višine vodnikov nad terenom, od višine dreves in od prečnega profila terena (Jakl in Marušič, 1998). Z izjemo izgube gozdnih površin, poškodb vegetacijskega pokrova ob spravilu in slabših rastnih pogojev ob novem

gozdnem robu, daljnovodi nimajo večjih negativnih vplivov na gozdni prostor (Kregar in Mandelj, 2009).

Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo (1976) je v krajinsko ureditvenih načrtih trasiranja 380 kV daljnovodov v Sloveniji določil širino preseka, glede na višino rastja in višino vodnikov nad tlemi. Pri tem so upoštevali varnostno oddaljenost 4,5 m od vodnika in razlikovali obliko preseke na ravnini (Preglednica 1) ali strmem terenu (pobočju) (Preglednica 2). Tako ima koridor valovit gozdni rob. Širina preseke ob stebrih je tako ožja (npr. 20 m) in širša na sredini razpetine (npr. 54,5 m), kjer je povsod vodnika največji (Vardjan, 1976).

Preglednica 1: Širina gozdne preseke na ravnem terenu v odvisnosti od višine dreves in višine vodnikov nad zemljo (Vir: Vardjan, 1976).

	višina drevja (m)					
višina vodnika (m)	8	10	15	20	25	30
9	37,5	43	54,5	65,5	67	86,5
12	27	36	50,5	63	74	85
15	20	20	45	58,5	70,5	82
18	20	20	20	53	57	79
21	20	20	20	45	61	74,5

Preglednica 2: Širina gozdne preseke za srednjo strmino (naklon $\alpha = 16^\circ$) v odvisnosti od višine dreves in višine vodnikov nad zemljo (Vir: Vardjan, 1976).

	višina drevja (m)					
višina vodnika (m)	8	10	15	20	25	30
9	31,5	33,5	48,5	60	70,5	81
12	28	31,5	42,5	56	68	78,5
15	20	20	37	51	63,5	75,5
18	20	20	33	43	59	72
21	20	20	20	40	57,5	67,5

V študiji je glavni poudarek na pravilno oblikovani preseki, s čim manjšimi poškodbami na podrastu in mladju, posebno ob izvedbi montažnega poseka ob gradnji daljnovoda. Določajo, da se posek prilagaja varnostni oddaljenosti od vodnikov. Tako pri prehodu

dolin in grap preseke niso potrebne, na izpostavljenih pobočjih predlagajo dvignjene vodnike nad gozdno površino in ustrezno zmanjšano preseko (Vardjan, 1976).

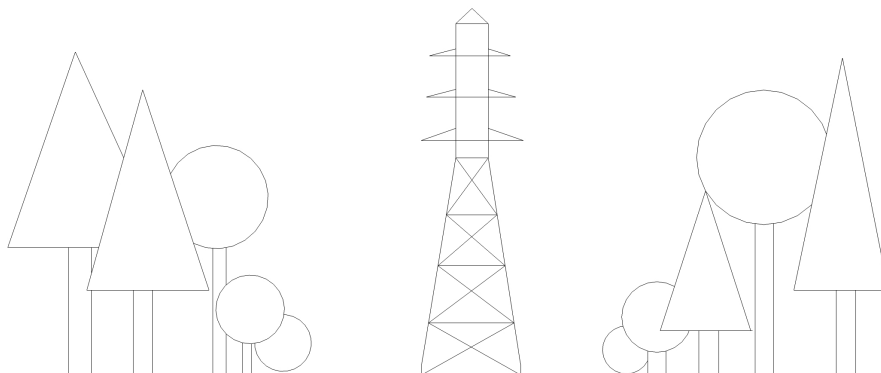
Guggenmoos in Sullivan (2008) sta raziskovala minimalno širino daljnovodnega koridorja (pri daljnovodih različne napetosti) glede na potencialne škode, ki jih povzročajo prevrnitve dreves na daljnovodne vodnike. Zabeležene škode na daljnovodih sta primerjala z dolžino gozdnega robu, širino preseke, višino vodnikov, številom izpostavljenih dominantnih dreves (njihova višina presega sestojno višino) na gozdnem robu in odmiranjem dreves. V študiji navajata, da so dominantna drevesa bolj izpostavljena udarom strele, žledolomu in snegolomu ter tako predstavljajo večje tveganje prevrnitve. Drugi podatki o sestojih preko katerih potekajo daljnovodi so bili pridobljeni iz rezultatov meritev najbližjih vzorčnih ploskev. V raziskavi sta izračunala faktor tveganja za škodo, ki jo povzročijo drevesa. V rezultatih navajata, da je tveganje za nastanek škode bistveno večje, če sečnja potencialnih nevarnih dreves ne presega števila odmrlih dreves. Širina daljnovodne preseke je bistveno večja pri daljnovodih višje napetosti (npr. 345 kV daljnovod ima 20,5 m širok koridor), kar predstavlja manjše tveganje za nastanek škode. Škoda, ki jo povzročijo drevesa na kilometer daljnovodne linije je značilno povezana s številom izpostavljenih dominantnih dreves na gozdnem robu. Navajata, da ima obstoječa povprečna širina koridorja visok faktor tveganja, tako bi bilo glede na višino dreves potrebno razširiti 89 % koridorjev 345 kV daljnovoda. Hkrati poudarjata, da kar 69 % obstoječih daljnovodnih linij nima tveganja za nastanek škode zaradi prevrnitve dominantnih dreves. V rezultatih še navajata, da je vzdrževanje širine preseke določene zgolj glede na napetost daljnovoda 30 – 70 % dražje, glede na metodo faktorja tveganja, ki upošteva sestojne značilnosti, odmiranje dreves na gozdnem robu in izpostavljenost potencialno nevarnih dominantnih dreves (Guggenmoos in Sullivan, 2008).

2.5 GOZDNI ROB

S fragmentacijo krajine, ki jo povzročajo daljnovodni koridorji se povečuje delež gozdnega robu glede na površino (Zupančič, 1976). Pri krčitvah je gozdni rob stičišče gozda in ekosistema, ki je nastal zaradi krčitve. Tak gozdni rob običajno nastane nenadoma in je izrazito oster. Vpliva na ekološke značilnosti sestojev tudi v notranjosti (temperaturne razlike, svetlobne razmere) (Roženberger in sod., 2013). Zupančič (1976) in Polajnar

(2015) omenjata pomen razgibanega gozdnega robu, ki deluje kot zaščita notranjosti sestojev (zagotavlja njihovo stabilnost), omogoča življenjski prostor živalim. Gozdni rob od notranjosti sestojev izstopa po pestrejši sestavi drevesnih in grmovnih vrst. Mejna drevesa imajo močnejše krošnje, vmesni prostor med drevesi zapolnjuje grmovna in zeliščna plast.

Zupančič (1976) podaja usmeritve glede oblikovanja gozdnega robu. Navaja, da je potrebno oblikovati gozdni rob kot zaokrožen prehod od srednjega dela preseke, kjer je pri daljnovodih dopuščeno samo nizko rastje, pa do normalnega gozda, ker varnostni predpisi višine drevja ne omejujejo (Slika 3). Z ustreznimi gozdnogojitvenimi ukrepi se vzdržuje razgibane in vrstno pestre gozdove (Zupančič, 1976).



Slika 3: Primer oblikovanja gozdnega robu (Vir: Zupančič, 1976).

Zupančič (1976) v nadaljevanju navaja, da pri presekah za daljnovode in pri raznih grobih posegih v gozd nastane problem stabilnosti preostalega gozdnega sestoja. Drevje, ki je bilo prilagojeno razmeram v notranjosti sestoja, se nenadoma znajde na mnogo bolj izpostavljenem robu sestoja. Posledice tega so razne fiziološke poškodbe na drevju, zaradi zmanjšane stabilnosti je robno drevje dovzetnejše za snegolome in žledolome (Guggenmoos in Sullivan, 2008). Ta nevarnost je največja v enodobnih, gostoraslih, čistih smrekovih sestojih (spremenjeni zasmrečeni sestoji), ki so najbolj občutljivi tudi na sončno pripeko. Najmanj so pri tem ogroženi raznodobni, mešani, ne pregosti sestoji, kjer so posamezna drevesa stabilna (Zupančič, 1976).

Z ekološkega vidika naj bi imel zunanji gozdni rob tri pasove. Zupančič (1976) navaja širino gozdnega robu 25 - 30 m in se razlikuje glede na višino odraslega sestoja. Drevesno - grmovna cona je pas, kjer se grmovne vrste vrivajo med vrzeli posameznih dreves in razporejajo na zunanjo stran sestoja kot samostojna plast. Po Mitscherlicu (1970) naj bi imel robni sestoj v širini dveh drevesnih višin bolj razrahljano drevesno plast. Dobro ukoreninjena drevesa z izrazitejšo krošnjo naj bi prepuščala zračni tok in ga pri prehodu v notranjost sestoja nekoliko ublažila (Mitscherlich, 1970, cit. po Zupančič, 1976).

Roženberger in sod. (2013) navajajo, da gozdni rob opravlja svoje ekološke (varovanje gozda), estetske, varovalne in druge funkcije zgolj s primernim gospodarjenjem; z dovolj pogostimi sečnjami (5 - 15 let), ki zadržujejo sukcesijski razvoj gozdnega roba. S prebiralnim sistemom sečnje se lahko zagotavlja pogoje za rast redkim drevesnim vrstam. Navajajo še, da je pri tem potrebno zagotoviti razčlenjenost gozdnega robu v tlorisu in postopnost v narisu, gosto plast grmovnic, dovolj veliko število dreves z dolgo krošnjo, puščanje odmrlih dreves in primerno zastopanost plodonosnih grmovnih in drevesnih vrst. Pomembno je zagotavljanje drevesne pestrosti z ohranjanjem listavcev in vzdrževanjem pogojev pomlajevanja (Roženberger in sod., 2013).

Kregar in Mandelj (2009) navajata, da daljnovod lahko predstavlja tudi motnjo pri izrabi gozda, saj so zemljišča v posekanem pasu izločena iz lesno proizvodne funkcije (izguba donosa iz gozda). Poleg večjega deleža gozdnega robu, so drugi vplivi posek na gozd zmerni. Pri vzdrževalnih delih največ poškodb nastaja ob spravilu lesa. Za gospodarjenje z gozdom je pozitivna izgradnja dostopnih poti za vzdrževanje posek. Večja odprtost gozdov s prometnicami omogoča optimalnejše gospodarjenje (Kregar in Mandelj, 2009). S pravilnim gospodarjenjem in oblikovanjem gozdnega robu se v sestoji zmanjša nevarnost sončne pripeke, vetrov, snegoloma in žledenja. Na nekaterih območjih so gojitveni ukrepi na območju koridorjev ključni pri preprečevanju erozije, usadov in zakrasitve (Smole, 1976).

Lapajne (1973) v svoji diplomski nalogi obravnava daljnovidne preseke na območju gozdnogospodarskega območja Novega Mesta. Omenja neizkoriščen prostor, ki zavzema

velik del gozda in ima potencial za ostale gospodarske dejavnosti. Za gozdarsko izrabo predlaga samo stabilna rastišča visoke bonitete. Intenzivno izrabo je mogoče doseči na različne načine; s proizvodnjo drobnih gozdnih sortimentov (drobni tehnični les), nasadi novoletnih drevesc in nasadi parkovnega drevja in grmovja za začasno presaditev. V odprtem in ravninskemu svetu je del gozdnih površin možno izločiti za kmetijske namene (Lapajne, 1973).

2.6 LIDAR V ANALIZI VIDNOSTI DALJNOVODOV

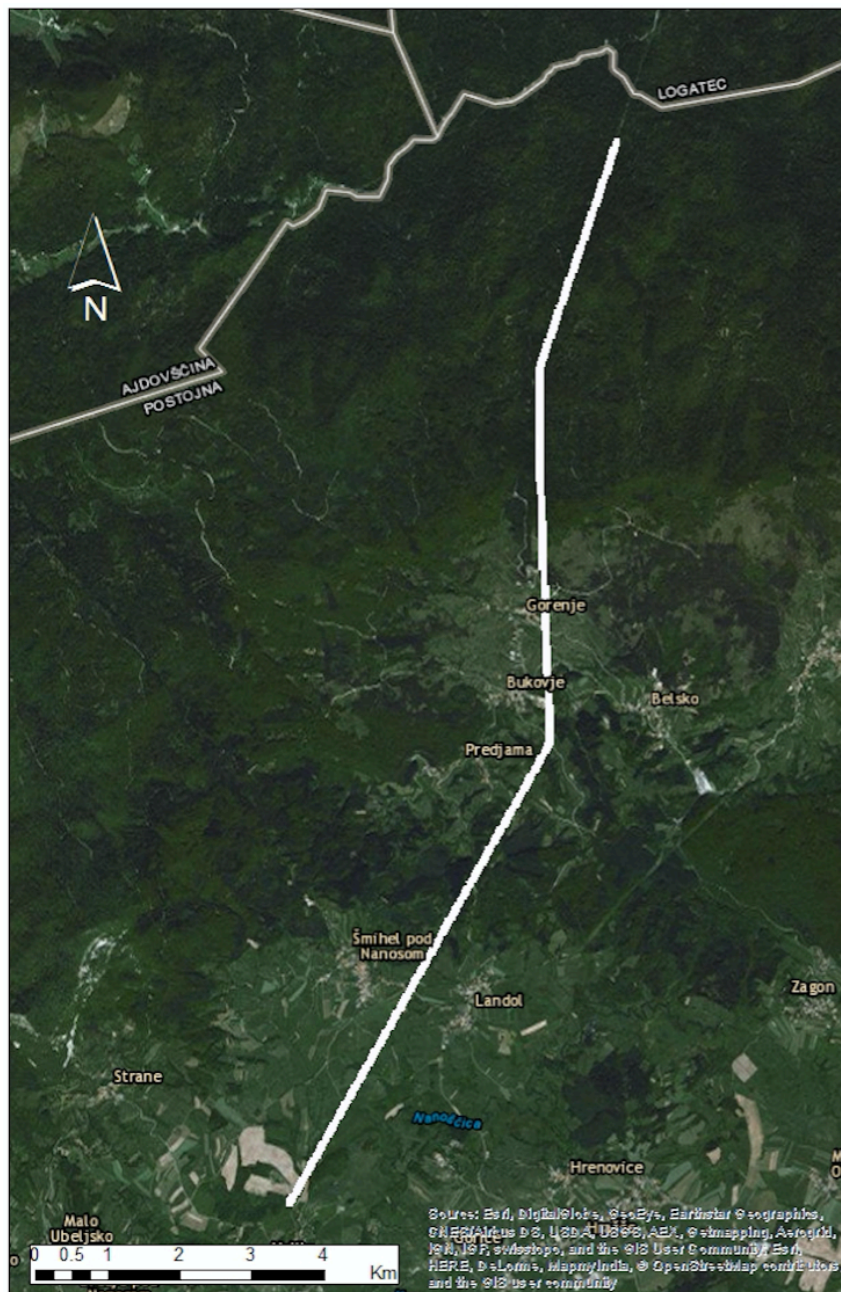
Podatki pridobljeni s tehnologijo lidar so lahko uporabni pri vzdrževanju daljnovodnih presek oz. opazovanju stopnje obraščенosti okoli vodnikov. Uporaba zračnega laserskega skeniranja je bistveno hitrejša od terenskega pregledovanja linij. Prav tako je tehnologija natančnejša od zračnega in terenskega pregledovanja. Z računalniškimi programi omogoča natančnejšo izmero razdalje med vodniki in vegetacijo (Kurinsky, 2013).

V Sloveniji je bila prva uporaba lidarskega snemanja leta 2002, na skoraj 400 km trase daljnovodov nazivne napetosti 400 kV (Bilc, 2002; Lovrenčič in sod., 2003). Objekti, vegetacija in teren so bili klasificirani. Med rezultati snemanja je bil tudi seznam položajev, na katerih je odmik vegetacije od vodnikov manjši od 10 m (Bilc, 2002; Lovrenčič in sod., 2003). Na teh mestih bi v kratkem času vegetacija lahko presrasla preko varnostne oddaljenosti, ki preprečuje prenapetostni preskok (med vodniki, med vodniki in objekti ali ozemljenimi deli) (Majkič, 2010).

3 OBMOČJE RAZISKAVE

3.1 GOZDOVI NA OBMOČJU RAZISKAVE

V nalogi smo za analizo vidnosti in potek daljnovidnega koridorja v gozdnem prostoru izbrali odsek daljnovoda 220 kV Kleče - Divača, med delom hribovja Hrušice in Stranami (Slika 4).



Slika 4: Prikaz poteka trase daljnovoda Kleče – Divača med delom hribovja Hrušice in Stranami.

Poteka v bližini naselij Gorenje, Bukovje, Predjama in Šmihel pod Nanosom. V tem delu trasa daljnovoda poteka preko različnih krajinskih tipov (gozdna, gozdnata in kmetijska krajina), tipov gozdov in reliefnih značilnosti. Dolžina odseka je 11024 m, na katerem je 30 stebrov (oz. stojnih mest) daljnovoda.

Območje Hrušice (Slika 5) pripada gozdnogospodarski enoti Nanos – Hrušica, ki leži na severnem delu gozdnogospodarskega območja Postojna (v nadaljevanju GGN). Krajina je gozdna, trajnih naselij na tem območju ni. Teren prehaja preko Logaško - Hotedrške planote v hribovje Hrušice, ki je del Trnovskega gozda ter se nadaljuje proti Nanosu. Nadmorske višine so okoli 800 m. Najvišja vrhova Hrušice sta Veliki Bukovec (1019 m. n. m.) in Sv. Lovrenc (1020 m. n. m.).



Slika 5: Odsek trase proti Hrušici (foto N. Buser).

Prevladuje kraški relief z opaznimi vplivi tektonike (narivi mezozojskih apnencev in dolomitov). Značilni so kraški pojavi (vrtače, uvale, majhna kraška polja, jame) ter ostanki rečnih dolin in pliocenske poledenitve. Tekočih voda na površju ni, zaradi visoke vodoprepustnosti karbonatnih kamnin. V geološki podlagi prevladujejo kredni in jurski apnenci ter triasni dolomiti (Gozdnogospodarski načrt ..., 2013).

Na matični podlagi so se razvile rjava pokarbonatna tla in rendzine. Zaradi zakraselosti je debelina tal zelo neenakomerna. Mestoma se pojavljajo izprana tla, na bolj izpostavljenih legah tla odnaša burja (Gozdnogospodarski načrt ..., 2013).

Na območju Hrušice prevladujejo mešani gozdovi gozdne združbe Dinarsko jelovo bukovih gozdov (*Omphalodo-Fagetum typicum*). Značilna je na razgibanem visokokraškem svetu med 500 in 1200 m. n. m. Porašča prostrane planote, nižje vrhove ter pobočja. Za uspevanje potrebuje veliko padavin, visoko zračno vlago in sorazmerno visoke povprečne temperature. Prevladujeta jelka (*Abies alba*) in bukev (*Fagus sylvatica*), ki sta v drevesnem sloju enakovredni, v večjem deležu se pojavlja tudi smreka (*Picea abies*).

Na prvi stopnji je na celotnem območju poudarjena lesnoproizvodna funkcija. Funkcija varovanja gozdnih zemljišč je poudarjena na skalnatih območjih, kjer skalovitost presega 70 %. Zaradi karbonatne podlage je poudarjena hidrološka vloga, posebno na območju vhodov v kraške jame in brezna. Območje Trnovskega gozda in Nanosa je uvrščeno med ekološko pomembna območja (Gozdnogospodarski načrt ..., 2013).

V nadaljevanju se trasa daljnovoda spušča s Hrušiškega pogorja proti Postojnski kotlini (Slika 6), do nadmorskih višin okoli 550 m. n. m. Krajina na tem področju prehaja iz gozdnate v kmetijsko in primestno. Trasa se v tem delu najbolj približa naseljem Gorenje, Bukovje, Šmihel in prečka več lokalnih cest. Pri Gabrju daljnovod prečka avtocesto, od tu naprej trasa poteka vzporedno s traso daljnovoda 400 kV Beričevo - Divača (v gozdnem prostoru v dveh ločenih koridorjih). Območje spada h gozdnogospodarski enoti Suhi vrh - Podgora in leži na zahodnem delu GGO Postojna.



Slika 6: Odsek na Postojnskem polju (foto N. Buser).

Na območju Postojnskega polja prevladuje valovit rečno - denudacijski relief, ki prehaja v gričevnat z vmesnimi plitvimi in ploskimi dolinami. Relief se je razvil na eocenskem flišu (lapor, peščenjak). Vznožja pobočij Nanosa so območja deluvijalnih nanosov karbonatnih gruščev. Hribina je slabo vodoprepustna. Na stiku fliša in karbonatov izvirajo številni vodotoki, ki gravitirajo proti reki Nanoščici. Vodostaj kraških vodotokov niha glede na količino padavin. Območja rečnih dolin prekrivajo aluvijalno - deluvijalni nanosi fliša, gruščev in ilovice. Ob obilnejših padavinah so kotline Postojnskega polja (najnižje točke) poplavno ogrožene. Na omenjenih področjih je teren pogojno stabilen. Nekateri stebri daljnovoda so zaradi stabilnostnih razmer postavljeni na grebenih (Gozdnogospodarski načrt ..., 2006).

Na flišnatem dnu Postojnske kotline so se razvila distrična rjava tla. Globina niha glede na geomorfološke razmere. Na strminah so tla plitva in sušna, na ravninah in blagih naklonih globlja in rodovitnejša. Zaradi dolgoletnega steljarjenja so tla osiromašena s hranili, v smrekovih kulturah močno zakisana.

Na območju Postojnskega polja gozdove tvorijo bukovi drogovnjaki, debeljaki in sestoji v obnovi s primesjo hrasta (*Quercus sp.*), plemenitih listavcev in smreke. Na flišnati območjih Stranskih ponikev so debeljaki jelke in bukve. V bližini trase uspevajo različne

gozdne združbe (Gozdnogospodarski načrt ..., 2006). Aciofilni gozd bukve z belkasto bekico (*Hedero-Fagetum varietas Luzula albida*), se na srednje globokih kislih rjavih tleh s surovim humusom in prhnino. Združba nižinskega gozda gradna in belega gabra z belkasto bekico (*Vaccinio myrtilli-Carpinetum betuli*) uspeva na flišu. Primorski bukov gozd (*Seslerio autumnalis-Fagetum typicum*) je oblika submediteranskega bukovega gozda. Uspeva na prehodnih območjih jelovo-bukovih gozdov do gabrovih grmišč in acidofilnih gozdov bukve. Najdemo jo na pobočjih Nanosa, kjer ima pomembno varovalno vlogo (karbonatna kamnita tla, strmi nakloni, sušne lege).

Na območju je značilna velika gostota in raznolikost naravnih vrednot. Veliko funkcij gozdov ima prvo stopnjo poudarjenosti. Funkcija varovanja gozdnih zemljišč in sestojev je na prvi stopnji poudarjena na strmih območjih (nakloni teren nad 35°) na karbonatni podlagi, to so pobočja Nanosa in Sv. Lovrenca in plazljiva gruščnata pobočja na flišni podlagi nad vasmi Strane, Veliko Ubeljsko in Razdrto. Pomembno hidrološko vlogo imajo gozdovi na stiku karbonatne in flišne podlage. Tu je veliko vodnih zajetji za okoliška naselja. Poudarjeno hidrološko vlogo imajo tudi gozdovi nad Predjamskim gradom. Pobočja Nanosa, posebno nad Razdrtim, imajo pomembno turistično in rekreacijsko vlogo (planinske poti). Gozdovi okoli Predjamskega gradu imajo s prvo stopnjo poudarjeno funkcijo varovanja kulturne dediščine in estetsko funkcijo (Gozdnogospodarski načrt ..., 2006).

Obravnavani odsek trase daljnovoda se nahaja na območju Krajinskega parka Nanos in Predjamskega jamskega sistema ter na ekološko pomembnem območju Regijskega parka Trnovskega gozda. Pobočja Nanosa so določena kot posebno varstveno območje. Travišča, poplavni travniki in logi v Postojnski kotlini so določena kot potencialna posebna ohranitvena območja (Gozdnogospodarski načrt ..., 2006).

3.2 ZNAČILNOSTI DALJNOVODA NA OBMOČJU RAZISKAVE

Višina napenjalnih stebrov je 22 - 27 m, nosilnih stebrov pa 32 m (Priloga – A). Glava daljnovodnih stebrov je oblike smreke (Slika 7). Vodniki so okrogli, material je kombinacija aluminija in jeklenega jedra, izolacija je črne barve.



Slika 7: Primer daljnovodnega stebra (foto N. Buser).

V žledni ujmi konec januarja in februarja 2014 je bilo na obravnavanem daljnovodu poškodovanih 24 in porušenih 21 stebrov v dolžini 24 km. Najbolj prizadeti sta bili območji Hrušice in Slemen (odsek med Razdrtim in Senožecami). Vzrok za porušitev so bile ekstremne žledne obtežbe vodnikov in jeklenih konstrukcij (Havarija na ..., 2014).

4 METODE DELA

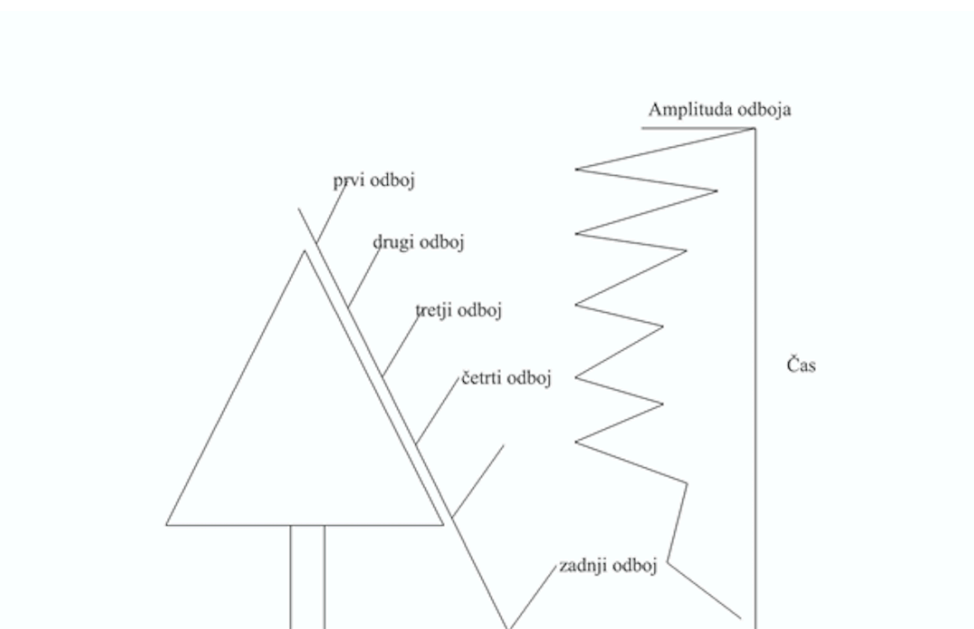
4.1 AREOLASERSKO SKENIRANJE POVRŠJA

Zračno (ALS) in terestrično (TLS) skeniranje površja s tehnologijo lidar (angl. *Light Detection And Ranging*) je metoda daljinskega pridobivanja prostorskih podatkov. Iz zraka na podlagi odboja laserske svetlobe dobimo podatke o zemeljskem površju, objektih in vegetaciji. Tehnologija lidar se hitro razvija. Napreduje skupaj z razvojem podpornih tehnologij sistemu Lidar; to sta GPS (globalni sistem pozicioniranja, angl. *Global Positioning System*) in INS (inercialni navigacijski sistem). Uporablja se na veliko področjih, ki se ukvarjajo s prostorskimi podatki, krog uporabe se širi (Gosar, 2007).

Sistem ALS je sestavljen iz treh komponent; laserskega skenerja (optično - mehanska naprava), inercialnega navigacijskega sistema (INS) in satelitskega navigacijskega sistema (GPS). Skener sestavljata laserski razdaljemer in skener za merjenje odklona laserskih žarkov (Gosar, 2007). Aktivni senzor na laserskem razdaljemeru meri razdalje od senzorja do objekta na zemeljskem površju. Meri se čas potovanja laserskega žarka od skenerja do mesta odboja in nazaj do skenerja; hitrost potovanja svetlobe pa je pri tem poznana. Skener usmerja laserski žarek proti zemeljskemu površju prečno na smer leta zračnega plovila z laserskim sistemom in meri odklon laserskega žarka (Triglav Čekada, 2011).

Sistem INS določi položaj, hitrost, orientacijo in kotne hitrosti letala. Z meritvami treh kotov definira smer laserskega žarka. GPS določa položaj letala in beleži pot. Za večjo natančnost določitve položaja se uporabljajo diferencialne GPS meritve. Položaj se določi s pomočjo referenčne postaje v državni GPS mreži, ki leži znotraj območja snemanja. Natančnost koordinat odbojev s to metodo je v vertikalni smeri boljša od 15 cm in v horizontalni smeri boljša od 25 cm. Tehnologiji GPS in INS skupaj določita položaj in orientacijo točke (v izbranem koordinatnem sistemu) v vsakem trenutku laserske meritve (Triglav Čekada, 2011).

Laserski žarki imajo možnost penetracije skozi krošnje dreves in jih del prodre do tal. Slika 8 prikazuje odboje laserskih žarkov od krošenj in tal z amplitudo odboja. Količina žarkov, ki prispe do površja je odvisna od gostote rastja (Triglav Čekada, 2011).

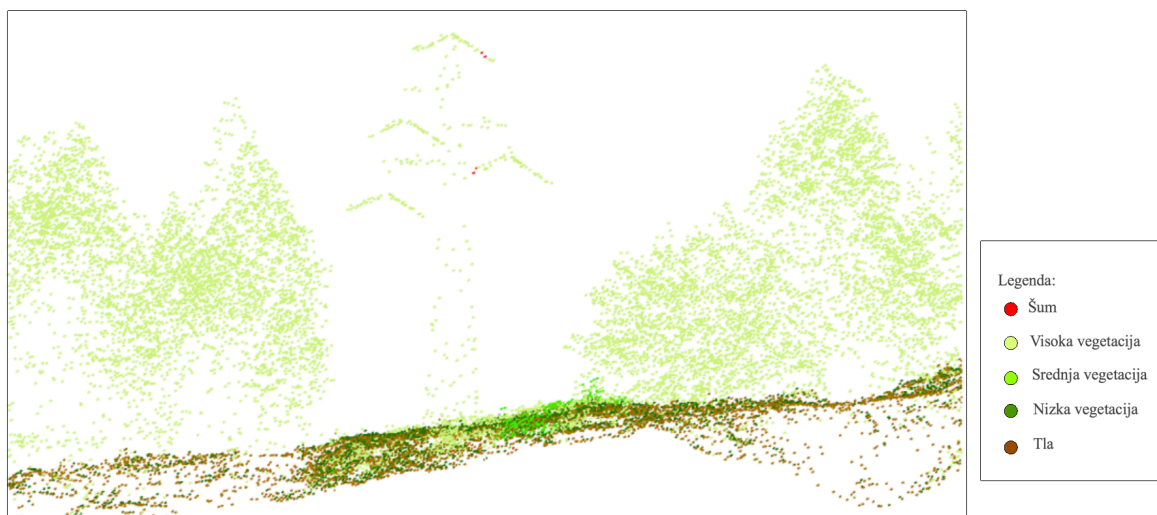


Slika 8: Prikaz odbojev laserskega pulza (Vir: Triglav Čekada, 2011).

Gostota odbojev oz. število točk na kvadratni meter opredeljuje možnost prepoznavanja posameznih objektov in ni vedno enaka. Gostota točk se lahko poveča z večjim številom oddanih pulzov, hitrostjo skeniranja, večkratnim preletavanjem, z nižjo višino in hitrostjo letenja. Rezultati skeniranja se delijo na majhno gostoto laserskih točk (do 5 točk / m²), srednjo gostoto (5-10 točk / m²) ter visoko gostoto (nad 10 točk / m²) (Triglav Čekada, 2011).

Obdelane lidarske podatke po končanem snemanju običajno prikažemo kot oblak točk. Na podlagi klasifikacije oblaka točk lahko točke delimo na talne (tla) in netalne (stavbe, vegetacija in drugi objekti) (IITK, 2015). Slika 9 prikazuje oblak točk, kjer so točke rjave barve klasificirane kot tla. Temno in svetlo zelene točke so klasificirane kot nizka oz. visoka vegetacija. Rdeče točke (v našem primeru vodniki) so klasificirane kot šum.

Točke imajo svoj podatkovni format z informacijami o atributih posamezne točke v oblaku (koordinatni položaj, višina, intenziteta odboja, GPS čas, število odbojev, kot zrcala, klasifikacijo in identifikator točke). Tako obdelane točke so primerne za nadaljnjo uporabo, npr. pri izdelavi digitalnega modela reliefa (v nadaljevanju DMR) in digitalnega modela površja (v nadaljevanju DMP) (Triglav Čekada, 2011).



Slika 9: Primer prikaza oblaka točk na lokaciji stebra izbranega daljnovidna.

Pomembna prednost tehnologije lidar pred drugimi metodami daljinskega zaznavanja podatkov je večja natančnost. Na gozdnih območjih omogoča natančno izdelavo DMR. V gozdarstvu omogoča prepoznavanje in analizo višinske strukture gozda. Klasificirane točke odbojev (nizka, srednja in visoka vegetacija) lahko uporabimo pri vrednotenju zgradbe gozda. Na ravni sestoja omogoča izdelavo digitalnega modela krošenj (DMK). Rezultati so uporabni pri računanju srednje temeljničnega premera dreves na ploskvi, temeljnice in lesne zaloge. Iz lidarskih posnetkov posameznega drevesa se lahko določi drevesno vrsto, prsni premer in volumen ter podatke o krošnji (višina, širina in globina). Zaporedna snemanja omogočajo analize razvoja gozdov (Kobal in sod., 2014).

4.2 PROGRAMSKA OPREMA ARCGIS

Celotno nalogo (izdelava kart, analiza podatkov) smo izvedli v programskem okolju ArcGIS. Programsko opremo je izdelalo ameriško podjetje ESRI. Zbirka aplikacij ArcGIS Desktop je namenjena urejanju, obdelavi, prikazu in objavi geografskih podatkov. Sestavljena je iz treh delov ArcView, ArcEditor in ArcInfo, glede na licenčne nivoje (Krivec, 2010 in Peklaj, 2014). Razdeljena je na več vmesnikov (ArcMap, ArcGlobe, ArcScene). Razširitve (Spatial Analyst, 3D Analyst, itd.) izberemo glede na namen dela in so namenjene različnim analizam (analiza reliefa, analiza vidnosti, obdelava oblaka točk, ...).

V nalogi smo uporabili razširitve Spatial Analyst in 3D Analyst. Razširitev Spatial Analyst med drugim omogoča izračunavanje razdalj med objekti, kreiranje reliefa, iskanje primernih lokacij in optimalnih povezav med objekti, glede na namen, analizo razdalj in stroškov. Razširitev 3D analyst omogoča med drugim prikazovanje in analizo tridimenzijskih objektov. ArcGIS je združljiv z drugimi programi, omogoča uvoz različnih formatov datotek (shapefile, geodatabase, xyz datoteke, ...) (Krivec, 2010).

4.3 UREJANJE LIDAR PODATKOV

Lidar podatke smo pridobili na spletni strani ARSO – eVode Lidar Agencije Republike Slovenije za Okolje, kjer so na voljo lidarski posnetki za območje celotne Slovenije. Lasersko skeniranje je potekalo med marcem 2014 in aprilom 2015 (Izvedba laserskega ..., 2015). Uporabniku so na voljo različne oblike oblaka točk, ki jih izbere, glede na namen uporabe. Datoteke pokrivajo mrežo 1 km² (Izvedba laserskega ..., 2015):

- OTR: v oblaku so točke klasificirane kot tla, vse ostale točke so izbrisane,
- GKOT: georeferenciran in klasificiran oblak točk. V njem so točke klasificirane kot tla, stavbe in trije različni tipi vegetacije,
- DMR: digitalni model reliefa je interpolacija reliefa na osnovi točk OTR, velikost mreže je 1 x 1 m.

Za območje celotne države je bilo izdelanih 1222 datotek v koordinatnem sistemu D96 / TM in 1296 datotek D48 / GK (Izvedba laserskega ..., 2015).

Na spletnem pregledovalniku smo pridobili datoteke GKOT, skupaj 215, torej za območje 215 km². Pri kontroli GKOT podatkov snemanja je bila kriterij popolnost in pravilnost klasifikacije zgradb. Popolnost je bila 98,3 % (delež najdenih zgradb od dejanskega deleža vseh zgradb), pravilnost pa 94,4 % (delež pravilno najdenih objektov) (Izvedba laserskega ..., 2015).

Lidar podatke smo uvozili v program ArcMAP, kjer so podatki vidni kot oblak točk. Nato smo izdelali rastrska sloja; digitalni model reliefa (DMR) in digitalni model površja (DMP). Rastrski podatki so sestavljeni iz množice slikovnih celic določene velikosti, kjer

ima vsaka določeno vrednost (v primeru DMR je to nadmorska višina reliefa). Velikost rastrske celice v izdelanem DMR je 1×1 m.

4.4 DIGITALIZACIJA TRASE DALJNOVODA

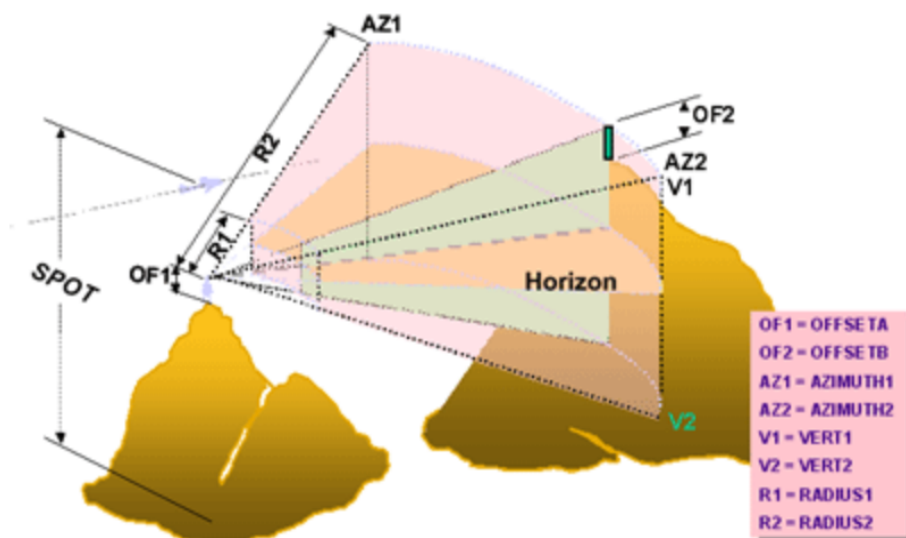
Izbrani odsek trase daljnovoda smo digitalizirali na podlagi DMP, s tem smo dobili podatke o poteku linije in lokacijah stojnih mest (stebrov). Iz lidarskih podatkov smo pridobili podatke o višinah stebrov in višinah obesišč vodnikov. V ArcMAP-u smo tako ustvarili točkovni (lokacije stebrov) in linijski sloj (potek trase).

4.5 ANALIZA VIDNOSTI

Z analizo vidnosti smo želeli ugotoviti s katerega območja je trasa daljnovoda vidna. Ugotavljali smo vidnost daljnovodnih stebrov in različnih širin daljnovodne preseke. Za primerjavo vidnosti določenih različnih širin preseke smo simulirali različne višine rastja. Širino preseke smo spreminjali glede na višino drevja.

Preizkusili smo, kako se lahko razlikuje vidnost daljnovodnih stebrov z različnim potekom trase v prostoru. V ta namen smo si izmislili dve dodatni varianti trase daljnovoda; na severni in južni stani izbranega daljnovoda (Priloga – B). Potek obeh tras smo določili zgolj s šestimi stebri (začetni, končni ter štirje vmesni stebri) in jim določili višino 20 m. Lokacije smo določili naključno. Za primerjavo vidnosti pa smo na obstoječi trasi daljnovoda prav tako izbrali šest stebrov (začetni in končni, oba kotna stebra in dva vmesna stebra). Pri tem nismo upoštevali rabe tal, zemljiškega katastra, infrastrukturnih objektov ter nobenega od dejavnikov umeščanja daljnovoda v prostor (Majkič, 2010), saj nas je zanimala zgolj različna vidnost v prostoru.

Program ArcGIS upošteva devet parametrov, s katerimi lahko določamo analizo vidnosti (angl. *Viewshed analysis*). Slika 10 prikazuje njihovo shemo. V podlagi analize vidnosti smo uporabili digitalni model površja, ki upošteva višine rastja in objektov. Zaradi računalniško zahtevnega računanja smo povečali velikost rastrske celice iz 1×1 m na 5×5 m.



Slika 10: Shema atributov pri analizi vidnosti (ESRI, 2015).

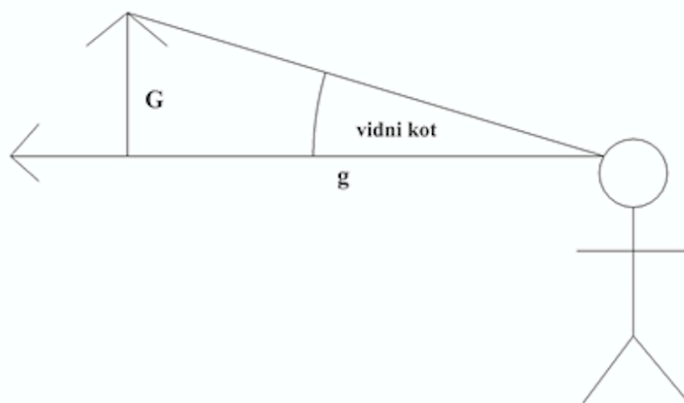
V analizi vidnosti smo uporabili dva parametra; višino opazovane točke (parameter OFFSETA) in razdaljo (parameter RADIUS2), do katere sega izračunana vidnost. Slednji je določen na podlagi moteče razdalje in znaša 4100 m (opis izračuna v je poglavju 4.5.1). Za notranji radij (parameter RADIUS1) smo določili razdaljo 0, tako analiza vidnosti zajame celotno razdaljo med opazovalcem in opazovano točko. Kot višino opazovalca (parameter OFFSETB) smo določili višino odraslega človeka, torej 1,75 m nad tlemi. Območje analize vidnosti je segalo na vse strani neba (parameter AZIMUTH) okoli linije, v krogu od 0 do 360°. V vertikalni smeri je analiza vidnosti segala navpično navzgor (parameter VERT1) in navpično navzdol (parameter VERT2). Vertikalni kot je tako segal od + 90° do - 90°.

4.5.1 Določanje moteče razdalje

Pri določanju zunanjega radija vidnosti smo upoštevali vizualni vpliv objektov oz. maksimalno razdaljo, na kateri daljnovode zaznavamo kot tehnični - linijski objekt v prostoru. To razdaljo smo določili na podlagi vidnega kota. Teoretična vidna (razpoznavna) razdalja je v naravi ob optimalnih atmosferskih pogojih nižja. Zato smo pri analizi vidnosti določili motečo razdaljo oz. radij, kjer imajo stebri vizualni vpliv na okolje (Mišič in Vizovšek Motaln, 2006).

Človeški vid ima fiziološke zakonitosti, zaradi katerih dojema okolico. Na vidnost v naravnem okolju najbolj vplivajo velikost, oblika in transparentnost opazovanega objekta, razdalja opazovanja in kontrast objekta in ozadja. Oko ima fiziološko pogojen vidni kot, pri katerem še lahko razpozna objekte. Če želimo določiti opazovano razdaljo, pri kateri človeško oko še zazna objekt (razpoznavna razdalja) moramo poznati velikost objekta in minimalni vidni kot očesa (Mišič in Motaln, 2006).

V kartografiji so minimalni vidni koti določeni za različne opazovane objekte in kontraste, ki se razlikujejo med črno-belim kontrastom in nekoliko zmanjšanim kontrastom. Definirani so pri normalni bralni razdalji topografske karte 25 cm. Slika 11 prikazuje vidni kot v odvisnosti od velikosti objekta in njegove oddaljenosti (opazovalne razdalje). Daljnovidni stebri so s svojo jekleno palično konstrukcijo delno transparentni objekti zato je njihova vidnost nižja. V kartografiji je minimalni vidni kot za prepoznavanje polnega lika $0,16^\circ$ in za prepoznavanje votlega lika $0,2247^\circ$ (Mišič in Motaln, 2006; cit. po Arnberger in Kretschmer, 1975).



Slika 11: Vidni kot v odvisnosti od velikosti objekta in opazovalne razdalje.

Vidni kot smo izračunali po naslednjem obrazcu:

$$\tan \sigma = \frac{G}{g} \quad \dots (1)$$

G pomeni velikost objekta, σ vidni kot in g opazovalno oddaljenost.

Motečo razdaljo (g_s) smo izračunali glede na razpoznavno razdaljo, ob predpostavki, da je dvakrat krajša od razpoznavne razdalje (g). Vidni kot je dvakrat večji (Mišič in Motaln, 2006; cit. po Arnberger in Kretschmer, 1975).

$$g_s = \frac{G_{min}}{\tan 2 \sigma_{min}} \quad \dots (2)$$

Preglednica 3: Izračun moteče razdalje za daljnovidni steber.

Objekt	Geometrija		Minimalni vidni kot (°)	Velikost objekta (m)	Moteča razdalja (m)
napenjalni steber	votel kvadrat	stranica	0,2247	27	3442
nosilni steber	votel kvadrat	stranica	0,2247	32	4079

Preglednica 3 prikazuje podatke o stebrih, minimalnemu vidnemu kotu in izračunano motečo razdaljo. Analizo vidnosti smo tako opravili za območja znotraj radija 4100 m od osi trase izbranega daljnovoda. Območja smo razdelili v velikostne razrede glede na število vidnih stebrov in izračunali njihovo površino.

4.5.2 Izračun vidnosti stebrov

Pri računanju vidnosti daljnovidnih stebrov, tako dejanskega daljnovoda, kot tudi obeh izmišljenih tras smo uporabili digitalni model površja (velikost rastrske celice 5×5 m), kjer je njihova višina zajeta že v kartni podlagi.

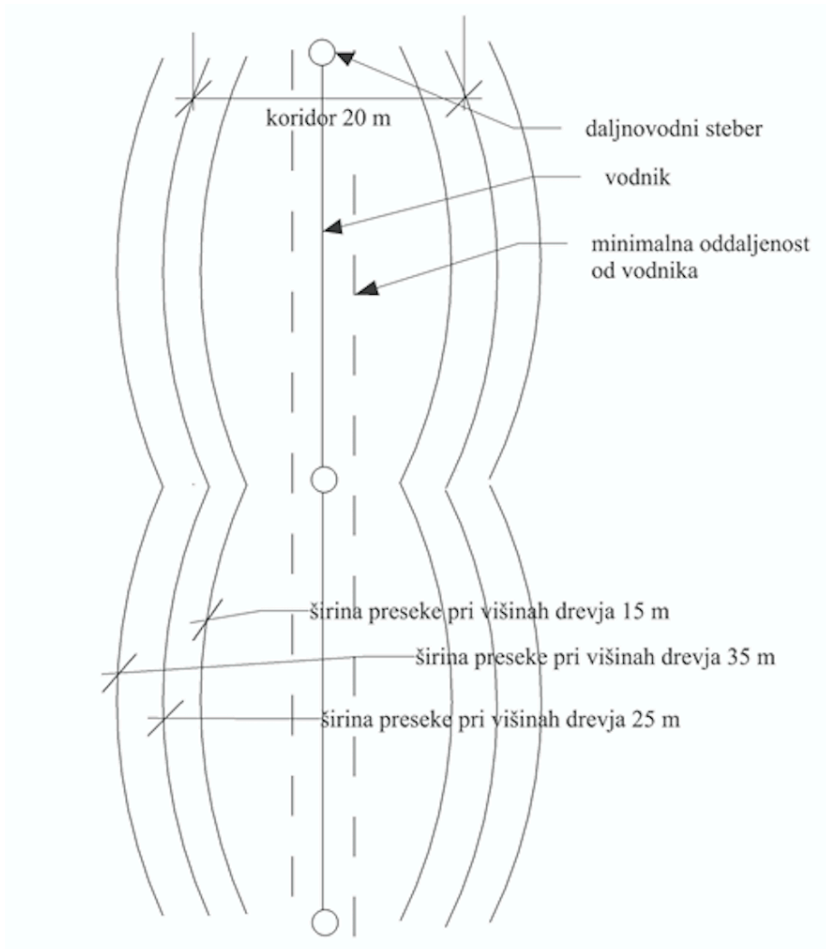
4.5.3 Izračun vidnosti daljnovidne preseke

Za izračun vidnosti preseke smo uporabili karto rabe tal (Javni pregledovalnik ..., 2016) in izločili območja porasla z gozdom. Na podlagi DMR smo nato tem površinam 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. Izračun širine daljnovidne preseke je opisan v poglavju 4.6.

Za vsako določeno širino preseke smo izračunali površino območja, s katerega je daljnovod viden, znotraj razdalje moteče vidnosti (radij 4100 m). Pri simuliranih različnih višinah drevja smo območje s katerega je daljnovod viden prikazali na kartah.

4.6 IZRAČUN ŠIRINE PRESEKE DALJNOVODA IN DOLŽINE GOZDNEGA ROBU

Širino daljnovodne preseke in dolžino gozdnega robu vzdolž daljnovodnega koridorja smo izračunali glede na različne simulirane višine drevja. Pri tem smo upoštevali različne reliefne razmere in izračunane povesi vodnikov (v poglavju 4.6.1). Slika 12 prikazuje širino preseke z valovitim gozdnim robom, ki nastane pri različnih višinah drevja. Ob upoštevanju varnostne oddaljenosti vodnikov se širina preseke in dolžina gozdnega robu lahko spreminjata z višino drevja (Vardjan, 1976).



Slika 12: Grafični prikaz izračuna različnih širin preseke in dolžine gozdnega robu.

4.6.1 Izračun povesov vodnikov

Pri izračunu povesov smo povzeli naslednje podatke o vodnikih (Preglednica 4) za daljnovod nazivne napetosti 220 kV (Zadnik, 2006; Kolenc in sod., 2015):

Preglednica 4: Podatki o vodnikih za daljnovod 220 kV.

Uporabljena vrv	Al / Je 490/65 mm
Prerez vrvi	553,9 mm ²
Premer vrvi	30,6 mm
Masa	1,866 kg / m
Prerezno razmerje (γ)	0,0336 N / mm ² m
Modul elastičnosti (E)	70000 N / mm ²
Temperaturni razteznosti koeficient (α)	19,4 x 10 ⁻⁶ 1/ °K
Maksimalna napetost	19 N / mm ²
Dodatno zimsko breme (γ_D)	0,0175 N / mm ² m
Celotna specifična teža (γ_C)	0,0551 N / mm ² m
Dopustna natezna napetost (σ) pri temperaturi $\nu = -5$ °C	69,96 N / mm ²
Kritična razpetina (s_k)	151,91 m
Kritična temperatura (ν_k)	12,6 °C

Poveze vodnikov smo izračunali po naslednjem postopku (Zupanc, 2013; Kolenc in sod., 2015):

Nadmorskim višinam stojnih mest smo prišteli višino obesišča vrvi in izračunali višinsko razliko sosednjih stojnih mest. Naklonski kot razpetine smo izračunali po obrazcu (3) pri čemer je s dolžina razpetine (v m), c_2 in c_1 nadmorska višina stebrov (Priloga – A).

$$\cos \psi = \frac{s}{\sqrt{s^2 + (c_2 - c_1)^2}} \quad \dots (3)$$

Maksimalni poves na sredini razpetine smo izračunali iz razmerja med dolžino razpetine s , celotne specifične teže vrvi γ in natezne napetosti σ (obrazec 4).

$$f_{\theta} = \frac{\gamma s^2}{8\sigma_{\theta}} \quad \dots (4)$$

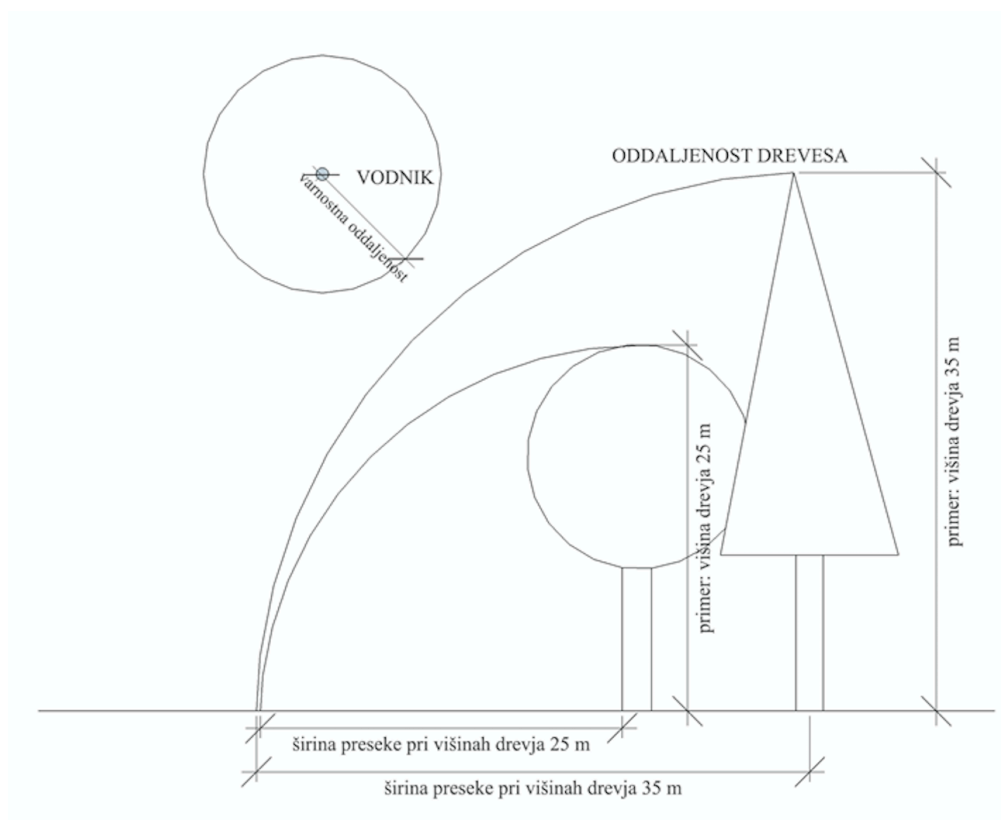
Nadmorski višini na sredini razpetine, ki smo jo interpolirani med nadmorskimi višinami obeh obesišč, smo odšteli maksimalen povos in tako dobili nadmorsko višino povosa vodnika na sredini razpetine.

4.6.2 Izračun širine preseke in dolžine gozdnega robu

Za izračun dolžine gozdnega robu in širine gozdne preseke smo uporabili podatek o minimalni varnostni oddaljenosti vodnika od površja, torej tal ali drevja, za vso površino (vsak kvadraten meter površine) med dvema sosednjima stebroma (Priloga – A), širino izračuna pa smo omejili na 40 m na vsako stran vodnika.

Podatke o nadmorski višini za vsak meter posamezne razpetine smo dobili iz digitalnega modela reliefa. Za podatke o višini vodnika pa smo s statističnim programom R interpolirali krivuljo med tremi točkami (nadmorska višina obeh obesišč + nadmorska višina povešene vrvi na sredini razpetine). Uporabili smo polinom druge stopnje kot približek enačbi verižnice. Tako smo dobili podatke o višini vodnika za vsak meter med dvema sosednjima stebroma. Okoli vodnika smo določili varnostno oddaljenost 5 m. Izračunali smo razdalje med vodnikom (skupaj z varnostno oddaljenostjo) in tlemi oz. podlago digitalnega modela reliefa (grafični prikaz izračuna na Sliki 13). Tako smo vsako točko vodnika (vsak meter) povezali s točkami tal (rastersko podlago ločljivosti 5×5 m smo spremenili v točkovni sloj) in izračunali razdalje v 3D prostoru.

Podlagi DMR smo dodali karto rabe tal (GERK). Površinam pokritim z gozdom smo prišteli različne višine dreves, med 5 in 35 m.



Slika 13: Prikaz izračuna oddaljenosti vodnika od dreves

Za prikaz območja potrebnega poseka na trasi glede na različne simulirane višine drevja smo ustvarili poligone. Posamezen 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). Površina poligonov tako prikazuje posekana območja na trasi, njihov obseg pa dolžino in obliko gozdnega robu.

Za vsako simulirano višino drevja smo izvedli primerjavo (v %) dolžine gozdnega robu in površine daljnovidne preseke glede na največjo določeno višino drevja, to je 35 m.

5 REZULTATI

5.1 ANALIZA VIDNOSTI DALJNOVODA

Na izbranem odseku daljnovoda območje analize vidnosti znotraj moteče razdalje (radij 4100 m) skupaj zajema 14301,4 ha. Gozdne površine v okolici zavzemajo 10144 ha (70,9 % površin znotraj moteče razdalje). Trasa daljnovoda prečka gozd na petnajstih različnih mestih, v skupni dolžini 5544 m.

Znotraj obravnavanega območja brez gozda je največ kmetijskih površin, skupaj 3749 ha (26,2 %). Pozidanih površin je 296 ha (2,1 %). Barja in močvirja obsegajo 59 ha (0,4 %), ostale površine zavzemajo površino 37 ha (0,3 %). Najmanj je vodnih površin, in sicer 15 ha (0,1 %).

5.1.1 Območja vidnosti daljnovodnih stebrov

Daljnovodni stebri so vidni s 4823,3 ha velike površine oz. 33,7 % obravnavanega območja znotraj moteče razdalje. Skupna površina območij, kjer daljnovodnih stebrov ni videti je 9578,1 ha oz. 66,3 %.

Preglednica 5: Površina in delež območja, s katerega so vidni daljnovodni stebri

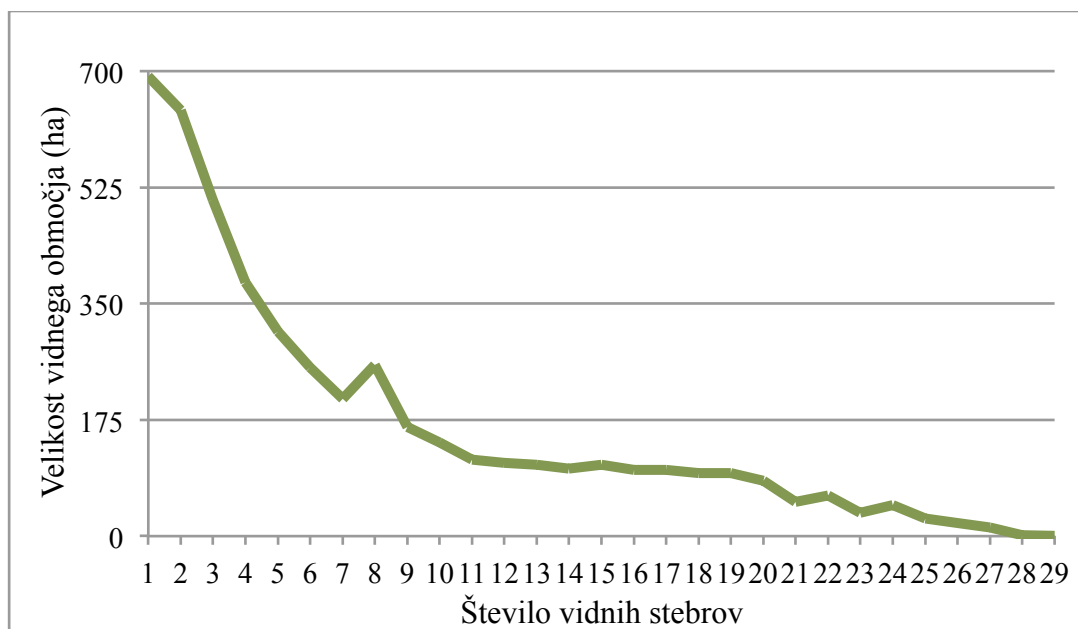
Število vidnih stebrov	Površina (ha)	Delež območja (v %) s katerega je vidno določeno število stebrov	Delež območja (v %) glede na površino, ki jo določa moteča razdalja
1	692,1	14,35	4,84
2	640,9	13,29	4,48
3	506,4	10,50	3,54
4	382,0	7,92	2,67
5	308,1	6,39	2,15
6	254,2	5,27	1,78
7	206,3	4,28	1,44
8	257,8	5,34	1,80
9	164,0	3,40	1,15
10	140,7	2,92	0,98
11	114,9	2,38	0,80
12	110,2	2,28	0,77
13	107,7	2,23	0,75
14	101,2	2,10	0,71
15	107,0	2,22	0,75
16	99,9	2,07	0,70
17	99,9	2,07	0,70
18	95,3	1,98	0,67
19	95,3	1,98	0,67
20	83,4	1,73	0,58
21	52,0	1,08	0,36
22	60,8	1,26	0,42
23	34,9	0,72	0,24
24	46,9	0,97	0,33
25	26,9	0,56	0,19
26	19,7	0,41	0,14
27	12,9	0,27	0,09
28	1,7	0,03	0,01
29	0,4	0,01	0,00
Skupaj	4823,3	100,0	33,7

V Preglednici 5 so prikazane izračunane velikosti območij s katerih je vidno posamezno število stebrov. Preglednica prikazuje delež območja znotraj moteče razdalje (v %) s katerega je vidno določeno število stebrov in delež območja (v %) glede na celotno površino znotraj moteče razdalje (v radiju 4100 m).

Z največjega deleža (14,4 %) oz. 692,1 ha izračunanega območja je viden vsaj en steber, sledita območji z dvema vidnima (13,3 % oz. 640,9 ha) in tremi (10,5 % oz. 506,4 ha) vidnimi stebri. Območja s štirimi do osmimi vidnimi stebri obsegajo med 5 in 10 % območja. Območja med devet in dvaindvajset vidnih stebrov obsegajo med 4 in 1 % celotnega območja. Območja z več kot 23 vidnimi stebri zavzemajo manj kot 1 % območja. Z najmanj območij (0,01 % oz. 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.

Glede na celotno površino, ki jo določa moteča razdalja sta eden ali dva daljnovidna stebra vidna z več kot 4 % površine. Območja med tremi in devetimi vidnimi daljnovidnimi stebri obsegajo več kot 1 % celotne izračunane površine. Območja z več kot 10 vidnimi stebri pa zavzemajo manj kot 1 % površine znotraj radija moteče razdalje.

Graf (Slika 14) prikazuje spreminjanje velikosti območja, s katerega so vidni daljnovidni steberi. Na abscisni osi je podano število stebrov, ordinata prikazuje površino (v ha) območja daljnovidnih stebrov. Graf nakazuje eksponentno zmanjševanje površine z večjim številom stebrov. Posamezna odstopanja se pojavijo pri 8, 15, 22 in 24 vidnih stebrih.



Slika 14: Prikaz spreminjanja velikosti območja, s katerega je vidno posamezno število daljnovidnih stebrov.

5.1.2 Vidnost izmišljenih variant trase

Preglednica 6: Površina območij, s katerih so vidni daljnovidni stebri na različnih variantah trase

Varianta izmišljene trase daljnovoda	Površina (v ha) s katere so vidni daljnovidni stebri	Delež območja (%) znotraj moteče razdalje s katerega so vidni daljnovidni stebri
1 (šest izbranih stebrov)	2395,1	16,7
2 (šest izbranih stebrov)	3586,2	25,1
Obstoječa trasa daljnovoda (šest izbranih stebrov)	3550,8	24,8

Preglednica 6 prikazuje izračunano površino območij, s katere so vidni daljnovidni stebri na različnih variantah trase ter delež te površine znotraj moteče razdalje. Daljnovidni stebri na varianti trase 1 (severno od dejanskega poteka daljnovoda) so vidni s površine 2395,1 ha, ki obsega 16,7 % celotne površine znotraj moteče razdalje. Na varianti trase 2 (južno od dejanskega poteka daljnovoda) so stebri vidni s površine 3586,2 ha oz. 25,1 % celotne površine.

Na obstoječi trasi, ki jo primerjamo z izbranimi variantama, je šest stebrov vidnih s površine 3550,8 ha oz. 24,8 % celotne površine znotraj moteče razdalje.

5.1.3 Vidnost različnih širin daljnovidne preseke

Izračunali smo velikost območja, s katerega so vidne različno široke daljnovidne preseke ob predpostavljenih višinah drevja 15, 25 in 35 m in vidnost preseke za enoten daljnovidni koridor širine 40 m.

Povprečna površina območij s katerih je daljnovod viden (znotraj moteče razdalje) je 4338,0 ha oz. 30,3 %. Območja s katerih daljnovidni koridor ni viden v povprečju obsegajo 9963,4 ha oz. 69,7 % celotne površine.

Preglednica 7: Površina in delež območja, s katerega so vidne različne širine preseke.

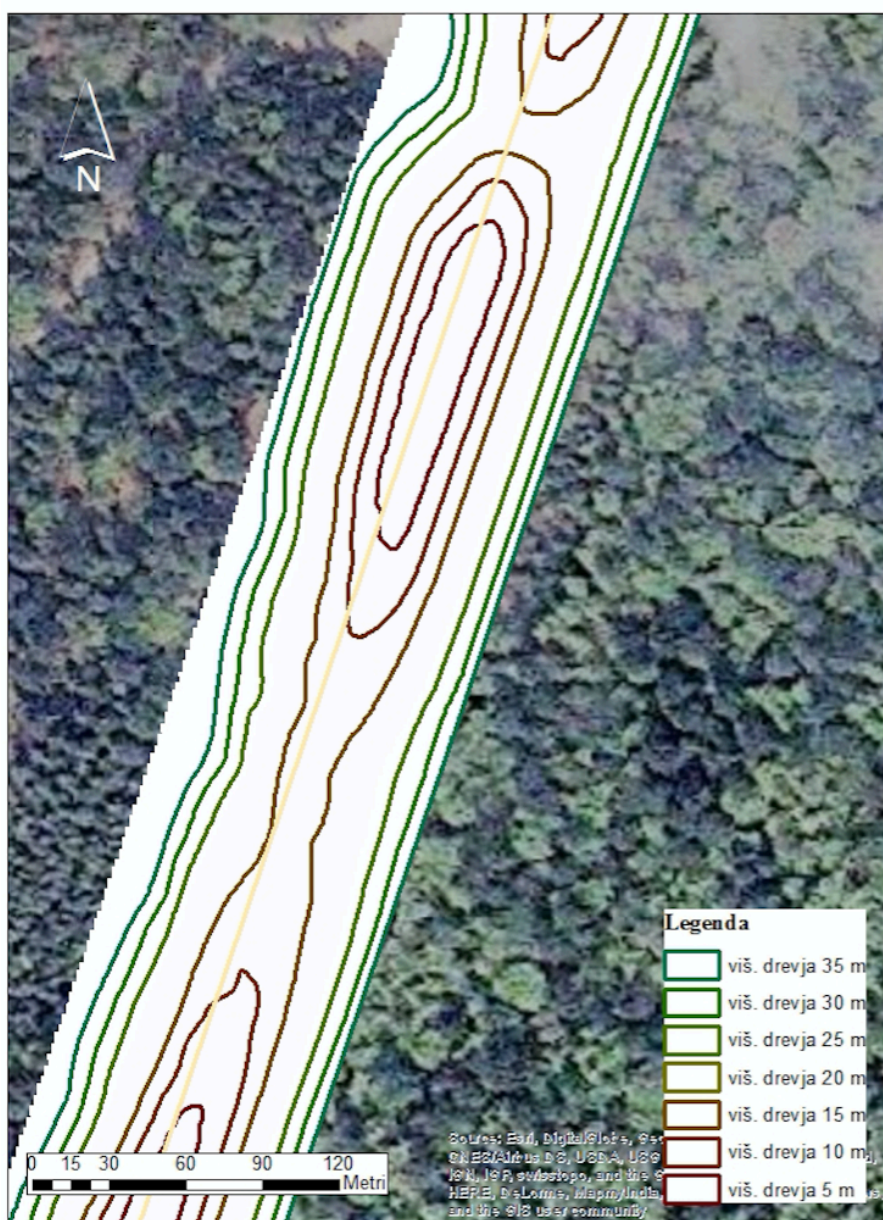
Višina drevja (m)	Velikost območja (v ha) s katerega so vidne različne širine preseke	Delež (%)	Velikost območja (v ha) s katerega različne širine preseke niso vidne	Delež (%)
0 - 15	4281,6	29,9	10019,8	70,1
0 - 25	4347,3	30,4	9954,2	69,6
0 - 35	4395,9	30,7	9905,5	69,3
Koridor (40 m)	4327,5	30,3	9973,94	69,7

Preglednica 7 prikazuje površino in delež površin različnih širin preseke. Največje območje vidnosti daljnovidne preseke (4395,9 ha) zavzema največja širina preseke, ki nastane pri višini drevja do 35 m. Pri višini drevja do 25 m, površina območij, s katerih je vidna preseka obsega 4347,3 ha. Pri višini drevja do 15 m je območje vidnosti veliko 4281,6 ha. Koridor enotne širine 40 m je viden s 4327,5 ha velikega območja.

5.2 SPREMINJANJE POVRŠINE DALJNOVODNE PRESEKE IN DOLŽINE GOZDNEGA ROBU

5.2.1 Prikaz spreminjanja površine preseke in dolžine gozdnega robu

Slika 15 prikazuje spreminjanje oblike gozdnega robu in površine daljnovodne preseke pri določenih različnih višinah drevja: 5 m, 10 m, 15 m, 20 m, 25 m, 30 m in 35 m na izbranem odseku trase daljnovoda.



Slika 15: Prikaz spreminjanja oblike gozdnega robu in površine presek na izbranem odseku trase.

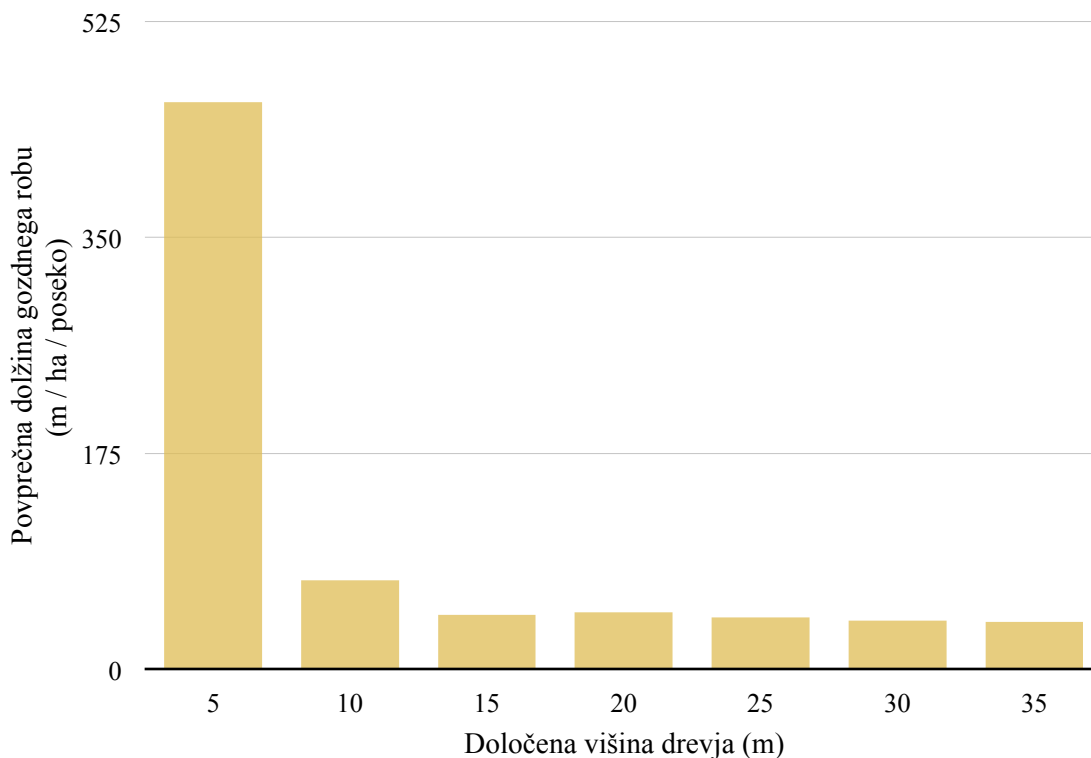
5.2.2 Analiza površine preseka in dolžine gozdnega robu

Daljnovidne preseke zavzemajo določen delež gozdnega prostora, kjer poteka trasa. V Preglednici 8 smo prikazali spreminjanje površine preseke in spreminjanje skupne dolžine gozdnega robu na območjih, kjer trasa daljnovidna poteka skozi gozdni prostor (karta rabe tal). Pri tem smo upoštevali različne višine drevja in jih razvrstili v sedem razredov; med 5 in 35 m. Število različnih območij poseka prikazuje na koliko različnih lokacijah bi bil potreben posek, ob upoštevanju reliefnih značilnosti (višinska razlika med vodnikom in tlemi) in določene višine dreves. Upoštevali smo samo mesta poseka večja od 500 m². Razlike v dolžini gozdnega robu in površini poseka smo prikazali z deleži. Za vsako pričakovano višino drevja (5 – 30 m) smo izračunali razliko v % glede na najvišjo določeno višino 35 m.

Graf (Slika 16) prikazuje spreminjanje dolžine gozdnega robu drevja preračunane v m / ha za posamezno daljnovidno poseko (ordinatna os) glede na določeno višino drevja (abscisna os).

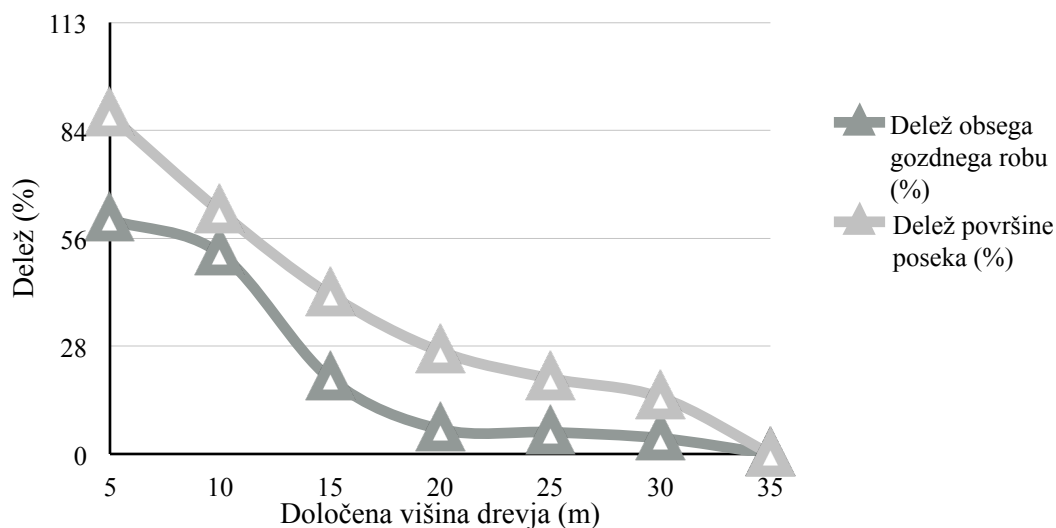
Preglednica 8: Spreminjanje dolžine gozdnega robu in površine poseke pri izbranih različnih višinah drevja

Pričakovana višina drevja (m)	Število različnih območji poseka	Skupna dolžina gozdnega robu (m)	Razlika v dolžini gozdnega robu (v %) glede na višino drevja 35 m	Skupna površina poseke (ha)	Razlika v površini poseka (v %) glede na višino drevja 35 m
5	6	1936	60,9	0,7	88,4
10	16	4960	52,2	4,3	63,3
15	20	10388	19,6	11,7	41,5
20	14	12925	6,5	20,0	26,7
25	12	13819	5,7	27,3	19,7
30	11	14651	4,11	34,0	14,8
35	10	15279	0,0	39,9	0,0



Slika 16: Spreminjanje povprečne dolžine gozdnega robu (v m / ha / poseko) pri določenih različnih višinah drevja

Pri višini drevja 5 m je različnih mest poseka 6. Zavzemajo površino 0,7 ha in skupno dolžino gozdnega robu 1936 m (v povprečju 3871 m / ha oz. 461 m / ha / poseko). Pri višini dreves 10 m bi bil na območju izbrane trase posek potreben na 16 različnih območjih. Pri višini dreves 15 bi bil na območju izbrane trase posek potreben na največ različnih območjih, to je 20. Skupna površina vseh posek bi bila za 10 m visoko rastje 4,3 ha, z dolžino gozdnega robu 4960 m (v povprečju 1154 m / ha oz. 72 m / ha / poseko) in za 15 m visoko rastje 11,7 ha z dolžino robu 10388 m (v povprečju 888 m / ha oz. 44 m / ha / poseko). Pri višinah dreves 20 m je število mest poseka 14. Površina posek je 20 ha, z obsegom gozdnega robu 12925 m (v povprečju 646 m / ha oz. 46 m / ha / poseko). Pri višini drevja 25 m je število lokacij poseka 12, površina obsega 27,3 ha in dolžina gozdnega robu 13819 m (v povprečju 506 m / ha oz. 42 m / ha / poseko). Pri 30 m visokem drevju je posek potreben na 11 mestih. Površina poseka zavzema 34 ha in obsega 14651 m dolg gozdni rob (v povprečju 431 m / ha oz. 39 m / ha / poseko). Število lokacij poseka pri 35 m visokem drevju je 10. Površina poseka znaša 39,9 ha in ima obseg 15279 m (v povprečju 383 m / ha oz. 38 m / ha / poseko).



Slika 17: Prikaz spreminjanja deleža površine poseka in dolžine gozdnega robu glede na simulirano višino drevja 35 m

Graf (Slika 17) prikazuje zmanjševanje razlike v deležu dolžine gozdnega robu in deležu površine potrebnega poseka (ordinatna os) pri različnih simuliranih višinah drevja (abcisna os) glede na najvišjo simulirano višino drevja 35 m (Preglednica 12). Pri višinah med 5 in 10 m je razlika v dolžini gozdnega robu 2,4 km oz. 61 %, izračunana površina poseka je manjša za 3,8 ha oz. 88 %. Pri višinah drevja med 10 in 15 m je gozdni rob krajši za 5,1 km (52 %) in površina manjša za 7,4 ha (63 %). V naslednjem razredu (višine drevja med 15 in 20 m) se gozdni rob razlikuje za 2,0 km (19 %) in površina poseka za 8,3 ha (41,5 %). V četrtem razredu (višine drevja 25 in 20 m) se dolžina gozdnega robu razlikuje za 1 km (6 %) in površina poseka za 7 ha oz. 27 %. Pri višinah med 25 in 30 m je razlika v dolžini gozdnega robu 0,9 km (6 %) in površini poseke 7 ha oz. 20 %. Med višinami 30 in 35 m je razlika v dolžini gozdnega robu 0,6 km (4 %) in 7 ha (14 %) v površini poseka.

5.3 KARTE VIDNOSTI DALJNOVODNIH STEBROV IN DALJNOVODNE PRESEKE

Karte prikazujejo območja vidnosti daljnovodnih stebrov in območja, s katerih so vidne različne širine preseke (glede na določeno simulirano višino drevja) znotraj izračunane moteče razdalje (v radiju 4100 m okoli osi trase daljnovoda). Območja vidnosti daljnovodnih stebrov (Priloga - C) smo razdelili v 14 velikostnih razredov (zaradi preglednosti karte). Vsak razred prikazuje izračunano število vidnih stebrov s posamezne rastrske celice na karti.

Karta vidnosti daljnovodnih stebrov na izmišljenih variantah trase (Prilogi D - E) prikazuje vidne površine obeh variant v radiju 4100 m okoli trase. Za primerjavo z obema variantama smo na kartah prikazali območja, s katerih se vidi šest stebrov obstoječe trase.

Vidnosti različno širokih presek za posamezne višine drevja 15, 25 in 35 m in enoten koridor širine 40 m smo prikazali na kartah v Prilogah F - I.

6 RAZPRAVA IN SKLEPI

Z nalogo smo želeli prikazati metodo računanja vidnosti daljnovoda in njegovega koridorja v gozdnem prostoru ter spreminjanje deleža gozdnega robu in površine poseke z upoštevanjem različnih višin drevja ter pri tem prikazati možnost oblikovanja gozdnega robu.

Izbran odsek trase daljnovoda prehaja iz območja Hrušiške planote z gozdno krajino na območje Postojnske kotline z gozdnato in pretežno kmetijsko krajino ter poseljenimi območji. Na celotni dolžini odseka skoraj polovica trase daljnovoda poteka skozi gozdne površine.

Vidnost daljnovoda smo prikazali s karto območij, s katerih so vidni daljnovidni stebri in s kartami, na katerih so prikazana območja, s katerih so vidne daljnovidne preseke, ki nastanejo pri določenih višinah drevja. Pri slednjih smo upoštevali višine 15, 25 in 35 m ter koridor enotne širine 40 m. Velikost območja za računanje vidnosti daljnovidnih stebrov smo določili na podlagi razdalje moteče vidnosti. Slednja se z oddaljenostjo opazovanega objekta, ki je glede na percepcijo opazovalca moteč v krajini, eksponentno zmanjšuje z oddaljenostjo (Mišič in sod., 2010). Moteča razdalja je odvisna od velikosti objekta in njegove oblike. Na podlagi vidnega kota smo izračunali radij 4100 m od linije daljnovoda, celotno območje računanja vidnosti je tako zajelo 14301,4 ha veliko površino. V podlagi smo za izdelavo karte vidnih območij uporabili digitalni model površja, ki za razliko od modela reliefa poleg nadmorskih višin vsebuje tudi podatke o pokrovnosti površja (višina vegetacije in objektov). Nato smo za območja gozdov, kjer smo uporabili karto rabe tal, podlagi digitalnega modela reliefa prišteli različne višine dreves (15, 25 in 35 m). Izračunali smo površino s katerih so vidni daljnovidni stebri in daljnovidne preseke. Intenzivnost vidnosti daljnovidnih stebrov smo prikazali z razredi (29 razredov), glede na število vidnih daljnovidnih stebrov. Z enega mesta je bilo vidnih največ 29 stebrov.

Izračunano vidno območje daljnovidnih stebrov je obsegalo 33,7 % (4823,2 ha) celotne površine znotraj moteče razdalje, medtem ko je bila vidnost preseke nekoliko manjša in je

v povprečju obsegala 30,3 % (4338,0 ha) izračunane celotne površine znotraj moteče razdalje.

Daljnovidni stebri so bili pričakovano vidni z večje površine, saj smo pri računanju vidnosti uporabili parameter višine objekta. Njihova višina (32 m) je na nekaterih delih segala nad vegetacijski pokrov. S tem se je površina vidnosti stebra povečala, čeprav je bil v takih primerih viden zgolj zgornji del sterba. Pri računanju vidnosti preseke smo se omejili zgolj 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. Neposredna primerjava površine območji vidnosti v našem primeru tako ni najustreznejša.

Ocenjujemo, da je bila vidnost daljnovoda na območjih gozdov nižja, tako v neposredni bližini daljnovoda, kakor tudi z bolj oddaljenih območji. Gozd predstavlja izrazito vidno prepreko, kljub višini daljnovidnih stebrov, ki segajo nad sestožno višino. V takem primeru njihova moteča vidnost ni tako izrazita, kot na območjih kjer so vidni v celoti. Tudi navedbe Ady in sod. (1979) potrjujejo, da potek daljnovoda skozi gozd nima izrazitega vpliva na vidne kvalitete krajine, saj so le pod določenimi koti pogleda, vidni le zgornji deli stebrov.

Glede na karte vidnosti so bili daljnovidni stebri in različne širine daljnovidnih presek na izbranem odseku (območja Postojnskega polja) izrazito bolj vidni z višje ležečih področij; s pobočij Nanosa in Hrušice. Daljnovidni stebri so v takih primerih vidni skoraj v celoti. Gozd in druge geomorfološke oblike (valovit teren) zaradi višinske razlike ne predstavljajo izrazitejše vidne prepreke.

Površina območij z največ vidnimi stebri (29) je bila majhna, zgolj 0,37 ha in so predstavljala manj kot odstotek celotnega izračunanega vidnega območja znotraj moteče razdalje. V naravi taka območja predstavljajo "razgledne točke", kamor se opazovalec postavi z namenom pogleda na krajino (npr. v našem primeru vrh Nanosa) in so navadno razporejena na večjem področju (Ady in sod., 1979). V nalogi se nismo osredotočili na to za kakšna območja gre (območja poselitve, rekreacijske površine, ceste, območja gozdov

ali kmetijskih površin, itd.). Ady in sod. (1979) v raziskavi poslabšanja vidnih kvalitets krajinskega parka ob postavitvi novih infrastrukturnih objektov tovrstnim območjem postavljajo posebno težo. Pri tem upoštevajo različne skupine ljudi, ki uporabljajo prostor in njihovo percepcijo do postavitve daljnovoda. Navajajo, da so omenjena območja razpršena po celotnem obravnavanem območju in moteča vidnost daljnovoda z razdaljo eksponentno pada, tako daljnovod na širšem območju krajinskega parka nima izrazitega vpliva na poslabšanje vidnih kvalitets krajine (Ady in sod., 1979).

V našem primeru območja, s katerih je vidnih večje število daljnovidnih stebrov niso bila v neposredni bližini daljnovoda (karta vidnosti daljnovidnih stebrov). Po navedbah Mišiča in sod. (2010) vpliv moteče vidnosti ni tako izrazit, saj se le-ta z oddaljenostjo eksponentno zmanjšuje (Mišič in sod., 2010). Prav tako se vidnost v prostoru ves čas spreminja, bodisi zaradi atmosferskih dejavnikov (Zakšek, 2006) ali spreminjanja krajine (npr. krčitve gozda ob daljnovidu, postavitve novih objektov itd.) (Mišič in sod., 2010).

Z največ območij sta bila vidna zgolj eden (14,4 %) oz. dva stebra (13,3 %). Vidnost v tem primeru ni bila toliko pogojena z višinsko razliko, oddaljenostjo in pokrovnostjo tal. Najbolj moteča je na območjih v neposredni bližini daljnovoda (stebri so vidni v celoti), kjer ni pogojena z atmosferskimi vplivi (megla, oblačnost) v takšni meri, kot na oddaljenih območjih (Ady in sod., 1979). Gozdna preseka z oblikovanim valovitim gozdnim robom v takih primerih predstavlja edino vidno prepreko in zmanjšuje motečo vidnosti daljnovoda (Mišič in sod. 2010).

Velikost območij, s katerih so bile vidne daljnovidne preseke, je bila v povprečju 4338,0 ha. Vidnost preseke je bila pričakovano najnižja pri simuliranih višinah drevja do 15 m, kjer bi bil potreben tudi najmanjši delež poseka oz. je bila širina preseke najmanjša. Največje območje, s katerega je daljnovidna preseka vidna, sta tako zavzemali preseki s simuliranimi višinami drevja 25 in 35 m. Ob tem lahko potrdimo prvo postavljeno hipotezo, da širina preseke vpliva na različno vidnost v prostoru, vendar so bile razlike v površini vidnih območij izrazito majhne. Razlika med najmanjšo širino preseke pri določenih višinah drevja 15 m in največjo širino preseke (višina 35 m) je bila manj kot 1 % oz. zgolj 114,3 ha.

Za primerjavo vidnosti različnega poteka daljnovoda v prostoru smo določili dve navidezni varianti trase daljnovoda na severni in južni strani obstoječe trase daljnovoda. Za oris poteka trase smo določili zgolj lokacije šestih stebrov, pri čemer nismo upoštevali drugih kriterijev umeščanja v prostor, saj nas je zanimala zgolj vidnost v prostoru. Razlika v površini, s katere sta bili vidni obe varianti, se je pojavila in je znašala 1191,1 ha oz. 8,4 % celotne izračunane površine znotraj moteče razdalje. Izmišljeni varianti smo nato primerjali z obstoječo traso, kjer smo prav tako izbrali šest stebrov. Ti so bili glede na izbrano varianto 1 vidni z večje površine, in sicer za 1155,7 ha. Postavitev druge variante je bila vidna z največ območij (3586,2 ha), vendar je bila razlika glede na obstoječi potek trase izrazito majhna, zgolj 35,4 ha.

Ob tem lahko potrdimo drugo postavljeno hipotezo; različna prostorska umestitev trase ima različno vidnost v prostoru. Trasa variante 1 (severno od dejanskega daljnovoda) je imela nekoliko manj vidnih površin, saj poteka bližje vznožjem pobočij Nanosa. Obstoječa trasa daljnovoda in trasa variante 2 na južni strani vodita preko sredine Postojnskega polja. Stebri obstoječe trase daljnovoda so zaradi stabilnostnih razmer locirani na grebenskih delih Postojnskega polja, medtem ko varianta 2 poteka na reliefno najbolj odprtih delih. Tak potek trase ima več vidnih površin, tako z ravninskih območij (v kotlini) kakor z višje ležečih območij (primer: pobočja Nanosa). Ob tem se prav tako potrdijo usmeritve Jakla in Marušiča (1998), kjer navajata, da naj daljnovod z vidika manjše vidnosti v prostoru vzdolžno sledi geomorfološkim linijam in v dolinah poteka po njihovem robu (Jakl in Marušič, 1998). Tudi Grassi in sod. (2014) v primerjavah različnih možnih tras daljnovoda navajajo rezultate različne vidnosti pri različnih variantah. Obenem poudarjajo, da je umeščanje v prostor in primerjava različnih variant zgolj glede na kriterij vidnosti skoraj nemogoča (Grassi in sod., 2014). Analiza vidnosti z uporabo GIS programov lahko služi le kot dodaten parameter pri metodah umeščanja v prostor, ki se uporabljajo pri načrtovanju daljnovodov (Grassi in sod., 2014; Bagli in sod., 2011).

V drugem delu naloge smo obravnavali spreminjanje oblike gozdne preseke oz. kako se lahko posek na daljnovodnih prilagaja reliefnim značilnostim in višini drevja. S tem smo prikazali možnost strukturiranja gozdnega robu v smislu organskih oblik v izkrceni prostor

(Roženberger in sod., 2013). Oblikovanje poseka smo prikazali s poligoni na podlagi izdelanega digitalnega modela reliefa. Pri tem smo upoštevali varnostne oddaljenosti, višino električnih vodnikov nad tlemi in simulirali različne višin dreves (med 5 in 35 m). Posek smo prikazali samo za območja gozdov, kjer smo uporabili karto rabe tal, upoštevali smo zgolj izračunane lokacije poseka večje od 500 m².

S spreminjanjem višine drevja se je spreminjalo tudi število območji poseka. Tako je bilo pri višinah drevja 5 m takih območij vzdolž celotne trase zgolj 6. Pri računanju različnih mest poseka smo določili najmanjšo površino 500 m², kar je razlog za odstopajoče vrednosti. Pri simulirani višini dreves 15 m smo izračunali največ lokacij poseka, in sicer 20. Z večjimi simuliranimi višinami drevja se je število mest poseka zmanjševalo. Pri višinah drevja 35 m je bilo tako 10 lokacij poseka.

Nižje drevesne višine so pričakovano zahtevale manjši posek na koridorju pod daljnovodom. Površina poseka pri simuliranih višinah drevja 5 m je na 6 različnih območjih obsegala zgolj 0,7 ha. Pri največji simulirani višini drevja 35 m pa se je površina povečala za 39,4 ha. Površina poseka je glede na simulirano višino drevja naraščala linearno.

Prav tako se je s simulirano višino drevja povečevala tudi dolžina gozdnega robu, vendar so se razlike zmanjševale. Pri višinah drevja 5 m je bila skupna dolžina gozdnega robu izrazito najkrajša. Le – ta je obsegal zgolj 1936 m. Pri najvišjih simuliranih višinah drevja se je dolžina gozdnega robu povečala na preko 15 km, vendar je razlika v dolžini med 20 in 40 m visokim drevjem znašala zgolj 5 km.

Dolžina gozdnega robu (preračunana v m / ha) se je na posamezni preseki pri različnih višinah drevja zmanjševala linearno. Izjema je bila višina drevja do 5 m, kjer je bila dolžina gozdnega robu na posamezni poseki 461 m / ha. Pri drugih simuliranih višinah drevja so bile razlike izrazito manjše. Tako je gozdni rob pri višini drevja 35 m na posamezni poseki obsegal zgolj 38 m / ha.

Površina daljnovodnih presek in dolžina gozdnega robu sta se pričakovano povečevali z določenimi večjimi višinami drevja oz. oddaljenostjo od vodnikov. Površina potrebnega poseka je naraščala linerano, razlike v dolžni gozdnega robu pa so se zmanjševale. Ob tem lahko potrdimo tretjo postavljeno hipotezo, da večja širina preseke vpliva na večji delež gozdnega robu. Višina vegetacije pri posegih v koridorju daljnovoda (varovalni pas) tako značilno vpliva na površino poseka in delež gozdnega robu.

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 povosom vodnikov (Vardjan, 1976).

Guggenmoos in Sullivan (2008) navajata pomen gozdne združbe, višine dreves in vodnikov pri določanju minimalne širine preseke in ne zgolj napetosti daljnovoda, kar je v splošni rabi (Guggenmoos in Sullivan, 2008). Tveganje za nastanek potencialne škode na vodnikih pripisujeta izpostavljenim dominantnim drevesom na gozdnem robu, kar ne more biti vzrok za povečevanje enotne širine preseke. Njune ugotovitve lahko potrdimo, saj sta dolžina gozdnega robu in obseg potrebnega poseka na gozdnem robu pri vzdrževanju preseke neposredno povezana. Tako je npr. pri določenih sestojnih višinah 30 m dolžina gozdnega robu obsegala 14,6 km. Pri višinah drevja 35 m pa dolžina robu daljnovodne preseke narasla na 15,3 km. Manjši obseg poseka vodi do nižjih stroškov vzdrževanja daljnovodne preseke (Guggenmoos in Sullivan, 2008).

Tako kot so območja poseka prikazana v tlorisu se lahko slika prenese v oblikovanje gozdnega robu v narisu (Slika 3). Glede na simulirano višino dreves oz. sestojno 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 postopno oblikuje gozdni rob 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. Pri prečkanju dolin in drugih nižje ležečih reliefnih oblik posek tako

velikokrat ni potreben; ni nujen v celotnem koridorju, ampak se omeji samo na določene dele (nastanek zaplat). Pri tem se seveda mora upoštevati dostopnost za vzdrževalna dela na daljnovodu (Zupančič, 1976). Na teh delih daljnovidna 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).

Pri krčitvah, ki nenadoma posegajo v gozdni prostor je vse elemente pravilno oblikovanega gozdnega roba težko dosegati (Roženberger in sod., 2013). Vsaka gozdna poseka ima osnovne splošne značilnosti: sprememba mikroklima (svetlobnega in toplotnega režima, talnih in zračnih vlažnostnih razmer). Pri tem igra odločilno vlogo ne samo njihova značilna drevesna sestava, ampak tudi geološka podlaga, z njo povezana oblikovanost površja ter talni tip in njegove lastnosti - skratka celoten ekološki kompleks vsake gozdne združbe (Smole, 1976).

V nalogi smo prikazali metodo prikaza spreminjanja in možnosti oblikovanja gozdnega roba na daljnovidnih koridorjih, pri čemer se s selektivnimi sečnjami lahko zmanjša posek in zniža stroške vzdrževanja. Uporaba GIS programske opreme je pri načrtovanju daljnovoda (npr. računanje potrebne površine poseka) v pomoč (Grassi in sod., 2014; Bagli in sod., 2011), vendar ne more nadomestiti podrobnejšega terenskega dela. V številnih primerih pa se lahko kot podpora lidar tehnologiji uporablja pri vzdrževanju daljnovidnih koridorjev (Kurinsky, 2013; Bilc, 2002; Lovrenčič in sod., 2003).

Gozdni robovi ob koridorjih daljnovidov ponujajo možnosti za obogatitev krajine v ekološkem pogledu. Pravilno strukturirani gozdni robovi so ugodni tudi v estetskem pogledu in ublažijo posege v krajino. Oblikovanje gozdnega roba je zato največkrat oziroma edina najbolj racionalna izraba daljnovidnega koridorja, ki prečka gozdne površine. Pravilno oblikovan gozdni rob predstavlja vidno prepreko (Ady in sod., 1979) in zmanjšuje motečo vidnost daljnovoda v prostoru (Mišič in sod. 2010). Zaradi pomena, ki ga ima gozdni rob, njegov obstoj ne sme biti prepuščen slučaju in mora biti vedno vključen v gozdarsko načrtovanje na vseh ravneh.

6.1 SKLEPI

V nalogi smo pri računanju vidnosti daljnovoda, spreminjanju površine poseka ter dolžine gozdnega robu postavili tri hipoteze in v zaključku oblikovali naslednje sklepe.

Prvo hipotezo, da širina preseke vpliva na različno vidnost v prostoru, smo potrdili. Z največ območij (4395,9 ha) je vidna največja širina preseke, ki nastane pri višini drevja 35 m. Površine območja s katerega so različno široke preseke vidne, 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 %.

Drugo hipotezo, da ima različna prostorska umestitev trase različno vidnost v prostoru, smo potrdili. Površina območij, s katerih je vidnih šest stebrov variante 1 (severno od obstoječe trase), obsega 2395,1 ha (16,7 % površine znotraj moteče razdalje). Stebri variante 2 (južno od obstoječe trase) so vidni s površine 3586,2 ha (25,1 % površine znotraj moteče razdalje). Na obstoječi trasi je šest stebrov vidnih s površine 3550,8 ha (24,8 % površine znotraj moteče razdalje). Druga varianta je vidna z največje površine, vendar je razlika z vidnostjo stebrov obstoječe trase zgolj 35,4 ha. Razlika v vidnosti obeh izmišljenih variant je 1191,1 ha (8,4 %).

Tretjo hipotezo, da večja širina preseke vpliva na večji delež gozdnega robu, smo potrdili. Velikost poseka (39,9 ha) in dolžina gozdnega robu (15279 m) sta največja pri simulirani višini drevja 35 m in najmanjša pri višini 5 m (0,7 ha in 1936 m). Razlike v dolžini gozdnega robu in površini poseka se pri večjih simuliranih višinah drevja, glede na določeno višino 35 m, zmanjšujejo. Pri 30 - 35 m visokem drevju je razlika v dolžini gozdnega robu 4,11 % in površini poseka 14,8 %.

7 POVZETEK

Z nalogo smo prikazali metodo računanja vidnosti daljnovoda in njegovega koridorja v gozdnem prostoru ter spreminjanje deleža gozdnega robu in površine poseka z upoštevanjem različnih višin drevja. Izbrali smo metodo dela z GIS progami in uporabili razpoložljive podatke lidar snemanja Slovenije. 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 bila 11024 m, v analizi je bilo vključenih 30 stojnih mest. Trasa daljnovoda na dolžini 5,5 km poteka skozi gozdne površine.

Vidnost daljnovoda smo prikazali s karto območij, s katerih so vidni daljnovodni stebri in različne širine preseke. Velikost območja smo določili na podlagi razdalje moteče vidnosti, v radiju 4100 m. Celotno območje računanja vidnosti (na podlagi digitalnega modela površja) je obsegalo 14301,4 ha veliko površino. Območje, s katerega so vidni daljnovodni stebri, je obsegalo 33,7 % izračunane površine. Povprečni delež območja, s katerega so bile vidne različne širine preseke je bil 30,3 %. Največje število vidnih stebrov je bilo 29, ki so bili vidni s 0,37 ha površin oz. 0,01 %. Z največ površin (14,4 % območja znotraj moteče razdalje) je bil viden samo en steber. Dva stebra sta bila vidna z 13,3 % površine in trije z 10,5 %. Vidnost 4 - 22 stebrov je bila vidna z manj kot 10 % površine, vidnost 22 - 29 stebrov pa z manj kot 1 %.

Prikazali smo vidnost šestih daljnovodnih stebrov na različnih izmišljenih variantah trase. Površina območij, s katerih so bili vidni stebri variante 1, je bila 2395,1 ha (16,7 % celotne izračunane površine znotraj moteče razdalje). Stebri variante 2 so bili vidni s 3586,2 ha (25,1 % celotne izračunane površine znotraj moteče razdalje). Na obstoječi trasi smo izbrali šest stebrov, ki so bili vidni s površine 3550,8 ha (24,8 % celotne izračunane površine znotraj moteče razdalje).

Vidnost preseke pri določeni višini drevja 15 m je obsegala 4281,6 ha. Pri višinah drevja do 25 m je območje vidnosti obsegalo 4347,3 ha. Pri višini drevja do 35 m je območje vidnosti obsegalo 4395,9 ha. Enotna širina koridorja 40 m je bila vidna s 4327,5 ha.

Obravnavali smo spreminjanje deleža gozdnega robu in površine poseka v koridorju daljnovoda. Izračunali smo povese vodnikov in dodali varnostno oddaljenost. Izračunali smo razdaljo med vodniki in tlemi. Podlagi digitalnega modela reliefa smo za območje gozdov (karta rabe tal) prišteli različne višine dreves; med 5 in 35 m. Glede na razdaljo do vodnika smo izračunali število lokacij poseka, njihovo površino in obseg oz. dolžino gozdnega robu. Pri računanju smo upoštevali mesta poseka večja od 500 m². Število lokacij poseka se je zmanjševalo s simulirano višino dreves. Izjema sta bili višini drevja 5 m, kjer je bilo število mest poseka 6 in višina drevja 20 m, kjer bi bil posek potreben na 20 različnih mestih.

Velikost poseka (39 ha) in dolžina gozdnega robu (15279 m) sta bila največja pri višini drevja 35 m in najmanjša pri višini 5 m (1936 m in 0,7 ha). Razlike v dolžini gozdnega robu so se glede na največjo simulirano višino drevja 35 m zmanjševale. Pri 20 - 35 m visokem drevju so bile razlike manj kot 6,5 %. Zmanjševale so se tudi razlike v površini poseka, med 30 in 35 m visokim drevjem je razlika znašala 14,8 %. Z večjo površino preseke se je povečal tudi delež gozdnega robu. Dolžina gozdnega robu preračunana v m / ha / poseko se je zmanjševala linearno.

8 VIRI

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/> (avgust 2015)

ARSO - Lidar

http://gis.arso.gov.si/evode/profile.aspx?id=atlas_voda_Lidar@Arso

(december 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 prijetu LIDAR v Sloveniji. Geodetski vestnik, 46, 4: 440 – 410.

Havarija na prenosnih DV - žled 2014. 2014. Kolokvij Cigre – Cired, 20 str.

ESRI - ArcGIS for desktop

<https://desktop.arcgis.com/en/desktop/latest/manage-data/las-dataset/lidar-solutions-estimating-forest-density-and-height.htm> (avgust 2015)

ELES (2014)

http://arcgis1.eles.si/ELES_GIS/ (avgust 2015)

Energetski zakon – UPB2. 2007. Ur. l. RS št. 27/07: 1351, 70/08: 3025, 22/10: 901.

Gosar A. 2007. Letalsko lasersko skeniranje (LiDAR) Idrijskega in Ravenskega preloma v Zahodni Sloveniji. *Ujma*, 21: 139-144.

Gozdnogospodarski načrt GGE Hrušica - Nanos 2013 - 2022. 2013. Postojna, Zavod za Gozdove Slovenije, OE Postojna: 151 str.

Gozdnogospodarski načrt GGE Suhi vrh - Podgora 2006 - 2015. 2006. Suhi vrh - Podgora, Zavod za Gozdove Slovenije, OE Postojna: 126 str.

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> (junij 2016)

Hladnik D., Žižek Kulovec L. 2012. Ocenjevanje gozdnatosti v zasnovi gozdne inventure na Slovenskem. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 97: 31 – 42.

IITK - Multiple return Lidar

http://home.iitk.ac.in/~blohani/LiDAR_Tutorial/Multiple%20return%20LiDAR.htm (junij 2016)

Izvedba laserskega skeniranja Slovenije: Blok 35 - tehnično poročilo o izdelavi izdelkov. 2015. Ljubljana, Geodetski inštitut Slovenije: 35 str.

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.

Jamšek S., Marinšek M., Kregar A., Bokal D. 2011. Problematika umeščanja daljnovodov v prostor – primer Irske in Slovenije. V: 10. Konferenca slovenskih elektroenergetikov - CIGRE: zbornik prispevkov. Ljubljana: 1-10.

Javni pregledovalnik grafičnih podatkov MKGP.

http://rkg.gov.si/GERK/WebViewer/#map_x=500000&map_y=100000&map_sc=1828571 (junij 2016)

Kobal M., Triplat M., Krajnc N. 2014. Pregled uporabe zračnega laserskega skeniranja površja v gozdarstvu. Gozdarski vestnik, 72, 5-6: 235-249.

Kolenc M., Bizjak G., Blažič B. 2015. Elektroenergetska omrežja: skripta vaj. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko: 82 str.

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.

Krivec K., 2010. Vizualizacija in analiza prostorskih podatkov z orodjem ArcMap: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko). Ljubljana, samozaložba: 52 str.

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.

Lap H., Zemljarič B., Ramovš M., Starešinič M., Vesel F., Jakl F., Zadnik B., Rebolj J., Kern J., Marinček T., Cestnik B., Deželak F., Gabrijelčič F., Anko B., Kimovec J., Marušič J., Polak P. 2004. Oblikovanje in prostorsko umeščanje daljnovodov v slovenskem prostoru: študija. Ljubljana, IBE: 120 str.

- Lapajne R. 1973. Gozdne preseke pod daljnovidni 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 daljnovidov. V: 6. konferenca slovenskih energetikov - Portorož 2003. Cigre B2: 37 – 40.
- Majkič M. 2011. Umeščanje daljnovidov 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 daljnovoda črpalne hidroelektrarne Kozjak. V: Mišičev vodarski dan 2006, Aktualni projekti s področja upravljanja z vodami in urejanje voda: zbornik prispevkov: 81-87
- Peklaj A. 2014. Evidentiranje in prostorska analiza skal na območju Občine Straža: diplomska naloga. (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo). Ljubljana, samozaložba: 30 str.
- Pirnat J. 2007. Krajinska ekologija: skripta. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška Fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. (neobjavljeno)

Polajnar M. 2015. Društvo lastnikov gozdov Gorenjske.

<http://www.dlggorenjske.si/o/%20gozdu%20in%20gozdarstvu.html> (avgust 2015)

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.

Rupnik L. 2014. Strukturne spremembe in dinamika vrzeli v gospodarskih gozdovih GGE Trnovo: magistrsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 82 str.

Smole I. 1976. Ekološka problematika oblikovanja in ureditve koridorjev 380 kV daljnovoda v Sloveniji. V: Oblikovanje in ureditev koridorjev 380 kV Daljnovoda 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 Daljnovoda v Sloveniji. V: Oblikovanje in ureditev koridorjev 380 kV Daljnovoda v Sloveniji: elaborat. Ciglar M. (ur.) in Kuder M. (ur). Ljubljana, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo pri Biotehnični fakulteti v Ljubljani: 5 - 61

Zadnik B. 2006. Fenomen žleda in njegov vpliv na objekte za prenos električne energije: univerzitetni učbenik. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 55 str.

Zakšek K. 2006. Analiza vidnosti s prostorskim kotom odprtega neba. Geografski vestnik, 78, 2: 97-109

Splošni podatki in dejstva o gozdovih v Sloveniji. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije.

http://www.zgs.si/slo/gozdovi_slovenije/o_gozdovih_slovenije/gozdnatost_in_pestrost/index.html (avgust 2015)

Zupanc B. 2013. Izgradnja 110 kV daljnovodne povezave Beričevo – Trbovlje: magistrsko delo. (Univerza v Mariboru, Fakulteta za energetiko). Krško, samozaložba: 163 str.

Zupančič M. 1976. Gozdni rob na koridorjih 380 kV daljnovoda v Sloveniji. V: Oblikovanje in ureditev koridorjev 380 kV Daljnovoda v Sloveniji: elaborat. Ciglar M. (ur.) in Kuder M. (ur). Ljubljana, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo pri Biotehnični fakulteti v Ljubljani: 90 – 123

Žlender V. 2009. Vpliv sprememb kmetijske rabe na gozdni rob: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za krajinsko arhitekturo). Ljubljana, samozaložba: 103 str.

ZAHVALA

Za pomoč pri izdelavi naloge se zahvaljujem mentorju doc. dr. Milanu Kobalu in za recenzijo prof. dr. Juriju Diaciju.

Za podporo in pomoč pri terenskem delu se zahvaljujem očetu.

PRILOGE

PRILOGA A

SM	Lokacije stebrov (Gauss Krueger)		Višina stebra (m. n. m.)	Dolžina razpetine (m)	Višina obsejšča (m)	Poves električne vrvi (m)
	X (koordinata)	Y (koordinata)				
1	434148.47	81385.54	775		20	
2	433989.79	80938.44	788	474	24	21,8
3	433848.92	80540.99	789	422	20	17,4
4	433731.69	80211.12	797	350	20	12,3
5	433633.34	79935.12	754	293	20	8,9
6	433502.69	79566.47	707	391	20	15,2
7	433367.47	79184.22	687	405	16	16,2
8	433370.24	78832.67	718	352	20	12,4
9	433372.92	78524.77	714	308	20	9,7
10	433375.69	78211.99	710	313	20	9,9
11	433383.69	77696.99	737	515	20	25,6
12	433391.69	77386.22	720	311	20	9,8
13	433408.24	76766.67	619	620	24	37,1
14	433420.69	76351.79	562	415	20	17,1
15	433430.69	75979.77	573	372	20	13,8
16	433439.56	75609.67	558	370	20	13,7
17	433248.14	75278.67	590	382	20	14,5
18	433085.92	74999.09	576	323	20	10,6
19	432908.79	74697.02	545	350	20	12,3
20	432636.34	74228.44	549	542	20	28,2
21	432437.30	73886.08	501	396	20	15,6
22	432279.14	73617.22	513	312	20	9,9
23	432080.24	73273.12	556	397	20	15,7

24	431983.24	73105.34	542	194	20	4,3
25	431770.47	72740.22	537	423	24	17,5
26	431552.69	72365.67	537	433	20	18,4
27	431401.56	72106.99	547	300	20	9,2
28	431203.14	71765.67	546	395	20	15,4
29	431054.92	71510.22	534	295	20	8,9
30	430868.47	71190.12	534	370	20	13,7

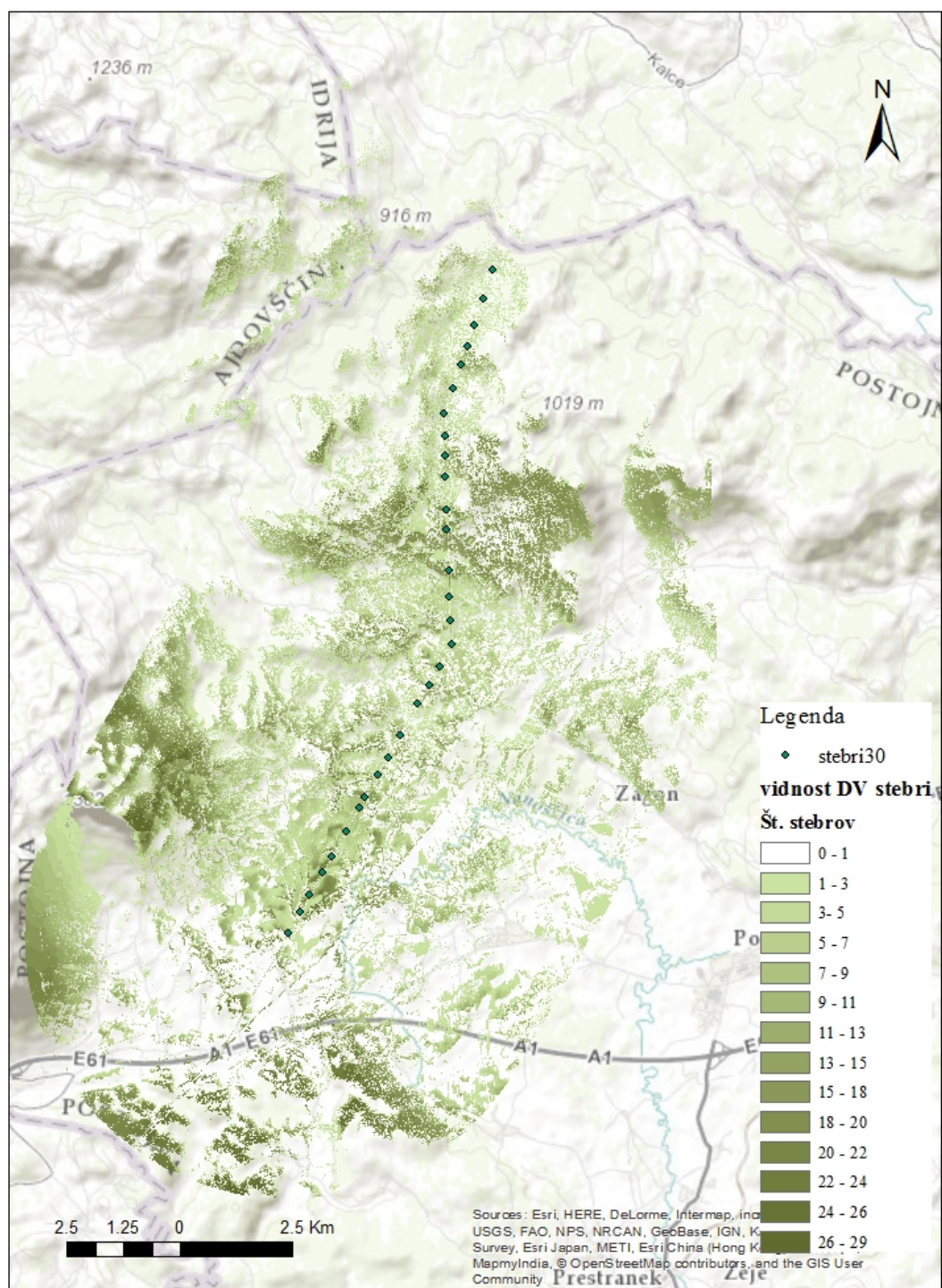
PRILOGA B

Varianta 1 SM	X (koordinata)	Y (koordinata)
1	433097,56	81021,17
2	432154,84	79016,21
3	432229,36	76926,45
4	432230,38	74041,46
5	430323,56	71472,35
6	429550,58	69542,96

Varianta 2 SM	X (koordinata)	Y (koordinata)
1	435282,74	82113,71
2	434501,41	79095,06
3	434708,79	76015,76
4	433987,27	72945,17
5	432034,99	70922,17
6	429090,02	69000,80

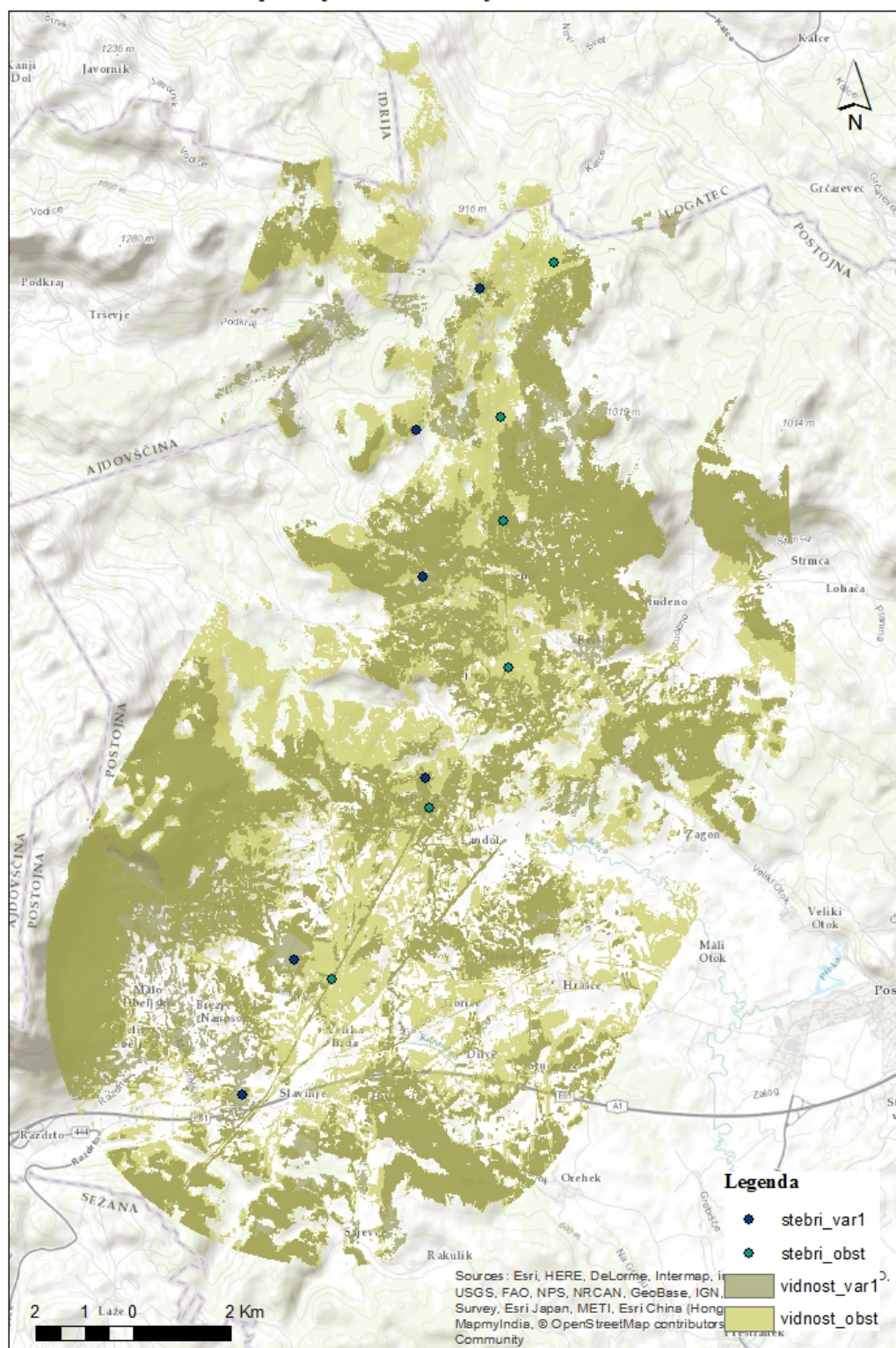
PRILOGA C

Vidnost daljnovidnih stebrov



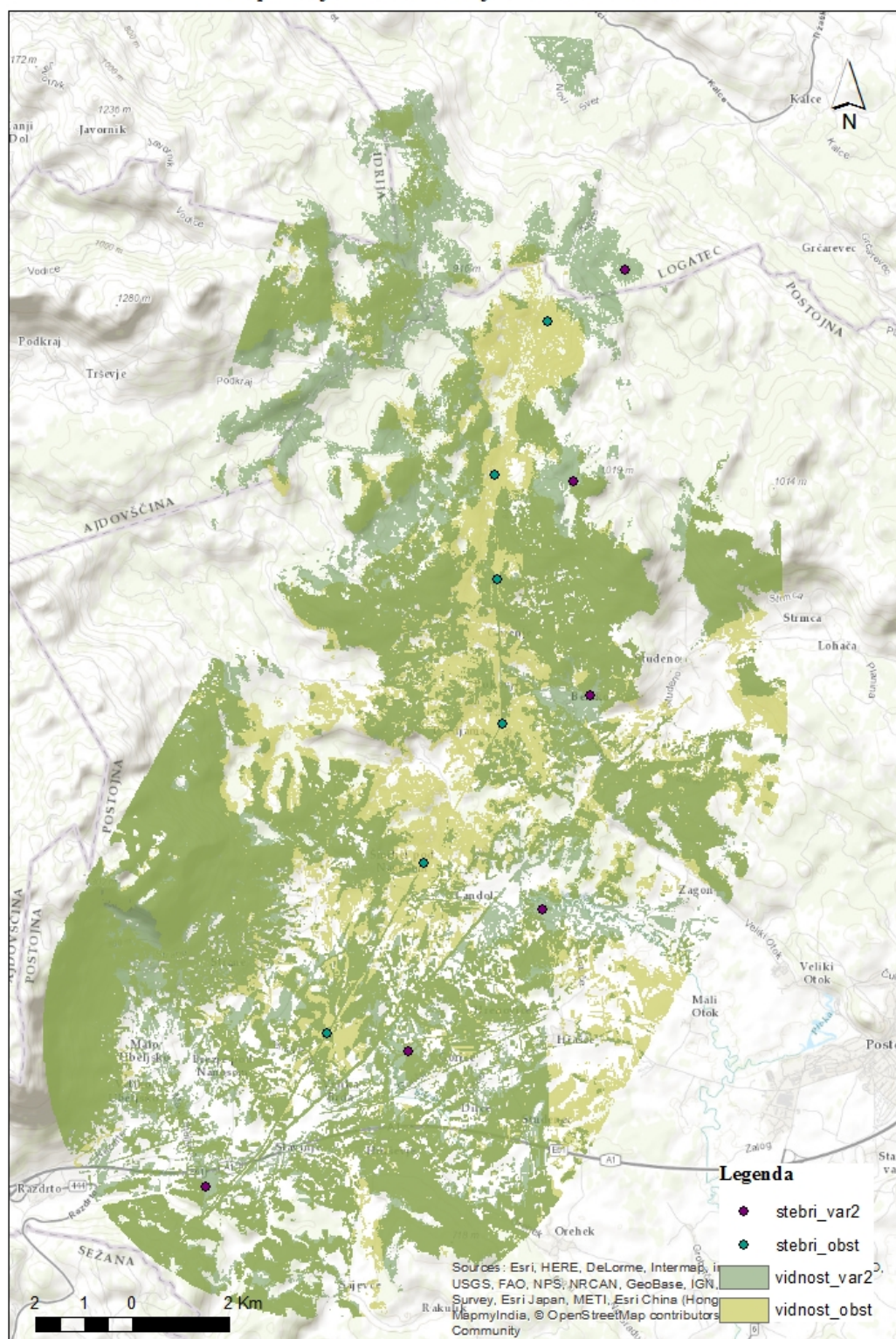
PRILOGA D

Karta primerjave vidnosti daljnovidnih stebrov variante 1



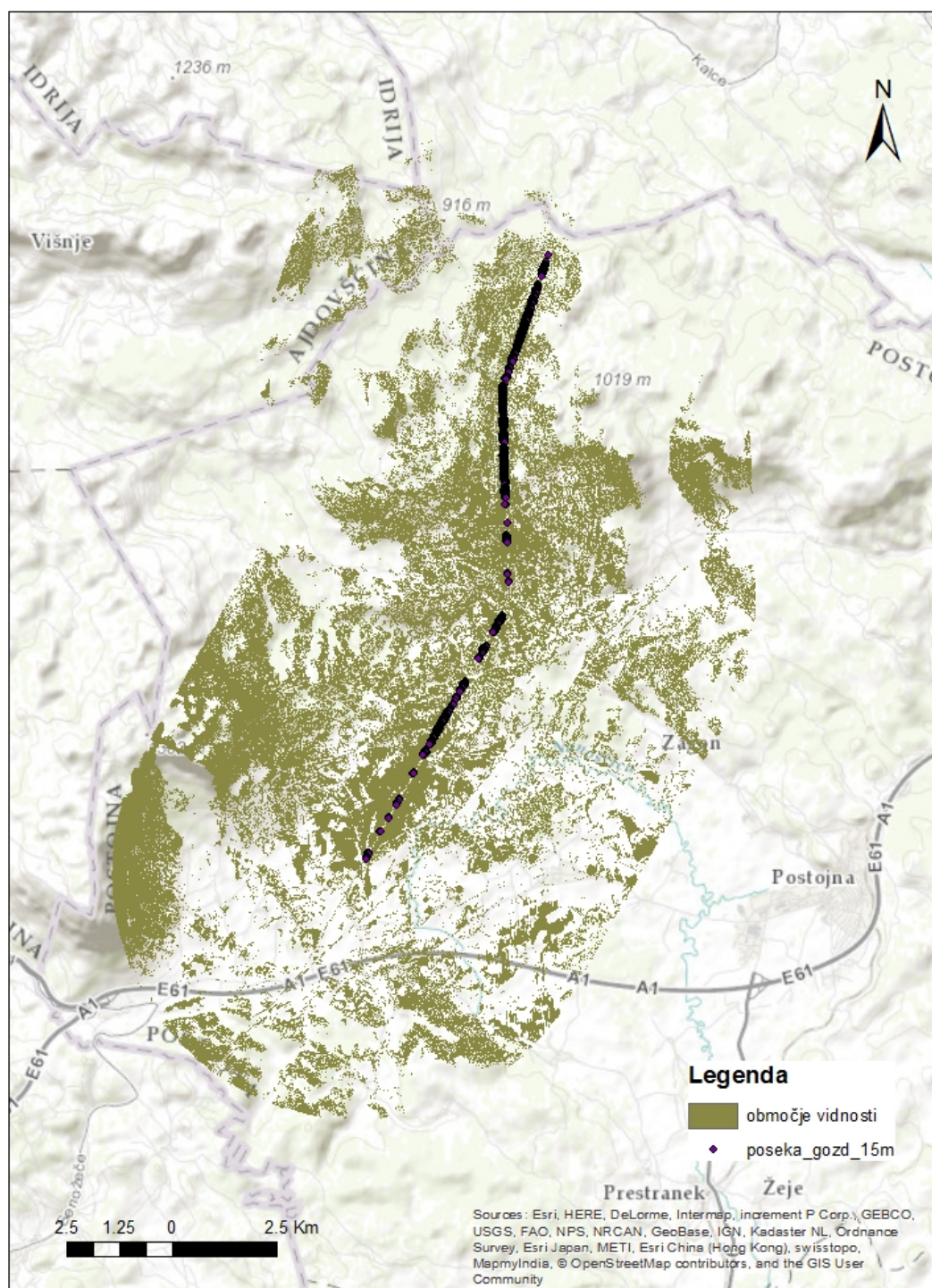
PRILOGA E

Karta primerjave vidnosti daljnovidnih stebrov variante 2



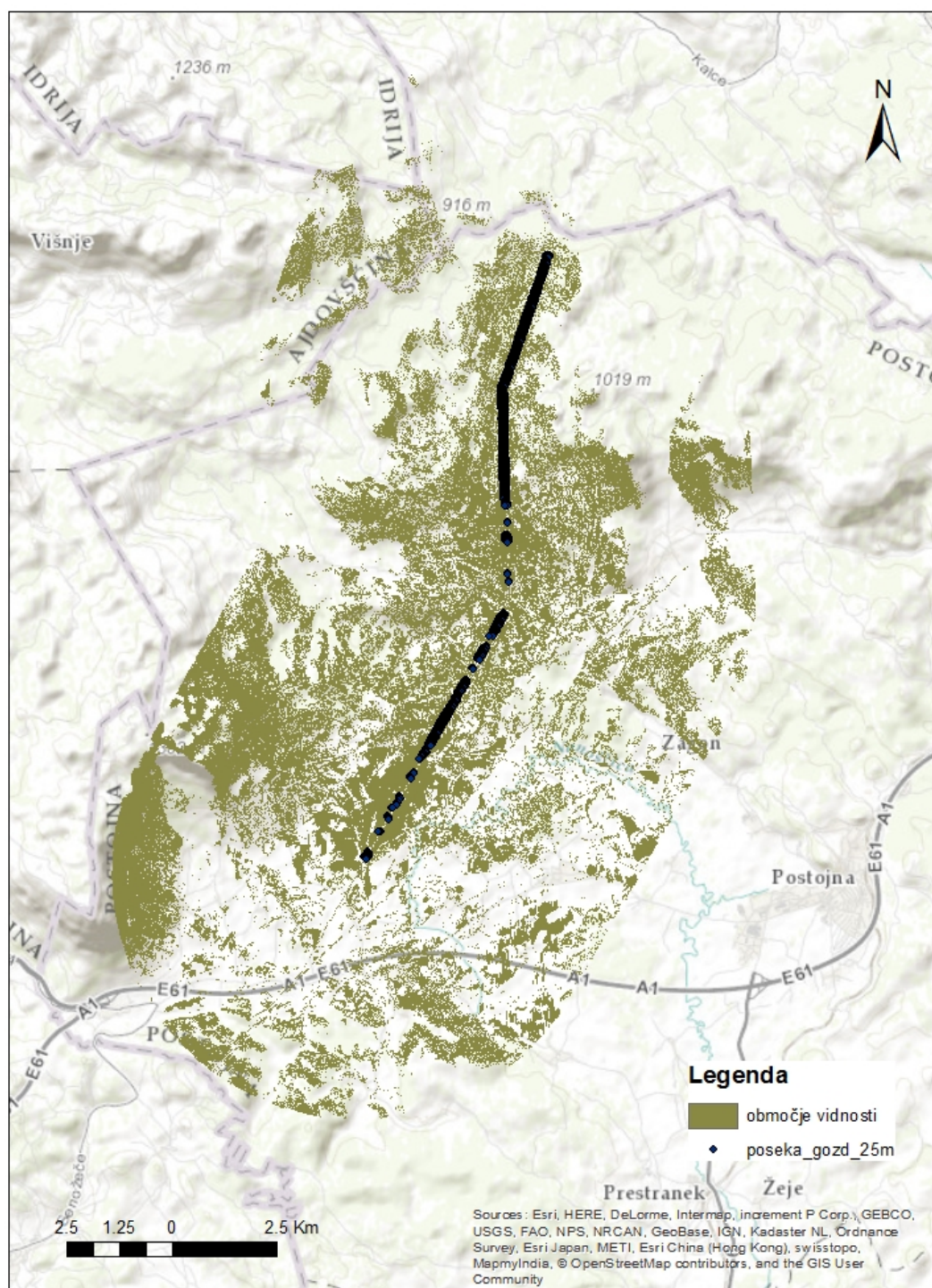
PRILOGA F

Vidnost preseke pri višinah drevja 0 - 15 m



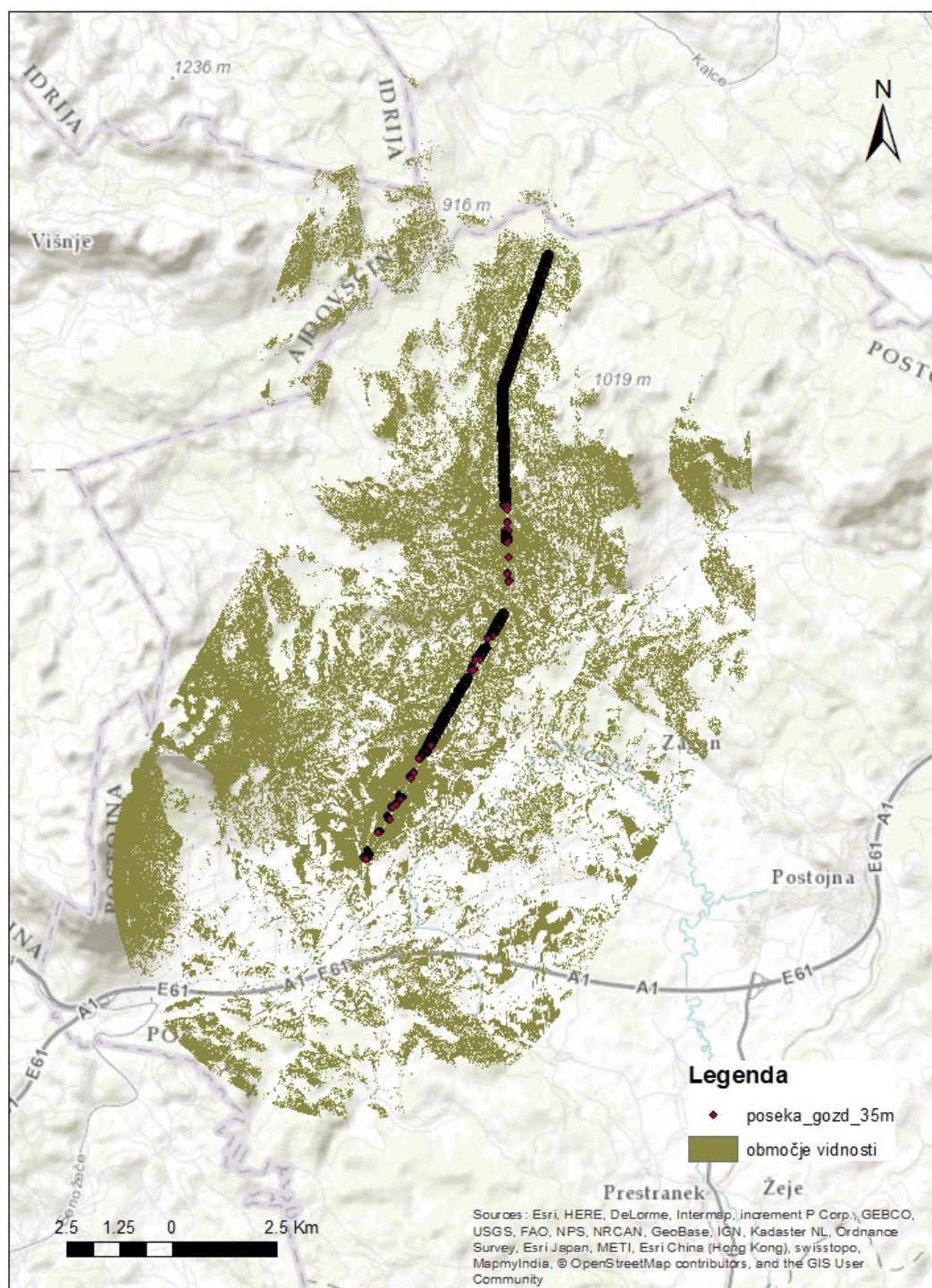
PRILOGA G

Vidnost preseke pri višinah drevja 0 - 25 m



PRILOGA H

Vidnost preseke pri višinah drevja 0 - 35 m



PRILOGA I

Vidnost preseke koridor 40 m

