

»55. srečanje mladih raziskovalcev Slovenije 2021«

**UPORABA SATELITOV ZA UGOTAVLJANJE ZDRAVJA GOZDA IN NJEGOVE ODVISNOSTI OD
RELIEFA NA PRIMERU REGIJE STROJNA, KOZJAK IN POHORJE**

Raziskovalno področje: Geografija in geologija

Raziskovalna naloga

Avtorja: Lan Patrik Horvat in Gašper Dimnik
Mentorja: Danijel Davidović in Vesna Vervega

II. gimnazija Maribor
Maribor, 2021

Kazalo vsebine

1	UVOD	7
1.1	Raziskovalna vprašanja	7
1.2	Raziskovalni cilji	7
1.3	Hipoteze	8
2	TEORETIČNO OZADJE	9
2.1.	Obravnavano območje	9
2.2.	Relief obravnavanega območja	16
2.3.	Gozd	19
2.4.	GIS, daljinsko zaznavanje, NDVI	19
3	METODOLOGIJA	21
3.1	Trend NDVI gozda na obravnavanem območju	21
3.2	Odvisnost NDVI gozda od reliefa na obravnavanem območju	21
4	REZULTATI	23
4.1	Trend NDVI gozda na obravnavanem območju	23
4.2	Odvisnost NDVI gozda od reliefa na obravnavanem območju	25
4.3	Prikaz obravnavanega območja glede na NDVI	30
5	RAZPRAVA	33
6	ZAKLJUČEK	35
7	DRUŽBENA ODGOVORNOST	36
8	LITERATURA IN VIRI	37
9	PRILOGE	40

Kazalo slik

Slika 1: Osnovne skupine kamnin na obravnavanem območju.....	10
Slika 2: Tipi prsti na obravnavanem območju.....	12
Slika 3: Tekoče in stoječe vode na obravnavanem območju.....	13
Slika 4: EPO na obravnavanem območju.....	14
Slika 5: Raba tal na obravnavanem območju.....	16
Slika 6: Nadmorske višine na obravnavanem območju.....	17
Slika 7: Nakloni na obravnavanem območju.....	18
Slika 8: Ekspozicije na obravnavanem območju.....	18
Slika 9: Trend NDVI v obdobju 1978-2020.....	24
Slika 10: NDVI na obravnavanem območju.....	25
Slika 11: Klasificirane nadmorske višine na obravnavanem območju.....	26
Slika 12: Klasificirani nakloni na obravnavanem območju.....	28
Slika 13: Klasificirane ekspozicije na obravnavanem območju.....	29
Slika 14: NDVI leta 2011.....	30
Slika 15: Južno pobočje Strojne.....	31
Slika 16: Naselje Ruše.....	31
Slika 17: Reka Drava.....	32

Kazalo tabel

Tabela 1: Površina osnovnih skupin kamnin na obravnavanem območju.....	10
Tabela 2: Površina tipov prsti na obravnavanem območju.....	12
Tabela 3: Površina stoječih in dolžina tekočih voda na obravnavanem območju.....	14
Tabela 4: Površina EPO na obravnavanem območju.....	15
Tabela 5: Površine posameznih kategorij rabe tal na obravnavanem območju.....	16
Tabela 6: NDVI za obdobje 1978-2020.....	23

Tabela 7: Med razredna primerjava signifikantnosti indeksa NDVI na podlagi nadmorske višine na obravnavanem območju.....27

Tabela 8: Medrazredna primerjava signifikantnosti indeksa NDVI na podlagi naklona na obravnavanem območju.....28

Tabela 9: Medrazredna primerjava signifikantnosti indeksa NDVI na podlagi ekspozicije na obravnavanem območju.....29

POVZETEK

Človek je življenjsko odvisen od narave oziroma od ekosistemskih storitev, ki jih narava zagotavlja. Predvsem gozd je tisti del narave, ki predstavlja najrazvitejši ekosistem in med ostalim človeku omogoča čist zrak, surovine in prostor za sprostitev. Namen naloge je ugotoviti spreminjanje zdravja gozda skozi prostor in čas na primeru regije Strojna, Kozjak in Pohorje z uporabo geografskih informacijskih sistemov in satelitskih podob. Zdravje gozda smo ugotavljali z vegetacijskim indeksom NDVI, ki smo ga izračunali na podlagi daljinsko zaznanih podatkov satelitov Landsat in Sentinel, pri tem smo za obdelavo podatkov uporabili program QGIS. Rezultat prvega dela raziskovalne naloge je trendna linija, ki prikazuje splošno slabšanje zdravja gozda na obravnavanem območju. Rezultat drugega dela raziskovalne naloge so statistični testi, ki potrjujejo vpliv nadmorskih višin, naklonov in ekspozicije na zdravje gozda.

Ključne besede: NDVI, QGIS, Landsat, Sentinel, GIS, Strojna, Kozjak, Pohorje

Zahvala

Zahvaljujema se zunanjemu mentorju za vso strokovno pomoč pri izvedbi raziskovalne naloge ter za usmerjanje pri analizi podatkov. Prav tako se zahvaljujema mentorici za pomoč pri strukturiranju raziskovalne naloge in usmerjanju dela.

1 UVOD

Pod vplivom podnebnih sprememb se naše življenjsko okolje drastično spreminja. Med glavne probleme podnebnih sprememb spada kopičenje ogljikovega dioksida, zaradi katerega se ozračje segreva. Ključna vloga gozdov je pretvarjanje ogljikovega dioksida v kisik, s krčenjem in onesnaževanjem gozdov pa onemogočamo to gozdno funkcijo.

Glavni namen raziskovalne naloge je ugotavljanje sedanjega stanja zdravja gozda ter njegove spremembe glede na prostor in čas na primeru regije Strojna, Kozjak in Pohorje. V prvem delu raziskovalna naloga obravnava spreminjanje vegetacijskega indeksa NDVI v obdobju med 1978 in 2020. V drugem delu pa raziskovalna naloga prikazuje spreminjanje vegetacijskega indeksa NDVI v odvisnosti od reliefnih prvin, kot so nadmorska višina, naklon in ekspozicija.

1.1 Raziskovalna vprašanja

V raziskovalni nalogi odgovarjamo na sledeča raziskovalna vprašanja:

Kakšno je sedanje stanje zdravja gozda na obravnavanem območju?

Kako se zdravje gozda na obravnavanem območju spreminja skozi čas?

Kakšen je vpliv reliefa na zdravje gozda na obravnavanem območju?

1.2 Raziskovalni cilji

Z namenom ugotavljanja odgovorov na omenjena raziskovalna vprašanja smo določili sledeče raziskovalne cilje:

- uporaba sodobnih geografskih metod kot so geografski informacijski sistemi in satelitske podobe,
- ugotavljanje sedanjega zdravja gozda na obravnavanem območju z računanjem vegetacijskega indeksa NDVI,
- ugotavljanje sprememb zdravja gozda na obravnavanem območju z računanjem trenda vegetacijskega indeksa NDVI,

- ugotavljanje vpliva reliefa na zdravje gozda na obravnavanem območju s statističnim testom.

1.3 Hipoteze

Pred začetkom raziskave smo si postavili štiri hipoteze. Te so:

- Povprečna vrednost NDVI gozda se v obravnavanem obdobju na obravnavanem območju niža.
- Vrednosti NDVI gozda se na obravnavanem območju nižajo z naraščanjem nadmorske višine.
- Vrednosti NDVI gozda se na obravnavanem območju nižajo z naraščanjem naklona.
- Vrednosti NDVI gozda so na obravnavanem območju večje na prisojnih kot osojnih ekspozicijah.

2 TEORETIČNO OZADJE

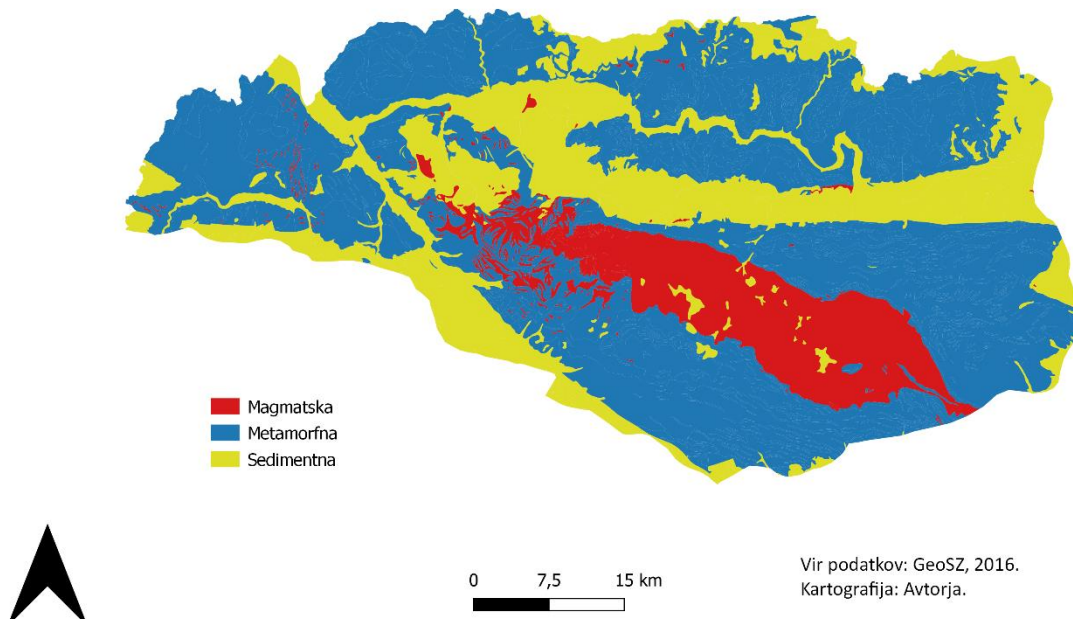
2.1. Obravnavano območje

Pri raziskovanju smo se osredotočili na regijo Strojna, Kozjak in Pohorje, ki spada med Severovzhodno Predalpsko hribovje (Jeršin Tomassini, Jenžekovič, 2015). Prvo stvar, ki jo opazimo ob pogledu na zemljevid obravnavanega območja je reka Drava. Ta teče od severozahoda proti vzhodu in označuje mejo med Pohorjem, ki je južno od reke Drave in Kozjakom, ki se nahaja severno od nje. Območje Strojne se nahaja na skrajnem severozahodu, zahodno ob Dravogradu. Obravnavano območje obsega Koroško in Podravsko regijo in meji z Avstrijo na severu, njegova velikost pa je 1310 km².

Pohorje obsega 50 km dolg gorski svet na ozemlju med Alpami, Dinarskim gorstvom in Panonsko nižino. Značilno je uravnano površje brez izrazitih vrhov. Najvišja nadmorska višina znaša 1543 m na Črnem vrhu (Ambrožič, 2008). Območje Pohorja členimo na osem reliefnih enot, med katere spadajo Dravska dolina, Obdravsko Pohorje, Ribniško-lovrenško-selniško podolje, Severno pobočje Pohorja, Vzhodno in jugovzhodno Pohorje, Mislinjsko Pohorje, Severozahodno Pohorje in Pohorska planota (Gams, 2007).

Območje Pohorja v Sloveniji predstavlja kamninsko posebnost, saj je 71 % vsega površja prekrita z magmatskimi in metamorfnimi kamninami. Povprečno je v Sloveniji površje prekrito v 93 % s sedimentnimi kamninami, metamorfne in magmatske kamnine pa predstavljajo le 7 % površja (Repe, 2017).

Natančneje je na obravnavanem območju 60 % metamorfnih, 27,5 % sedimentnih ter 12,6 % magmatskih kamnin (tabela 1). Magmaške kamnine najdemo samo na najvišjih predelih obravnavanega območja, sedimentne kamnine v dolinah obravnavanega območja ter metamorfne na višjih predelih in planotah (slika 1).



Slika 1: Osnovne skupine kamnin na obravnavanem območju (Vir podatkov: GeoSZ, 2016).

Tabela 1: Površina osnovnih skupin kamnin na obravnavanem območju (Vir podatkov: GeoSZ, 2016).

Vrsta kamnine	Površina (km ²)	Odstotek (%)
Metamorfna	770,15	59,9
Sedimentna	353,97	27,5
Magmatska	162,68	12,6
Skupaj	1286,79	100,0

V času prodorov magme v astenosfero je prišlo do dodatnega dviganja magmatskih žilnin, kar tudi pojasni vzrok pojava magmatskih kamnin na površju Pohorja. Metamorfne kamnine pa so nastajale skozi več metamorfoz, sprva v silursko-kaledonski dobi, nato pa alpidski orogenezi, ter dodatno med mlajšimi tektonskimi fazami (Gams, 2007).

Ob toku reke Drave je najbolj prisotna kamnina gnajs, natančneje biotitov gnajs, ki spada med metamorfne kamnine. Poleg gnajsa se pogosto pojavlja tudi blestnik, ki je prav tako metamorfna kamnina, ki se izmenjuje gnajsom na območju struge reke Drave. Na višjih nadmorskih višinah se pojavlja magmatska kamnina granodiorit, razen na območjih Pohorskih barjih, kjer najdemo barjanske sedimente. Območje Kozjaka na severu prekrivata

v večini peščenjak in blestnik, proti jugu pa prehajata v skrilavec. Območje Strojne je pa v veliki večini prekrito s kremenovim filitom, le na skrajno severnih delih s skrilavcem (Geološki zavod Slovenije, 2021).

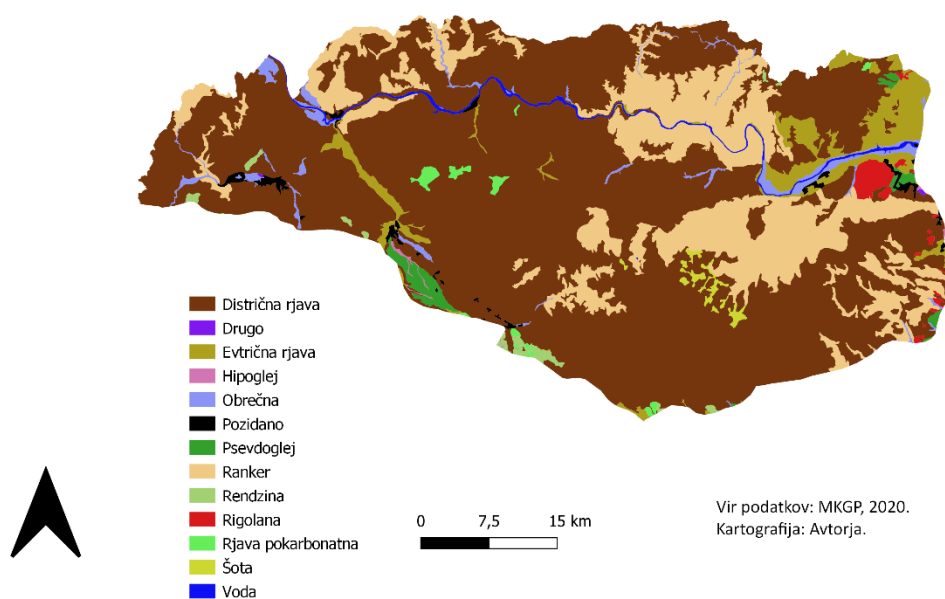
Povprečna letna temperatura zraka na obravnavanem območju znaša okoli 8 °C, spreminja pa se glede na nadmorsko višino in obsega povprečne letne temperature od 4 °C do 12 °C. Povprečna količina padavin letno sega od 1200 mm do 1600 mm, odvisno od nadmorske višine, kjer večja nadmorska višina predstavlja več padavin (ARSO, 2020). Obravnavano območje ima dve vrsti podnebja in sicer zmerno celinsko podnebje in gorsko podnebje. Glavna značilnost zmerno celinskega podnebja so povprečne temperature najhladnejšega meseca med 0 in 3 °C in povprečne temperature najtoplejšega meseca med 15 in 20 °C. Natančneje se na območju Kozjaka ter severnega in južnega dela Pohorja pojavlja zmerno celinsko podnebje osrednje Slovenije, za katerega je značilno, da so povprečne oktobrske temperature višje od aprilskih in, da ima povprečno letno količino padavin med 1000 in 1300 mm. Skrajni vzhod obravnavanega območja ima drugo podvrsto zmerno celinskega podnebja, zmerno celinsko podnebje vzhodne Slovenije, kjer so povprečne aprilске temperature višje od oktobrskih in povprečna letna količina padavin med 800 in 1000 mm. Druga vrsta podnebja, ki ga ima obravnavano območje, je gorsko podnebje. Glavna značilnost podnebja je povprečna temperatura najhladnejšega meseca pod -3 °C. Obsega najvišje nadmorske višine in se razprostira od zahoda proti vzhodu na območje osrednjega Pohorja. Obravnavano območje ima podvrsto gorskega podnebja, podnebje nižjega gorskega sveta in vmesnih dolin v severni Sloveniji, za katerega je značilna povprečna temperatura najtoplejšega meseca 10 °C in povprečna letna količina padavin med 1100 in 1700 mm (Ogrin, 1996).

Zmerno in humidno podnebje v Sloveniji vpliva na sorazmerno počasne pedogenetske procese, predvsem gledano iz stališča preperevanja matične podlage in mineralov. Prav tako pa je matična podlaga najpomembnejši pedogenetski dejavnik v Sloveniji, kar lahko opazimo tudi v razlikovanju prsti med območjem Pohorja in celotne Slovenije. Najpomembnejša opazna razlika je v odsotnosti karbonatnih kamnin na Pohorju, predvsem trdih, saj je tukaj le 1 % osnovnega tipa rendzine, ki pa je v Sloveniji zastopana s slabo tretjino. Prav tako je opazna velika razlika med količino distričnih rjavih prsti. Na Pohorju jih je okoli 65 %, v Sloveniji pa v povprečju 21 %. Ena izmed pedoloških posebnosti Pohorja so tudi podzoli.

Podzoli so močno sprane prsti, ki nastanejo na kislilni matični podlagi, ampak jih v Sloveniji omenjamo zgolj kot obliko opodzoljenih distričnih rjavih prsti (Repe, 2017).

Območje Kozjaka in Strojne se pedološko praktično ne razlikuje, edina opazna razlika je v tem, da se na vzhodnih in zahodnih delih Kozjaka pojavlja več rankerjev. Prav tako so omembe vredne obrečne prsti, ki jih najdemo ob strugi reke Drave (Geopedia, 2013).

Če opazujemo celotno obravnavano območje je največ distričnih rjavih prsti, kar 69,7 %. Sledijo rankerji, katerih je 19,6 %, ostale vrste prsti pa najdemo le v majhnih količinah (tabela 2). Distrične rjave prsti so razporejene po celotnem območju. Kot omenjeno, se na vzhodnih in zahodnih delih Kozjaka pojavljajo rankerji, prav tako tudi na severovzhodnih predelih Pohorja. Obrečne prsti se pojavljajo ob toku reke Drave, ostale prsti pa samo na nekaterih predelih obravnavanega območja (slika 2).



Slika 2: Tipi prsti na obravnavanem območju (Vir podatkov: MKGP, 2020).

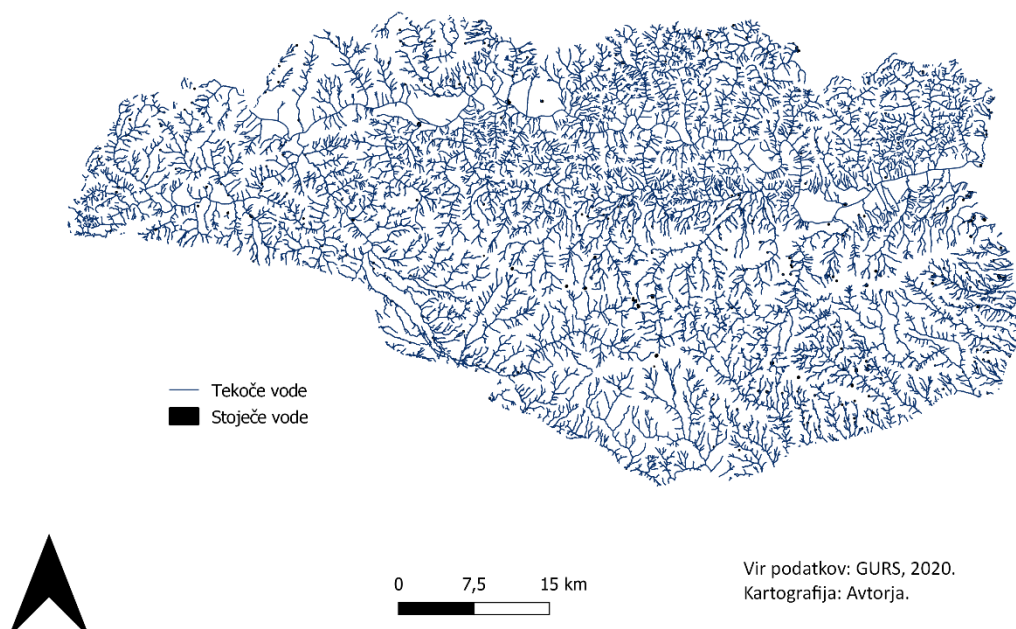
Tabela 2: Površina tipov prsti na obravnavanem območju (Vir podatkov: MKGP, 2020).

Vrsta prsti	Površina (km ²)	Odstotki (%)
Distrična rjava	892,04	69,7
Drugo	0,29	0,0
Evtrična rjava	56,24	4,4
Hipoglej	1,19	0,1
Obrečna	21,43	1,7
Pozidano	8,80	0,7
Psevdoglej	11,17	0,9

Ranker	251,39	19,6
Rendzina	6,46	0,5
Rigolana	9,84	0,8
Rjava pokarbonatna	6,18	0,5
Šota	5,41	0,4
Voda	9,62	0,8
Skupaj	1280,07	100,0

Enako kot na pedološko zgradbo, ima matična podlaga velik vpliv na rečno mrežo in hidrografijo Pohorja. Za razliko od Slovenije, prevladujejo na območju Pohorja magmatske in metamorfne kamnine. Te kamnine so v večini neprepustne in voda prej ko slej naleti nanje. Če se to zgodi blizu površja, nastanejo pogoji za hidromorfne razmere (Repe, 2017).

Kot lahko vidimo iz tabele spodaj (tabela 3) obsegajo stoječe vode zelo majhen del površja, le 0,32 km², kar je 0,02 % celotne površine obravnavanega območja. Tekoče vode pa obsegajo dolžino 3980,12 km, kar pomeni, da je za obravnavano območje značilna gosta rečna mreža. Stojecih voda ne najdemo veliko, le na izbranih območjih, med te pa spadajo jezera, ribniki, mlake in mokrišča (slika 3).

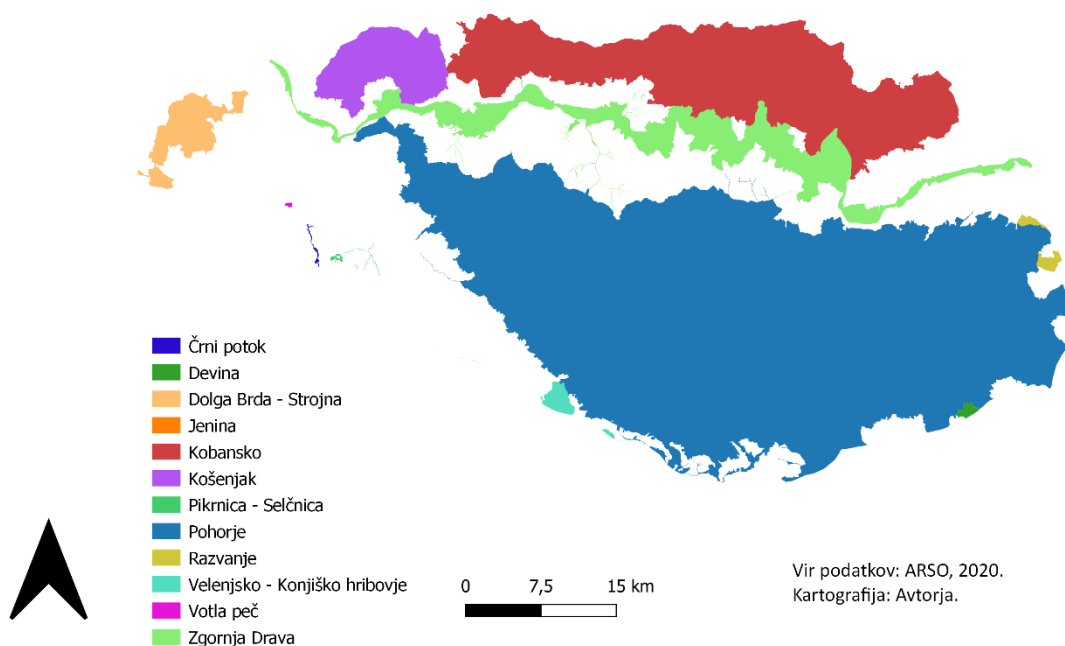


Slika 3: Tekoče in stojee vode na obravnavanem območju (Vir podatkov: GURS, 2020).

Tabela 3: Površina stoječih in dolžina tekočih voda na obravnavanem območju (Vir podatkov: GURS, 2020).

Stoječe vode	Tekoče vode
Površina (km ²)	Dolžina (km)
0,32	3980,12

Ena izmed posebnosti Pohorja so tudi barja, ki sodijo v obsežno skupin mokrišč, na katerih nastaja šota. Pokrivajo 3 % celotnega površja Zemlje, skladiščijo pa približno 30 % celotnega ogljikovega dioksida v tleh, kar seveda ima vpliv na globalno segrevanje in velik pomen za območje Pohorja. Nekatere prednosti barij na območju Pohorja so tudi prispevanje k biotski pestrosti in uravnavanje vodnih razmer. V okviru projekta Natura 2000, preko katerega se skrbi za ohranjanje habitatov, so bili vključeni štirje habitatni tipi barij na Pohorju (Tajnikar, 2016). Ekološko pomembna območja (EPO) obsegajo 65,3 % celotne površine obravnavanega območja. Po površini je največje območje Pohorje, ki obseg 43,71 % površja. Sledita mu Zgornja Drava in Kobansko. Med večjimi zavarovanimi območji sta tudi Košenjak in Dolga Brda – Strojna. Znotraj obravnavanega območja najdemo tudi več manjših zavarovanih območij, med katerimi so Črni Potok, Devina, Jenina, Pikrnica – Selčnica, Razvanje, Velenjsko – Konjiško hribovje in Votla Peč (tabela 4).



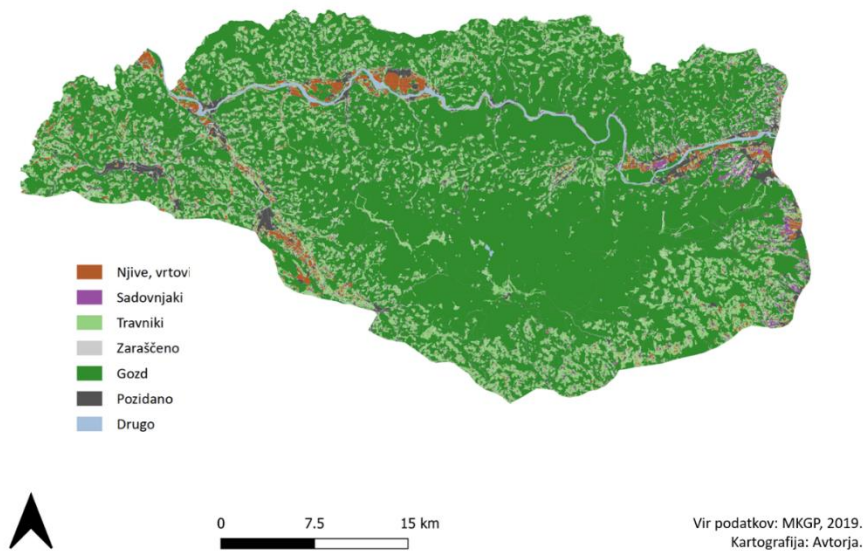
Slika 4: EPO na obravnavanem območju (Vir podatkov: ARSO, 2020).

Tabela 4: Površina EPO na obravnavanem območju (Vir podatkov: ARSO, 2020).

EPO	Površina (km²)	Odstotek (%)
Pikrnica - Selčnica	0,35	0,03
Votla peč	0,12	0,01
Velenjsko - Konjiško hribovje	3,07	0,23
Zgornja Drava	66,42	5,16
Košenjok	32,84	2,55
Kobansko	155,56	12,09
Pohorje	562,45	43,71
Devina	0,88	0,07
Razvanje	2,19	0,17
Dolga Brda - Strojna	16,49	1,28
Jenina	0,09	0,01
Črni potok	0,28	0,02
Skupaj	840,66	65,3
Skupaj	1286,79	100,00

Živalstvo obravnavanega območja se razlikuje od Slovenije samo v višjih legah s primerki kot sta predalpski dolgin ter istenična iglarka (endemit območja). Posebne živalske vrste so prisotne tudi na visoko ležečih barjih, kot je barjanski lesketnik (Zupanc, 2014).

Površina obravnavanega območja znaša 1310 km², od tega največje območje pokriva gozd, kar 67 % oz. 878 km², sledijo travniki z 18 % površja oz. 232 km², zatem so trajni nasadi in pozidane površine vsaka z 4 % oz. 57 km², sledijo njive, vrtovi in zaraščene površine obe po % oz. 35 km². Preostalih površin je pa še 1 % oz. 11 km² (tabela 5). Na nizek delež njiv in vrtov lahko sklepamo zaradi prej opisanih naravnih značilnosti, predvsem pa zaradi nagnjenosti oz. naklona površja, ki je na obravnavanem območju v večini visok. Visok delež gozda pa je predvsem zaradi nadmorske višine in dovolj vlažnega podnebja.



Slika 5: Raba tal na obravnavanem območju (Vir podatkov: MKGP, 2019).

Tabela 5: Površine posameznih kategorij rabe tal na obravnavanem območju (Vir podatkov: MKGP, 2019).

Kategorije rabe tal	Površina (km ²)	Odstotki (%)
Njive, vrtovi	34,91	2,66
Trajni nasadi	55,34	4,22
Travniki	232,73	17,76
Zaraščeno	37,27	2,84
Gozd	878,23	67,01
Pozidano	60,29	4,60
Drugo	11,88	0,91
Skupaj	1310,61	100

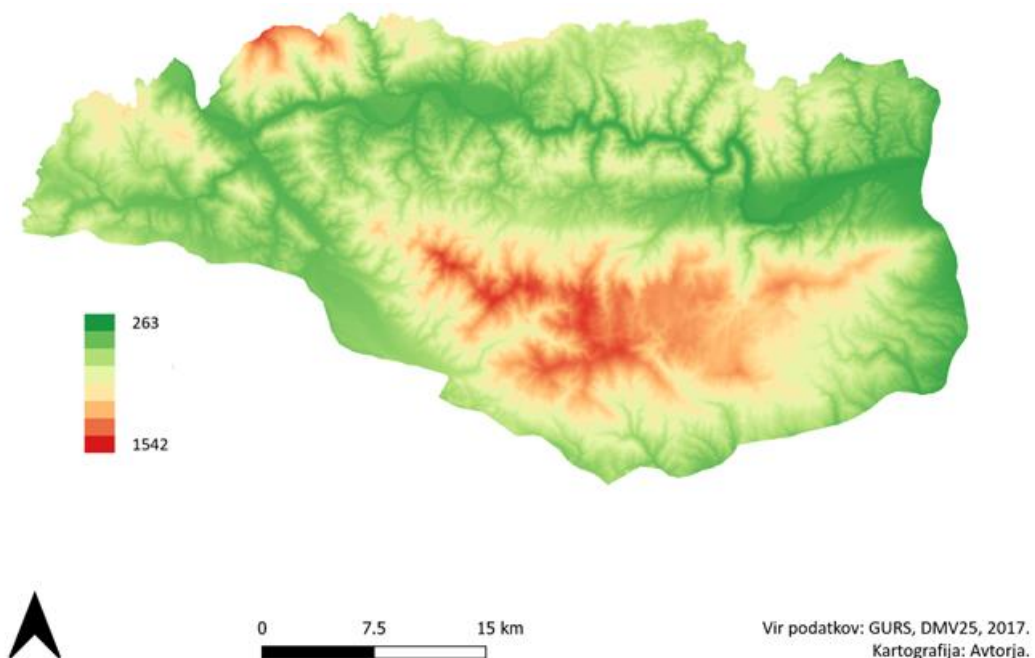
2.2. Relief obravnavanega območja

Območje Pohorja lahko tudi obravnavamo kot izrazito razgibano in strmo na eni strani (57,5%) in dokaj uravnano, planotasto ali celo ravninsko (42,5 %) na drugi strani. Najbolj uravnani deli se nahajajo na severnem obrobju ob naselju Trbonje, Muta, v notranjosti pri Lovrencu na Pohorju ter največje, v osrednjem delu ob pohorskih barjih in jezerih, severno in vzhodno od Rogle (Repe, 2017).

Obravnavane dejavnike reliefa imenujemo reliefne prvine, ki pa so nadmorska višina, naklon in ekspozicija. Nadmorska višina neposredno ali posredno vpliva na kmetijstvo in poselitev. Za človeka najpomembnejša mejnika nadmorske višine predstavljata zgornja gozdna meja in

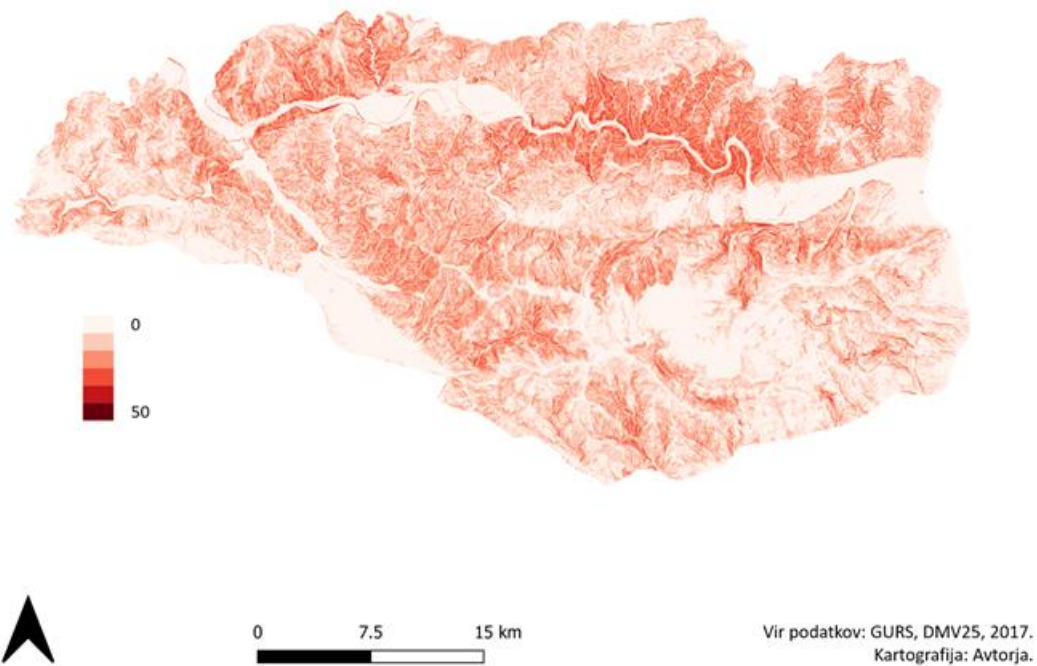
meja poseljenosti. Za naklon splošno velja, da narašča z nadmorsko višino. Ima velik vpliv na gostoto poseljenosti in razporeditev naselij, prav tako pa pri 12° označuje zgornjo mejo uporabe kmetijske mehanizacije. Ekspozicija, drugače usmerjenost površja, nam pove kam je glede na strani neba obrnjeno površje. S tem vpliva na številne naravne procese, saj nam pove količino sončne energije prejme površje (Urbanc, 2002).

Povprečna nadmorska višina obravnavanega območja znaša 714 m, najnižja točka je 253 m, najvišja pa 1543 m (slika 6). Največ površja se nahaja med 300 in 600 m nadmorske višine (40 % površja), sledi površje med 600 in 900 m (34 % površja) in nato še površje med 900 in 1200 m (15 % površja). Najmanj površja pa je med 1200 in 1600 m nadmorske višine (9 % površja) in med 0 in 300 m (2 %).



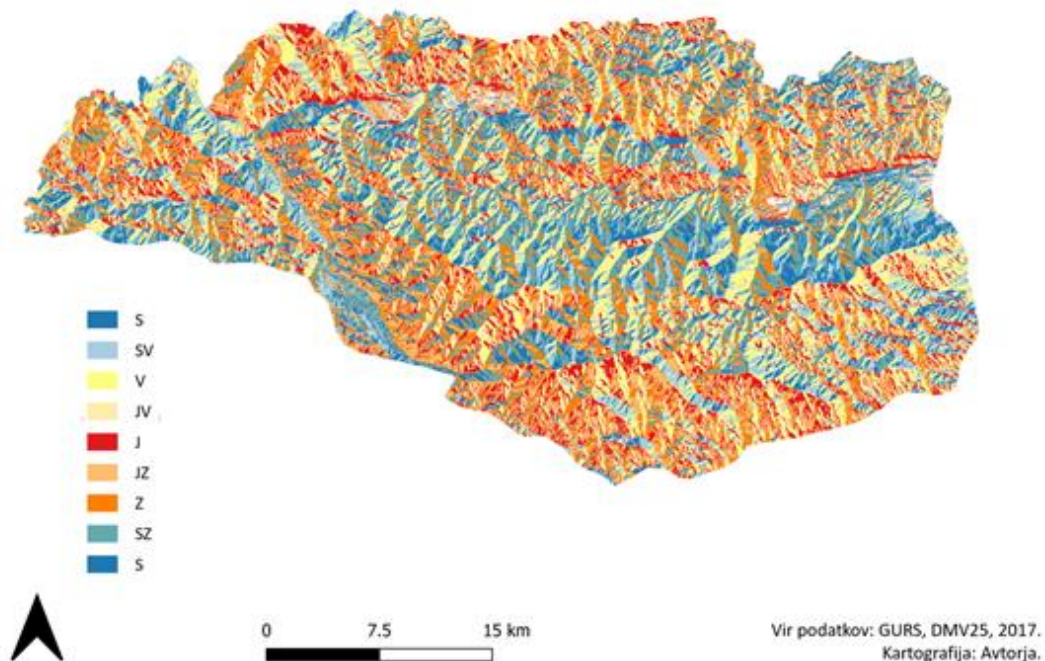
Slika 6: Nadmorske višine na obravnavanem območju (Vir podatkov: GURS, 2017).

Povprečni naklon znaša 18°, najmanjši 0° ter največji 59°. Večina obravnavanega območja ima naklon nekje med 12° in 90° (73 % površja), sledi naklon med 6° in 12° (16 % površja), najmanj pa je naklona med 0° in 6° (12 % površja) (slika 7). Zaradi velikega naklona obravnavanega območja lahko predvidevamo, da na obravnavanem območju ni veliko uravnav in s tem možnosti za kmetijstvo, je pa zato veliko gozdnih površin.



Slika 7: Nakloni na obravnavanem območju (Vir podatkov: GURS, 2017).

Ekspozicijo obravnavanega območja lahko razdelimo na jugovzhodno, ki zavzema 26 % površja, na jugozahodno, ki prav tako zavzema 26 % površja, na severozahodno, ki zavzema 22 % površja ter na severovzhodno, ki zavzema 27 % površja (slika 8). Ekspozicije so torej relativno enako razporejene po obravnavanem območju.



Slika 8: Ekspozicije na obravnavanem območju (Vir podatkov: GURS, 2017).

2.3. Gozd

Gozd je lahko opredeljen kot površina, večja od 0,5 ha, ki je vsaj 10 % poraščena z drevesi z višino vsaj 5 m (Černelič, 2019). Predstavlja najvišje razvit ekosistem, ki se lahko razvije ob primernih pogojih kot so količina padavin, temperaturni režim in dolžina vegetacijske dobe. Zaradi ugodnih pogojev bi Slovenijo, brez človekovih posegov, v celoti prekrival gozd z izjemami močvirnatih območij ter višjih gorskih vrhov nad gozdno mejo (Ivajnsič in Kaligarič, 2015). Danes je približno 60 % Slovenije prekrivane z gozdom, ki se dodatno širi na travnike in druge kmetijske površine.

Pohorski gozd je precej drugačen, kot je bil v preteklosti. Vzroki za to so nenadzorovana sečnja za namene metalurgije in steklarstva sredi 18. stoletja, žaganje, splavarjenje oziroma trgovina z lesom. Zaradi želje po dobičku je med letoma 1750 in 1950 na Pohorju potekala nasilna eksploatacija gozdov, ki je temeljila na zmotnem prepričanju, da so gozdovi neizčrpani. Daljša eksploatacija gozdov je močno preobrnila potek naravnih procesov in spremenila sestavo gozda. Mešane gozdove so nadomestili smrekovi, z njimi pa se je spremenila tudi prvotna gozdna krajina (Cimperšek, 2014).

Gozd omogoča različne ekosistemске storitve za človeka in družbo. Delimo jih na podporne (pedogeneza, fotosinteza, primarna produkcija, kroženje snovi, vodni cikel), oskrbne (gozdni sadeži, gobe, voda, les, zastirka), nadzorne (čiščenje zraka in vode, uravnavanje podnebja, preprečevanje erozije, ponor ogljika, opráševanje) in kulturne storitve (turizem, rekreacija, duhovna obogatitev, navdih, izobraževanje), (Vovk Korže, 2008). Gozd predstavlja tudi eno pomembnejših dopolnilnih dejavnosti na kmetijah na območju Pohorja in Kozjaka, pa tudi drugod po Sloveniji. Gozdarska dopolnilna dejavnost prinaša pomemben del dohodka k kmetijski dejavnosti, ki sama po navadi ne omogoča primerne ekonomskega in socialnega položaja kmetom (Jurše, 2008).

2.4. GIS, daljinsko zaznavanje, NDVI

Geografske informacijske sisteme ali GIS lahko opredelimo kot računalniško podprt sistem, v katerem je vključeno zajemanje, shranjevanje, obdelovanje, povezovanje, analiziranje in prikazovanje georeferenciranih oziroma prostorskih podatkov (Močnik in Rugelj, 2004).

Eden izmed možnih virov prostorskih podatkov je daljinsko zaznavanje, ki je definirano kot “znanost pridobivanja informacij o površju Zemlje, ne da bi z njo prišli v neposredni stik” (Oštir, 2006, str. 13). Pri daljinskem zaznavanju gre pogosto za opazovanje površja Zemlje, opazujemo pa lahko tudi Luno ali druge planete (Oštir, 2006).

Ugotavljanje stanja vegetacije z računanjem vegetacijskega indeksa NDVI na podlagi satelitskih podob je v Sloveniji relativno neizkoriščena metoda raziskovanja. Glede na knjižnični informacijski sistem COBISS je s ključno besedo NDVI objavljenih 32 del, ki spadajo predvsem na področje kmetijstva in gozdarstva. Šprah (2019) je na območju enote Lovrenc na Pohorju ocenjeval strukturno pestrost gozdov s pomočjo digitalnega modela krošenj, izdelanega na podlagi podatkov laserskega skeniranja Slovenije in satelitskih posnetkov Sentinel-2. Pintar in Hladnik (2019) sta na podlagi satelitskih posnetkov Sentinel-2 ocenjevala razlike v fenološkem razvoju prevladujočih drevesnih vrst na območju Pahernikove posesti. Jovanović, Milanović in Zorn (2018) so NDVI uporabili pri svoji raziskavi upravljanja z gozdovi v Srbiji. Ugotovili so, da je lahko uporaba daljinskega zaznavanja in NDVI razmeroma poceni, hiter in objektiven način popisovanja in upravljanja gozdov.

Vegetacijski indeks NDVI (ang. Normalized Difference Vegetation Index) je eden izmed indeksov, ki se najpogosteje uporabljajo pri opazovanju gozdnih površin. Računanje vegetacijskega indeksa NDVI temelji na multispektralnih satelitskih posnetkih oziroma na razmerju med rdečim in bližnje infrardečim delom spektra. NDVI računamo po formuli:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

kjer NIR predstavlja vrednost odboja v bližnjem infrardečem spektru, RED pa vrednost odboja rdečega spektra (Kobler, Čotar in Ogris, 2016). Vrednosti indeksa segajo od -1 do 1. Negativne vrednosti predstavljajo oblake, vodo ali sneg, vrednosti blizu ničle pa večinoma kamenje in zemljo, ki ni pokrita z vegetacijo. Pozitivne vrednosti med 0.2 in 0.3 predstavljajo grmičevje in travnike, na območjih z visokimi vrednostmi indeksa med 0.6 in 0.8, pa lahko najdemo različne gozdove (Earth observing system, 2020).

3 METODOLOGIJA

3.1 Trend NDVI gozda na obravnavanem območju

V prve delu raziskave smo ugotavljali spremembe NDVI gozda v obdobju med 1978 in 2020. Pri tem smo uporabili podatke satelitov Landsat, kjer je en piksel predstavljal območje 30x30 metrov. Uporabili smo posnetke satelitov Landsat 3, Landsat 5 in Landsat 8. Posnetke smo dobili s pomočjo podatkovnega portala Earth Explorer, ki ga upravlja Geološki zavod ZDA (USGS, 2020). S portala smo prenesli posnetke in jih uvozili v program QGIS. Tukaj smo delo nadaljevali samo s pasovi, ki so prikazovali odboj svetlobe v rdečem in bližnjem infrardečem spektru. Pri posnetkih satelita Landsat 3 sta to bila band 5 (RED) in band 6 (NIR). Pri posnetkih satelita Landsat 5 smo uporabili pasova 3 (RED) in 4 (NIR), pri posnetkih Landsat 8 pa pasova 4 (RED) in 5 (NIR). S QGIS smo nato posnetke obrezali na obravnavano območje in v raster kalkulator vnesli pasove po enačbi za računanje NDVI.

Za Landsat 3 je ta enačba bila $(\text{Band 6} - \text{Band 5}) / (\text{Band 6} + \text{Band 5})$, Landsat 5 $(\text{Band 4} - \text{Band 3}) / (\text{Band 4} + \text{Band 3})$ in Landsat 8 $(\text{Band 5} - \text{Band 4}) / (\text{Band 5} + \text{Band 4})$. Kot rezultat smo dobili karte NDVI za izbrana leta, ki prikazujejo stanje zdravja gozda (Priloge). V programu QGIS smo nato izračunali povprečne vrednosti NDVI, najvišje in najnižje vrednosti, razpon in standardni odklon. Podatke smo nato prenesli v Excel in s povprečnimi vrednostmi izdelali raztreseni grafikon. Grafikonu smo dodali tudi trendno linijo, enačbo premice in determinacijski koeficient.

3.2 Odvisnost NDVI gozda od reliefa na obravnavanem območju

V drugem delu raziskave smo ugotavljali odvisnost NDVI gozda od reliefnih prvin. Opazovali smo odvisnost NDVI od nadmorske višine, naklona in ekspozicije površja. V tem delu naloge smo uporabili podatke satelita Sentinel 2. Pri računanju NDVI smo uporabljali pasova 4 (RED) in 8 (NIR), kjer je ločljivost 10x10 m. Sateliti Sentinel so del programa Copernicus, ki ga usklajujejo in upravljajo Evropska komisija, Evropska vesoljska agencija in države članice. Podobno kot v prvem delu naloge smo v raster kalkulator v programu QGIS vnesli pasove po enačbi $(\text{Band 8} - \text{Band 4}) / (\text{Band 8} + \text{Band 4})$ in dobili karto, ki prikazuje stanje zdravja gozda leta 2020.

Prav tako smo izdelali karte nadmorskih višin, naklonov in ekspozicij na podlagi digitalnega modela višin (DMV 25), ki smo ga dobili s strani Geodetske uprave Republike Slovenije (GURS, 2017). Karte smo nato klasificirali v izbrane razrede. Nadmorske višine smo razdelili v pet razredov v 300 m razponu. Naklone smo razdelili v prvi (0-6°), drugi (6-12°) in tretji (12-90°) razred. Ekspozicije smo razdelili v severovzhodno, jugovzhodno, severozahodno in jugozahodno. V vsakem razredu smo s programom QGIS določili 100 naključno izbranih točk, ki smo jim pripisali vrednosti NDVI. Vrednosti smo uvozili v program SPSS in izvedli statistične teste, da smo ugotovili, če obstajajo statistično signifikantne razlike v vrednostih NDVI glede na posamezne razrede. Izbrali smo neparametrični Kruskal - Wallis test, ker smo ugotovili, da podatki ne sledijo normalni distribuciji. Prav tako smo uporabili post test, s katerim smo ugotavljali, med katerimi razredi so največje razlike.

4 REZULTATI

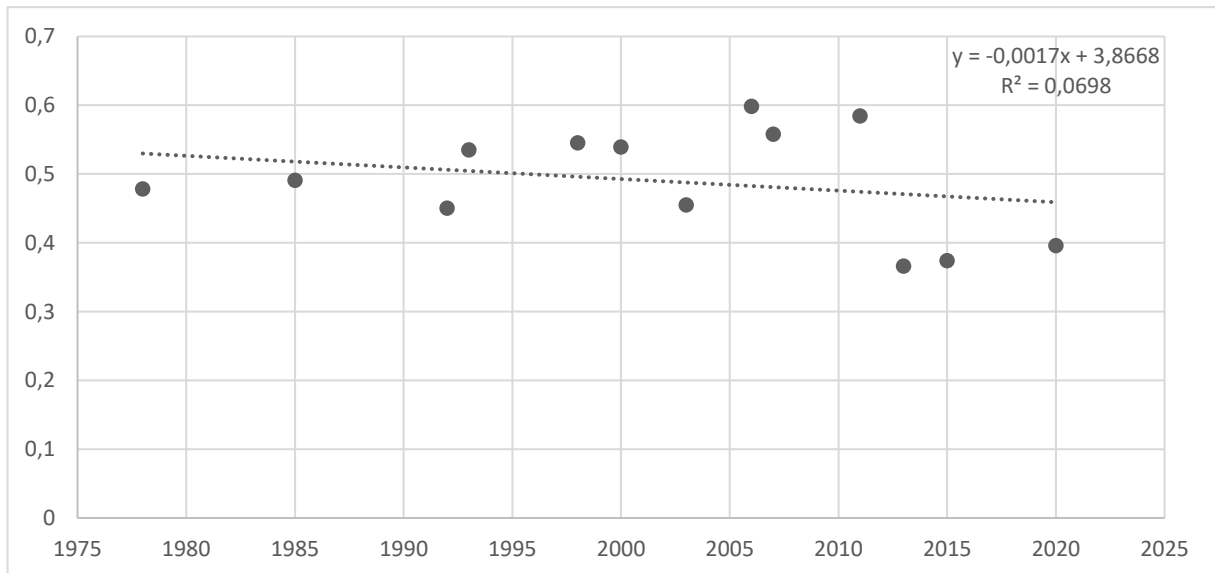
4.1 Trend NDVI gozda na obravnavanem območju

Tabela 6 prikazuje podatke o NDVI za obdobje med leti 1978 in 2020. Za določena leta prikazuje vsoto vseh vrednosti NDVI, povprečno vrednost NDVI celotnega območja, standardni odklon, najnižjo in najvišjo vrednost NDVI, ter razpon vrednosti NDVI. Iz tabele lahko vidimo, da v splošnem povprečna vrednost skozi izbrano obdobje padla, z izjemo med letoma 1993 in 2000, ko je povprečna vrednost naraščala, potem pa ponovno padala. Podobno je med letoma 2003 in 2006 spet narasla in leta 2006 bila tudi najvišja. Potem je povprečna vrednost začela padati in bila najnižja leta 2013. Podobno se je v zadnjih letih zmanjšal tudi razpon vrednosti. Ta je največji leta 2011, najmanjši pa leta 2013. Tudi najvišje vrednosti območja skozi izbrano obdobje padajo, najvišjo vrednost pa najdemo v letu 1998. Najnižjo posamezno vrednost NDVI najdemo v letu 2006. Standardni odklon se bistveno ne spreminja, najnižji pa je v letu 2013.

Tabela 6: NDVI za obdobje 1978-2020

Leto	Vsota	Povprečna vrednost	Standardni odklon	Najnižja vrednost	Najvišja vrednost	Razpon
1978	170480,9	0,48	0,09	-0,34	0,75	1,09
1985	700712,5	0,49	0,10	-0,24	0,77	1,00
1992	642733,8	0,45	0,10	-0,21	0,74	0,95
1993	763398,4	0,53	0,10	-0,40	0,80	1,20
1998	778611,3	0,55	0,10	-0,40	0,85	1,25
2000	769342,1	0,54	0,10	-0,46	0,79	1,25
2003	649160,1	0,45	0,09	-0,20	0,71	0,91
2006	853778,4	0,60	0,11	-0,53	0,81	1,34
2007	796538,2	0,56	0,10	-0,33	0,79	1,12
2011	834050,7	0,58	0,11	-0,52	0,82	1,35
2013	522363,2	0,37	0,07	-0,10	0,62	0,72
2015	533603,4	0,37	0,09	-0,16	0,65	0,80
2020	565260,7	0,40	0,09	-0,23	0,65	0,87

S pomočjo podatkov v tabeli, smo izdelali grafikon, ki prikazuje spreminjanje povprečne vrednosti NDVI na obravnavanem območju v izbranem obdobju (slika 9). Kot vidimo je smerni koeficient premice negativen, premica je usmerjena navzdol. Iz tega lahko sklepamo da NDVI in zdravje gozda skozi izbrano obdobje padata. Ujemanje točk s trendno črto je

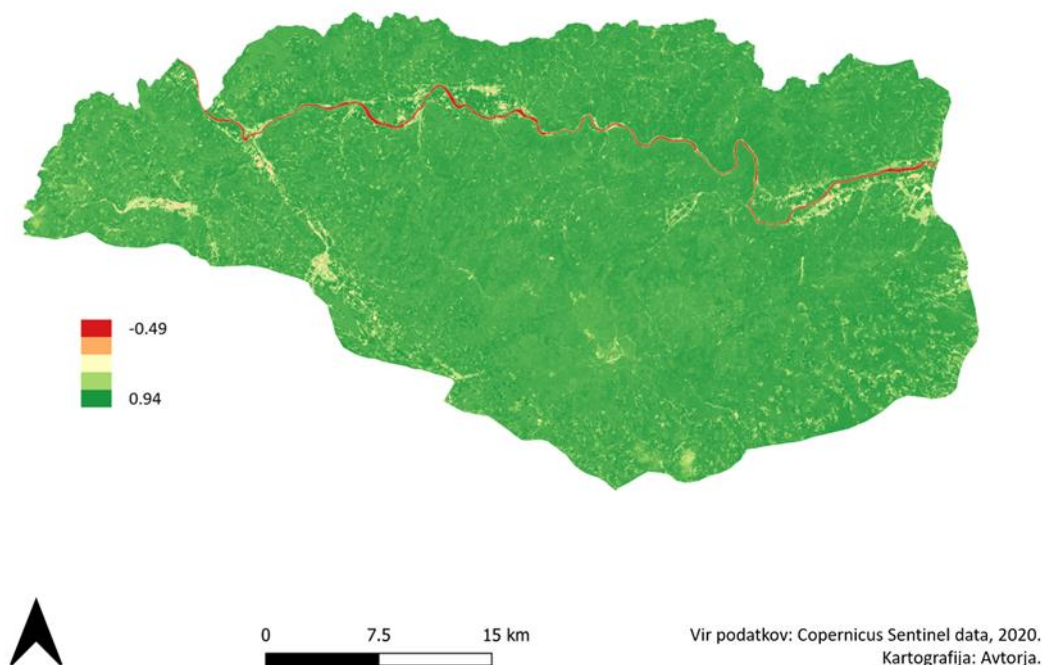


razmeroma majhno ($R^2 = 0.0698$).

Slika 9: Trend NDVI v obdobju 1978-2020 (Vir podatkov: USGS, 2020).

4.2 Odvisnost NDVI gozda od reliefa na obravnavanem območju

Rezultat podatkov satelita Sentinel je spodnja karta indeksa NDVI (slika 10). Iz karte lahko opazimo rdečo vijugo, ki poteka od severozahoda do vzhoda obravnavanega območja. Predstavlja tok reke Drave, saj je vrednost vegetacijskega indeksa NDVI okoli -0,5, kar po standardih vrednosti NDVI predstavlja vodo in vodne površine. Zelene površine predstavljajo gozd, gozdne vrtove in travnike. Rumenkaste površine pa pozidana območja, njive in neporaščena območja, katerih vrednost indeksa NDVI je nekje med -0,1 in 0,4. Največjo površino ima zelena barva. Maksimalna vrednost znaša 0,94, kar pa pomeni, da je gozd tam zelo zdrav.

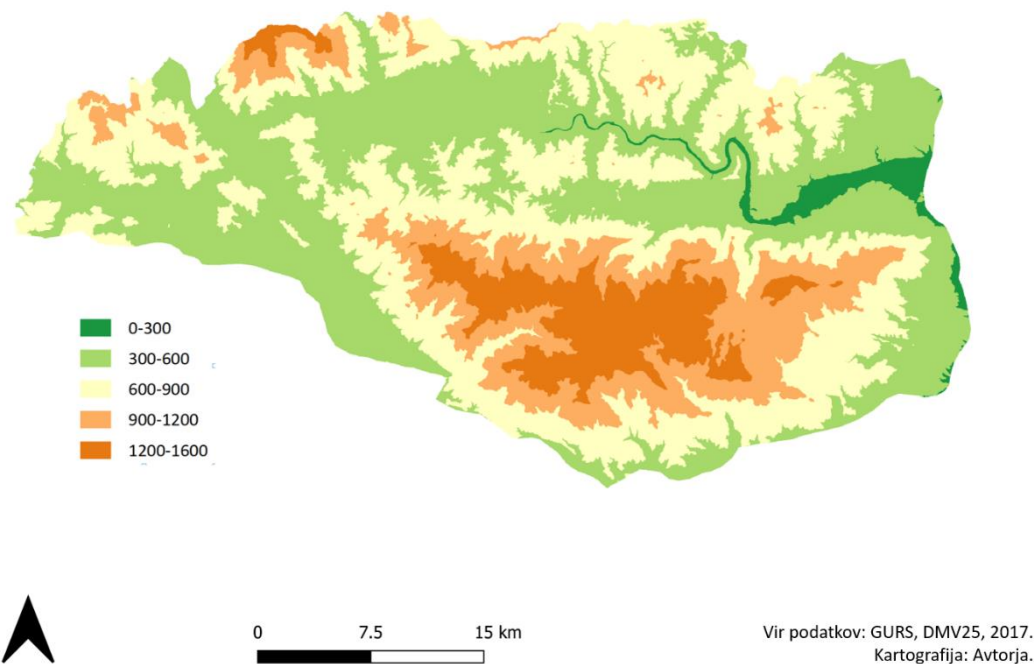


Slika 10: NDVI na obravnavanem območju (Vir podatkov: Copernicus Sentinel data, 2020).

Sprva smo želeli ugotoviti povprečen NDVI v naših reklasificiranih razredih vseh dejavnikov reliefa. Pri nadmorskih višinah (slika 11) smo ugotovili, da je najvišji povprečen NDVI v četrtem razredu (od 900 do 1200 m), sledi tretji (od 600 do 900 m), slednji je drugi (od 300 do 600 m), predzadnji je peti (od 1200 do 1600 m) ter zadnji prvi (od 0 do 300 m). Edini razred izmed teh, ki izstopa je prvi, saj ima srednjo vrednost indeksa NDVI približno 0.52, ostale štiri pa imajo okoli 0.8 vrednost indeksa NDVI. Ob raziskovanju vpliva nadmorske višine na NDVI je Kruskal-Wallis test ovrzel ničelno hipotezo, ki pomeni, da je distribucija

indeksa NDVI enaka v vseh razredih nadmorskih višin. S tem smo torej ugotovili, da obstajajo statistično signifikantne razlike med vegetacijskim indeksom NDVI na različnih reklasificiranih območjih nadmorskih višin na obravnavanem območju.

Znotraj programa SPSS smo še opravili primerjave med različnimi razredi, katere smo predhodno ustvarili z reklasifikacijo nadmorskih višin. Razlike med vsemi razredi (tabela 7), razen med drugim in tretjim (300 m-600 m in 600 m-900 m) razredom, drugim in četrtem razredom (300 m-600 m in 900 m-1200 m) ter tretjim in četrtem razredom (600 m-900 m in 900 m-1200 m), so bile manjše kot 0.05. To pomeni, da med vsemi temi razredi obstajajo statistično signifikantne razlike v indeksu NDVI, le prej omenjeni trije razredi med seboj nimajo signifikantnosti manjše od 0.05 in s tem med njimi ne obstaja nobena statistično signifikantna razlika.

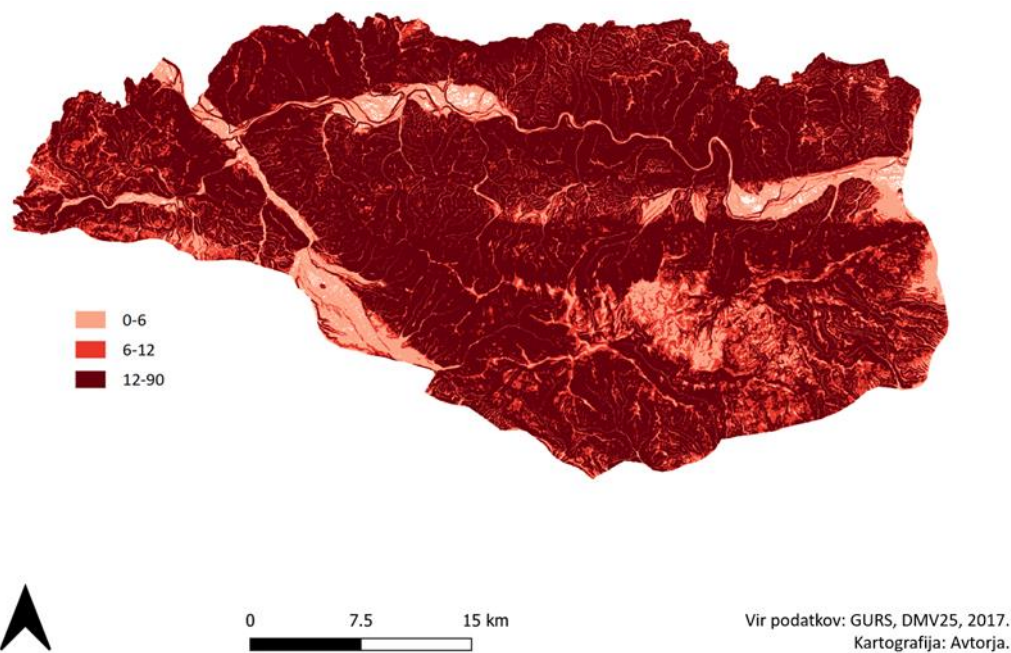


Slika 11: Klasificirane nadmorske višine na obravnavanem območju (Vir podatkov: GURS, 2017).

Tabela 7: Medrazredna primerjava signifikantnosti indeksa NDVI na podlagi nadmorske višine na obravnavanem območju

Izbrana razreda	Signifikantnost
0 m-300 m in 1200 m-1600 m	0,03
0 m-300 m in 300 m-600 m	0,00
0 m-300 m in 600 m-900 m	0,00
0 m-300 m in 900 m-1200 m	0,00
1200 m-1600 m in 300 m-600 m	0,01
1200 m-1600 m in 600 m-900 m	0,01
1200 m-1600 m in 900 m-1200 m	0,00
300 m-600 m in 600 m-900 m	0,92
300 m-600 m in 900 m-1200 m	0,30
600 m-900 m in 900 m-1200 m	0,35

Pri naklonih smo ugotovili, da je najvišji povprečen NDVI v tretjem razredu (od 12 do 90°), sledi drugi razred (od 6 do 12°) ter najmanjšega ima prvi razred (od 0 do 6°) (slika 12). Prisotne pa ni velike razlike v srednji vrednosti vseh razredov, saj se ta giblje od 0.77 pri prvem, do 0.80 pri drugem in do 0.83 pri tretjem razredu. Ob raziskovanju vpliva naklona na vegetacijski indeks NDVI, smo enako kot prej pri nadmorskih višinah z neparametričnim Kruskal-Wallis testom zavrgli ničelno hipotezo. Enako kot prej smo ugotovili, da obstajajo statistično signifikantne razlike med vegetacijskim indeksom NDVI v različnih reklasificiranih razredih (tabela 8) naklonov na obravnavanem območju. Ugotovljena je statistično signifikantna razlika med prvim in tretjim razredom (0 °-6 ° in 12 °-90 °) ter drugim in tretjim razredom (6 °-12 ° in 12 °-90 °). Signifikantnost med prvim in drugim razredom (0 °-6 ° in 6 °-12 °) pa presega 0.05, zato med njima ni nobene statistično signifikantne razlike.

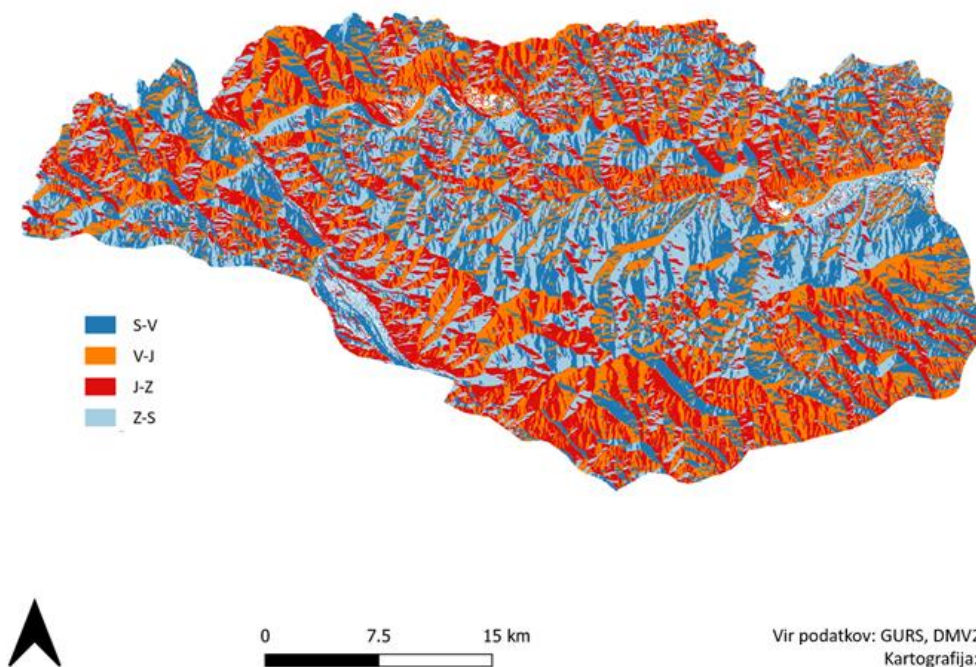


Slika 12: Klasificirani nakloni na obravnavanem območju (Vir podatkov: GURS, 2017).

Tabela 8: Medrazredna primerjava signifikantnosti indeksa NDVI na podlagi naklona na obravnavanem območju

Izbrana razreda	Signifikantnost
0 °-6 ° in 6 °-12 °	0,72
0 °-6 ° in 12 °-90 °	0,00
6 °-12 ° in 12 °-90 °	0,00

Glede na ekspozicijo je vegetacijski indeks NDVI imel največjo srednjo vrednost v drugem razredu (J-V, jugovzhodna ekspozicija), drugo največjo je imel v prvem razredu (S-V, severovzhodna), drugo najmanjšo je imel v tretjem razredu (J-Z, jugozahodna) ter najmanjšo v četrtem razredu (S-Z, severozahodna) (slika 13). Med njimi pa enako kot pri naklonih ni velikih razlik, saj obsegajo srednje vrednosti indeksa NDVI od 0.80 do 0.83. S statističnim testom smo podobno ovrgli ničelno hipotezo. S tem lahko sklepamo na prisotnost statistično signifikantnih razlik med reklasificiranimi ekspozicijskimi razredi, in sicer med prvim in četrtem (Z-S in S-V), med drugim in četrtem (Z-S in V-J) ter med drugim in tretjim (J-Z in V-J) (tabela 9). Med ostalimi razredi pa je signifikantnost večja od 0,05 in zato med njimi ne obstajajo statistično signifikantne razlike.



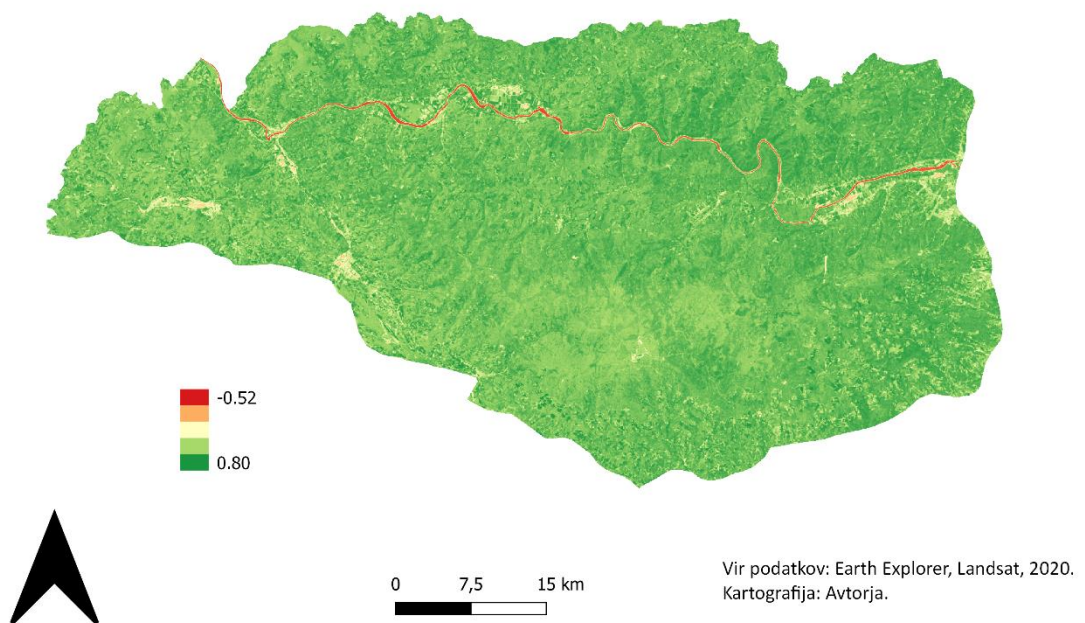
Slika 13: Klasificirane ekspozicije na obravnavanem območju (Vir podatkov: GURS, 2017).

Tabela 9: Medrazredna primerjava signifikantnosti indeksa NDVI na podlagi ekspozicije na obravnavanem območju

Izbrana razreda	Signifikantnost
Z-S in J-Z	0,25
Z-S in S-V	0,02
Z-S in V-J	0,00
J-Z in S-V	0,21
J-Z in V-J	0,02
S-V in V-J	0,24

4.3 Prikaz obravnavanega območja glede na NDVI

Med raziskovanjem smo se odpravili na teren in fotografirali območja, med katerimi so glede na karto (Slika 14) največje razlike v barvi. Zelena območja na karti predstavljajo najvišje vrednosti NDVI, kot vidimo na fotografiji (Slika 15) so to gozdne površine, fotografija pa prikazuje južno pobočje Strojne. Rumena barva prikazuje predvsem urbana in suburbana območja, kot primer teh smo fotografirali naselje Ruše (Slika 16). Rdeča barva prikazuje območja z najnižjo vrednostjo NDVI, primer takšnega območja pa je reka Drava (Slika 17).



Slika 14: NDVI leta 2011 (Vir podatkov: Earth Explorer, Landsat, 2020)



Slika 15: Južno pobočje Strojne (Vir slike: Avtorja, 2021)



Slika 16: Naselje Ruše (Vir slike: Avtorja, 2021)



Slika 17: Reka Drava (Vir slike: Avtorja, 2021)

5 RAZPRAVA

Glavna ugotovitev v prvem delu raziskave je, da se NDVI na obravnavanem območju v obravnavanem obdobju niža. S tem je potrjena tudi ena izmed naših hipotez. Padanje NDVI lahko povežemo z različnimi dejavniki. Globalne podnebne spremembe so eden izmed pomembnejših dejavnikov, ki vplivajo na zdravje gozdov in vrednost NDVI. Segrevanje ozračja in sočasno zmanjšanje količine padavin poleti vplivajo na rast in zdravje rastlin, kar znižuje tudi NDVI. Podnebne spremembe prinašajo vedno več vročinskih valov in suš. Na izdelanem grafikonu (slika 9) je vidno, da NDVI leta 2003 pade, saj je v tem letu bilo sušno obdobje. Enako velja tudi za leto 2013, ko je Slovenijo prizadela suša (Sušnik in Gregorič, 2017). Vidimo lahko tudi, da je NDVI v glavnem višji v letih, ko je bilo več padavin. Vpliv na zdravje gozdov in NDVI pa imajo tudi drugi dejavniki. NDVI znižuje izsekavanje gozdov in širjenje naselij. Z izsekavanjem gozda se površine bogate z vegetacijo zmanjšajo, posledično pa se zmanjša tudi NDVI. Enako velja tudi za širjenje naselij. Večje število cest in pozidanih območij pomeni nižjo vrednost NDVI. Na zdravje gozda vplivata tudi onesnaževanje in kisli dež. Oba dejavnika znižujeta NDVI, saj prizadeneta poraščene površine, ki prispevajo k višjemu NDVI. Na zdravje gozdov vpliva tudi smrekov lubadar, ki prizadene površine z iglastim gozdom. Padec NDVI lahko povežemo s padcem zdravja gozda. Kot vidimo se je to v izbranem obdobju zmanjšalo, zato je to še dodaten razlog, da začnemo skrbeti za okolje.

Raziskavo bi lahko izboljšali na določene načine. Da smo prišli do trenda NDVI smo uporabili 13 različnih let med letoma 1978 in 2020. To smo naredili zato, ker nismo mogli uporabiti vseh možnih posnetkov. Na določenih Landsat posnetkih so bili oblaki, ki bi lahko podali nerealno vrednost indeksa NDVI. S tem pa se je zmanjšalo tudi število podatkov. Če bi uporabili večje število posnetkov oziroma let, bi seveda dobili bolj natančen trend NDVI. Dobljeni rezultati bi lahko bili tudi bolj natančni, če bi uporabili drug način daljinskega zaznavanja z večjo ločljivostjo, kot jo imajo sateliti Landsat.

Za del raziskave o dejavnikih reliefa bi lahko uporabili NDVI podatke, ki smo jih pridobili s pomočjo Landsat satelitov, ampak smo raje uporabili podatke Sentinel. S tem smo lahko dobili bolj natančne podatke, saj ima Sentinel piksel ločljivost 10x10 m, v primerjavi s podatki satelita Landsat, ki ima 30x30 m. Potrebovali smo bolj natančne podatke, kot so tisti za določanje trenda skozi daljše časovno obdobje.

Sprva smo ugotovili, da najvišje nadmorske višine nimajo najboljšega vpliva na NDVI, saj je razred od 1200 do 1600 m bil le na četrtem mestu po povprečni vrednosti indeksa NDVI. Ampak ne glede na to, lahko delno potrdimo našo drugo hipotezo, saj drugi, tretji in četrti razred sledijo našim predvidevanjem in povprečna vrednost indeksa NDVI pada z nadmorsko višino. Veliko odstopanje pa je predstavljal prvi razred (od 0 do 300 m), saj je imel veliko manjšo srednjo vrednost indeksa NDVI. Razloge za to pa najdemo v tem, da so območja, kjer je tako nizka nadmorska višina v veliki večini območje rek, rečnih omrežij, barij in jezer, katerih NDVI znaša okoli $-0,25$. Zaradi tega je pa tudi srednja vrednost indeksa NDVI nižja.

Raziskovanje naklona nam je pokazalo, da so bila naša predvidevanja nepravilna. Večji nakloni kot so, večji NDVI je bil. Naša hipoteza pa je sporočala ravno obratno. Prav tako je povprečni NDVI padal v treh razredih od večjih proti manjšim naklonom, tako da lahko našo hipotezo zdaj že popolnoma ovržemo. Razlog za neujemanje z našo hipotezo pa je najverjetneje to, da imajo območja, kjer je nizki naklon, drugačno rabo tal (npr. polja, travniki).

Na koncu je ostala še ekspozicija. Tukaj smo lahko hipotezo le delno potrdili, saj je res da ima najbolj prisojna jugovzhodna (JV) ekspozicija najvišji povprečni NDVI, sledila ji je severovzhodna (SZ) ekspozicija, ki pa velja na severni polobli za bolj osojno. Naslednja v vrsti je bila jugovzhodna (JV), ki nam potem omogoča, da hipotezo vsaj delno potrdimo. En velik problem za potrditev hipoteze je bil še, da so bili povprečni indeksi NDVI med vsemi zelo blizu skupaj.

6 ZAKLJUČEK

Skozi raziskavo smo ugotavljali kako se je NDVI in zdravje gozdov na območju Strojne, Kozjaka in Pohorja spreminjalo. Pri raziskovanju smo si pomagali s programom QGIS in Excel, uporabili pa smo tudi podatkovni portal Earth Explorer za pridobitev Landsat posnetkov. Glavna ugotovitev prvega dela naloge je, da je v izbranem obdobju NDVI padal, iz tega pa lahko sklepamo tudi na zmanjšanje zdravja gozdov. Tako smo potrdili prvo hipotezo, ki je predvidevala padeč NDVI v obravnavanem obdobju.

V drugem delu naloge smo raziskali kako relief vpliva na NDVI. Pri tem smo opazovali vpliv nadmorske višine, ekspozicije in naklonov na NDVI. V tem delu naloge smo za izdelavo karte NDVI uporabili posnetke satelita Sentinel. Za izdelavo kart nadmorske višine, ekspozicij in naklonov smo uporabili digitalni model višin, ki smo ga pridobili na spletni strani Geodetske uprave Republike Slovenije. V tem delu naloge smo ponovno uporabili QGIS, uporabili pa smo tudi program SPSS, s katerim smo izvedli statistične teste. Ugotovili smo, da relief vpliva na NDVI.

Drugo hipotezo, ki je predvidevala, da je NDVI gozda na nižjih nadmorskih višinah nižji, smo delno potrdili. Najnižji NDVI je imel prvi razred, ki je vseboval višine od 0 do 300 metrov. V tem razredu je bilo tudi največje odstopanje, vrednost indeksa je bila okoli 0,52, medtem, ko je v drugih višinskih razredih bil večji. Hipoteze ne moremo potrditi popolnoma, saj si vrednosti NDVI ne sledijo, kot si sledijo razredi nadmorskih višin. Tretjo hipotezo, ki je predvidevala, da je NDVI gozda na uravnanim površju večji kot na nagnjenem, smo zavrnil. Največji povprečni NDVI je imel tretji razred, ki je vseboval območja z največjim naklonom. Po velikosti NDVI sta mu sledila drugi in prvi razred, pri katerih je bil naklon manjši. Četrto hipotezo, ki je predvidevala, da je NDVI gozda na prisojnem površju višji kot NDVI na osojnim površju, smo potrdili le delno. Največji povprečni NDVI so res imele jugovzhodne ekspozicije, drugi največji pa severovzhodne. Tretji največji povprečni NDVI so imele jugozahodne, zadnji severozahodne, med razredi pa ni bilo zelo velikih razlik.

7 DRUŽBENA ODGOVORNOST

Kot vsaka raziskovalna naloga, ima tudi naša vpliv na družbeno odgovornost. Gre predvsem za opozorilo, da se zdravje gozda na Strojni, Kozjaku in Pohorju slabša. Poglavitni vzrok za to so podnebne spremembe, ki jih povzroča človek. Vsebina raziskovalne naloga nam prikazuje, kako se je stanje v zadnjih 40-tih letih poslabšalo. Dokazali smo, da z uporabo satelitov lahko zelo natančno določimo posredne posledice, ki jih povzroča človek v naravi. Prav tako verjamemo, da to isto tehnologijo lahko uporabimo v namene izboljšanja stanja v naravi.

8 LITERATURA IN VIRI

Agencija Republike Slovenije za okolje. (2020). Atlas okolja. Agencija Republike Slovenije za okolje. URL: http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso

Ambrožič, B. (2008). Regijski park Pohorje-utopija ali realna prihodnost?. Planinska zveza Slovenije. URL: https://kvgn.pzs.si/files/File/Seminarske%20naloge/regijski_park_pohorje.pdf

Chen, J. (2020). Trendline. Investopedia. URL: <https://www.investopedia.com/terms/t/trendline.asp>

Cimperšek, M. (2014). Eksploatacija pohorskih gozdov v preteklosti. Gozdarski vestnik, letnik 72, številka 9, str. 365-382. URL: <http://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-DRA8YQZZ>

Davidovič, D. in Ivajnsič D. (2020) Indeks vlažnosti tal Pomurja: primer uporabe podatkov satelita Landsat 8. Revija za geografijo - Journal for Geography, 15-1, 2020.

Earth Observing System. (2020). NDVI. URL: <https://eos.com/ndvi/>

Gams, I. (2007). Geomorphology of the Pohorje mountains. Ljubljana. URL: <https://dlib.si/stream/URN:NBN:SI:DOC-BD4C008J/601b719d-cfe4-4305-b5ba-3f1a8a6ffe25/PDF>

Geološki zavod Slovenije. (2021). Osnovna Geološka karta. Geološki zavod Slovenije. URL: <https://ogk100.geo-zs.si/#>

Geopedia. (2007). Pedologija. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Sektor za sonaravno kmetijstvo. URL: http://www.geopedia.si/#T1344_x500928_y132232_s10_b4

Glen, S. (2021). Coefficient of Determination (R Squared). Statisticshowto. URL: <https://www.statisticshowto.com/probability-and-statistics/coefficient-of-determination-r-squared/>

GURS. (2017). Digitalni model višin z ločljivostjo (DMV 12,5, DMV 25, DMV 100). URL: <https://www.e-prostor.gov.si/zbirke-prostorskih-podatkov/topografski-in-kartografski-podatki/digitalni-model-visin/digitalni-model-visin-z-locljivostjo-dmv-125-dmv-25-dmv-100/>
<https://eucbeniki.sio.si/geo9/2642/index1.html>

Jeršin Tomassini, K in Janžekovič, M. (2015). i-učbenik za geografijo v 9. razredu osnovne šole. Zavod RS za šolstvo, Ljubljana. URL: <https://eucbeniki.sio.si/geo9/2642/index1.html>

Jovanović M. M., Milanović M. M. in Zorn M. (2018). The use of NDVI and CORINE Land Cover databases for forest management in Serbia. Acta Geographica Slovenica, 58(1), 109–123. URL: <https://doi.org/10.3986/AGS.818>

Jurše, A. (2008). Gospodarske dopolnilne dejavnosti na kmetijah območja Pohorja in Kozjaka. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta. URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=127904&lang=slv>

Močnik, B. in Rugelj J. (2004). Uvajanje geografskih informacijskih sistemov (GIS) v šole. Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta. URL: https://www.academia.edu/436584/Uvajanje_Geografskih_Informacijskih_Sistemov_GIS_V_ole

Ogrin, D. (1996). Podnebni tipi v Sloveniji. Univerza v Ljubljani: Filozofska fakulteta. URL: <https://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:DOC-NDDCHX2Y/3329ebc7-f4c2-463d-9ca5-0a3eed0c4d96/PDF>

Ogris N., Čotar, K. in Kobler, A. (2016). Zaznava velikopovršinskih poškodb gozdnega drevja s pomočjo vegetacijskih indeksov na primeru žledoloma 2014. Novice iz varstva gozdov 9: 3–7. URL: <https://www.zdravgozd.si/nvg/prispevek.aspx?idzapis=9-1>

Oštir, K. (2006). Daljinsko zaznavanje. Ljubljana : Založba ZRC, 2006. URL: <https://iaps.zrc-sazu.si/sites/default/files/9616568728.pdf>

Pintar, A. M. in Hladnik, D. (2019). Razlike v fenološkem razvoju prevladujočih drevesnih vrst na Pahernikovi gozdni posesti ocenjene z analizo satelitskih posnetkov. Gozdarski vestnik, 7/8(77), 263–275. URL: <http://dirros.openscience.si/lzpisGradiva.php?lang=slv&id=10379>

Repe, B. (2017). Pohorje - slovenska pedološka posebnost. Univerzitetna založba Univerze v Mariboru. URL: <https://dk.um.si/Dokument.php?id=131702>

Sušnik, A. in Gregorič, G. (2017). Kmetijska suša v 21. stoletju v Sloveniji. URL: <http://mvd20.com/LETO2017/R5.pdf>

Šprah, R. (2019). Ocenjevanje gozdnih ekotopov v gozdnogospodarski enoti Lovrenc na Pohorju. URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?lang=slv&id=106119>

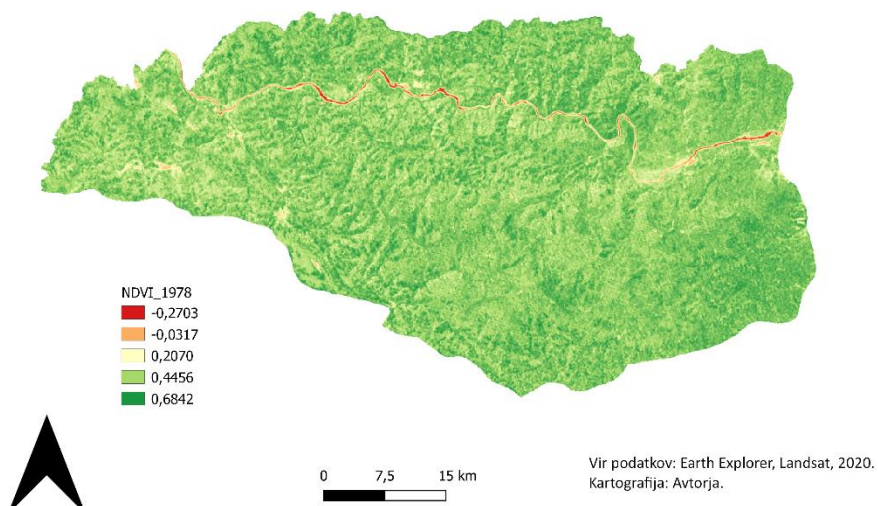
Tajnikar, M. (2016). Rast dreves in struktura habitatnega tipa prehodna barja na Pohorju (Magistrsko delo). Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta. URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=128109&lang=slv>

Urbanc, M. (2002). Kulturne pokrajine v Sloveniji. Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU. URL: <https://books.google.si/books?id=fNzqmnU2rfkC&pg=PA30&lpg=PA30&dq=prvine+reliefa&source=bl&ots=EjYLpVWsOw&sig=ACfU3U2Dq4aX8TNDM9yt0UXhp48Yy5qlrA&hl=sl&sa=X&ved=2ahUKEwjcjLK5vtLvAhWJBhAIHYgbCAIQ6AEwA3oECBMQAw#v=onepage&q=prvine%20reliefa&f=false>

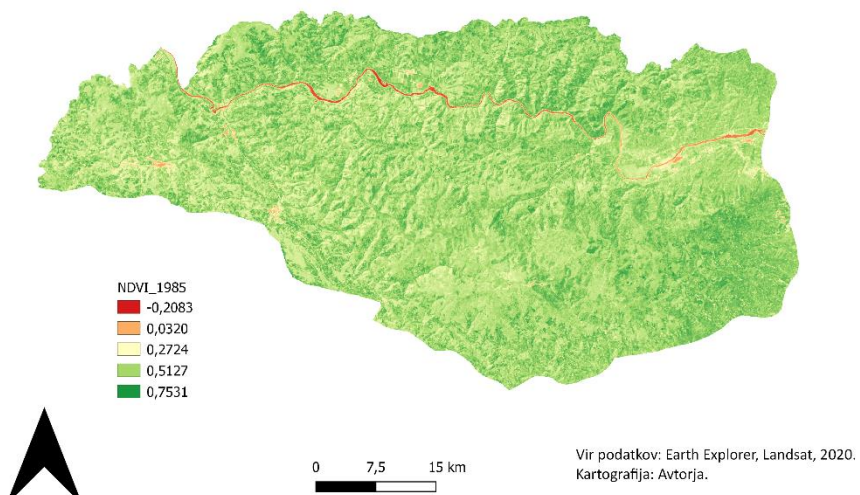
USGS. (2020). EarthExplorer. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Zupanc, M. (2014). Pohorske planje in njihovo zaraščanje. URL: https://www.pzs.si/javno/kvgn_dokumenti/Seminarske%20naloge%20VGN/pohorske_planje_in_njihovo_zarascanje_VGN_Milan_Zupanc,2014.pdf

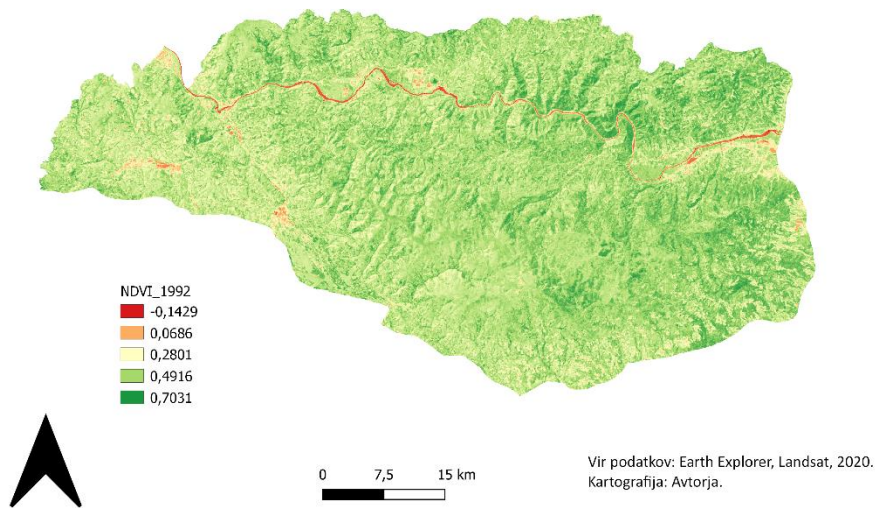
9 PRILOGE



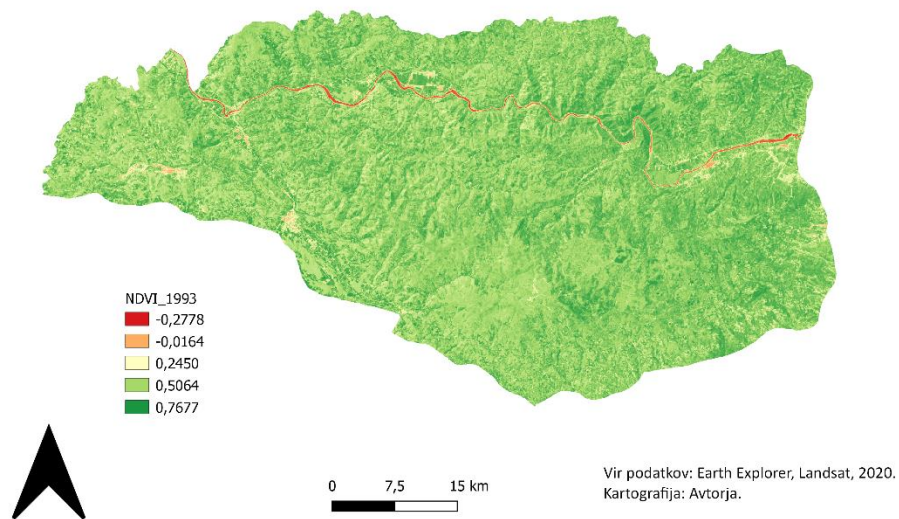
Priloga 1: NDVI 1978 (Vir podatkov: Earth Explorer, Landsat, 2020)



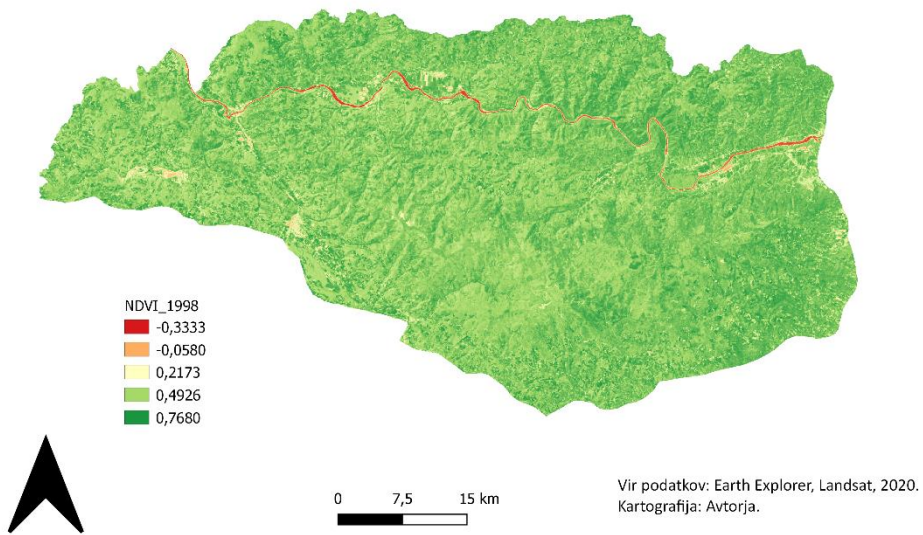
Priloga 2: NDVI 1985 (Vir podatkov: Earth Explorer, Landsat, 2020)



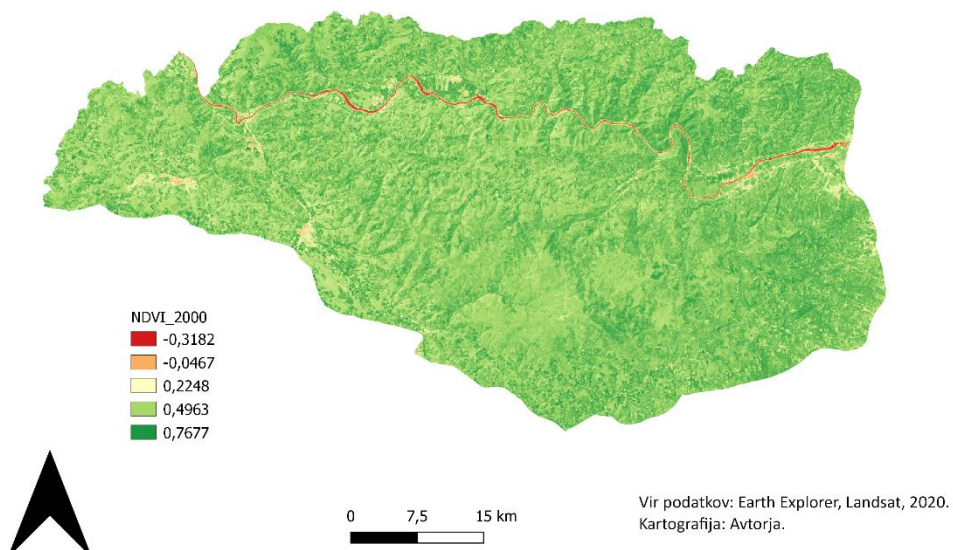
Priloga 3: NDVI 1992 (Vir podatkov: Earth Explorer, Landsat, 2020)



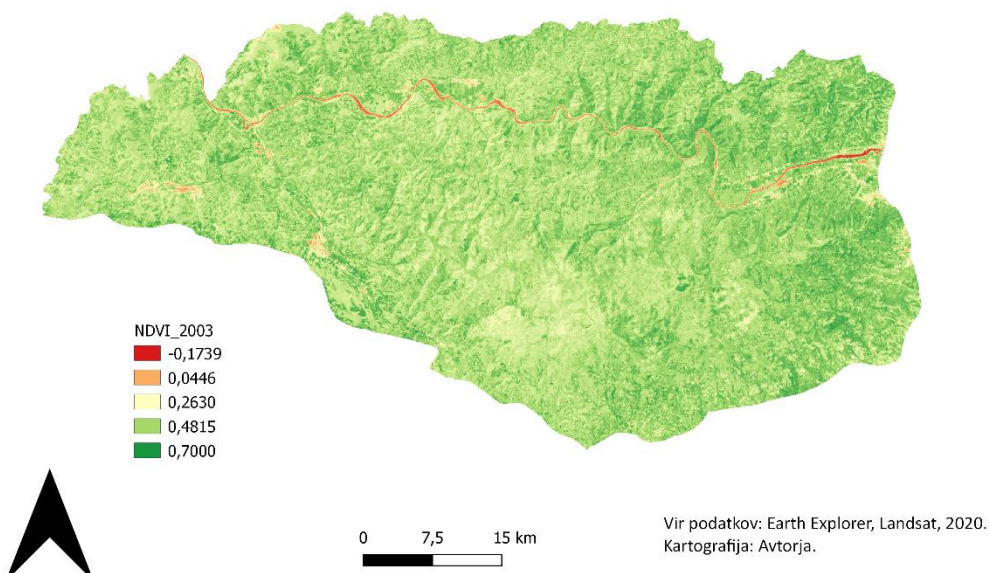
Priloga 4: NDVI 1998 (Vir podatkov: Earth Explorer, Landsat, 2020)



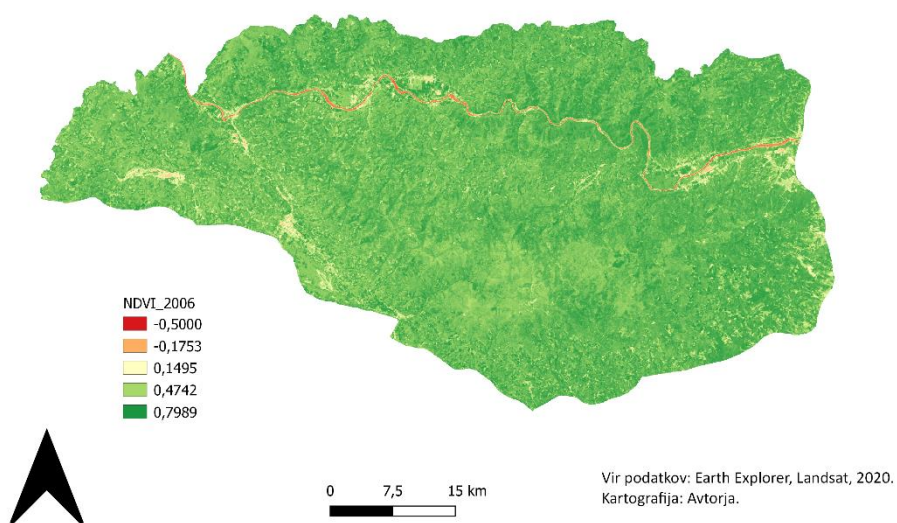
Priloga 5: NDVI 1993 (Vir podatkov: Earth Explorer, Landsat, 2020)



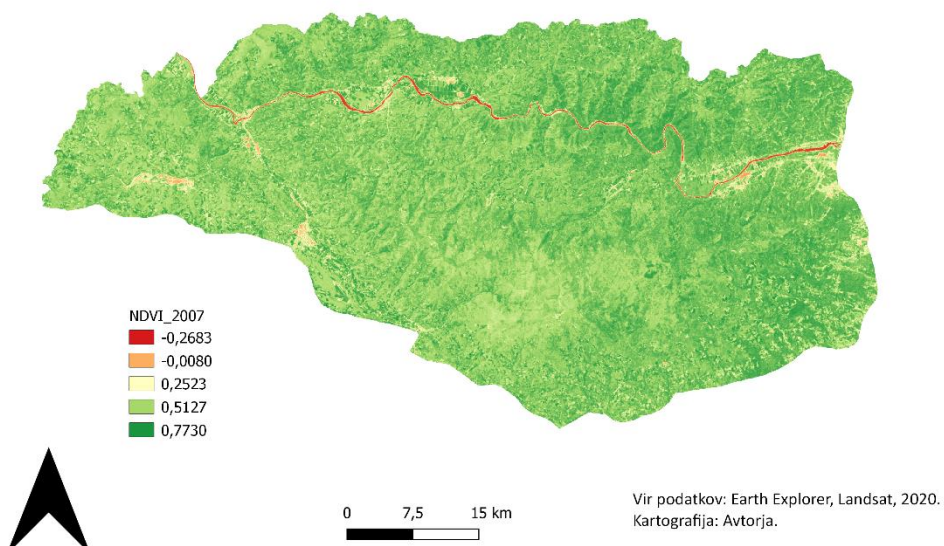
Priloga 6: NDVI 2000 (Vir podatkov: Earth Explorer, Landsat, 2020)



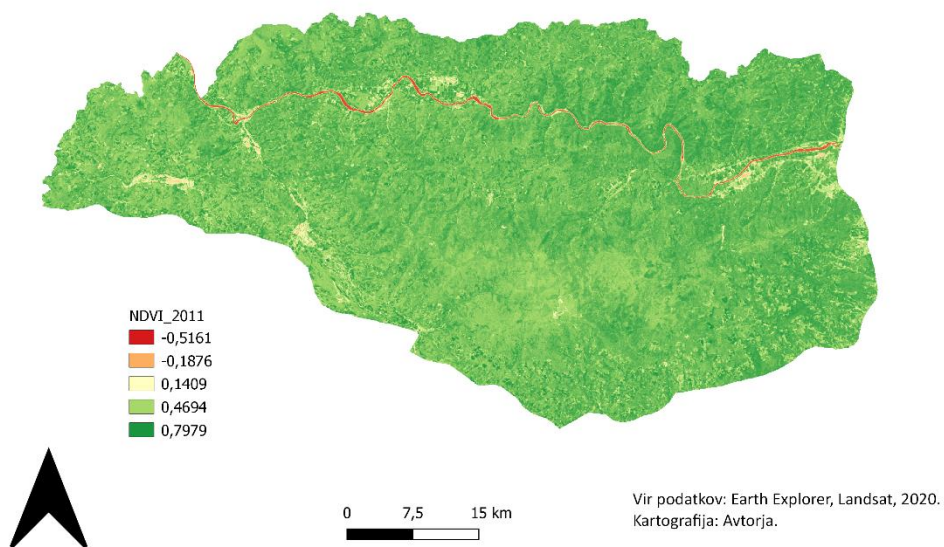
Priloga 7: NDVI 2003 (Vir podatkov: Earth Explorer, Landsat, 2020)



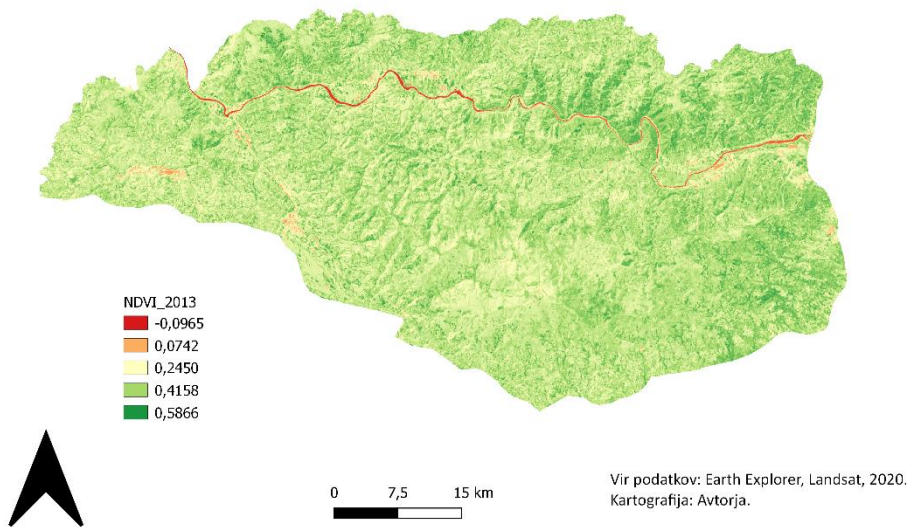
Priloga 8: NDVI 2007 (Vir podatkov: Earth Explorer, Landsat, 2020)



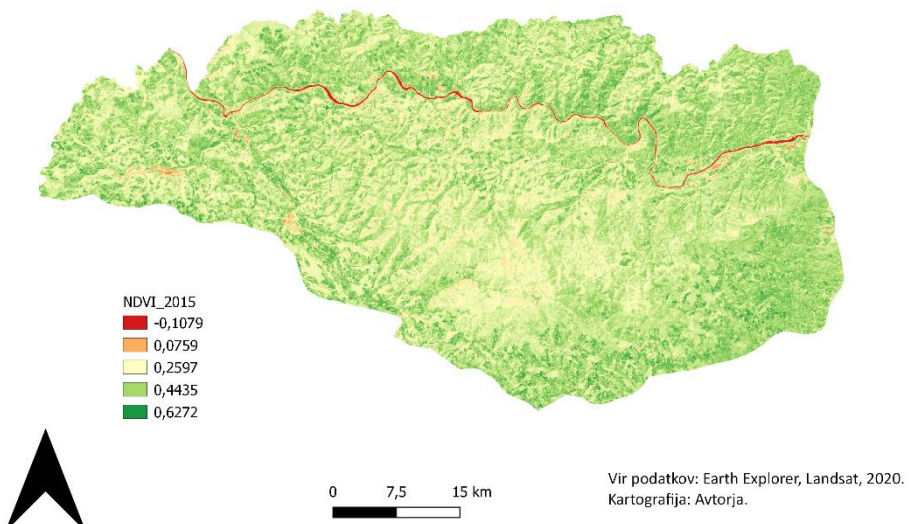
Priloga 9: NDVI 2006 (Vir podatkov: Earth Explorer, Landsat, 2020)



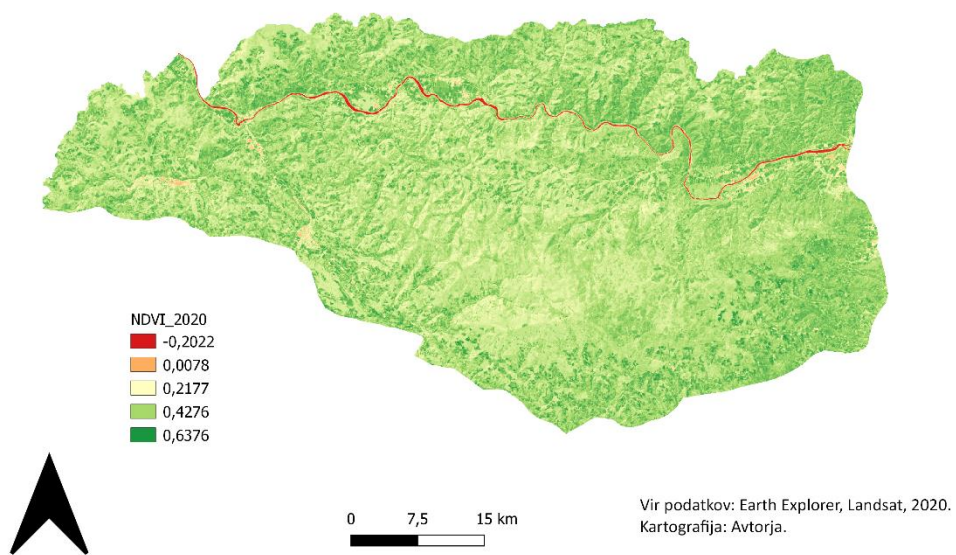
Priloga 10: NDVI 2011 (Vir podatkov: Earth Explorer, Landsat, 2020)



Priloga 11: NDVI 2013 (Vir podatkov: Earth Explorer, Landsat, 2020)



Priloga 12: NDVI 2015 (Vir podatkov: Earth Explorer, Landsat, 2020)



Priloga 13: NDVI 2020 (Vir podatkov: Earth Explorer, Landsat, 2020)