

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

GEODETSKI FAKULTET

Marija Brizar, Klara Deverić i Martina Modrić

**RAZVOJ METODOLOGIJE ZA ODREĐIVANJE OPTIMALNE LOKACIJE U SVRHU
UZGOJA LJEKOVITOG BILJA**

Zagreb, 2021.

Ovaj rad izrađen je na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za kartografiju i fotogrametriju, Katedri za fotogrametriju i daljinska istraživanja, pod vodstvom doc. dr. sc. Matea Gašparovića i predan je na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2020./2021.

Popis i objašnjenje kratica korištenih u istraživanju

AHP	Analitički hijerarhijski proces (engl. <i>Analytic Hierarchy Process</i>)
ARKOD	Agencija za plaćanja u poljoprivredi, ribarstvu i ruralnom razvoju (engl. <i>Paying Agency for Agriculture, Fisheries and Rural Development</i>)
BDP	Bruto domaći proizvod
DGU	Državna geodetska uprava (engl. <i>State Geodetic Directorate</i>)
DMR	Digitalni model reljefa (engl. <i>Digital Elevation Model</i>)
DOF	Digitalni ortofoto (engl. <i>Digital Orthophoto</i>)
ELECTRE	Stvarnost eliminacije i izbora (engl. <i>Elimination Et Choice Translating Reality</i>)
ETRS89	Europski terestrički referentni sustav u epohi 1989,0 (engl. <i>European Terrestrial Reference System 1989,0</i>)
FAO	Organizacija za prehranu i poljoprivredu (engl. <i>Food and Agriculture Organization</i>)
GIS	Geografski informacijski sustav (engl. <i>Geographic information system</i>)
GPS	Globalni pozicijski sustav (engl. <i>Global Positioning System</i>)
HTRS96/TM	Hrvatski terestrički referentni sustav 1996 poprečne Mercatorove projekcije (engl. <i>Croatian Terrestrial Reference System 1996 of Transverse Mercator projection</i>)
NDVI	Vegetacijski indeks normalizirane razlike (engl. <i>Normalized Difference Vegetation Index</i>)
NIR	Blizu-infracrvena refleksija (engl. <i>Near-Infrared Reflectance</i>)
SAVI	Indeks vegetacije prilagođen tlu (engl. <i>Soil-Adjusted Vegetation Index</i>)
SAW	Metoda jednostavnog zbrajanja težina (engl. <i>Simple Additive Weighting</i>)
THC	Tetrahidrokanabinol (engl. <i>Tetrahydrocannabinol</i>)

TOPSIS	Tehnika za određivanje redoslijeda sličnosti s idealnim rješenjem (engl. <i>Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution</i>)
WGS84	Svjetski Geodetski sustav 1984 (engl. <i>World Geodetic System 1984</i>)
WHO	Svjetska zdravstvena organizacija (engl. <i>World Health Organization</i>)
WMP	Kartografska projekcija svijeta (engl. <i>World Map Projection</i>)
WMS	Mrežni kartografski servis (engl. <i>Web Map Service</i>)

Sadržaj

1. Uvod.....	1
1.1. Ideja istraživanja	1
1.2. Prethodna istraživanja	2
2. Ciljevi istraživanja i hipoteze.....	5
3. Metodologija istraživanja.....	8
3.1. Geoprostorne tehnike	9
3.2. Izvor podataka	10
3.3. Korišteni softveri.....	13
3.4. Kvantitativne analize.....	14
3.5. Višekriterijske GIS analize.....	14
3.6. Proces analitičke hijerarhije (AHP).....	15
3.6.1. Matematička osnova metode.....	17
3.6.2. Strukturiranje problema	20
3.6.3. Kriteriji odluke.....	20
3.6.4. Alternative u odluci.....	23
3.6.5. Matrica odlučivanja	24
3.6.6. Kriteriji i potkriteriji istraživanja	26
3.6.6.1. Agroekološki kriteriji	26
3.6.6.2. Pedološki kriteriji	30
3.6.6.3. Geomorfometrijski kriteriji.....	35
3.6.7. Sudionici u odlučivanju	38
3.6.8. Uspoređivanje u parovima	38
3.6.9. Tablica prioriteta.....	45
3.6.10. Analiza osjetljivosti.....	46

3.7.	Teorijska osnova	48
3.7.1.	Virovitičko-podravska županija.....	48
3.7.2.	Poljoprivreda Virovitičko-podravske županije.....	48
3.8.	Industrijska konoplja (lat. <i>Cannabis sativa</i>)	52
3.9.	Nadzirana klasifikacija.....	56
3.10.	Indeks zdravlja vegetacije	58
3.11.	Ograničavajući faktori	60
3.12.	Određivanje kriterija za izradu modela pogodnosti.....	65
3.12.1.	Geomorfometrijski kriteriji	66
3.12.2.	Pedološki kriteriji	70
3.12.3.	Agroekološki kriteriji	71
3.13.	FAO klase pogodnosti	73
3.14.	Standardiziranje kriterija	77
3.14.1.	Određivanje težinskih koeficijenata	82
3.14.2.	Agregiranje kriterija	83
4.	Rezultati	85
4.1.	Model pogodnosti.....	85
4.1.1.	S1 – Vrlo pogodna	86
4.1.2.	S2 – Umjereno pogodna.....	87
4.1.3.	S3 – Marginalno pogodna.....	88
4.1.4.	N1 – Trenutno nepogodna	89
4.1.5.	N2 – Trajno nepogodna	90
4.2.	Model pogodnosti s ograničavajućim faktorima.....	91
4.3.	Odabir pogodne katastarske čestice u Virovitičko-podravskoj županiji za uzgoj industrijske konoplje.....	94

5. Rasprava.....	97
6. Zaključak.....	99
Zahvala.....	101
Popis literature	102
Mrežne adrese	106
Popis slika	109
Popis tablica	111
Sažetak	113
Abstract	115

1. Uvod

Prema definiciji Svjetske zdravstvene organizacije, ljekovito bilje je vrsta bilja čiji jedan ili više biljnih dijelova sadrže biološki aktivnu tvar koja se može koristiti u terapijske svrhe ili za kemijsko-farmaceutske sinteze (Mihovilović, 2018). Povijesni izvori otkrivaju da je ljekovito bilje u upotrebi, u okviru narodne medicine, punih 16000 godina. Početkom 19. stoljeća, zbog napredovanja farmaceutske industrije, biljna medicina je polako počela padati u drugi plan. Međutim sve se više raspoznaje trend povratka prirodnim izvorima u prehrani i liječenju, što je osobito vezano uz povećanje životnog standarda (Kolak i dr., 1997). U farmaceutici je oko 50% aktivnih tvari biljnog podrijetla, što uvjetuje sve veću potražnju za prirodnim sirovinama. Uspjeh ili neuspjeh u uzgoju ljekovitog bilja ponajprije ovisi o genetskoj strukturi vrste, ali i o agroekološkim uvjetima uzgoja kao što su: temperatura, zemljopisna širina, svjetlost i njen spektralni sastav zatim gnojidba, voda, nadmorska visina, oborine, vjetar, tip tla, aktivnost kukaca, izolacija, navodnjavanje te nazočnost bolesti i štetnika (Kolak i dr., 1997). Ograničavajući čimbenici daljnjeg razvoja proizvodnje ljekovitog bilja u Hrvatskoj su u prvom redu ograničeni skladišni i rashladni prostori, određivanje zemljišta za uzgoj te prerađivački kapaciteti. Svakako treba spomenuti i relativno nisku tehničku opremljenost te nisku razinu educiranosti proizvođača (Mihovilović, 2018). Ekonomski uspješna proizvodnja ljekovitog bilja moguća je na većim i manjim površinama, jer je višestruko isplativija od ratarstva. Prilikom uzgoja ljekovitog bilja treba uzeti u obzir klimatske uvjete kao što su temperatura, oborine i solarna svjetlost, zatim značajke tla kao što su kiselost tla, tip tla i vlažnost tla te onečišćenje tla (Ibraković, 2019).

1.1. Ideja istraživanja

Tijekom prošlosti devastirana su mnoga područja u Republici Hrvatskoj gdje se ljekovito bilje prirodno uzgajalo, a s obzirom da se o razmnožavanju ovog bilja u narodu malo zna, istrebljenje takvih samoniklih biljnih vrsta je latentni problem. Uzgoj i razmnožavanje ljekovitog bilja važan je za svakoga od nas zbog sve većeg korištenja u prehrani, ali i za pripravljanje biljnih lijekova, a plantažna proizvodnja ovog bilja uglavnom se odvija na obiteljskim gospodarstvima. Osim navedenoga, uzgoj i proizvodnja ljekovitog bilja na hrvatskim prostorima potaknuo bi i razvoj poljoprivredne, farmaceutske, prehrambene, ali i mnogih drugih industrija te bi imala pozitivan utjecaj na razvoj okoliša (Ibraković, 2019). O važnosti ljekovitog bilja najbolje govori činjenica da ga dvije trećine svjetskog stanovništva upotrebljava kao glavno sredstvo liječenja. Naime, prema zadnjim podacima, procjenjuje se kako se čak 80% ljudi diljem svijeta danas oslanja upravo

na prirodnu medicinu (WHO, 2007), a najčešći navedeni razlozi su: povećanje kroničnih autoimunih neizlječivih bolesti, neuspjeh medikamentne terapije te zdraviji način života kojemu danas sve više ljudi teži. Upravo iz svega navedenoga proizašla je ideja za izradu ovog istraživanja. Zbog ubrzanog razvoja tehnologija, tehnika i njihove integracije u poljoprivredu, brojni autori navode kako su geoprostorne tehnologije postale nezamjenjiv alat u izradi analiza pogodnosti (Grubišić, 2014; Kazemi i Akinci, 2018; Akinci i dr. 2013). U ovom istraživanju izrađen je model pogodnosti poljoprivrednog zemljišta za uzgoj industrijske konoplje u Virovitičko-podravskoj županiji korištenjem.

1.2. Prethodna istraživanja

Na početku istraživanja napravljen je pregled literature o korištenju metoda, metodologija i pristupa primjenjivih u izradi analize pogodnosti zemljišta za uzgoj ljekovitog bilja. Proučavanje i vrednovanje poljoprivrednog zemljišta, posljednjih 20-tak godina bitno se promijenilo, a te su promjene uvjetovane razvojem tehnologija, računalnim programima, primjenom daljinskih istraživanja itd. Primjenom i integracijom tih tehnologija u poljoprivredi i mehanizaciji počinje se razvijati precizna poljoprivreda (Jurišić i dr., 2015). U drugoj polovici 20. stoljeća dolazi do razvoja koncepta višekriterijskog odlučivanja koje se prvi puta pojavljuje u djelatnostima poput krajobrazne arhitekture i prostornog planiranja (Malczewski i Rinner, 2015). Primjena navedenog koncepta s vremenom se našla u različitim znanostima, a pojedinci su metodi pristupali neovisno radi li se o zahtjevnim ili manje zahtjevnijim problemima i odlukama. Brojna znanstvena istraživanja vode se upravo metodologijom višekriterijskog odlučivanja i primjenom geoprostornih tehnologija. Znanstveni radovi o analizama pogodnosti zemljišta, znanstveni radovi i članci o ljekovitom bilju te njegovu uzgoju uputili su na točne informacije o tehnologijama i kriterijima koji su potrebni za izradu ovakvih analiza i modela. U sklopu teorijskog okvira i metodologije rada potrebno je prikupiti informacije o području istraživanja, uzgoju ljekovitog bilja, geoprostornim tehnologijama te kvantitativnim analizama. U nastavku su izneseni kratki pregledi radova koji su se vodili navedenim metodologijama.

U radu *GIS-based fuzzy membership model for crop-land suitability analysis*, Ahamed i dr. (2000) bave se izradom modela pogodnosti za uzgoj poljoprivrednih kultura na temelju AHP (engl. *Analytic Hierarchy Process*) metode. Za potrebe navedenog istraživanja određuju devet kriterija (osam pedoloških i jedan geomorfološki) za vrednovanje zemljišta. Za određivanje klasa

pogodnosti koristili su FAO (engl. *Food and Agricultural Organization*) klasifikaciju iz 1976. godine. Nakon prikupljenih podataka, za standardizaciju kriterija koristili su se metodom *fuzzy membership*. Kao rezultat istraživanja dobili su pogodnost za usjev koji ima najveći potencijal.

Metoda AHP je jedna od najpoznatijih metoda za višekriterijsko odlučivanje i vjerojatno jedna od najviše korištenih metoda za višekriterijsko odlučivanje. Može se reći da je metoda AHP nadogradnja metode SAW (engl. *Simple Additive Weighting*) kod koje se težine prioriteta izračunavaju uspoređivanjem u parovima pri čemu je model problema odlučivanja oformljen kroz hijerarhiju kao što navodi Kadoić (2018) u svojoj disertaciji. U navedenoj disertaciji prikazao je razvoj nove metode za strateško i taktičko višekriterijsko odlučivanje u visokom obrazovanju i u drugim problemskim područjima koji imaju karakteristiku da među kriterijima kojima se opisuju problemi odlučivanja postoje zavisnosti, odnosno utjecaji. Provodi detaljnu analizu metode ANP (engl. *Analytic Network Process*), a kako je metoda ANP poopćenje metode AHP, prvo opisuje AHP metodu. Navodi kako se AHP metoda temelji na četiri aksioma te opisuje korake same metode i postupak računanja.

Rastija i dr. (2005) u znanstvenome radu *Analiza pogodnosti zemljišta GIS alatima za trajne nasade na primjeru Baranjske planine* prikazuju model GIS sustava (engl. *Geographic information system*) za utvrđivanje pogodnosti tla namijenjenog zasnivanju trajnih nasada. Navode kako je kompjutorski model (razvojna inačica) analize pogodnosti zemljišta za zasnivanje trajnih nasada, na primjeru Baranjske planine, brz i pouzdan informacijski sustav utemeljen na GIS-u za utvrđivanje agroekoloških i ekonomskih rizika kod izbora terena/tla za zasnivanje voćnjaka i vinograda.

U izvornom znanstvenom članku *Primjena višekriterijske AHP metode u odabiru sustava pridobivanja drva*, Šporčić i dr. (2020) naglašavaju kako je donošenje odluka, kao proces odabira neke od alternativa kojima se rješava dani problem, u šumarstvu zahtjevno zbog mnogobrojnosti i širokog raspona kriterija uključenih u proces odlučivanja. Primjena različitih metoda višekriterijskog odlučivanja u takvim se situacijama pokazuje kao važan i potencijalno dobar način. Primjenjuju višekriterijske metode odlučivanja (AHP) i ocjenjuju prikladnost primjene pojedinih sustava pridobivanja drva za odabranu šumsku sastojinu, odnosno radilište. Na temelju ispitivanja šumarskih stručnjaka i usporedbe postojećih sustava pridobivanja drva, prema postavljenim kriterijima, utvrdili su rangove pojedinih alternativa i donijeli prijedlog odluke o

odabiru optimalnog sustava pridobivanja drva za predviđene proizvodne zadaće i konkretne uvjete određenog šumsko-gospodarskog područja. S obzirom na definirane tehnološko-biološke, ekonomske, ekološke, ergonomske, energijske i estetske kriterije odabira, kao najpogodnija opcija ocijenjen je sustav kojega čine harvester i forvarder.

Sarkar i dr. (2014) u radu *Multi-criteria land evaluation for suitability analysis of wheat: a case study of a watershed in eastern plateau region, India* bave se izradom analiza pogodnosti zemljišta za poljoprivrednu uporabu korištenjem GIS-a i MCDA-a (engl. *Multiple - criteria decision analysis*). Izrađeni model temelji se na sedam kriterija: dubina tla, ocjeditost, tekstura tla, nagib, pH, oborine i LULC (engl. *Land Use and and Cover*). Kriteriji su standardizirani vrijednostima od jedan do pet prema FAO klasama gdje jedan predstavlja klasu S1, dva klasu S2 itd. AHP metoda korištena je za određivanje težinskih koeficijenata. Model je izrađen metodom *Weighted Overlay*. Rezultati istraživanja su pokazali da je područje istraživanja umjereno pogodno za uzgoj pšenice.

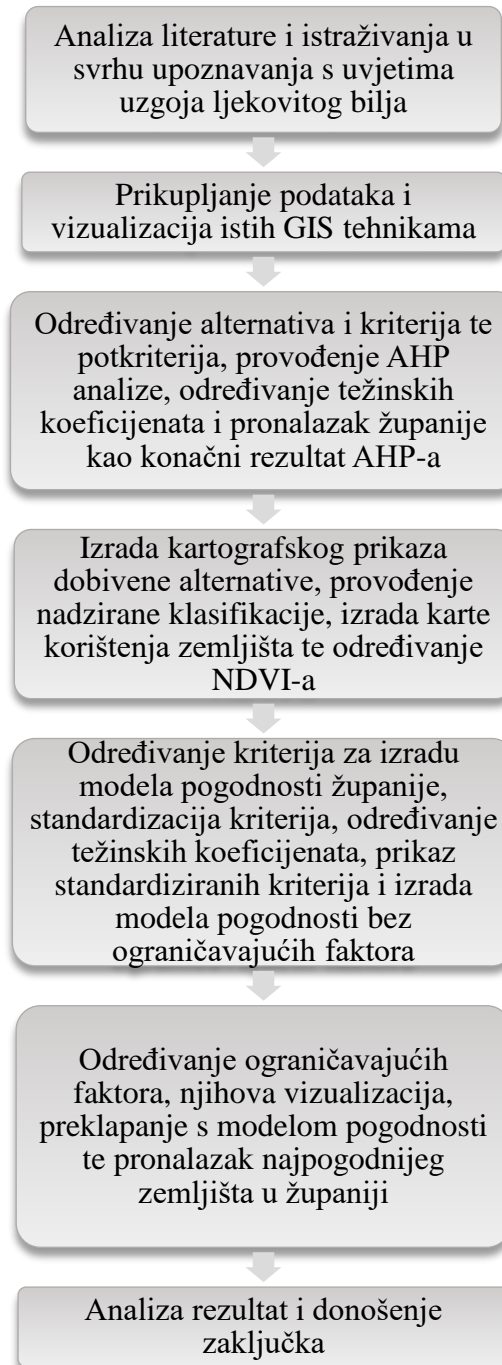
2. Ciljevi istraživanja i hipoteze

Poljoprivreda je najstarija gospodarska grana pa je tako bila i najvažnija gospodarska grana u Republici Hrvatskoj sve do 20. st. Sredinom 20. st. dolazi do jačeg razvoja industrije te poljoprivreda time pada u drugi plan, no i dalje ostaje neizostavni dio hrvatskog gospodarstva. Iako danas poljoprivreda čini manji udio u ukupnom BDP-u (bruto domaći proizvod), odnosno oko 12%, veći dio toga spada u agroindustrijsku djelatnost (Magaš, 2013). Poljoprivrednim se zemljištem smatra svaka površina (oranice, travnjaci, vrtovi, voćnjaci, livade, pašnjaci, vinogradi i dr.) koja se koristi ili ne koristi za poljoprivrednu proizvodnju (URL 1). Što se tiče ukupne površine korištene za poljoprivrednu proizvodnju, prema podacima Državnog zavoda za statistiku, u Republici Hrvatskoj se koristi 1,5 milijuna hektara zemljišta u poljoprivredi.

Danas se u poljoprivredi javljaju veliki problemi, a problemi koji se najviše nameću su prenamjene poljoprivrednog zemljišta u građevinsko, manjak radne snage u primarnom sektoru i usitnjene poljoprivredne površine.

Predmet ovog istraživanja je višekriterijska GIS analiza pogodnosti zemljišta odabrane županije za uzgoj ljekovitog bilja korištenog za potrebe alternativne medicine te pronalazak optimalne lokacije za uzgoj. Prvi dio istraživanja odnosi se na primjenu metode analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP). AHP metoda provodit će se za potrebe odabira najpogodnije županije za uzgoj ljekovitog bilja, pri čemu je potrebno definirati skup kriterija i potkriterija po kojima će se procijeniti županije koje predstavljaju alternative te odrediti težinski koeficijenti koji će se pridružiti definiranim kriterijima. Kriteriji i potkriteriji bit će definirani sukladno potrebnim uvjetima za uzgoj ljekovitog bilja. Županije odabrane za analizu su: Ličko-senjska, Istarska, Virovitičko-podravska i Splitsko-dalmatinska županija. Pronalaskom najpogodnije županije u planu je izrada karte pogodnosti pronađene županije za odabranu kulturu ljekovitog bilja. Kao predstavnik ljekovitog bilja, bit će odabrana jedna vrsta. Nakon izrade karte pogodnosti, odredit će se ograničavajući faktori, odnosno sve ono što bi moglo nepovoljno utjecati na uspješan uzgoj biljke. Naposljetku, karta pogodnosti i ograničavajući faktori bit će korišteni kako bi se našla najpovoljnija lokacija u županiji i odgovarajuća katastarska čestica pogodna za uzgoj odabrane biljke. Za provjeru zdravlja vegetacije odredit će se NDVI (engl. *Normalized Difference Vegetation Indeks*) i provest će se nadzirana klasifikacija kako bi se izradila karta korištenja zemljišta koja će poslužiti za bolji uvid u poljoprivrednu površinu te dobivanje kartografskog

prikaza ograničavajućih faktora. Za kraj izvršit će se analiza dobivenih rezultata i donijeti zaključak. Pregled plana istraživanja prikazan je na slici 1.



Slika 1. Pregled plana istraživanja

Očekuje se da će rezultati ovoga istraživanja donijeti nove spoznaje u domeni uzgoja ljekovitog bilja na području odabrane istraživane županije. Osim toga, model korišten prilikom ovog istraživanja može se primijeniti u svrhu analize zemljišta na području ostalih županija Republike Hrvatske. Naposljetku, trend porasta korištenja ljekovitog bilja, kako za potrebe medicine tako i za prehranu, sve je izraženiji pa shodno tome uzgoj ovakvog bilja na određenoj lokaciji potaknuo bi razvoj poljoprivrede, ali i mnogih drugih grana ljudskog djelovanja. Iz predstavljenih ciljeva i na temelju dosadašnjeg poznavanja problematike mogu se postaviti sljedeće, polazne hipoteze:

H1: Višekriterijska metoda AHP omogućiti će pronalazak najpogodnije županije za uzgoj ljekovitog bilja u Republici Hrvatskoj.

H2: Metodama daljinskih istraživanja i GIS-a moguće je detektirati pogodne lokacije za uzgoj ljekovitog bilja (industrijske konoplje).

3. Metodologija istraživanja

Upotreba računalnih tehnika i tehnologija u velikoj mjeri doprinosi izradi višekriterijskih GIS analiza (Malczewski i Rinner, 2015). Metode korištene u izradi ovog istraživanja su sljedeće: višekriterijske analize, GIS-metode, daljinska istraživanja, analiza literature itd.

Metodološki doprinos ovoga istraživanja odnosi se na višekriterijsku GIS analizu kao jednu od suvremenih rješenja u planiranju, vrednovanju i donošenju odluka. Proces primjene višekriterijske GIS analize sastoji se šest osnovnih koraka:

1. definiranje problema/postavljanje cilja
2. određivanje kriterija
3. standardiziranje kriterija
4. određivanje težinskih koeficijenata
5. okupljanje kriterija
6. provjera rezultata

Prvi korak podrazumijevao je prikupljanje literature kako bi se objasnio teorijski okvir istraživanja te postavio cilj istraživanja. Nakon detaljnog proučavanja literature, određeni su kriteriji (Tablica 4) koji će se koristiti za pronalazak najpogodnije županije, a poslije su određeni kriteriji (Tablica 34) koji će se koristiti za izradu modela pogodnosti odabrane županije. Ukupno se koristi osam potkriterija tri kriterija: geomorfometrijski kriteriji, pedološki kriteriji i agroekološki kriteriji (Tablica 4). Nakon provedene AHP metode dobivena je županija koja čini teorijsku osnovu, a kao predstavnik ljekovitog bilja za potrebe ovog istraživanja odabrana je industrijska konoplja.

Za izrađivanje karte pogodnosti određeni su kriteriji (Tablica 34) pri čemu se ukupno koristi šest kriterija koji su grupirani u tri skupine: geomorfometrijsku, pedološku i agroekološku. Sljedeći korak je standardiziranje kriterija na jednaku brojevnju skalu kako bi se kriteriji mogli međusobno uspoređivati. Parnom usporedbom kriterija dolazi se do određivanja njihovih težinskih koeficijenata. Svi kriteriji su različite važnosti, stoga ih je potrebno ocijeniti. Nakon što su težinski koeficijenti određeni, potrebno je okupiti kriterije zajedno s ograničavajućim faktorima kako bi se dobio model pogodnosti. Zadnji korak je provjera rezultata kako bi se utvrdila točnost izrađenog modela.

3.1. Geoprostorne tehnike

Kao što je već navedeno, glavni cilj ovog istraživanja je analiza uzgoja ljekovitog bilja za potrebe alternativne medicine na odabranome zemljištu u odabranoj županiji te pronalazak optimalne lokacije za uzgoj. Osnovna pretpostavka je suvremen način proizvodnje te korištenje moderne tehnologije za prikaz tla i pogodnosti njegovog korištenja. GIS tehnologija ima veliku ulogu kod razvoja poljoprivredne djelatnosti jer omogućuje izradu modela i kartografskih prikaza važnih za donošenje odluka u upravljanju poljoprivrednom površinom. Razlozi integracije geoprostornih tehnologija u poljoprivredu su smanjenje troškova proizvodnje, lakše upravljanje poljoprivrednim sustavima, veća produktivnost, veća kvaliteta poljoprivrednih proizvoda i drugi (Manić i dr., 2018). S obzirom na to da je poljoprivreda jedna od najbitnijih grana hrvatskog gospodarstva, važno je da se maksimizira poljoprivredna produktivnost i kvaliteta završnih proizvoda. Stoga se nameće važnost upotrebe geoprostornih tehnologija za razvoj sustava za monitoring i upravljanje u poljoprivredi. Jedan od takvih koncepata je *precizna poljoprivreda* koja se temelji na uštedi vremena, materijala, novca te povećanju produktivnosti i kvalitete poljoprivrednih kultura (Rapčan i dr., 2018). Glavna komponenta u takvom pristupu je korištenje informacijskih tehnologija, različitih vrsta geotehnologija poput GPS (engl. *Global Positioning System*) navođenja, multispektralnih senzora, automatiziranog upravljanja poljoprivrednom mehanizacijom itd. (Marić i dr., 2019). GIS omogućuje optimizaciju takvog sustava u kojem postoje jasno definirani ulazi i izlazi te kao takav sustav pomaže poljoprivredniku u donošenju odluka i monitoringu u realnom vremenu (Rapčan i dr., 2018; Grubišić, 2014). Poljoprivredniku se omogućuje smanjenje upotrebe gnojiva, smanjeni utjecaj na okoliš, povećanje prinosa, veća kontrola uzgoja i drugo (Jurišić i dr., 2015). Na makro razini, GIS se može koristiti kao sustav za upravljanje i planiranje poljoprivrednim površinama većeg prostora jer se mogu modelirati ne samo prirodno-geografski, već i društveno-geografski čimbenici koji mogu izravno utjecati na poljoprivrednu proizvodnju (npr. broj radne snage, infrastruktura, udaljenost od naselja i drugi). Nove tehnologije u poljoprivredi omogućavaju kreiranje baza podataka čiji se podaci mogu jednostavno pretraživati i koristiti u svrhu izrade digitalnih karata i modela (Manić i dr., 2018). Ti podaci mogu biti prikupljeni posebnom mehanizacijom koja se postavlja na traktore ili bespilotne letjelice. Upotrebom sofisticiranih senzora i računala, upravljačkih i regulacijskih sklopki te GPS-a, moguće je kontrolirati količinu i način prskanja, sijanja, prihranjivanja, planiranja pravca kretanja i drugih radnji koje se obavljaju tom mehanizacijom (Jurišić i dr., 2015; Manić i dr., 2018). Područja koja

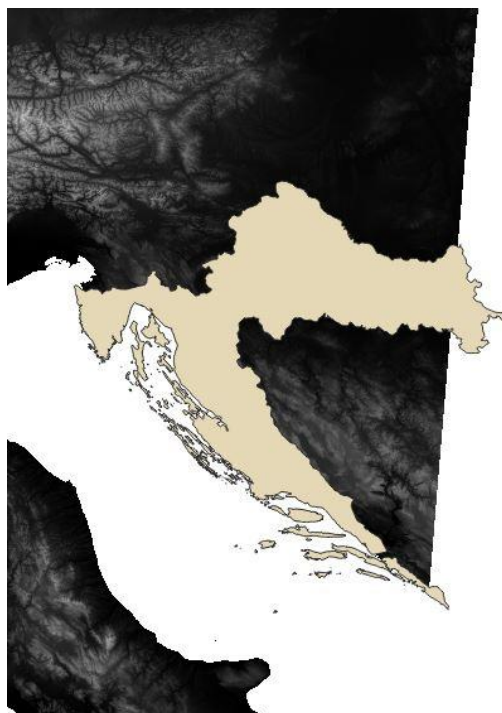
se trebaju zaštititi od korova ili nametnika trebaju različite količine sredstva za tretiranje, stoga primjena GIS-a omogućuje prethodno određivanje količina i mjesta tretiranja te izradu plana kako bi se radnje zaštite biljaka pravilno i automatizirano izvršile (Jurišić i dr., 2015).

Također, daljinska istraživanja su neizostavna tehnika praćenja i planiranja u poljoprivredi. S obzirom na to da cijene određenih tehnologija postaju sve jeftinije, dolazi do učestalijeg korištenja bespilotnih letjelica u poljoprivredi koje dolaze zajedno s multispektralnim, laserskim, infracrvenim sensorima te s računalnim programima koji omogućavaju prikupljanje i analizu podataka, planiranje leta letjelice i drugo (Vukadinović i Vukadinović, 2018). Kako se u poljoprivredi koriste velike površine za uzgoj hrane, jasno je da su bespilotne letjelice idealan i efikasan alat za praćenje stanja usjeva, zaštite od bolesti, utvrđivanje potrebe za prihranom, navodnjavanjem i drugim agrotehničkim mjerama (Vukadinović i Vukadinović, 2018). Uporaba daljinskih istraživanja u poljoprivredi temelji se na mjerenju reflektirajućeg elektromagnetnog zračenja tla ili biljke putem satelita, aero snimki, traktora i dr. Ovaj način monitoringa poljoprivrednih površina spada u skupinu beskontaktnih istraživanja. Oprema koja se koristi prilikom daljinskih istraživanja varira, te podrazumijeva satelite, avione, traktore i mobilne senzore. Za praćenje stanja usjeva, zaštite od bolesti i utvrđivanje potrebe za hranom ili navodnjavanjem upotrebljavaju se bespilotne letjelice, a daljinska istraživanja koriste se za utvrđivanje rasta vegetacije, zdravlja vegetacije (NDVI), kvalitete tla, odnosno SAVI (engl. *Soil-adjusted Vegetation Indeks*) i slično (Todorović Vekić, 2017).

3.2. Izvor podataka

Za potrebe prikaza geomorfometrijskih kriterija preuzet je digitalni model reljefa (DMR) u metrima s internetske stranice *Copernicus* (URL 2). Preuzet je v1.1-E40N20 25 metarski digitalni model reljefa. S obzirom da je preuzeti DMR prikazivao područje cijelog južnog dijela Srednje Europe, potrebno je isti bilo izrezati na područje Republike Hrvatske. Preuzeti DMR nalazio se u Lambertovoj azimutnoj projekciji u Europskom zemaljskom referentnom sustavu (ETRS89). Prvo je bila potrebna transformacija u službeni Hrvatski Terestički Referentni Sustav Transverzalne Mercatorove projekcije (HTRS96/TM), a potom rezanje na područje Hrvatske i poslije na područje dobivene županije. Da bi se navedeno moglo provesti potrebno je bilo posjedovati podatke o administrativnim granica Republike Hrvatske. Sa stranice *DivaGIS* (URL 3) preuzeti su vektorski podaci poligonskog oblika o administrativnim granica i granicama županija Republike Hrvatske.

Preuzeti vektorski podaci nalazi su se u Svjetskom geodetskom sustavu 1984 (WGS84) pa ih je bilo potrebno transformirati u službeni Hrvatski Terestički Referentni Sustav Transverzalne Mercatorove projekcije (HTRS96/TM). Ti podaci poslužili su za izrezivanje DMR-a na područje Republike Hrvatske (Slika 2) pomoću naredbe *Clip Raster by Mask Layer* koja služi za izdvajanje rasterskih podataka.



Slika 2. Prikaz preuzetog DMR-a i poligonskog sloja Republike Hrvatske

Podaci o tlu na području županije dobiveni su iz Osnovne pedološke karte RH u mjerilu 1:300 000, preuzimanjem Interaktivne osnovne pedološke karte RH na podlozi *Google Earth-a* (URL 4). Navedena karta preuzeta je u *.kml formatu te transformirana u *.shp oblik kako bi bila pogodna za daljnju obradu unutar QGIS programa. Navedeni podaci transformirani su iz WGS84 koordinatnog sustava, obzirom da je karta uklopljena na podlogu *Google Earth-a*, u HTRS96/TM.

Za potrebe agroekoloških kriterija podaci su preuzeti s internetske stranice *WorldClim* (URL 5) na kojoj se mogu besplatno preuzeti podaci o prosječnoj temperaturi u °C po mjesecima za tridesetogodišnji vremenski period od 1970. do 2000. godine za cijeli svijet te podaci o oborinama za tridesetogodišnje razdoblje od 1970. do 2000. godine također za cijeli svijet. S obzirom da se radi o podacima za cijeli svijet, potrebno je bilo izvesti samo podatke za prostor Republike

Hrvatske, odnosno za prostor određene županije, a to je napravljeno naredbom *Clip Raster by Mask Layer*.

Vektorski podaci o prometnicama, odnosno ceste i željezničke pruge preuzete su s portala *Geofabrik* (URL 6) u WGS84 koordinatnom sustavu za područje cijele Republike Hrvatske. U QGIS programu prvo su transformirani u odgovarajuću, odnosno HTRS96/TM projekciju, a potom je napravljen presjek s administrativnim granicama županije kako bi se dobile prometnice samo unutar područja od interesa.

Za potrebe određivanja vegetacijskog indeksa normalizirane razlike (NDVI) i izradu klasifikacije sa stranice *Earth Explorer* (URL 7), koja je u nadležnosti Agencije za geologiju Sjedinjenih Američkih država, preuzete su *Sentinel-2* snimke. Postupak preuzimanja satelitskih snimki sastoji se od pronalaska mjesta od interesa na interaktivnoj karti svijeta (odabrana županija u ovom istraživanju) i odabira vremenskog perioda za koji se preuzimaju satelitske snimke. U pravilu preuzimaju se snimke ljetnih mjeseci, kada vegetacija dosegne svoj maksimum. Zatim se odabere satelit i prikažu se traženi rezultati. Prije samog preuzimanja snimki, potrebno je provjeriti jesu li i u kojoj količini, snimke prekrivene oblacima. *Sentinel-2* satelitske snimke izrezane su na područje od interesa, odnosno odabranu županiju. *Sentinel-2* snimke sastoje se od 13 spektralnih kanala čiji su rasponi valnih duljina i prostorna rezolucija prikazani u tablici 1.

Tablica 1. Kanali, valne duljine i prostorne rezolucije satelitske misije Sentinel-2 (URL 8)

Sentinel-2 kanali	Središnja valna duljina (μm)	Prostorna rezolucija (m)
Kanal 1 – Coastal aerosol	0,443	60
Kanal 2 – Blue	0,490	10
Kanal 3 – Green	0,560	10
Kanal 4 – Red	0,665	10
Kanal 5 – Vegetation red edge	0,705	20
Kanal 6 – Vegetation red edge	0,740	20
Kanal 7 – Vegetation red edge	0,783	20
Kanal 8 – NIR	0,842	10
Kanal 8A – Vegetation red edge	0,865	20
Kanal 9 – Water vapour	0,945	60
Kanal 10 - SWIR	1,375	60

Kanal 11 – SWIR	1,610	20
Kanal 12 – SWIR	2,190	20

3.3. Korišteni softveri

Za obradu satelitskih snimaka korišten je QGIS softver (verzija 3.18.2) i GRASS GIS softver (verzija 7.6.1).

QGIS je geografsko informacijski sustav otvorenog koda. Sučelje mu je tako napravljeno da bude jednostavno za korisničku upotrebu (engl. *user friendly*). QGIS je službeni projekt organizacije *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo). Može se koristiti na Linux, Unix, 14 Mac OSX, Windows i Android platformama, a podržava brojne vektorske i rasterske formate i funkcionalnosti, kao i baze podataka (URL 9).

QGIS pruža uobičajene GIS funkcionalnosti od kojih neke dolaze kao dio programa, a ostale se nadograde pomoću dodataka. QGIS ima šest osnovnih kategorija (URL 9):

1. Pregledavanje podataka,
2. Istraživanje podataka i izrada karta,
3. Kreiranje, uređivanje, upravljanje i izvoz podataka,
4. Analiza podatakaInternetsko objavljivanje karata i
5. Proširivanje QGIS funkcija pomoću dodataka.

Za potrebe klasifikacije satelitskih snimaka u softveru QGIS potrebno je bilo preuzeti dodatak SCP (engl. *Semi – Automatic Classification*). SCP je poluautomatski besplatni dodatak koji omogućuje nadziranu i nenadziranu klasifikaciju scene (URL 10).

GRASS GIS softver korišten je za izradu kartografskih prikaza reljefa, nadmorske visine, nagiba terena i ekspozicije terena. Navedeno je napravljeno korištenjem preuzetog DMR-a. GRASS GIS je besplatan GIS program koji se koristi za upravljanje i analizu geoprostornih podataka, obradu slika, izradu karata i kartografskih prikaza, prostorno modeliranje i vizualizaciju (URL 11).

AHP metoda provedena je koristeći softver Microsoft Excel 2016. Microsoft Excel je program za proračunske tablice koji je razvijen od strane Microsofta te je dio sastavnog programskog paketa

Microsoft Office. Microsoft Excel uglavnom služi kao alat za rješavanje problema matematičkog tipa pomoću tablica i polja koje je moguće povezivati različitim formulama i vizualizirati različitim oblicima grafova. Može se koristiti i za izradu jednostavnijih baza podataka (URL 12).

3.4. Kvantitativne analize

Kvantitativne analize su sve one analize koje se u istraživanjima oslanjaju na teoriju vjerojatnosti i uključuju statističke podatke te se rezultati takvih analiza mogu koristiti u izradi modela. Metode kvantitativnih istraživanja su se razvijale kroz 19. i 20. stoljeće, no značajni je razvoj pratio razvoj računalnih tehnologija koje su omogućile izradu kompleksnih analiza i obradu statističkih podataka. One istraživaču omogućuju usporedbu dviju ili više skupina podataka koji se koriste u analizama te uključuju identifikaciju kolektivne snage višestrukih varijabli (Creswell, 2013). U ovome istraživanju provest će se sljedeće vrste analiza:

1. Višekriterijske GIS analize i
2. Indeks zdravlja vegetacije.

3.5. Višekriterijske GIS analize

Jedna od metoda kvantitativnog istraživanja su višekriterijske analize ili MCDM (engl. *Multi - Criteria Decision Making*). Višekriterijska GIS analiza predstavlja skup metoda i alata koji omogućuju transformiranje i kombinaciju geografskih podataka i vrednovanih kriterija u svrhu generiranja informacija za odlučivanje (Malczewski i Rinner, 2015). Višekriterijske analize pomažu ljudima pri donošenju odluka u problemima koji imaju veći broj varijabli. GIS omogućuje pohranu, analizu i vizualizaciju geoprostornih podataka koji analitičarima i donositeljima odluka pomažu u odlučivanju o prostornim odnosima na sofisticiraniji i smisleniji način (Malczewski i Rinner, 2015). Bez obzira na korištenu metodu, prema Malczewski (2004) u višekriterijskim GIS analizama postoji pet ključnih koraka:

1. Određivanje kriterija i alternativa,
2. Prikupljanje prostornih podataka,
3. Određivanje težinskih koeficijenata,
4. Analiziranje podataka GIS tehnikama i
5. Provjera rezultata.

Neke od višekriterijskih metoda su: model ponderiranog iznosa ili WSM (engl. *Weighted Sum Model*), model ponderiranog proizvoda ili WPM (engl. *Weighted Product Model*), proces analitičke hijerarhije ili AHP, „prerađeni” AHP, stvarnost eliminacije i izbora ili ELECTRE (engl. *Elimination and Choice Translating Reality*), tehnika za određivanje redoslijeda sličnosti s idealnim rješenjem ili TOPSIS (engl. *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) i druge metode (Triantaphyllou, 2000). Sve ove navedene metode koriste numeričke tehnike koje pomažu donositelju odluka da odabere određenu alternativu što se postiže na temelju utjecaja alternativa na određene kriterije, a time i na ukupnu odluku (Triantaphyllou, 2000). Stoga, sve ove metode imaju sve veću implementaciju u računalnim tehnologijama zbog toga što na vrlo jednostavan način omogućuju izradu i vizualizaciju prostornih podataka.

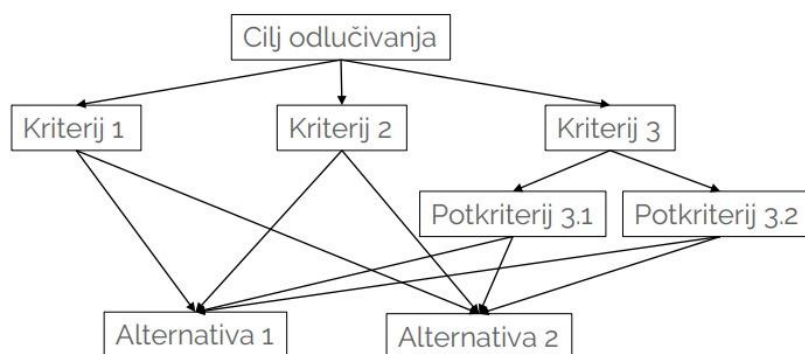
Višekriterijska metoda koja je provedena u sklopu ovoga istraživanja je proces analitičke hijerarhije (AHP).

3.6. Proces analitičke hijerarhije (AHP)

Teorijski model odlučivanja unutar ovog istraživanja predstavlja primjenu metode AHP odnosno metode za situacije pojave tzv. višekriterijskog odlučivanja ili vrlo često zvanog i odlučivanja u situacijama nesigurnosti i rizika. Metoda analitički hijerarhijski proces jedna je od najpoznatijih razvijenih metoda za višekriterijsko odlučivanje i vjerojatno jedna od najviše korištenih uopće za takve situacije. Tvorac metode je istaknuti sveučilišni profesor sa sveučilišta u Pittsburghu, prof.dr.sc.Thomas Saaty koji je za svoga života smatran izumiteljem, arhitektom i primarnim teoretičarom za ovu metodu (URL 13).

U nekoliko je izvora pronađeno kako se AHP metoda najviše temelji na sličnoj SAW metodi jednostavnog zbrajanja težina – ili konceptu koji se, također kao i AHP, dotiče ključnih elemenata svake odluke, a to su kriteriji i alternative koji sudjeluju u samom odlučivanju. Naime, u današnjem svijetu pojedinci se svakodnevno susreću u nekim situacijama odlučivanja na privatnoj ili poslovnoj razini. Svakoju odluci pristupaju na isti način i s ciljem da konačna odluka što bolje zadovolji preferencije tog pojedinca. Na primjer, svima je poznata odluka kupnje osobnog automobila ili, još češće, mobilnog uređaja. Iako su cjenovno mobitel i automobil dosta različiti, pojedinac u obje situacije traži kriterije po kojima će ih odabrati (npr. boja, zaslon i baterija za mobitel te snaga motora, boja i kilometri za automobil). Jednako tako, naravno da pojedinac u tu odluku ulazi s nekim modelima mobitela odnosno nekim proizvođačima automobila koje preferira.

Ono što je ustvari ključno je da pojedinac mora prema definiranom skupu kriterija odabrati, za sebe, one kriterije koji su mu bitniji i onda u ovisnosti o tome vidjeti među alternativama (modelima mobitela odnosno proizvođačima automobila) koja je to alternativa najbolja i najpovoljnija za kupiti. Upravo su to koraci AHP metode u kojoj se problem odlučivanja modelira kroz hijerarhijsko stablo problema odlučivanja (Kadoić, 2018). Slika 3 prikazuje ideju AHP metode.



Slika 3. Ideja AHP metode (Kadoić, 2020)

Metoda AHP sastoji se od četiri koraka te jedan od koraka odgovara procesu strukturiranja problema odlučivanja, a preostala tri odgovaraju procesu analiziranja problema koji naposljetku završava donošenjem odluke. Odnosno kako je to Saaty prikazao u svojim radovima (Saaty i Sodenkamp., 2010) prvi korak, strukturiranje problema uključuje izradu grafa, hijerarhije koja na vrhu ima cilj odlučivanja, nakon čega slijede kriteriji koji mogu biti dekomponirani na potkriterije, dok se na zadnjoj razini hijerarhije uobičajeno nalaze alternative između kojih se treba odlučiti za samo jednu. Sljedeći, drugi korak, uspoređivanje u parovima označava usporedbe u parovima poštujući hijerarhiju korištenjem Saatyjeve skale – skale koja neparnim brojevima od jedan do devet definira odnose kada je i za koliko neki kriterij važniji za pojedinca od ostalih kriterija koji se također razmatraju. Prilikom provođenja usporedbi u parovima, potrebno je paziti na konzistentnost uspoređivanja odnosno treba paziti na relaciju tranzitivnosti što zna biti, kada postoji veliki broj elementa koji se uspoređuju u parovima, prilično teško. Posljednja dva koraka uključuju prvo izračun prioriteta alternativa i težina kriterija temeljem svake tablice usporedbi u parovima napravljenih odgovarajućim matematičkim postupkom te završnu analizu osjetljivosti. Provođenje analize osjetljivosti predstavlja ispitivanje osjetljivosti izlaznih varijabli - prioriteta

alternativa temeljem promjena ulaznih varijabli – težina kriterija i odgovarajućih usporedbi (Kadoić, 2018) odnosno završenom analizom osjetljivosti finaliziramo upotpunjujemo odluku i nalazi se najoptimalnija alternativa.

Metoda AHP temelji se na četiri aksioma (Begičević, 2008; Harker i Vargas, 1987; Saaty, 2008):

- Aksiom 1: Uvjet reciprociteta. Kada se uspoređuju dva elementa iz para, ako prvi dominira nad drugim intenzitetom x prema Saatyjevoj skali, tada drugi element dominira nad prvim intenzitetom $1/x$ (ako je A 5 puta teži od B, onda B čini $1/5$ težine A)
- Aksiom 2: Homogenost. Usporedba ima smisla samo ako su elementi usporedivi. Kada se uspoređuju dva elementa po Saatyjevoj skali, ona mora biti dovoljna da se na njoj napravi usporedba, odnosno napravi konzistentna tablica usporedbi. Primjerice, ne mogu se uspoređivati težine sunca i atoma.
- Aksiom 3: Zavisnost. Uspoređivanje elemenata u parovima s jedne razine hijerarhije moguće je samo u odnosu na elemente više razine hijerarhije. Obrnuta situacija moguća je u metodi sustavu koji se zove povratna veza (engl. *feedback*) u metodi AHP, tj. metodi ANP.
- Aksiom 4: Očekivanje. Svaka promjena u strukturi hijerarhije zahtjeva ponovno računanje prioriteta u novoj hijerarhiji.

3.6.1. Matematička osnova metode

U ovom dijelu objasnit će se detaljno postupak uspoređivanja u parovima i konzistentnost s matematičkog polazišta.

Postupak izračuna prioriteta elemenata iz njihovih usporedbi u parovima sadrži tri koraka (Sikavica i dr., 2014):

1. Formiranje matrice omjera,
2. Normaliziranje matrice omjera,
3. Izračun prioriteta.

Neka je n broj elemenata koji se uspoređuju u parovima i čije prioritete w_1, w_2, \dots, w_n treba odrediti temeljem procjena vrijednosti njihovih omjera koji se označavaju s $a_{ij} = \frac{w_i}{w_j}$.

Prioriteti elemenata mogu se smatrati komponentama vektora prioriteta $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$. Tada

matrica omjera relativnih važnosti, A , ima sljedeći oblik: $A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$.

Ako je A primitivna matrica reda n , tada za nju vrijedi:

- Njezina najveća svojstvena vrijednost λ_{\max} je pozitivna,
- Sve komponente svojstvenog vektora pridruženog toj svojstvenoj vrijednosti su pozitivne,
- Modul svake druge svojstvene vrijednosti strogo je manji od najveće svojstvene vrijednosti.

Matrica A s konzistentnim usporedbama ima posebna svojstva. Ona je pozitivna, recipročno uniformna matrica i vrijedi $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$. Rang matrice je jedan. Budući da je suma svojstvenih vrijednosti pozitivne matrice jednaka tragu te matrice, tj. sumi na dijagonali matrice, samo je jedna njezina svojstvena vrijednost različita od nula i jednaka je n , $\lambda_{\max} = n$.

Što su procjene više nekonzistentne, veća je razlika $\lambda_{\max} - n$, a time i prosječna vrijednost preostalih svojstvenih vrijednosti. Ta prosječna vrijednost uzima se kao mjera (in)konzistencije i naziva se indeks konzistencije, a računa se po formuli 1:

$$CI = \frac{|\lambda_2 + \dots + \lambda_n|}{n-1} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} \quad (1)$$

Budući da nije svejedno postiže li se jednaka vrijednost indeksa konzistencije na manjem ili većem broju procjena, taj indeks je potrebno povezati s redom matrice A . To se postiže uvođenjem slučajnog indeksa nekonzistencije RI za koji je izrađena tablica vrijednosti ovisno o redu matrice (Tablica 2). Omjer ova dva indeksa zove se omjer konzistencije i računa se prema formuli 2:

$$CI = \frac{CI}{RI} = \frac{\lambda_{\max} - n}{RI(n-1)} \quad (2)$$

Tablica 2. Vrijednosti slučajnih indeksa konzistencije (Kadoić, 2020)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

Ako za matricu A vrijedi da je $CR < 0.1$, procjene relativnih važnosti elemenata, smatramo prihvatljivima (Kadoić, 2020). U suprotnom je potrebno revidirati procjene. Kao što je već gore napomenuto, kako bi se mogla koristiti AHP metoda potrebna je i Saatyeva skala. Saatyeva skala prikazana je u tablici 3.

Tablica 3. Saatyeva skala - Fundamentalna skala apsolutnih brojeva prema (Saaty, 2008)

Intenzitet važnosti	Definicija	Objašnjenje
1	jednaka važnost	dva elementa su jednako važna (dvije aktivnosti jednako doprinose cilju)
2	vrlo slaba važnost	
3	srednja važnost	iskustvom i procjenom favoriziramo jedan element u odnosu na drugog
4	srednje do jaka važnost	
5	jaka važnost	iskustvom i procjenom jako favoriziramo jedan element u odnosu na drugog
6	jaka do dokazana važnost	
7	dokazana važnost	element je snažno favoriziran u odnosu na drugog; njegova dominacija je demonstrirana u praksi
8	dokazana do važnost	

9	ekstremna važnost	dokazi koji favoriziraju jedan element nad drugim su najviši mogući redoslijed afirmacije
Recipročne vrijednosti	ako aktivnost I ima dodijeljen broj od 1 do 9 nad aktivnosti J, tada aktivnost J ima recipročnu vrijednost u usporedbi sa aktivnosti I - $1/(\text{broj od 1 do 9})$	razumna pretpostavka; primjena aksioma asipročnosti
1,1 - 1,9	elementi (aktivnosti) su približno jednako važni	razlike su iznimno male, ali i dalje mogu pokazati na relativnu važnost

3.6.2. Strukturiranje problema

Kao što je spomenuto u uvodnome dijelu istraživanja, odabran je problem pronalaska najpogodnije županije za uzgoj ljekovitoga bilja za potrebe alternativne medicine. U samom strukturiranju problema treba napomenuti kako se prema procjenama čak 80% ljudi diljem svijeta oslanja upravo na alternativnu medicinu te se sve više raspoznaje trend povratka prirodnim izvorima ne samo u liječenju već i u prehrani, a istrebljenje takvog samoniklog bilja predstavlja latentan problem. Uz sve navedeno, smatramo kako se radi o problemu sadašnjice, ali svakako i problemu koji će biti prisutan i u budućnosti.

3.6.3. Kriteriji odluke

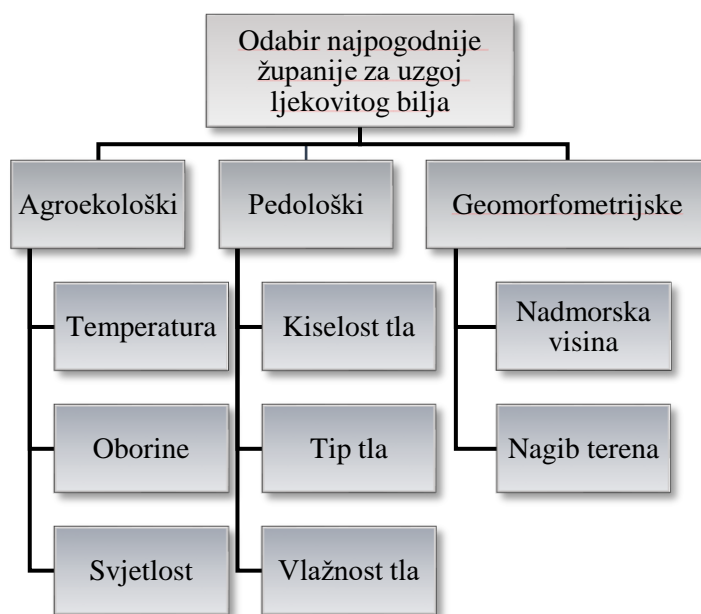
Kako bi se provela spomenuta AHP analiza pronalaska najpogodnije županije za uzgoj ljekovitoga bilja za potrebe alternativne medicine, prvenstveno je bilo potrebno definirati skup kriterija po kojem će se alternative (odabrane županije) procijeniti. Tako je definirano, sveukupno, četiri kriterija pri čemu svaki od navedenih kriterija ima svoje potkriterije. Izbor odabranih kriterija, dan je u tablici 4. Kriteriji čine kvantificirane vrijednosti koje pozitivno ili negativno utječu na pogodnost poljoprivrednih zemljišta za uzgoj ljekovitog bilja.

Tablica 4. Popis odabranih kriterija (Mihovilović, 2018; Kolak i dr., 1997)

Naziv kriterija	Opis kriterija i potkriterija
<p>Agroekološki kriteriji</p>	<p>Agroekološki kriteriji predstavljaju ključnu polaznu točku glede planiranja, sadnje i kasnije brige za održavanjem izraslog ljekovitog bilja. Za proces biosinteze ovog bilja od izravne su važnosti upravo agroekološki uvjeti uzgoja. Samo će kvalitetni ekološki uvjeti okoliša neke lokacije i županije omogućiti uspješan razvoj biljaka, neovisno o vrsti. Kako su najvažniji ekološki uvjeti: temperatura, oborine, svjetlost i geografska širina isti su odabrani i ovdje za donošenje finalne odluke najpovoljnije lokacije i županije.</p> <p>Temperatura je kao potkriterij odabrana zato što utječe na rasprostranjenost, način razvoja biljaka i na proizvodnju biomase. Svjetlost je bitna za stvaranje biološki aktivnih tvari i za poticanje procesa fotosinteze. Intenzitet svjetlosti utječe na metabolizam biljke. Oborine su važne jer voda izravno utječe na akumulaciju biološki aktivnih tvari kod ljekovitog bilja. Jake oborine s druge strane mogu pred berbu ili žetvu znatno smanjiti koncentraciju aktivnih tvari u biljci zbog ispiranja tvari koje su lako topive u vodi.</p>
<p>Pedološki kriteriji</p>	<p>Skupina pedoloških kriterija odabrana je jer se direktno dotiče pitanja tla na kojem će se saditi planirane kulture ljekovitog bilja. Tlo neizbježno utječe na količinu i krajnji uspjeh posađenog ljekovitog bilja. Tla ne smiju biti onečišćena potencijalno štetnim tvarima odnosno ostacima pesticida, teškim metalima i slično. Uvjeti koji bi se trebali razmotriti prije početka same sadnje svakako su: kiselost tla, tip tla te vlažnost tla.</p> <p>Tip tla kao potkriterij odabran je iz vrlo jednostavnog razlog, jer svaka kultura preferira neku vrstu tla na kojoj, zbog karakteristika tog tla, uspijeva najbolje. Svaka vrsta tla okarakterizirana je kiselošću (razinom pH) odnosno vlažnošću koji su zbog toga također ovdje uzeti kao kriteriji u odabiru najpovoljnije alternative, odnosno županije. Jedan od najvažnijih elemenata uključenih u pedološke procese i rast biljaka je upravo vlažnost.</p>

Geomorfometrijski kriteriji	<p>Geomorfometrijski kriterij koji će se analizirati u sklopu ovoga istraživanja su sljedeći: nadmorska visina i nagib terena.</p> <p>Nadmorska visina veoma utječe na količinu i kvalitetu aktivnih tvari. Porastom nadmorske visine povećava se sadržaj gorkih glikozidnih tvari, a na nižim nadmorskim visinama se kod određenih kultura smanjuje količina aktivne tvari i ljekovitosti biljaka. Nagib terena bitan je potkriterij jer uvjetuje dubinu zemljišta, stupanj erozije, zadržavanje vode i slično.</p>
-----------------------------	--

Uz tablicu kriterija u nastavku je prikazana hijerarhijska struktura problema. Struktura je izrađena *top-down* metodom te su dekomponirana sva četiri kriterija i prikazani njihovi potkriteriji, a prikazana je na slici 4.



Slika 4. Prikaz korištenih kriterija i potkriterija

3.6.4. Alternative u odluci

Što se tiče samih alternativa, odabrane su četiri alternative u uži izbor, koje bi bile pogodne za uzgoj ljekovitog bilja. Pronađene su istraživanjem literature, a njihov je opis dan u nastavku (Tablica 5).

Tablica 5. Opći podaci o područjima od interesa (URL 14; URL 15; URL 16; URL 17)

Naziv alternative	Podaci od interesa za navedene županije
Istarska županija	<p>Klimatski uvjeti: sredozemna klima duž obale, prema unutrašnjosti postupno se mijenja i prelazi u kontinentalnu, količina padalina povećava se od zapadne obale prema unutrašnjosti.</p> <p>Poljoprivreda: od ukupno 2.813 km² površine županije, 39.440 ha koristi se za poljoprivredu (veličina parcele prosječno 0,22 ha), pretežito vinogradarstvo, maslinarstvo, povrćarstvo i voćarstvo.</p> <p>Tlo i reljef: vapneničko, kamenito, crvenica, crnica; izrazito raznolik reljef s rasponom visina od 0 do 1300 m n.v. (najveće i najniže priobalno područje tzv. Porečko-pulske ploče ili ravnjak zapadne i južne Istre, središnji brdski dio, područje pretplaninskih i planinskih masiva, područja polja i dolina).</p>
Ličko-senjska županija	<p>Klimatski uvjeti: u zaleđu umjereno kontinentalna i planinska s kratkim vegetacijskim periodom (niže temperature, veće količine padalina), u primorskom prostoru submediteranska i mediteranska (ljetne suše, blage zime).</p> <p>Poljoprivreda: od ukupno 5.353 km² županije, 119.222 ha koristi se za poljoprivredu, uglavnom organizirana na krškim poljima (Gacko, Ličko i Kravsko polje), otežani uvjeti gospodarenja u poljoprivredi, male parcele, ekstenzivan način proizvodnje, povrćarstvo i voćarstvo</p> <p>Tlo i reljef: isprana kisela tla, smeđa, crvena i crna tla; na vapnencima i dolomitima tla, plitka i slabe kakvoće što pogoduje rastu šuma i livada; pretežito planinski s plodnim dolinama (300 – 1600 m n.v.).</p>

<p>Splitsko - dalmatinska županija</p>	<p>Klimatski uvjeti: sredozemna, a na višim predjelima sredozemna s utjecajima kontinentalne i planinske te planinska klima (suša ljeti, obilje padalina zimi).</p> <p>Poljoprivreda: heterogena; maslinarstvo, voćarstvo, vinogradarstvo, uzgoj ljekovitog bilja; od 4.540 km² županije, 64.620 ha je korištena poljoprivredna površina i ona se obično odnosi na polja u kršu.</p> <p>Tlo i reljef: krško tlo s malo obradivih površina, crvenica; vapnenački krški reljef.</p>
<p>Virovitičko - podravska županija</p>	<p>Klimatski uvjeti: umjereno topla vlažna klima s toplim ljetom, vegetacijski period traje gotovo 195 dana</p> <p>Poljoprivreda: od 2.024 km² županije, 92.695 ha je korišteno poljoprivrednog zemljišta koje se koristi za voćarstvo, uzgoj industrijskog i krmnog bilja te žitarica.</p> <p>Tlo i reljef: pretežito nepropusno, kiselo i pjeskovito i ilovasto; ravničarski dio (Dravska potolina) i brdski dio (Bilogora i Papuk).</p>

3.6.5. Matrica odlučivanja

Na temelju kriterija, potkriterija i alternativa odluke konstruirana je matrica odlučivanja. Svi podaci su realni te se pokušalo, što je moguće točnije, navoditi vrijednosti ove matrice. Tablica 6 pokazat će stanje vrijednosti polja uz opisane već spomenute kriterije i alternative, a prikazana je na stranici 25.

Tablica 6. Matrica odlučivanja (URL 18; URL 19; URL 20; Državni zavod za statistiku, 2007; Vukadinović i Vukadinović, 2016; Škorić i dr., 1985)

Matrica odlučivanja								
Cilj: odabir najpogodnije županije za uzgoj ljekovitog bilja								
Aternative/kriteriji	Agroekološki kriteriji			Pedološki kriteriji			Geomorfometrijski kriteriji	
	Temperatura	Svjetlost (h u god)	Oborine (mm)	Kiselost tla	Tip tla	Vlažnost tla	Nadmorska visina (m)	Nagib terena (°)
Istarska županija	ekstremno toplo	2000 - 2400	701-1500 (864,7)	> 5,5 slabo kisela tla	Automorfna tla	umjereno	0 - 1300	2 - 29
Ličko - senjska županija	vrlo toplo	1700 - 1900	1001-1500 (1215,1)	> 5,5 slabo kisela tla	Automorfna tla	umjereno	400 - 1500	1 - 28
Splitsko - dalmatinska županija	ekstremno toplo	2400 - 2700	1001-1500 (725,9)	> 5,5 slabo kisela tla	Automorfna tla	umjereno	200 - 1500	1 - 35
Virovitičko - podravska županija	vrlo toplo	1900 - 2000	701-1000 (689,9)	> 5,5 slabo kiselo do neutralno tlo	Hidromorfna tla	dovoljno	100 - 600	1 - 25

3.6.6. Kriteriji i potkriteriji istraživanja

3.6.6.1. Agroekološki kriteriji

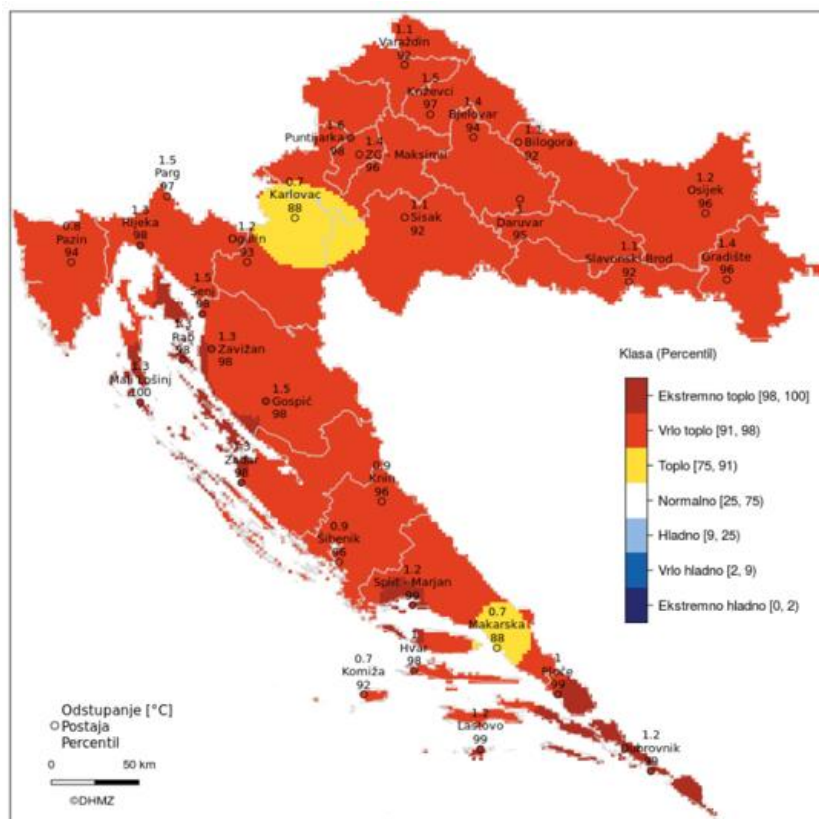
1. Temperatura

Bioklimatske prilike, odnosno prosječan osjet ugodnosti na koji utječu temperatura, vlaga i vjetar, klasificiraju se u osam kategorija, od „izvanredno hladnog“ do „opasno toplog“. U obalnom je području zimi pretežno „svjež“, a „hladno“ je najčešće samo u jutarnjim satima. U proljeće i jesen „ugodno“, a ljeti „toplo“ ujutro i uvečer, dok je u popodnevima „neugodno toplo“ i kratkotrajno „sparno“. U planinskom dijelu Hrvatske zimi je „izvanredno hladno“ i „hladno“, u proljeće i jesen „svjež“, a ljeta su „ugodna“ s povremeno „toplim“ popodnevima. U sjevernoj unutrašnjosti zimi je „hladno“ s „izvanredno hladnim“ jutrima i večerima, a proljeće su i jesen „svjež“ do „ugodni“. Ljeti je u najtoplijem dijelu dana „toplo“, mjesticama i „neugodno toplo“, a ujutro i uvečer „ugodno“ (Državni zavod za statistiku, 2007).

Prema raspodjeli percentila, toplinske prilike u Hrvatskoj u 2020. godini opisane su sljedećim kategorijama: toplo (okolica Karlovca i Makarske), vrlo toplo (gotovo čitavo područje Hrvatske osim dijelova gdje je bilo toplo ili ekstremno toplo) i ekstremno toplo (Puntijarka, Rijeka, kvarnerski otoci, okolica Zavižana, Gospića, Zadra i Splita, okolica grada Hvara, južna Dalmacija), a što je prikazano u tablici 7, na kartografskome prikazu (Slika 5) pronađenom na stranicama DHMZ-a (URL 18) te na kartografskome prikazu izrađenom pomoću QGIS 3.18.2 besplatnog softvera (Slika 6).

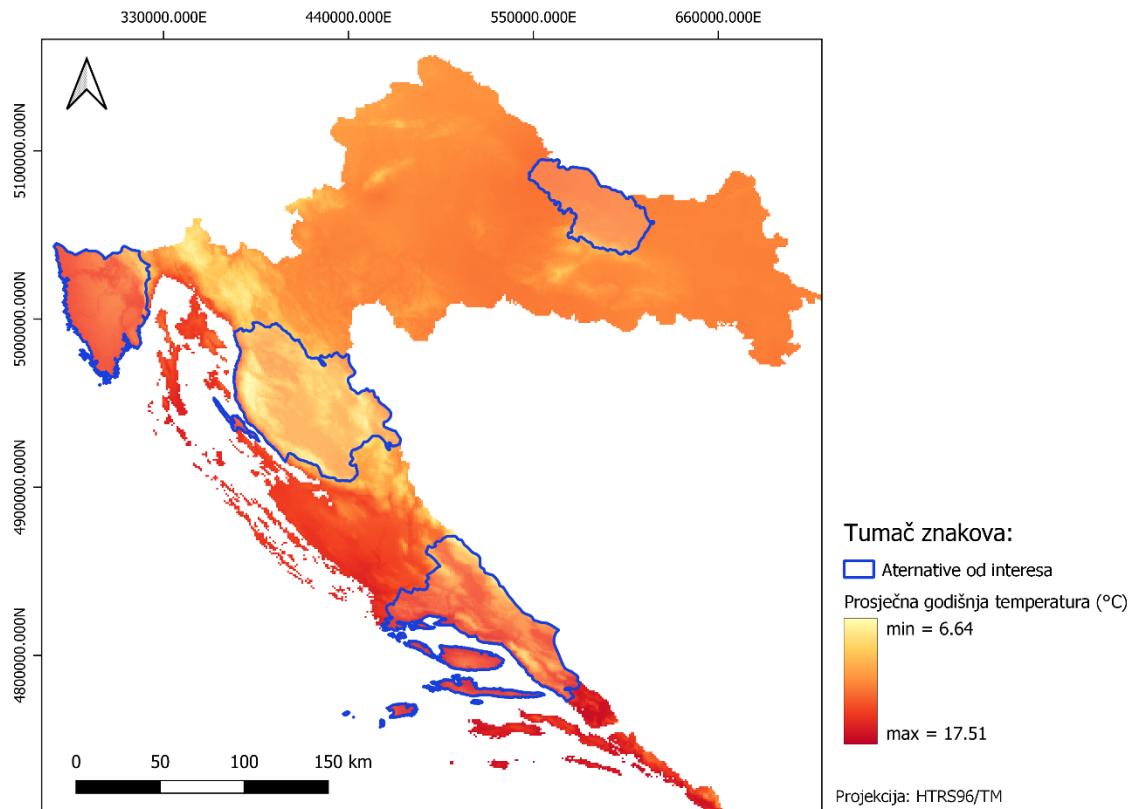
Tablica 7. Temperatura prema raspodjeli percentila (URL 18)

Temperatura prema raspodjeli percentila	
[98, 100]	ekstremno toplo
[91,98)	vrlo toplo
[75,91)	toplo
[25,75)	normalno
[9,25)	hladno
[2,9)	vrlo hladno
[0,2)	ekstremno hladno



Slika 5. Kartografski prikaz srednje temperature zraka u 2020. godini (URL 18)

Za ovaj dio istraživanja iskorišten je kartografski prikaz sa stranice Državnog hidrometeorološkog zavoda. U besplatnome softveru QGIS 3.18.2 izrađen je kartografski prikaz prosječne godišnje temperature za područje Republike Hrvatske na osnovi podataka preuzetih sa stranice *WorldClim* (URL 5). Preuzeti podaci o prosječnoj temperaturi u izraženi su °C po mjesecima za tridesetogodišnji vremenski period od 1970. do 2000. godine za cijeli svijet. Kartografski prikaz nalazi se u nastavku. Vidljivo je da kontinentalni dio Hrvatske ima umjerene prosječne temperature, dok područje Like i Gorskog kotara ima nešto niže prosječne temperature, a područje Dalmacije i Kvarnera ima najviše prosječne godišnje temperature na području Hrvatske. Već iz navedenog prikaza vidljivo je da bi za odabranu kulturu bio pogodniji kontinentalniji dio Hrvatske.



Slika 6. Prikaz prosječne godišnje temperature za područje cijele Republike Hrvatske u °C

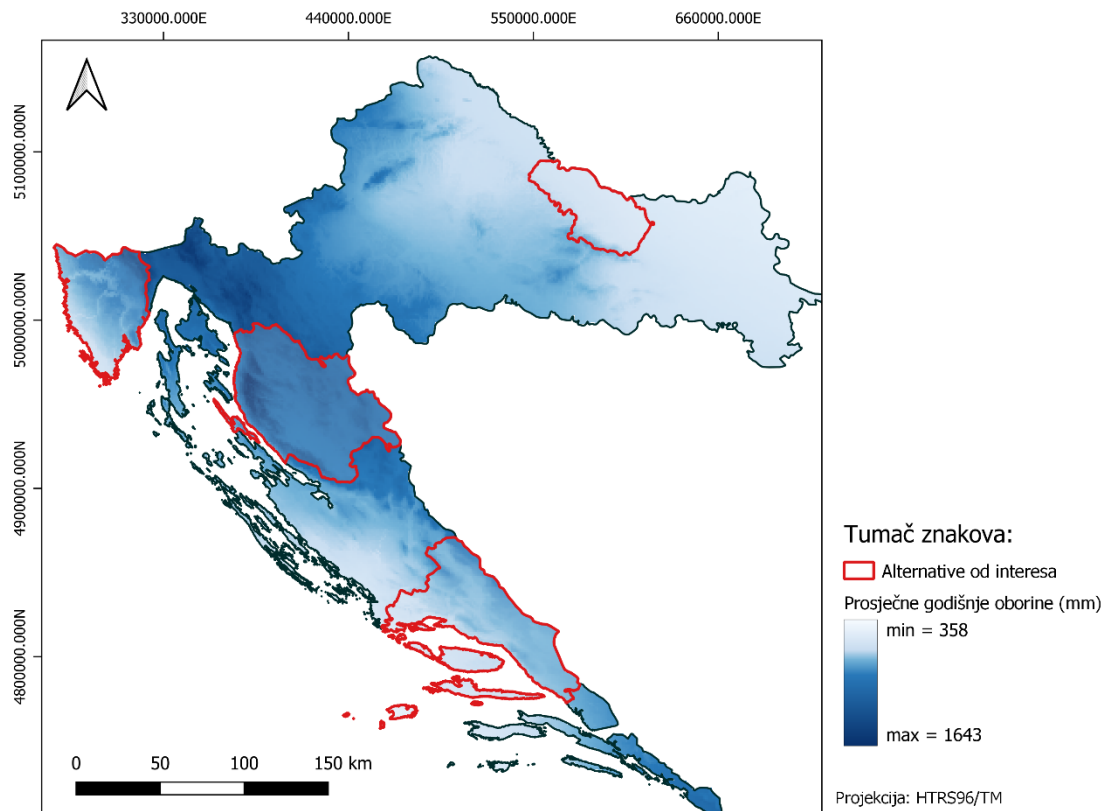
2. Oborine

Srednje godišnje količine oborina u Hrvatskoj kreću se između 600 mm i 3500 mm. Najmanje količine na Jadranu imaju vanjski otoci (< 700 mm) Idući od tog područja prema Dinarskom masivu, srednja godišnja količina oborina raste i dostiže najveću vrijednost do 3500 mm na vrhovima planina u Gorskom kotaru (Risnjak i Snježnik). U zapadnom dijelu sjeverne unutrašnjosti količine oborina kreću se od 900 do 1000 mm, a na istoku Slavonije i u Baranji nešto manje od 700 mm. Iako je ovo područje najsuše u Hrvatskoj, razdioba je oborina tijekom godine takva da ih najviše padne u vegetacijskom razdoblju. Sjeverna unutrašnjost nema suhих razdoblja, a godišnji je hod oborina kontinentalnog tipa s maksimumom u toplom dijelu godine i sekundarnim maksimumom u kasnu jesen. Sjeverni Jadran, Lika i Gorski kotar također nemaju suhих razdoblja, imaju dva maksimuma, ali maksimum oborina pada u hladnom dijelu godine, a sekundarni maksimum na prijelazu iz proljeća u ljeto. Na srednjem i južnom Jadranu godišnji hod oborina je maritimnog tipa sa suhim ljetima i maksimumom u hladnom dijelu godine (Državni zavod za

statistiku, 2007). Za uzgoj ljekovitog bilja optimalno bi bilo područje gdje količina oborina iznosi 700 – 1000 mm. Oborine su vrlo važne zbog vlažnosti tla, jer neka tla se isključivo vlaže na temelju oborinske vode, ali opet nije poželjna prevelika količina oborina, zbog smanjivanja aktivnih tvari u mnogim vrstama ljekovitog bilja, jer su neke tvari topljive u vodi (Mihovilović, 2018). Količina padalina u mm prikazana je u tablici 8. Kartografski prikaz prosječnih godišnjih oborina za područje Hrvatske izrađen je na temelju preuzetih podataka o prosječnim oborinama izraženim u mm po mjesecima za tridesetogodišnji vremenski period od 1970. do 2000. godine za cijeli svijet. Kartografski prikaz dan je u nastavku na slici 7, a vidljivo je kako je u prosjeku više oborina na područje Like i Gorskog kotara te u Dalmaciji i Kvarneru. Budući da odabrana ljekovita biljka zahtjeva dovoljno vlažnu zemlju i umjerenu količinu padalina, kontinentalna Hrvatska predstavlja pogodan teritorij što će biti provjereno AHP metodom.

Tablica 8. Količina oborina u mm (URL 19; URL 20)

Oborine u mm	
> 2001 mm	najviša količina
1501 - 2000 mm	viša količina
1001 - 1500 mm	visoka količina
701 - 1000 mm	srednja količina
< 700 mm	mala količina



Slika 7. Prikaz prosječne godišnje količine oborina na području Republike Hrvatske u mm

3.6.6.2. Pedološki kriteriji

1. Tip tla

Tlo je vrlo važno za uzgoj ljekovitog bilja. Tlo uvelike utječe na kvalitativna (sastav aktivnih tvari) i kvantitativna svojstva biljke (Mihovilović, 2018). Jako je bitno izabrati područje gdje tlo ima neutralni pH, a među najpogodnijim tlima za uzgoj navedenog bilja, prema literaturi, nalaze se: aluvijalna, aluvijalno-livadna, černozem na praporu i eutrično smeđa tla. Za potrebe AHP-a uzeti su odjeli tla, jer svaka županija ima mnogo tipova tla i nižih sistematskih jedinica (Tablica 6). Odjeli tla u ovom istraživanju su: automorfna i hidromorfna.

1.1. Automorfna tla

Automorfna tla su tla koja se vlaže isključivo atmosferskim talozima koji se kroz tlo slobodno procjeđuju i ne zadržavaju dulje vrijeme (Škorić i dr., 1985).

Prema Škorić i dr. (1985) dijele se na :

- I. klasa: Nerazvijena tla (A)-C profila
- II. klasa: Humusno akumulativna tla A-C profila
- III. klasa: Kambična tla A-(B)-C profila
- IV. klasa: Eluvijalno iluvijalna tla A-E-B-C profila
- V. klasa: Antropogena tla P-C profila
- VI. klasa: Tehnogeni tla I,II,III.... profila

II. klasa: Humusno akumulativna tla

Vapnenačko dolomitna crnica (*Kalkomelanosol*) nastaje na tvrdim mezozojskim vapnencima i dolomitima u planinskom području na visinama od 600-1600 m n.v. Klima je humidna. Organska tvar sporo se razgrađuje zbog hladne klime i erozije. Tvrdi vapnenci sadrže 98-99% kalcita. Proces kemijskog otapanja vapnenca vrlo je spor pa se formira svega 1-2% netopivog ostatka kao izvora mineralne komponente. Dubina tla je do 30 cm. Tlo je bogato humusom, tamnosmeđe do crne boje. Oranogena, organomineralna, posmeđena, ocrveničena (Škorić i dr., 1985).

Čermozem (*Čermozem*) nastaje na rastresitim karbonatnim supstatima, lesu i lesolikim sedimentima, u aridnom i semiaridnom, stepskom području. U profilu se nalaze krtičnjaci i pseudomiceliji kao specifični znakovi. Lesni platoi, ravnog reljefa, nadmorske visine 70-120 m. U istočnom dijelu zemlje. Dobre kemijske osobine. Najkvalitetnija poljoprivredna tla (Škorić i dr., 1985).

Rendzina (*Rendzina*) nastaje na rastresitim stijinama (lapori, laporoviti-meki vapnenci, fliš-laporovite gline, karbonatni pješčenjaci, les i lesoliki sedimenti). Različite klimatske prilike, aridna do perhumidna klima. Nepovoljni utjecaji erozije, propusnost tla, strme strane te visok pH. Dubina tla je do 40 cm. Tlo je karbonatno cijelim profilom, izuzev posmeđene i izlužene rendzine. Najpovoljnije rendzine na lesu i lesolikim sedimentima. Karbonatna, izlužena, koluvijalna, posmeđena (Škorić i dr., 1985).

Humusno silikatno tlo (*Ranker*) nastaje na neutralnim, bazičnim, kiselim ili ekstremno kiselim stijenama. Ovisno o tipu stijene, A horizont može biti ohrični, umbrični ili molični. Tlo je nekarbonatno cijelim profilom. Reakcija tla neutralna, kisela ili jako kisela. Količina humusa 5-15%. Humidna hladna klima, vrhovi gora gdje je usred hladne klime usporena razgradnja organske tvari i rad mikroorganizama. Litični, regolitični, posmeđeni, koluvijalni (Škorić i dr., 1985).

III. klasa: Kambična tla

Crvenica (*Terra rosa*) razvija se na čistim mezozojskim vapnencima i dolomitima, visine do 500 m nadmorske visine. Kod mediteranska i submediteranska klima. Tlo je nekarbonatno cijelim profilom. Struktura poliedrična. PH veći od 5,5. Mehanički sastav težak. Tipična, lesivirana (Škorić i dr., 1985).

Smeđe tlo na vapnencu i dolomitu (*Kalkokambisol*) razvija se na čistim mezozojskim vapnencima i dolomitima, kod šumske vegetacije. Veliki raspon nadmorskih visina i klimatskih uvjeta. Mogu doći na visinama 200 do 1700 m nadmorske visine. Tlo je nekarbonatno cijelim profilom. PH veći od 5,5, mehanički sastav ilovast, teži, struktura poliedrična. Tipično, lesivirano (Škorić i dr., 1985).

Distrično smeđe (*Distrični kambisol*)(kiselo smeđe) nastaje na kiselim supstratima. Ohrični ili umbrični horizont. PH manji od 5,5, stupanj zasićenosti bazama ispod 50% kod šumske vegetacije. Humidna ili perhumidna klima, reljef brdski ili planinski. Tipično, humusno, lesivirano, pseudooglejeno, podzolirano. Humus 3- 10% (Škorić i dr., 1985).

IV. klasa : Eluvijalno iluvijalna tla

Lesivirano tlo (*Luvisol*) je tlo slabo do umjereno kisele reakcije s ohričnim ili umbričnim A horizontom. Javljaju se u humidnim klimatskim prilikama s povećanom količinom padalina što pogoduje površinskom ispiranju-lesivaži. Naglašena je migracija seskvioksida, minerala gline, humusa i njihovo taloženje u dubljim dijelovima. U gornjim dijelovima profila formira se eluvijalni E horizont koji je lakšeg mehaničkog sastava. Kod šumske vegetacije. Reljef je ravan i valovit. Dolaze na visinama 100 do 700 m n.v. (Škorić i dr., 1985).

Podzol (*Podzol*) javlja se u perhumidnim klimatskim prilikama, a obuhvaća 2000 ha u Gorskom kotaru i Lici. Prirodnu vegetaciju čine crnogorične šume ili mješovite crnogorične šume. Litološka

podloga je ekstremno kisela (silikatna). U hladnom i vlažnom podneblju nakuplja se nerazgrađena organska tvar (Škorić i dr., 1985).

1.2. Hidromorfna tla

Nastaju uslijed prekomjernog vlaženja suficitnom vodom, ona uzrokuje hidromorfizam. Suficitna voda je: oborinska voda ili strana voda različitog podrijetla (kapilarne, poplavne, visoke podzemne vode, cijedne vode). Oborinska voda se ne procjeđuje slobodno, već se zadržava na nepropusnome sloju i uvjetuje pseudoglejavanje. Poplavna, slivna i podzemna voda uzrokuje oglejavanje (Škorić i dr., 1985).

Prema Škorić i dr. (1985). dijele se na :

I. klasa: Nerazvijena hidromorfna A-I-II-III-C profila

II. klasa: Pseudoglejna tla A-Bg-Eg-C profila

III. klasa: Semiglejna tla A-C-G profila

IV. klasa: Glejna tla A-G profila

V. klasa: Tresetna tla T-G profila

VI. klasa: Antropogena P-G profila

I. klasa: Nerazvijena hidromorfna

Aluvijalna tla (*Fluvisol*) pridolaze u najnižim reljefnim formama, u poplavnim područjima uz rijeke, potoke, mora i jezera. Od izvora prema ušću čestice koje se sedimentiraju sve su sitnije (od kamena i šljunka do praha i gline). Radi stalnih poplava ostaje nerazvijen (A) horizont. Pedogenetski procesi prekinuti su riječnom sedimentacijom (Škorić i dr., 1985).

II. klasa: Pseudoglejna tla

Pseudoglej nastaje vlaženje suficitnom oborinskom vodom. Zaravnjene i blago valovite forme reljefa do 500 m nadmorske visine. Klima je semihumidna ili humidna, a matični supstrat su pleistocenske ilovine, gline, glinoviti sedimenti. Kod pseudooglejavanja dolazi do izmjene suhe i mokre faze. Pseudoglej nastaje iz lesiviranog tla gdje u mokroj fazi uslijed nedostatka kisika dolazi do redukcijskih procesa. Viševaletni spojevi željeza i mangana prelaze u dvovaletni oblik i postaju topivi. Tako se pojavljuju izbliježene zone. Prelaskom u suhu fazu prevladavaju procesi oksidacije i reducirani spojevi željeza i mangana prelaze u viševaletni oblik. Na pedološkom profilu to se

manifestira kroz rđe, mrlje, mazotine, konkrecije. Profil dobiva mramorirani izgled (Škorić i dr., 1985).

III. klasa: Semiglejna tla

Livadsko tlo (*Semiglej*) nastaje oglejavanje podzemnog vodom ispod 1 m. Podzemna voda potječe od vodotoka. U nedostatku kisika dolazi do redukcijskih procesa u tlu. Viševaletni spojevi željeza i mangana prelaze u reducirani oblik. Pojavljuje se plavkasto-zelenkasta boja (Škorić i dr., 1985).

IV. klasa: Glejna tla

Pseudoglej – glej karakterizira pseudooglejavanje u gornjim dijelovima profila (oborinska voda) i oglejavanje podzemnom vodom u donjim dijelovima profila. Doline uz rijeke. Močvarna vegetacija (Škorić i dr., 1985).

Ritska crnica (*Humoglej*) ima amplitudne oscilacije podzemne vode od površine do ispod 1,5 m. Količina humusa 3-6%. PH 6-8,5. Težeg su mehaničkog sastava. Treba provesti hidrotehničke mjere (odvodnja, obrana od poplava-nasipi) (Škorić i dr., 1985).

Močvarno glejno (*Euglej*) dolazi u najnižim reljefnim formama - prekomjerno vlaženje. Šume i livade. Fizikalna i kemijska svojstva tla raznolika. Teška tla (Škorić i dr., 1985).

V. klasa: Tresetna tla

Tresetna tla karakterizira T horizont koji je dublji od 30 cm. Slabo razgrađene organske tvari u odnosu na euglej može biti više od 30%. Područja tresetnih tala: Neretljansko blato, Livanjsko polje. Mjesta trajnog zadržavanja podzemne i poplavnice vode. Nagomilava se nerazgrađena organska tvar dubine i do 10 m. Uvjeti za nagomilavane nerazgrađene organske tvari postoje i u visokim planinama na ekstremno kiselim podlogama. Mah tresetar. Poroznost tla velika (Škorić i dr., 1985).

2. Kiselost tla

Kiselost ili lužnatost tla izražava se pH vrijednošću (Tablica 9), a na nju može utjecati godišnja količina oborine te industrijsko zagađenje (Vukadinović i Vukadinović, 2018). U jako kiselim tlima dolazi do premještanja gline iz oraničnog sloja u dublje slojeve gdje dolazi do stvaranja vodonepropusnog sloja i daljnjeg zakiseljavanja tla te se smanjuje razgradnja organske tvari i sorptivna moć tla što uzrokuje smanjenu proizvodnu moć tla (Vukadinović i Vukadinović, 2018).

Reakcija tla (pH) važna je značajka u uzgoju ljekovitog bilja. Za uzgoj ljekovitog bilja najbolja tla su slabo kisele do neutralne reakcije (pH od 5,5 do 7,5) (Mihovilović, 2018).

Tablica 9. Prikaz kategorija pH reakcije tla i pH vrijednosti (Vukadinović i Vukadinović, 2016)

Kategorija pH-reakcije tla	pH-vrijednost
Ekstremno kiselo	3,50 – 4,50
Vrlo jako kiselo	4,51 – 5,00
Jako kiselo	5,01 – 5,50
Umjereno kiselo	5,51 – 6,00
Slabo kiselo	6,01 - 6,50
Neutralno	6,51 – 7,30
Slabo alkalno	7,31 – 7,80
Jako alkalno	7,81 – 8,50
Ekstremno alkalno	8,51 – 9,00

3. Vlažnost tla

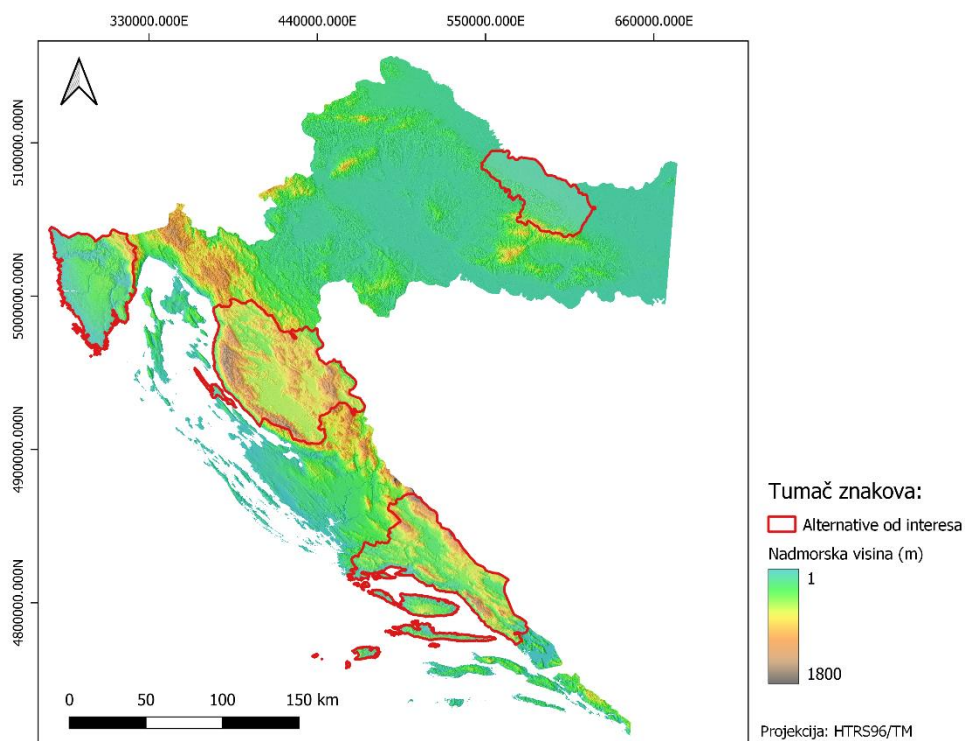
Dovoljna zaliha vode važna je za kontinuirani rast i razvoj biljke (Mihovilović, 2018), zbog toga je važno prilikom odabira lokacije za uzgoj ljekovitog bilja voditi računa da se odabere tlo koje je dovoljno vlažno. Za potrebe ovog istraživanja i provođenje AHP metode tla su podijeljena na automorfna i hidromorfna. Automorfna tla vlaže se isključivo atmosferskim talozima koji se kroz tlo slobodno procjeđuju i ne zadržavaju dulje vrijeme (Škorić i dr., 1985) pa se može reći da su to tla umjerene vlažnosti. Hidromorfna tla su nastaju uslijed prekomjernog vlaženja sufcitnom vodom, ona uzrokuje hidromorfizam (Škorić i dr., 1985) pa se može reći da se radi o dovoljno vlažnom tlu.

3.6.6.3. Geomorfometrijski kriteriji

1. Nadmorska visina

Posebno su uvjeti za poljoprivrednu proizvodnju otežani na područjima s kombinacijom nadmorske visine i nagiba terena. Tereni s nadmorskom visinom iznad 700 m nadmorske visine su područja na kojima nije pogodno uzgajati izabrano ljekovito bilje, ali i zone između 400 – 700 m nadmorske visine. Naime, tu zonu obilježava dijelom kraće vegetacijsko razdoblje u odnosu na zonu ispod 400 m. Nadmorska visina uglavnom kod većine biljaka smanjuje ljekovitost same bilje,

a napose količinu ljekovitih nakupina u biljci (Državni zavod za statistiku, 2007). Slika 8 prikazuje kartografski prikaz nadmorske visine s reljefom koji je izrađen korištenjem besplatnog GRASS GIS 7.6.1 softvera. Digitalni model reljefa preuzet je s internetske stranice *Copernicus* (URL 2). Kao što je vidljivo na prikazu, Virovitičko-podravska i Istarska županije imaju u pravilu većinski zadovoljavajući reljef i nadmorsku visinu za odabranu ljekovitu biljku, dok Splitsko-dalmatinska i Ličko-senjska imaju nepogodnije geomorfometrijske kriterije. U tablici 10 prikazane su definirane vrijednosti nadmorskih visina izraženih u metrima prema općoj pogodnosti za ljekovito bilje prema Mihovilović (2018).

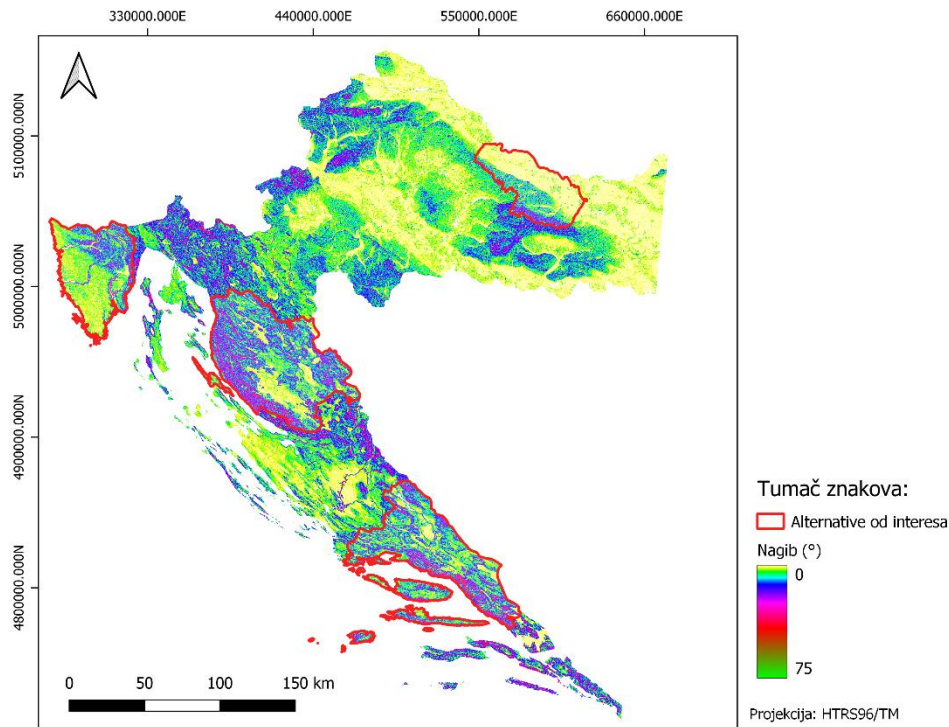


Slika 8. Prikaz nadmorske visine u m i reljefa Republike Hrvatske

2. Nagib terena

Na nagnutim terenima (> 15%) poljoprivredna proizvodnja je jako otežana zbog više razloga. Od njih su važniji sljedeći: otežana je ili se ne može koristiti suvremena mehanizacija; javlja se potreba za nabavom specijalne mehanizacije namijenjene korištenju na nagnutim terenima, što ima za posljedicu povećanje troškova proizvodnje; obrada tla uzrokuje javljanje erozijskih procesa zbog čega je nužno provoditi protuerozijske mjere što ima za posljedicu povećanje troškova proizvodnje (Državni zavod za statistiku, 2007). Nagib terena u stupnjevima prikazan je na slici 9. Kao što je

vidljivo Virovitičko-podravska županija ima najpogodniji nagib za uzgoj navedenog bilja, A Ličko-senjska županija najnepogodniji nagib. U tablici 11 prikazane su vrijednosti nagiba terena određeni prema Husnjak i dr. (2008) te izraženi u stupnjevima na temelju kojih je proveden AHP.



Slika 9. Prikaz nagiba terena Republike Hrvatske u °

Tablica 10. Prikaz vrijednosti nadmorske visine (Mihovilović, 2018)

Nadmorska visina	
0 - 400 m	vrlo povoljno
401 - 700 m	povoljno
701 - 1000 m	nepovoljno
1001 - 1500 m	vrlo nepovoljno

Tablica 11. Prikaz nagiba terena izraženog u ° (Husnjak i dr., 2008)

Nagib terena izražen u °	
< 2°	Ravnice, kretanje masa se ne opaža
3,5° - 8,8°	Blabo nagnuti tereni, blago spiranje
8,8° - 21,3°	Nagnuti tereni, pojačano spiranje i kretanje masa
21,3° - 62,5°	Jako nagnuti teren, snažna erozija i spiranje te izrazito kretanje masa

3.6.7. Sudionici u odlučivanju

Za što preciznije konačno donošenje odluke s ovim kriterijima i alternativama u užem izboru, potrebno je također i napraviti ocjenjivanje po važnosti jer ne bi bilo ispravno reći da je baš svaki kriterij jednake važnosti za nekog pojedinca kada procjenjuje alternative i donosi odluku. Procjenjivanje kriterija odradile su po svojim preferencijama dvije osobe:

- Osoba 1 – Klara Deverić, studentica 4. godine Geodetskog fakulteta u Zagreba i jedna od autorica ovoga istraživanja
- Osoba 2 – Martina Modrić, studentica 4. godine Geodetskog fakulteta u Zagreba i jedna od autorica ovoga istraživanja

3.6.8. Uspoređivanje u parovima

Nakon prikazanih skupova alternativa, kriterija i potkriterija rađene su usporedbe i to:

- kriterija u odnosu na cilj,
- potkriterija u odnosu na kriterij te
- alternativa u odnosu na svaki kriterij i potkriterij iz hijerarhije

Elementi hijerarhijske strukture uspoređivani su u parovima u skladu s aksiomima AHP metode. Preferencije donositelja odluke izražene su uz pomoć Saatyve skale relativne važnosti (Saaty, 2008).

Tako su za svako uspoređivanje u parovima svoje preferencije dali već spomenuti sudionici. Prva procjena tako je uvijek procjena sudionice 1 (Klare), a druga sudionice 2 (Martine) dok je tablica zajednička procjena geometrijska sredina vrijednosti iz njihovih individualnih izraženih procjena i preferencija.

U nastavku je prvo prikazano u tablicama 12 i 13 procjena kriterija u odnosu na cilj oboje sudionika, a odmah zatim i njihova zajednička procjena:

Tablica 12. Procjena kriterija u odnosu na cilj, prvi sudionik

Procjena osobe 1			
Odabir najpogodnije županije	Agroekološki kriteriji	Pedološki kriteriji	Geomorfometrijski kriteriji
Agroekološki kriteriji	1,00	1,00	2,00
Pedološki kriteriji	1,00	1,00	3,00
Geomorfometrijski kriteriji	0,50	0,33	1,00

Tablica 13. Procjena kriterija u odnosu na cilj, drugi sudionik

Procjena osobe 2			
Odabir najpogodnije županije	Agroekološki kriteriji	Pedološki kriteriji	Geomorfometrijski kriteriji
Agroekološki kriteriji	1,00	2,00	2,00
Pedološki kriteriji	0,50	1,00	2,00
Geomorfometrijski kriteriji	0,50	0,50	1,00

Kao rezultat obiju procjena, dobivena je tablica 14 koja prikazuje zajedničku procjenu, čiji elementi su geometrijske sredine procjena iz tablica 12 i 13.

Tablica 14. Zajednička procjena kriterija u odnosu na cilj

Zajednička procjena sudionika			
Odabir najpogodnije županije	Agroekološki kriteriji	Pedološki kriteriji	Geomorfometrijski kriteriji
Agroekološki kriteriji	1,00	1,41	2,00
Pedološki kriteriji	0,71	1,00	2,45
Geomorfometrijski kriteriji	0,50	0,41	1,00

Nakon normalizacije vrijednosti iz gornjih tablica, računanjem prosječne vrijednosti po retku dobiva se težina kriterija, odnosno prioriteta (najveća vrijednost je prioritet pri donošenju odluke). Sljedeće su u tablici 15 objedinjeni rezultati procjena kriterija u odnosu na cilj – gledajući upravo prioritete (težine kriterija).

Tablica 15. Težine kriterija za usporedbu u odnosu na cilj

Odabir najpogodnije županije	Agroekološki kriteriji	Pedološki kriteriji	Geomorfometrijski kriteriji
Težina sudionik 1	0,3873	0,4429	0,1698
Težina sudionik 2	0,4905	0,3119	0,1976
Težina zajedno	0,4404	0,3747	0,1849

Može se uočiti da se procjene dva sudionika malo razlikuju.

Kako bi se provjerila konzistentnost procjene, točnije postoji li nelogičnosti u dodjeljivanju numeričkih vrijednosti elementima strukture problema odlučivanja, odnosno kako bi se provjerilo može li se procjena prihvatiti za donošenje odluke, izračunale su se ponderirane sume, omjeri tih suma i težine kriterija te se računanjem prosjeka tih omjera dobila lambda vrijednost (Kadoić, 2020). Nadalje, računao se i indeks konzistentnosti te omjer konzistentnosti uz RI 0,52 na temelju tablice 2. Izračun u tablici 16 prikazan je za zajedničku procjenu kriterija u odnosu na cilj.

Tablica 16. Provjera konzistentnosti, zajednička procjena

	Suma	Omjer	λ :	3,0337	
Agroekološki kriteriji	1,3401	3,0431	CI:	0,0168	
Pedološki kriteriji	1,1390	3,0396	RI:	0,52	
Geomorfometrijski kriteriji	0,5581	3,0183	CR:	0,0324	< 0,10
			procjena je konzistentna		

CR, odnosno omjer konzistentnosti je manji od 0,10 što je prema Kadoić (2020) uredu i konzistentna je procjena sudionika/donositelja odluke. Težine kriterija smiju se uzeti za donošenje

odluke, međutim da su pokazivale nekonzistentnost, savjet je da se za pojavu nekonzistentnosti ona pregleda i proba utvrditi razlog njenog pojavljivanja zbog pogreške u konačnoj odluci.

U nastavku je (Tablice od 17 do 25), na isti način kako je pokazana usporedba prema kriterij – cilj, pokazana usporedba potkriterij u odnosu na kriterij, ponovno s dvije tablice individualno za svakog sudionika odluka pa zatim njihova zajednička procjena.

Potkriterij – kriterij (agroekološki kriterij):

Tablica 17. Procjena potkriterija u odnosu na agroekološki kriterij, sudionik 1

Procjena osobe 1			
Agroekološki kriteriji	Temperatura	Svjetlost	Oborine
Temperatura	1,00	0,33	1,00
Svjetlost	3,00	1,00	4,00
Oborine	1,00	0,25	1,00

Tablica 18. Procjena potkriterija u odnosu na agroekološki kriterij, sudionik 2

Procjena osobe 2			
Agroekološki kriteriji	Temperatura	Svjetlost	Oborine
Temperatura	1,00	0,25	1,00
Svjetlost	4,00	1,00	3,00
Oborine	1,00	0,33	1,00

Tablica 19. Procjena potkriterija u odnosu na agroekološki kriterij, zajednička procjena

Zajednička procjena sudionika			
Agroekološki kriteriji	Temperatura	Svjetlost	Oborine
Temperatura	1,00	0,29	1,00
Svjetlost	3,46	1,00	3,46
Oborine	1,00	0,29	1,00

Potkriterij – kriterij (Pedološki kriteriji):

Tablica 20. Procjena potkriterija u odnosu na pedološki kriterij, sudionik 1

Procjena osobe 1			
Pedološki kriteriji	Kiselost tla	Tip tla	Vlažnost tla
Kiselost tla	1,00	2,00	2,00
Tip tla	0,50	1,00	1,00
Vlažnost tla	0,50	1,00	1,00

Tablica 21. Procjena potkriterij pedološki kriterij, sudionik 2

Procjena osobe 2			
Pedološki kriteriji	Kiselost tla	Tip tla	Vlažnost tla
Kiselost tla	1,00	4,00	2,00
Tip tla	0,25	1,00	0,50
Vlažnost tla	0,50	2,00	1,00

Tablica 22. Procjena potkriterij pedološki kriterij, zajednička procjena

Zajednička procjena sudionika			
Pedološki kriteriji	Kiselost tla	Tip tla	Vlažnost tla
Kiselost tla	1,00	2,83	2,00
Tip tla	0,35	1,00	0,71
Vlažnost tla	0,50	1,41	1,00

Potkriterij – kriterij (Geomorfometrijski kriterij):

Tablica 23. Procjena potkriterij geomorfometrijski kriterij, sudionik 1

Procjena osobe 1		
Geomorfometrijski kriteriji	Nadmorska visina	Nagib terena
Nadmorska visina	1,00	3,00
Nagib terena	0,33	1,00

Tablica 24. Procjena potkriterij geomorfometrijski kriterij, sudionik 2

Procjena osobe 2		
Geomorfometrijski kriteriji	Nadmorska visina	Nagib terena
Nadmorska visina	1,00	2,00
Nagib terena	0,50	1,00

Tablica 25. Procjena potkriterij geomorfometrijski kriterij, zajednička procjena

Zajednička procjena sudionika		
Geomorfometrijski kriteriji	Nadmorska visina	Nagib terena
Nadmorska visina	1,00	2,45
Nagib terena	0,41	1,00

Također su na kraju svake procjene izračunate/provjerene konzistentnosti na gore navedeni način. Posljednje kod usporedbi parova preostaje uspoređivanje alternativa u odnosu na svaki kriterij i potkriterij iz hijerarhije što je prikazano u tablici 26, tablici 27 i tablici 28. U MS Excel dokumentu nalaze se kompletni izračuni, a ovdje će bit prikazano usporedba između alternativa u odnosu na nadmorsku visinu. Sudionici u procjenama su isti sudionici koji su procjenu određivali u uspoređivanjima kriterij – cilj te potkriterij – kriterij.

Tablica 26. Procjena alternativa u odnosu na kriterij nadmorska visina, sudionik 1

Procjena osobe 1				
Nadmorska visina	Istarska županija	Ličko - senjska županija	Splitsko - dalmatinska županija	Virovitičko - podravska županija
Istarska županija	1,00	2,00	2,00	0,33
Ličko - senjska županija	0,50	1,00	1,00	0,25
Splitsko - dalmatinska županija	0,50	1,00	1,00	0,33
Virovitičko - podravska županija	3,00	4,00	3,00	1,00

Tablica 27. Procjena alternativa u odnosu na kriterij nadmorska visina, sudionik 2

Procjena osobe 2				
Nadmorska visina	Istarska županija	Ličko - senjska županija	Splitsko - dalmatinska županija	Virovitičko - podravska županija
Istarska županija	1,00	3,00	2,00	0,33
Ličko - senjska županija	0,33	1,00	1,00	0,25
Splitsko - dalmatinska županija	0,50	1,00	1,00	0,20
Virovitičko - podravska županija	3,00	4,00	5,00	1,00

Tablica 28. Procjena alternativa u odnosu na kriterij nadmorska visina, zajednička procjena

Zajednička procjena sudionika				
Nadmorska visina	Istarska županija	Ličko - senjska županija	Splitsko - dalmatinska županija	Virovitičko - podravska županija
Istarska županija	1,00	2,45	2,00	0,33
Ličko - senjska županija	0,41	1,00	1,00	0,25
Splitsko - dalmatinska županija	0,50	1,00	1,00	0,26
Virovitičko - podravska županija	3,00	4,00	3,87	1,00

3.6.9. Tablica prioriteta

Na kraju svih usporedbi napravljena je sumarna matrica, odnosno tablica prioriteta prikazana u nastavku (Tablica 29). Izračunat je i ukupni prioritet svake alternative kao zbroj umnožaka kriterija i potkriterija s odgovarajućom težinom kriterija i potkriterija.

Tablica 29. Tablica prioriteta

Tablica prioriteta									
Cilj: odabir najpogodnije županije za uzgoj ljekovitog bilja									
Aternative (županije)/ kriteriji	Agroekološki kriteriji			Pedološki kriteriji			Geomorfometrijski kriteriji		Ukupni prioritet
	Temperatura	Svjetlost (h u god)	Oborine (mm)	Kiselost tla	Tip tla	Vlažnost tla	Nadmorska visina (m)	Nagib terena (°)	
Težine	0,4404			0,3747			0,1849		
	0,1830	0,6340	0,1830	0,5395	0,1907	0,2698	0,7101	0,2899	
Istarska	0,1514	0,2503	0,1615	0,2037	0,2116	0,1980	0,2322	0,2702	0,2164
Ličko- senjska	0,3681	0,1413	0,1007	0,1846	0,2220	0,1944	0,1161	0,1326	0,1724
Splitsko- dalmatinska	0,1298	0,4227	0,2648	0,1803	0,1154	0,1812	0,1219	0,1378	0,2362
Virovitičko- podravska	0,3507	0,1857	0,4730	0,4314	0,4509	0,4263	0,5299	0,4594	0,3750
Σ	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	

Prema izračunu ukupnog prioriteta, prijedlog alternative za odluku jest posljednja alternativa u ovoj tablici: **Virovitičko-podravska županija** – zbog najvećeg iznosa prioriteta.

3.6.10. Analiza osjetljivosti

Analiza osjetljivosti služi za provjeru utjecaja ulaznih vrijednosti na rezultate, odnosno izlazne vrijednosti neke metode (Kadoić, 2020). Ovdje je provedena tako da se promjena težina kriterija na prvoj razini mijenja za +5% i -5% - svakom kriteriju se pojedinačno dodaje 5%, dok se ostalima oduzima po 1,25%, odnosno, kriteriju se oduzima 5%, a ostalima dodaje 1,25% (kako bi suma kriterija i dalje činila ukupno 100%). Ukoliko dođe do promjene prvorangirane alternative, potrebno je analizirati zbog čega je došlo do te promjene te ukoliko je moguće, smanjiti broj alternativa te ponovo provesti AHP metodu nad manjim brojem alternativa (poželjno dvije) (Kadoić, 2020). Tablica rezultata (Tablica 30) pokazuje analize osjetljivosti za tri kriterija: agroekološki, pedološki i geomorfometrijski, pri čemu je V oznaka vrijednosti, a R oznaka ranga.

Tablica 30. Analiza osjetljivosti - rezultati i originalan poredak

Alternative	Originalni poredak		Agroekološki uvjeti				Pedološki kriteriji				Geomorfometrijski kriteriji			
			+5%		-5%		+5%		-5%		+5%		-5%	
	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R
Istarska županija	0,2164	3	0,2163	3	0,2164	3	0,2154	3	0,2174	3	0,2180	3	0,2147	3
Ličko-senjska županija	0,1724	4	0,1727	4	0,1722	4	0,1742	4	0,1707	4	0,1693	4	0,1756	4
Splitsko-dalmatinska županija	0,2362	2	0,2455	2	0,2269	2	0,2308	2	0,2417	2	0,2295	2	0,2430	2
Virovitičko-podravskaa županija	0,3750	1	0,3655	1	0,3845	1	0,3797	1	0,3703	1	0,3832	1	0,3667	1

Tablica 31. Sažetak analize osjetljivosti

Sažetak analize osjetljivosti			
	5%	-5%	
Agroekološki kriterij	nema promjene	nema promjene	Virovitičko-podravska županija
Pedološki kriterij	nema promjene	nema promjene	Virovitičko-podravska županija
Geomorfometrijski kriterij	nema promjene	nema promjene	Virovitičko-podravska županija

U ovom dijelu istraživanja prikazano je donošenje odluke korištenjem AHP metode. Cilj ove metode bio je odabrati najpogodniju županiju za uzgoj ljekovitog bilja. Rad je izrađen kroz četiri koraka AHP metode: strukturiranje problema u kojem se prikazuju alternative i kriteriji te hijerarhijske strukture kriterija uz objašnjenja, matricu odlučivanja te uspoređivanje u parovima koje su radili sudionici Klara Deverić i Martina Modrić. Sve procjene su provjerene, odnosno njihova konzistentnost je valjana, a vrijednosti su se naposljetku slobodno koristile u tablici prioriteta gdje se pokušalo predložiti konačna odluka i najbolja alternativa. Kao najbolja alternativa ispala je Virovitičko-podravska županija koja predstavlja teorijsku osnovu drugog dijela istraživanja, a to je izrada modela pogodnosti s ograničavajućim faktorima i pronalazak najpogodnije lokacije za uzgoj predstavnika ljekovitog bilja. Da je to stvarno najpovoljnija odluka, pokazala je i cjelokupna provedena analiza osjetljivosti gdje je prikazano da je kod svakog kriterija upravo ova alternativa s najvećom vrijednošću u stupcu ukupni prioritet (Tablica 29). U tablici 31 prikazan je sažetak analize osjetljivosti.

3.7. Teorijska osnova

Nakon provedene AHP metode, kao najpogodnija županija za uzgoj ljekovitog bilja dobivena je Virovitičko-podravska županija. Za potrebe ovog istraživanja, kao predstavnik ljekovitog bilja odabrana je industrijska konoplja za koju će se izrađivati model pogodnosti s ograničavajućim faktorima.

3.7.1. Virovitičko-podravska županija

Županija se nalazi u kontinentalnom dijelu Republike Hrvatske na prostoru dodira središnje i istočne Hrvatske te je po svom zemljopisnom položaju poveznica Slavonije i Podravine. Prostor županije je izdužen u pravcu istok-zapad. Ovdje je jasno vidljiva reljefna podjela, na, sjeverni prostor podravske nizine, i, južni, brdsko planinski prostor koji obuhvaća sjeverne padine Bilogore, Papuka i Krndije (URL 21).

Na spoju Podravine i Slavonije križaju se dva važna prometna koridora: transverzalni, primarnog značaja, jer je najkraća i prometno najpogodnija veza Srednjeg Podunavlja i srednjeg Jadrana i longitudinalni, sekundarnog značaja, koji slijedi tok rijeke Drave i povezuje Republiku Hrvatsku sa zapadnim i istočnim susjedima. Prema popisu stanovništva iz 2011. godine, Virovitičko-podravska županija ima 84.836 stanovnika s prosječnom gustoćom naseljenosti od 42 stanovnika/km² (URL 21).

3.7.2. Poljoprivreda Virovitičko-podravske županije

Od ukupne površine cijele županije, koja iznosi 2.022,03 km², čak više od polovice čine obradive površine, zbog čega se Virovitičko-podravska županija ističe kao izrazito povoljna za poljoprivrednu proizvodnju. Po obradivim površinama, posebice oranicama (991 km²) u odnosu na broj stanovnika (79.886), prva je županija u Hrvatskoj. Osim obilja obradivih površina s povoljnim tlom, voda je izrazito važan prirodni resurs kojeg na ovom području također ima u izobilju. Područje je bogato vlagom, s prosječnom godišnjom količinom padalina 800 – 827 mm, dok prosječna temperatura zraka ljeti iznosi oko 20°C, a zimi 1°C, čime osigurava dobre temelje za raznoliku poljoprivrednu proizvodnju (URL 22).

Poljoprivreda je djelatnost od strateške važnosti za Virovitičko-podravsku županiju, osim spomenute povoljne klime i resursne osnove, odlikuje nizinsko-brežuljkastim reljefom, koji omogućavaju visoke urode ratarskih, voćarskih i povrtlarskih kultura. Poljoprivredne površine u županiji prema podacima iz ARKOD sustava prostiru se na 84.128,65 ha, a obuhvaćaju 58%

ukupnih zemljišnih površina županije, odnosno 8% poljoprivrednih površina Republike Hrvatske. Većina poljoprivredne proizvodnje ostvaruje se u obiteljskim poljoprivrednim gospodarstvima (URL 23).

Prema korištenju obradivih površina, najveći udjel zauzimaju oranice i vrtovi s 92,71% iz čega se može zaključiti da je u županiji najzastupljenija proizvodnja ratarskih kultura, dok se na ostalih 7,29% koriste sljedeće poljoprivredne površine prema ARKODU: staklenici na oranici (0,12%), livada (2,30%), pašnjak (1,80%), vinogradi (0,54%), iskrčeni vinogradi (0,01%), voćne vrste (2,38%), kultura kratkih ophodnji (0,04%), rasadnik (0,02%), miješani trajni nasadi (0,01%) i na ostale vrste korištenja (0,07%). Poljoprivredna proizvodnja bazirana na uzgoju konvencionalnih kultura (pretežito ratarskih) dok naglasak treba biti na primjeni modernih tehnologija i bavljenju intenzivnom poljoprivredom koja zahtjeva više angažmana i ulaganja, ali je prinos neusporedivo veći od tradicionalne poljoprivrede. Od ukupne površine raspoloživog poljoprivrednog zemljišta po općinama, najveći udio obradivih poljoprivrednih površina (prema Arkodu 2017. godine) imaju Općina Sopje (10%), Općina Pitomača (10%), Općina Gradina (10%) te Općina Suhopolje (9%) (URL 23).

Površina koja se trenutno navodnjava u Virovitičko-podravskoj županiji iznosi oko 1% ukupnog poljoprivrednog zemljišta. Županija ulaže u sustave navodnjavanja kako bi se 150 poljoprivrednih gospodarstava omogućilo navodnjavanje i intenzivan uzgoj profitabilnih i konkurentnih povrtlarskih i voćarskih kultura (URL 22).

Površina od 84.128,65 hektara rascjepkana je na 55.817 parcela. Prosječna veličina poljoprivrednog gospodarstva u Virovitičko-podravskoj županiji iznosi 13,36 hektara, te je veća od prosjeka Republike Hrvatske koji iznosi 7 hektara. U županiji veliki je problem rascjepkanost i usitnjenost parcela što predstavlja ograničavajući čimbenik razvoja poljoprivrede te prosječna površina parcela u Virovitičko-podravskoj županiji iznosi 1,5 hektara dok na području Republike Hrvatske prosječna površina parcela iznosi 0,81 hektar. Najviše ARKOD parcela ima u općini Pitomača 9.854, a najmanje u općini Mikleuš 64.989. Jedna od ključnih mjera u stvaranju konkurentnog poljoprivrednog sektora odnosi na zemljišnu politiku čiji je temeljni cilj okrupnjavanje posjeda i uređenje poljoprivrednog zemljišta (URL 22).

Poljoprivrednu proizvodnju, kao ključnu djelatnost županije sa svim postojećim preduvjetima za razvoj (reljef, klima) trebalo bi, unaprijediti okrupnjavanjem poljoprivrednih površina. Naime,

okrupnjavanje poljoprivrednog zemljišta ima za cilj homogenost i bolje gospodarenje što će se odraziti višim prinosima i usko specijaliziranom proizvodnjom. Komasačija je jedna od radikalnih tehničkih mjera kojom se povećavaju obradive površine, omogućuje suvremena obrada zemlje, a to dovodi do povećanja prinosa. Glavna korist koja bi proizlazila iz postupka komasačije bilo bi povećanje poljoprivredne proizvodnje, izgradnja objekata od javnog interesa, hidromelioracijski zahvati te rješavanje imovinsko-pravnih odnosa (URL 24).

Način korištenja poljoprivrednog zemljišta (prema ARKODU) u Virovitičko-podravskoj županiji pokazuje da su u 2017. godini najzastupljenije oranice s 92,71% (77.993,59 ha) korištenog poljoprivrednog zemljišta te takva situacija ukazuje da na području županije prevladava pretežito uzgoj ratarskih kultura. Poljoprivredna djelatnost predstavlja najznačajniju gospodarsku granu utemeljenu na prirodnim i komparativnim prednostima – plodnom tlu i pogodnim klimatskim uvjetima koji omogućuju proizvodnju žitarica (osobito pšenice i kukuruza), industrijskog (šećerna repa) i aromatičnog bilja, uljarica, voća i grožđa, dok su pjeskovita tla pogodna za proizvodnju duhana i povrća. Od tradicionalnih ratarskih kultura najzastupljenije su površine pod kukuruzom i pšenicom te svakako treba napomenuti i proizvodnju duhana i kamilice (ljekovito bilje). Od žitarica dominantno mjesto imaju kukuruz sa 28,17% (21.975,25 ha) te pšenica 13,36% (10.422,01 ha). Razlog takvoj proizvodnji je nesklonost poljoprivrednika ka promjeni intenzivnim (povrtlarskim i voćarskim) kulturama te inertnost poljoprivrednika ka okretanju isplativijim i unosnijim kulturama. Od ratarskih kultura također je važna i proizvodnja kamilice 6,55% (5.108,04 ha) te već nadaleko poznata, tradicionalna proizvodnja duhana s udjelom od 3,88% (3.030,90 ha) u ukupnoj proizvodnji ratarskih kultura. Važno je naglasiti povećanje proizvodnje kamilice iz tzv. Podravnog bazena koja predstavlja brand u svijetu i po svim analizama se pokazuje kao jedna od najboljih po svojim eteričnim i ljekovitim svojstvima. Radi se o kulturi s kojom poljoprivrednici nemaju velika ulaganja, a imaju zajamčen otkup i sigurnu cijenu te se javlja trend porasta sjetve i očekuje se njena ekspanzija u narednim godinama (URL 25).

Na području Virovitičko-podravске županije važna je i proizvodnja ljekovitog bilja, u kojoj dominantno mjesto ima kamilica, a sve se više razvija i proizvodnja industrijske konoplje. Najveći su proizvođači ljekovitog bilja u županiji u 2018. godini proizveli ljekovito bilje na površini od 3630 ha, od čega je više od 98 posto kamilica. Županijske tvrtke koje se bave proizvodnjom i preradom ljekovitog bilja (Spider grupa d.o.o. Pitomača, Dam d.o.o. Lozan, Plantaže d.o.o.

Pitomača, Proxima herbs d.o.o. Gradina, Herbea d.o.o. Špišić Bukovica, Poison city d.o.o. Otrovanec, Eko cvijet d.o.o. Starin), izvoze kamilicu na zahtjevna svjetska tržišta, kao što su Njemačka, Italija, Češka, SAD i dr. Prema posljednjim podacima Državnog zavoda za statistiku, u Hrvatskoj je žetvena površina pod ljekovitim, aromatskim i začinskim biljem iznosila 9.233 ha, a te je godine proizvedeno 6.323 tone. Najzastupljenija među njima je kamilica koja je prošle, 2020. godine zasijana na 5.543 hektara, a njezinom se proizvodnjom bavilo 492 poljoprivredna gospodarstva, pokazuju podaci Agencije za plaćanja u poljoprivredi, ribarstvu i ruralnom razvoju. Na drugom je mjestu lavanda koja se sve češće uzgaja u Slavoniji, a prošle je godine zasijana na 232 ha, čime se bavilo 366 PG-a. Osim ove dvije kulture, u Hrvatskoj se sije smilje, menta, kadulja, matičnjak, maslačak, anis, crni i bijeli sljez, stolisnik, bosiljak, origano, lovor, pelin, neven, gavez i druge. Govorimo li o deset najvećih proizvođača ljekovitog bilja u našoj zemlji, svih deset dolaze iz kontinentalnog dijela, njih devet iz Slavonije, odnosno, njih pet iz Virovitičko-podravske županije. Na prvom mjestu je DAM d.o.o. s gotovo 200 ha pod ljekovitim biljem, a slijede ga Bioagrar d.o.o. iz Ivanovaca u OBŽ te Plantaže d.o.o. iz Pitomače u Virovitičko-podravskoj županiji s nešto više od 150 ha. Prema dostupnim informacijama, čak 95% proizvodnje orijentirano je prema izvozu. Iz ovih navoda može jasno zaključiti kako je županija koja se obrađuje u ovom istraživanju izrazito povoljna za uzgoj ljekovitog i aromatičnog bilja (URL 25).

Osim kamilice, na drugom mjestu prema uzgoju ljekovitog bilja u predmetnoj županiji nalazi se uzgoj industrijske konoplje, ujedno i ljekovita biljka koja je odabrana kao najpovoljnija za uzgoj u sklopu ovog istraživanja. Uzgoj industrijske konoplje pojednostavljen je ukidanjem sustava prethodnog odobravanja uzgoja konoplje. Umjesto toga uspostavljena je Evidencija proizvođača industrijske konoplje koju vodi Ministarstvo poljoprivrede. Tvrtka DAM d.o.o. ističe se kao najveći proizvođač ove biljke na području županije. Kao primarnu djelatnost ističe ljekovito bilje i industrijsku konoplju, bavi se njenom proizvodnjom, ali i preradom. Biljku obrađuju mehanički te ju prerađuju za dobivanje ulja, dok ostatak biljke koriste za dobivanje čaja te izvoz. Ova biljka se od davnina uzgajala na području Virovitičko-podravske županije jer je vrlo otporna na vanjske uvjete i ne zahtijeva puno održavanja, odgovara joj umjerena temperatura kao i veća količina vode koje u ovom području ima dovoljno (URL 26).

Osim obilja poljoprivrednih površina i povoljnih klimatoloških uvjeta, u županiji se kao vrlo važan i potreban proizvođač niza strojeva za potrebe poljoprivrede ističe Tvrtka Agroservis-proizvodnja

d.o.o. iz Virovitice. Tvrtka Agroservis-proizvodnja d.o.o. u svojoj proizvodnji posebno ističe strojeve za obradu ljekovitog bilja, posebno kamilice i industrijske konoplje obzirom na područje u kojem se nalazi i potrebama uzgajivača kako bi što lakše mogli navedenu biljku tretirati i preraditi, uz što manji dio neupotrebljivog biljnog otpada (URL 25).

3.8. Industrijska konoplja (lat. *Cannabis sativa*)

Konoplja je poznata kao biljka za proizvodnju vlakana od prije oko 5 000 godina, a znatno kasnije kao ljekovita biljka za korištenje hašiša. Potječe iz srednje Azije. Nastala je od divlje konoplje koja je prevedena u kulturnu biljku. Ne ograničavaju ju klimatski uvjeti jer se izvanredno dobro prilagođava tlu i klimi mijenjanjem svojih morfoloških i fizioloških osobina (URL 27).

Primjena konoplje

Konopljinu se vlakno odlikuje velikom čvrstoćom, elastičnošću, dugotrajnošću i otpornošću na vodu, pa se upotrebljava za proizvodnju užadi, konopca, jedara, platna, izradu odjeće i obuće, cerada, šatora, ribarskih mreža, vatrogasnih cijevi i opreme, vreća, konjske sprežne opreme itd.

Muške biljke imaju veći postotak vlakna i vlakno im je bolje kakvoće od vlakna ženskih biljaka. Nakon dobivanja vlakna ostaje drvenasti dio stabljike koji se koristi za izradu papira, celuloze, izolacijskog materijala te se upotrebljava i za ogrjev. Konopljino sjeme ima više od 30% ulja, pa se od njega dobiva ulje, koje se može upotrebljavati u ljudskoj prehrani. Ulje je lako sušivo pa se upotrebljava za proizvodnju boja i lakova, a sjeme se koristi za hranu peradi i ptica. Prirod sjemena može biti oko 1,5 – 2 t/ha (URL 27).

Drvenasti dio stabljike konoplje iskorištava se za izradu papira (papir za cigarete, vrijednosnog papira, papira za Bibliju, masnog papira, posebnog papira za slikarstvo, izolacijske trake za električne kondenzatore, posebnog netkanog papira, papira za filtre, filtri za kavu i vrećice za čaj). Konopljina vlakna služe za izradu kočnog mehanizma i unutrašnjih obloga automobila. Čajem od samljevenog sjemena nekad se liječila upala mokraćnih putova, a služio je i kao oblog pri ubodima i oteklinama. Njime su se liječile i bolesti poput upale krajnika, groznice, nesanice, bradavica i opadanja kose. Jačina droge od konoplje (marihuana) uvjetovana je količinom THC-a (engl. *Tetrahydrocannabinol*) koju sadržava. Što je više THC-a, to je droga opojnija i štetnija (URL 27).

Morfološka svojstva

Korijenov sustav je vretenast i čini gustu podzemnu mrežu. Može prodirati u dubinu tla i do 2 m, a u širinu do 1,5 m. Od ukupne mase biljke, na korijen otpada 8 - 10%, stoga on ima slabiju usisnu snagu. Korijen ženskih biljaka bolje je razvijen od korijena muških biljaka. To je zato što muške biljke ranije završavaju vegetaciju, a ženske biljke poslije oplodnje dohranjuju sjeme do njegova dozrijevanja, za što trebaju više hrane i vode, a to im osigurava jači korijenov sustav. Stabljika je uspravna, u početku nježna i zeljasta, a kasnije očvrsne, tj. odrveni. Intenzivne je zelene boje, pokrivena čekinjastim dlačicama koje kasnije otpadaju i ostavljaju vidljive ožiljke. Šuplja je, podijeljena na nodije (koljenca) i internodije (međukoljenca). Visina stabljike kreće se od 50 cm do 6 m, a ovisi o području uzgoja (na sjeveru je stabljika niska, a na jugu visoka), tipu tla, agrotehnici i uvjetima uzgoja. Stabljika muških biljaka nešto je viša od stabljike ženskih biljaka. Od ukupne mase biljke, ona obuhvaća oko 65%. Debljina iznosi oko 6 - 8 mm, a sjemenska konoplja ima stabljiku debelu više centimetara (URL 27).

Na svakom nodiju (koljencu) nalaze se dva nasuprotna lista, sve do gornje trećine biljke, odakle se počinju odvajati da bi u predjelu cvata bili gusto postavljeni. Konoplja je dvodomna biljka, što znači da se muški cvjetovi nalaze na muškim, a ženski na ženskim biljkama. Cvjetovi su smješteni na vrhovima stabljike i bočnih grana, imaju dulje cvjetne peteljke, pa muške biljke imaju rahlije postavljene cvjetove u obliku grozda. Ženski cvjetovi nemaju peteljke, oni su sjedeći. Plod je dvokrilni orašac, okruglasto-jajolikog oblika, spljošten. Površina mu je glatka i sjajna, a boja tamno zelena, smeđezelena, srebrnasto-siva s crnom primjesom. Masa 1 000 sjemenki iznosi oko 20 g, a hektolitarska težina oko 50 kg (URL 27).

Vrste konoplje

Rod *Cannabis* ima dvije vrste:

1. *Cannabis sativa* – obična konoplja.
2. *Cannabis indica* – konoplja za proizvodnju hašiša.

U našim uvjetima uzgaja se obična konoplja koja se dijeli na europsku i istočno-azijsku. Podijeljena je prema geografskim tipovima koji su nastali pod utjecajem klimatskih uvjeta i tipa tla koji su mijenjali svojstva konoplje (URL 27).

Agroekološki uvjeti

Temperatura

Minimalna temperatura klijanja iznosi 1 – 2°C, a optimalna oko 30°C. Pri temperaturi oko 7 do 9°C sjeme puno brže niče. Optimalna temperatura za intezivan vegetativan rast iznosi oko 20°C. Konoplja može izdržati niske temperature do -4°C (URL 27).

Voda

Ima velike potrebe za vodom. Najviše vode zahtjeva u razdoblju od oblikovanja pupova do cvatnje, u konoplje za vlakno, a do zriobe u konoplje za sjeme (URL 27).

Svjetlost

Konoplja je biljka kratkog dana. Skraćivanjem dnevnog osvjetljenja ubrzava se razvoj biljke, smanjuje se njezina visina, a nastaju i promjene u građi i obliku lista. Pravilnom gustoćom sklopa i rasporedom biljaka osigurava se najbolje korištenje svjetlosti (URL 27).

Tlo

Najbolja tla za uzgoj konoplje su černozeми, aluvijalna tla i livadske crnice. Koliko konoplja reagira na kakvoću tla vidi se po tome da će ona u malom prostoru, ako je tlo heterogeno (neujednačeno), znatno varirati u visini i ukupnom razvoju, pa se konoplja uzima kao kultura koja je pokazatelj plodnosti tla (URL 27).

Agrotehnika

Plodored

Najbolje pretkulture za konoplju su okopavine gnojene stajskim gnojem (krumpir, šećerna repa), strne žitarice, kukuruz i zrnate mahunarke (URL 27).

Obrada tla

Konoplja je jara kultura, pa se za nju tlo obrađuje po sustavu obrade tla za jare kulture. Iza ranih pretkultura ore se strnište na oko 10 cm dubine, zatim se u prvoj polovici kolovoza izvodi ljetno oranje na dubinu oko 20 cm. Preporučljivo je ravnanje površine. U jesen se obavlja duboko oranje (do dubine 40 cm). Poslije kasnijih pretkultura, izvodi se pliće oranje poslije skidanja određene

kulture i u jesen duboko oranje. Na izlasku iz zime ili u rano proljeće, kad se tlo dovoljno prosuši drljačama se zatvara zimska brazda, a pred sjetvu sjetvospremačem priprema se tlo za sjetvu (URL 27).

Gnojdba

Na osrednje plodnim tlima gnojidbom treba dati 150 kg/ha dušika, 120 kg/ha fosfora i 120 kg/ha kalija. Prihrana se može izbjeći jer konoplja ima kraću vegetaciju, pa se sva hranjiva mogu aplicirati u dubokoj obradi i pretsjetvenoj pripremi tla. Tada se daje nešto više dušika u osnovnoj obradi, a ostatak u pripremo tla za sjetvu. Dobro je koristiti i ureu jer ona ima dugo djelovanje i ne ispire se (URL 27).

Sjetva

Sjeme konoplje ima za 20 – 30% slabiju klijavost u polju nego to pokazuju laboratorijske analize klijavosti sjemena. Zato za sjetvu treba koristiti kvalitetno doradeno i certificirano sjeme, a sjetvu obaviti pravodobno i u dobro pripremljeno tlo (URL 27).

Konoplja se sije u drugoj polovici ožujka i početkom travnja. Sije se sijačicama. Konoplja za vlakno sije se na međuredni razmak od 10 – 12 cm. Gustoća sklopa u sjetvi iznosi 250 – 300 klijavih zrna na 1 m² da bi se u žetvi ostvario sklop od oko 150 – 200 biljaka/1 m². Količina sjemena iznosi 60 – 70 kg/ha. Konoplja za proizvodnju sjemena sije se na međuredni razmak od oko 60 cm, a u redu oko 20 – 30 cm. Dubina sjetve iznosi 2 do 3 cm (URL 27).

Njega usjeva

Ako se formira pokorica, potrebno ju je suzbiti laganim ili rotacijskim drljačama. U konoplji za vlakno ne treba suzbijati korove jer ona brzo raste i guši ih. U proizvodnji konoplje za sjeme 2/3 muških biljaka treba odstraniti kada se raspoznaju (kad im se razviju cvjetovi), a sve se odstranjuju nakon oplodnje. Ako se obavlja prihrana, onda se s njom počinje kada je biljka u fazi tri para listova. Kultivacija se provodi pri uzgoju konoplje za sjeme i to nakon kiše, kada se tlo dovoljno prosuši (URL 27).

Žetva

Problem u žetvi predstavlja dvodomnost jer se muške i ženske biljke nejednolično razvijaju i sazrijevaju. Muške biljke ranije sazrijevaju, pa se u kombiniranom uzgoju prvo one žanju.

Sjemenska konoplja žanje se kada je najveći dio sjemena sazrio. Sjeme treba sušiti ispod 10% vode. Konoplja za vlakno žanje se nakon oplodnje (prva polovica kolovoza). Žetva se obavlja specijalnim kosilicama li bočnim kosama. Stabljika se mora prosušiti, zatim se kupe i vežu u snopove (20-ak cm u promjeru) i ostavljaju na zraku i suncu da se potpuno osuše, nakon čega se odvoze u tvornicu na preradu (URL 27).

Vlakno iz konoplje može se odvajati (URL 27):

1. Fizički – od drvenastog dijela stabljike odvaja se vodenom parom ili kipućom vodom.
2. Mehanički – lomljenje stabljika i odvajanje vlakana specijalnim strojevima.
3. Kemijski – vlakno se odvaja pomoću lužine i kiseline.
4. Biološki – (močenje ili maceracija) Zasniva se na razgradnji pektinskih tvari koje povezuju vlakno uz drvenasti dio stabljike, pomoću mikroorganizama.

Može se obavljati u rosi (rošenje) u tekućim ili stajaćim vodama ili u posebno uređenim bazenima, gdje se može kontrolirati temperatura vode (20 – 30°C) i procesi maceracije. Kada se stabljika potopi u vodu, bubre pektinske tvari, nastaju pukotine, pa voda prodire u njih i vlakna se odvajaju. Kad je postupak gotov, voda se ispušta, stabljika se pere i suši na zraku. Tako osušena stabljika na posebnim se strojevima prerađuje, odvaja se vlakno od drvenastog dijela, koji se u strojevima lomi i ispada (URL 27).

3.9. Nadzirana klasifikacija

Klasifikacija snimaka kao što samo ime kaže bavi se grupiranjem određenih dijelova snimke u određene kategorije te je bitan dio u području daljinskog istraživanja. U slučaju klasifikacije digitalnih snimaka klasifikacija se definira kao dodjeljivanje piksela klasama (Janeš, 2019).

Nadzirana klasifikacija se odnosi na klasifikaciju odrađenu pod nadzorom analitičara, a u ovom istraživanju je prikazana na slici 10. Definira se neformalno kao proces uzimanja uzoraka poznatog identiteta za klasifikaciju piksela nepoznatog identiteta (to jest, dodijeliti neklasificirane piksele u jednu od informacijskih klasa). Uzorci poznatog identiteta su oni pikseli koji se nalaze unutar takozvanih područja za obuku (engl. *training sets*). Analitičar definira područja za obuku tako što identificira regije na snimci koje se mogu jasno parirati sa područjima poznatog identiteta na snimci. Takva područja bi trebala definirati spektralne karakteristike one kategorije koju reprezentiraju te ujedno biti homogene u odnosu na informacijsku kategoriju koja se u tom trenutku klasificira. Područja za obuku ne bi smjela sadržavati neuobičajene regije niti bi trebala

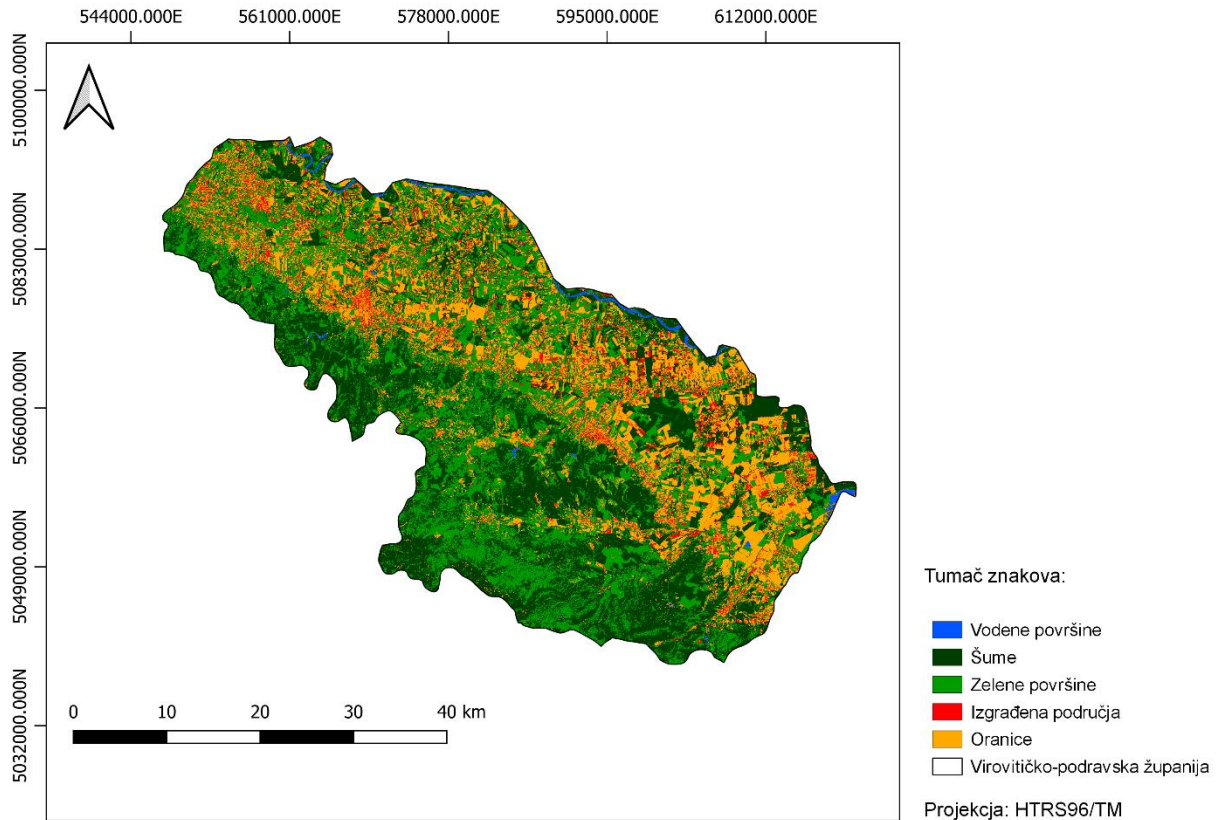
zaobilaziti granice među kategorijama. Veličina, oblik i pozicija moraju ići u korist prikladnoj identifikaciji. Pikseli koji se nalaze unutar tih područja stvaraju uzorke za obuku (engl. *training samples*) korištene za vođenje klasifikacijskog algoritma kako bi dodijelio specifične spektralne vrijednosti odgovarajućim informacijskim klasama. Očigledno je da je odabir podataka za obuku bitan korak u nadziranoj klasifikaciji. Područja za obuku, svako sastavljeno od velike količine piksela, uzorkuju spektralne karakteristike informacijskih kategorija (Janeš, 2019).

Putem dodatka *Semi-Automatic Classification* u programu QGIS 3.18.2 provedena je nadzirana klasifikacija za potrebe istraživanja. Primijenjen je već prethodno opisan postupak. Putem portala *Earth Explorer* (URL 7) preuzete su Sentinel-2 satelitske snimke koje su potom izrezane na područje od interesa, odnosno županiju. Kreiran je jedan jedinstveni set podataka, odnosno *Training set* s reprezentativnim uzorcima za pojedine makroklase.

Makroklase u ovom istraživanju su:

- Vodene površine; obuhvaća uzorke jezera, rijeke, ribnjaka i sl.
- Šume; obuhvaća površine pod šumom u županiji
- Zelene površine; obuhvaća uzorke livade, pašnjake, parkove i sl.
- Izgrađena područja; obuhvaća uzorke naseljenih mjesta, cesta i sl.
- Oranice; obuhvaćaju uzorke iz poljoprivrednih površina

Dakle, uzeti su uzorci koji predstavljaju pojedinu klasu unutar makroklasa, a zatim je izvedena klasifikacija prema identifikatoru pojedine makroklase pomoću algoritma *Minimum Distance to Means* koji računa euklidsku udaljenost između spektralnih potpisa slikovnih piksela. *Minimum Distance to Means* klasifikacija svaki piksel unutar slike pridružuje klasi kojoj je najbliži.



Slika 10. Prikaz korištenja zemljišta Virovitičko-podavske županije

3.10. Indeks zdravlja vegetacije

Vegetacijski indeks normalizirane razlike (NDVI) najkorišteniji je indikator za otkrivanje promjena u biljnom pokrovu. Predstavlja omjer između razlike i zbroja bliskog infracrvenog dijela spektra i crvenog dijela spektra. Mjerenje refleksije u bliskom infracrvenom i crvenom vidljivom dijelu spektra veoma je precizan mehanizam za određivanje zdravlja vegetacije. Pomoću toga indeksa mogu se pratiti sezonske i višegodišnje vegetacijske promjene (Vela i dr., 2017). Izraz po kojem se računa NDVI iz refleksije svjetlosti u vidljivom i bliskoinfracrvenom spektru glasi:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (3)$$

gdje su: NIR – dio spektra $\lambda \approx 0,8 \mu m$, RED – dio spektra $\lambda \approx 0,6 \mu m$.

Vrijednosti su NDVI-ja između minus jedan (-1) i plus jedan (+1). Nula je područje gologa tla i kamena, međutim u praksi gotovo nikada ne susrećemo vrijednost 0. Negativne vrijednosti

predstavljaju vodu, snijeg i oblake, a vrijednosti blizu jedan (0,8 – 0,9 μm) upućuju na to da je riječ o vegetaciji velike gustoće (Vela i dr., 2017).

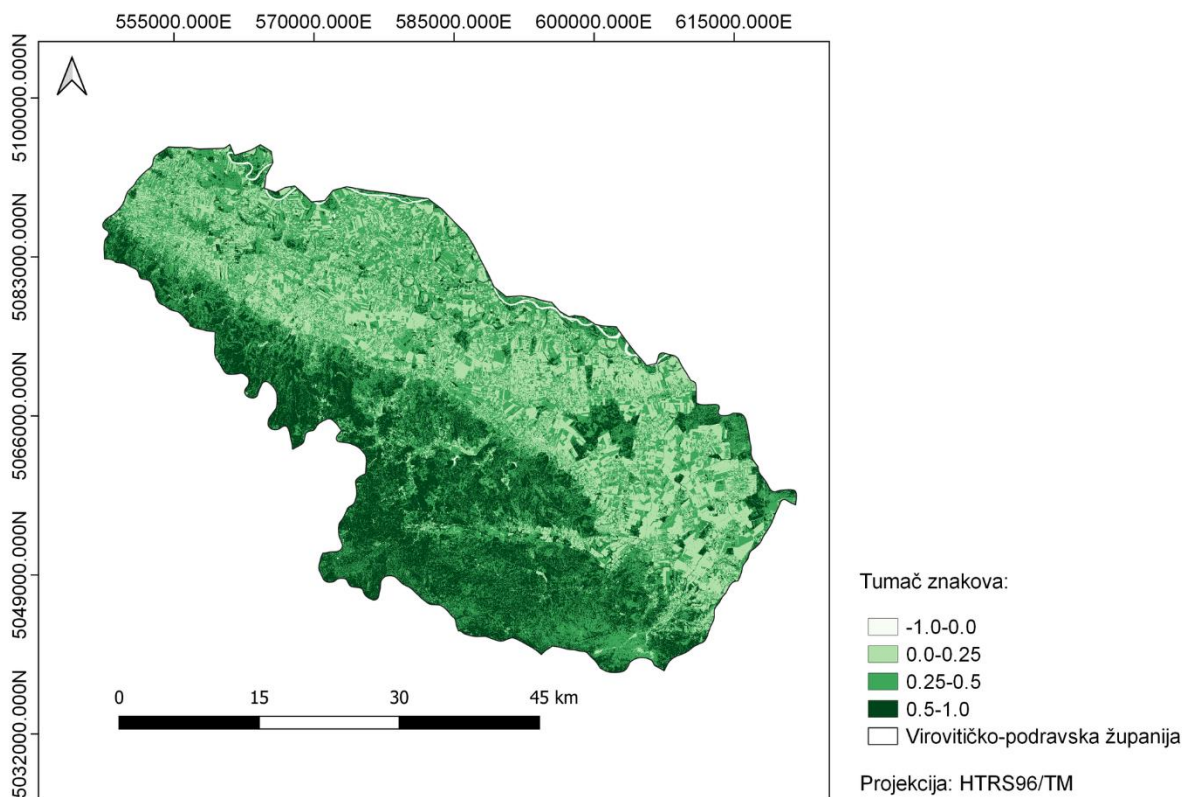
Za potrebe istraživanja NDVI je izračunat pomoću softvera QGIS i preuzetih *Sentinel-2* snimaka.

Dakle, vegetacijski indeksi ponajprije služe kao grafički indikator procjene aktivnosti vegetacije na promatranom području. Vegetacijski indeksi na području s vegetacijom pokazuju veće vrijednosti piksela nego na područjima bez nje. Zahvaljujući karakterističnom spektralnom potpisu biljaka moguće je dobiti vegetacijski indeks kombinacijom snimki iz više različitih spektralnih područja. Klorofil u biljkama jako apsorbira valne duljine u crvenom i plavom dijelu spektra, a odbija zeleno svjetlo (URL 28).

Na formiranje bilo kojega vegetacijskog indeksa utječu sljedeći parametri: mjera elektromagnetskog zračenja vegetacije, količina zelenog prekrivača, količina klorofila u biljci, količina biomase, upijanje fotosintetičke aktivnosti radijacije (URL 28).

Područja zdrave vegetacije u infracrvenome dijelu izgledati će jako crveno budući da je unutarnje ustrojstvo listova takvo da odbijaju veliku količinu zelenog, a apsorbiraju crveno i plavo zračenje, no jako dobro reflektiraju i infracrveno zračenje te ukoliko bi naše oči bile osjetljive na infracrveno zračenje vidjeli bismo zdravu vegetaciju jako svijetlo.

Izračunati NDVI je prikazan na slici 11, gdje su područja zdrave vegetacije obojana zelenije i tamnije, a područja nezdrave vegetacije svjetlijim bojama. U cilju izrade prikaza ispod primijenjena je naredba *Reclassify by table* u softveru QGIS 3.18.2.

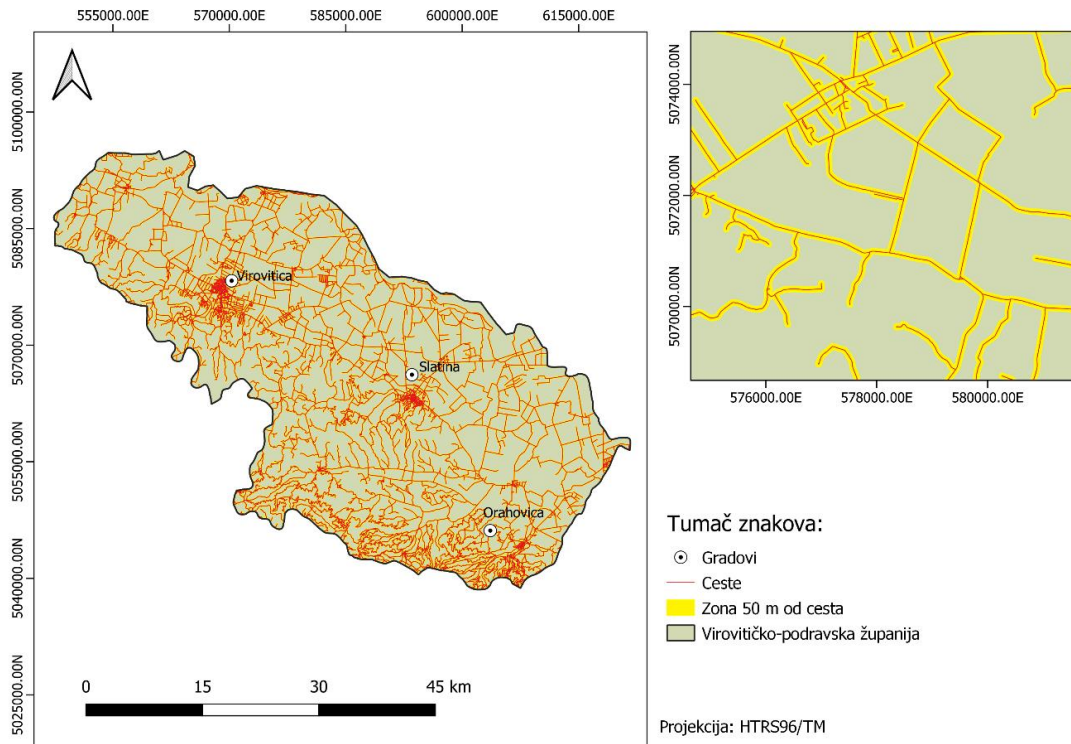


Slika 11. Vegetacijski indeks normalizirane razlike za područje od interesa

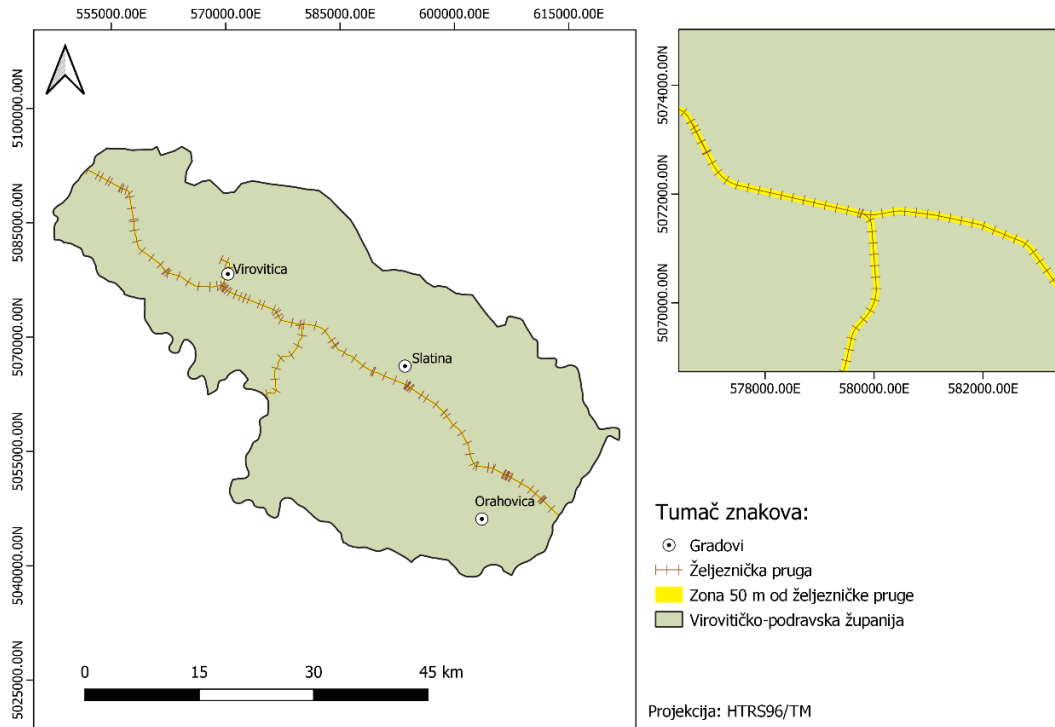
3.11. Ograničavajući faktori

U svrhu pronalaska najpogodnijeg zemljišta unutar županije, za ograničavajuće faktore odabrani su udaljenost od prometnica, odnosno cesta i željezničke pruge, udaljenost od zagađivača poput tvornica, industrijskih postrojenja, odlagališta i sl. Prema Pravilniku o ekološkoj proizvodnji u uzgoju bilja i u proizvodnji biljnih proizvoda (URL 29) navedeno je kako proizvodna jedinica za navedenu svrhu treba biti udaljena 50 m od prometnice na kojoj je prometno opterećenje više od 100 vozila/sat ili 10 vozila u minuti, odnosno udaljena najmanje 20 m, ako je odvojena živom ili drugom ogradom visine najmanje 1,5 m (URL 29). Vektorski podaci o prometnicama, odnosno ceste i željezničke pruge su preuzete s portala *Geofabrik* (URL 6) u WGS84 koordinatnom sustavu za područje cijele Republike Hrvatske, te su unutar QGIS programa prvo transformirani u odgovarajuću HTRS96/TM projekciju te je potom napravljen presjek s administrativnim granicama županije kako bi se dobile prometnice i željeznice samo unutar područja od interesa kao što prikazuju slika 12 i slika 13. Na navedenim slojevima, prema prethodno navedenim

odredbama Pravilnika, napravljena je zona obuhvata od 50 m kako bi se definiralo područje koje treba izuzeti iz odabira pogodnog zemljišta.



Slika 12. Prikaz cesta u Virovitičko-podravskoj županiji i nepogodne zone za uzgoj



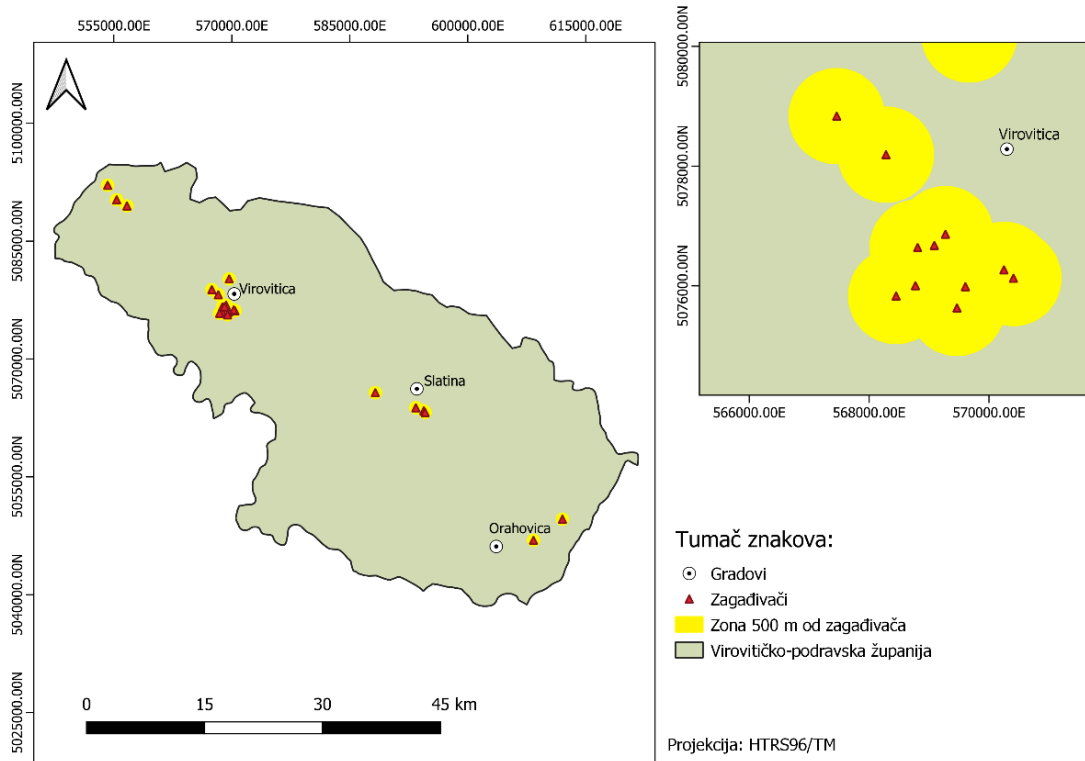
Slika 13. Prikaz željezničke pruge u Virovitičko-podravskoj županiji i nepogodne zone za uzgoj

Iako zakonom nije definirano kolika mora biti udaljenost parcele od zagađivača koji bi narušavali kvalitetu ljekovitog bilja, prema člancima Gospodarskog lista (URL 30) navodi se kako zemljište mora biti udaljena 100-500 m od takvih izvora. Na temelju Izvješća o kakvoći zraka na području Virovitičko-podravske županije (URL 31) prema značajnijoj količini opasnih plinova i tvari koje se nalaze u okolnom području, kao potencijalni zagađivači odabrani su:

- Odlagalište Bajer – FLORA VTC d.o.o.
- RS METALI D.D. PLANT RAPID
- HRVATSKI DUHANI d.d. Virovitica
- Silosi Vtc d.o.o.
- Tvin d.o.o. Virovitica
- VIRO TVORNICA ŠEĆERA d.d.
- SPECTRA MEDIA d.o.o
- Biomasa d.o.o.
- CHPC power plant 5MWe project loaction

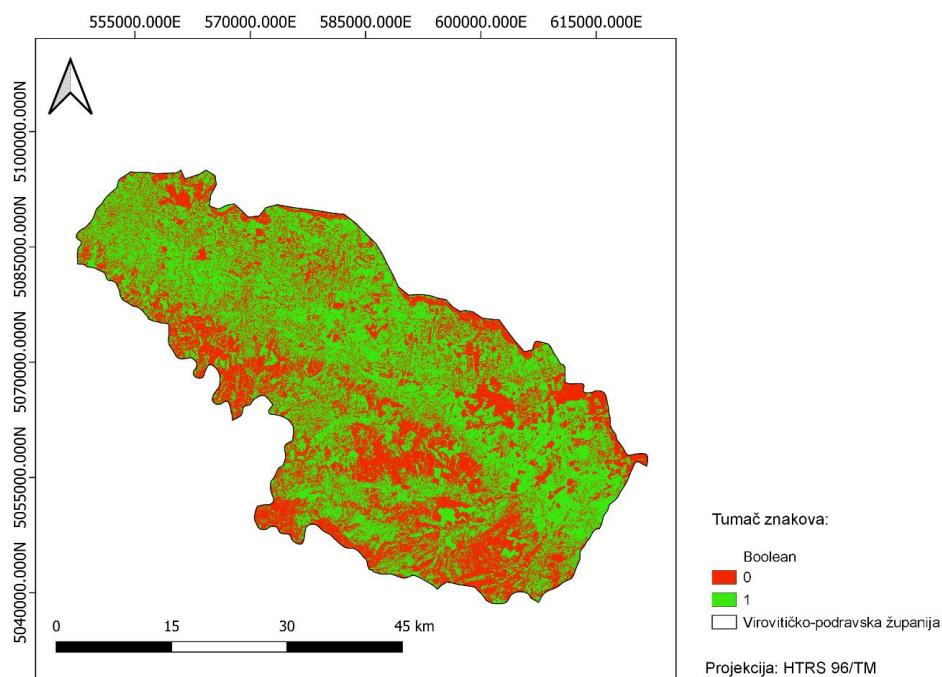
- Agroduhan d.o.o. Slatina
- Aluferit građenje d.o.o. Kladare
- Ciglana IGM d.o.o. Slatina
- KIO Keramika d.o.o. Orahovica
- Opća bolnica Virovitica
- HEP-ODO d.o.o. Elektra Virovitica Pogon Slatina
- HEP-ODO d.o.o. Elektra Virovitica Pogon Virovitica
- Marinada d.o.o. Slatina
- PP Orahovica d.d. Orahovica RJ Svinjogojstvo Zdenci
- Virkom d.o.o. Virovitica Kotlovnica Slavonija
- Trgocentar d.d. Virovitica
- Spider grupa d.o.o. Pitomača
- Plinkom d.o.o. Pitomača

Lokacije navedenih zagađivača naznačene su simbolima na slici 14, a koje su određene uz pomoć digitalnog ortofota (DOF5) spajanjem putem WMS-a na *Geoportal DGU*-a (URL 32) koji je korišten kao podloga kako bi se približno mogao odrediti položaj i ucrtati na prikazu. Jasno je vidljivo kako se najviše zagađivača nalazi upravo u samom gradu Virovitici. Oko navedenih lokacija također je određena zona obuhvata, u ovom slučaju od 1000 m kako bi se jasno naznačilo područje koje treba izuzeti iz navedenog odabira.



Slika 14. Prikaz zagađivača u Virovitičko-podravskoj županiji i nepogodne zone za uzgoj

Kao što je već navedeno ograničavajući faktori predstavljaju područja na kojima nije moguće koristiti zemljište u svrhu poljoprivredne proizvodnje. Oni su, osim na gore navedeni način, generirani na temelju nadzirane klasifikacije satelitskih snimaka *Sentinel 2* preuzetih putem portala *Earth Explorer* (URL 7). Ograničavajući faktori imaju težinski koeficijent 0 u modelu pogodnosti, odnosno izrađeni su na principu Boolean pristupa (Slika 15). Boolean pristup temelji se na binarnom sustavu, što znači da vrijednosti mogu biti 0 ili 1. Vrijednosti 0 označavaju sve one površine na kojima ne može doći do uzgoja industrijske konoplje (ograničavajući faktori), a vrijednosti 1 predstavljaju površine na kojima je moguć uzgoj.



Slika 15. Karta ograničavajućih faktora (Boolean pristup)

3.12. Određivanje kriterija za izradu modela pogodnosti

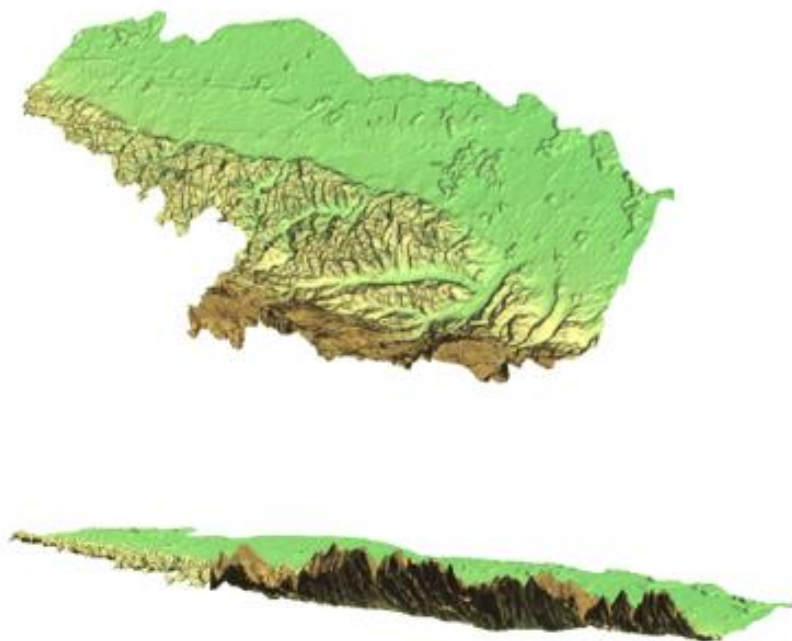
Kako bi se mogao izraditi model pogodnosti poljoprivrednog zemljišta, potrebno je odrediti kriterije koji će se vrednovati i ograničenja koja omogućuju ili onemogućuju neku pojavu. Kriteriji čine kvantificirane vrijednosti koje pozitivno ili negativno utječu na pogodnost neke pojave, u ovom smislu na model pogodnosti poljoprivrednog zemljišta za uzgoj industrijske konoplje. Kriteriji su podijeljeni u tri skupine: geomorfometrijsku, pedološku i agroekološku. Izabrani su na osnovi proučene literature te njihove dostupnosti i mogućnostima obrade u QGIS softveru, a prikazani su u tablici 32.

Tablica 32. Kriteriji za izradu modela

	Kriteriji	Izvor	Mjerna jedinica	Izvor
Geomorfometrijski kriteriji	Nadmorska visina	DMR	m	URL 2
	Nagib	DMR	%	URL 2
	Ekspozicija	DMR	strana svijeta	URL 2
Pedološki kriteriji	Tip tla	PK 100	klasa	URL 33
Agroekološki kriteriji	Temperatura	WorldClim	°C	URL 5
	Oborine	WorldClim	mm	URL 5

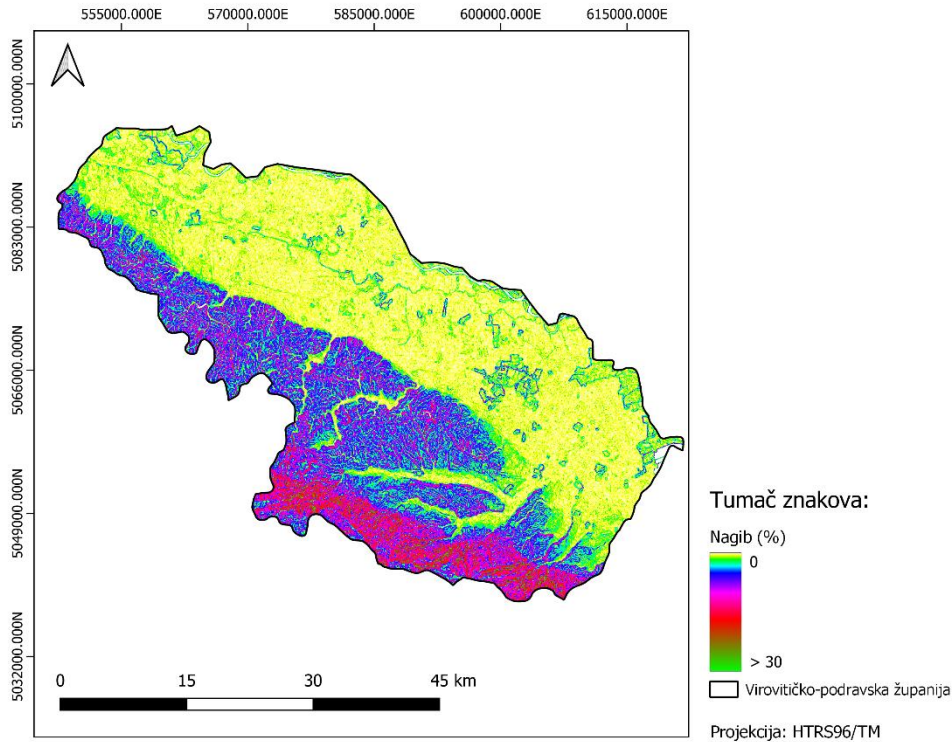
3.12.1. Geomorfometrijski kriteriji

Geomorfometrijski kriteriji su nadmorska visina, nagib i ekspozicija terena koji su izrađeni na osnovi preuzetog digitalnog modela reljefa sa internetske stranice *Copernicus* (URL 2). Nadmorska visina je manje relevantan kriterij u usporedbi s nagibom i ekspozicijom terena, ali s obzirom na to da dolazi do promjena u temperaturi s porastom visine, uzima se u obzir. Za potrebe navedenog istraživanja izrađen je 3D prikaz reljefa navedene županije pomoću GRASS GIS 7.6.1 softvera, a prikazan je na slici 16.



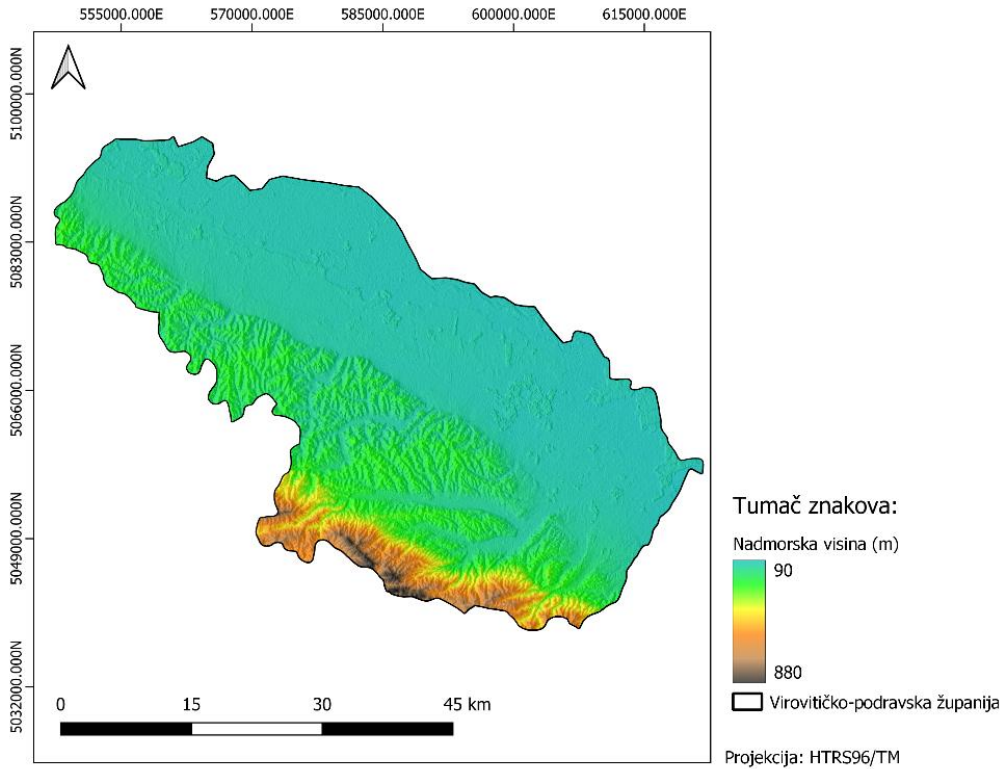
Slika 16. 3D prikaz reljefa Virovitičko-podravske županije

Nagib terena je bitan kriterij zbog toga što uvjetuje dubinu zemljišta, stupanj erozije, zadržavanje vode i drugo (Akinci, 2013). Nagib terena generiran je iz DMR-a naredbom *r.slope.aspect* u GRASS GIS 7.6.1. softveru, pri čemu je kao rezultat dobiven nagib terena u postocima (Slika 17). Virovitičko - podravska županija je na svome sjevernome dijelu relativno zaravnjena, većina tog prostora je prikazana žutom bojom, a izraženiji nagib nalazi se na južnom i jugoistočnom dijelu županije, na prostoru padina Bilogore, Papuka i Krndije. U cijeloj županiji najveći nagib iznosi 38%.



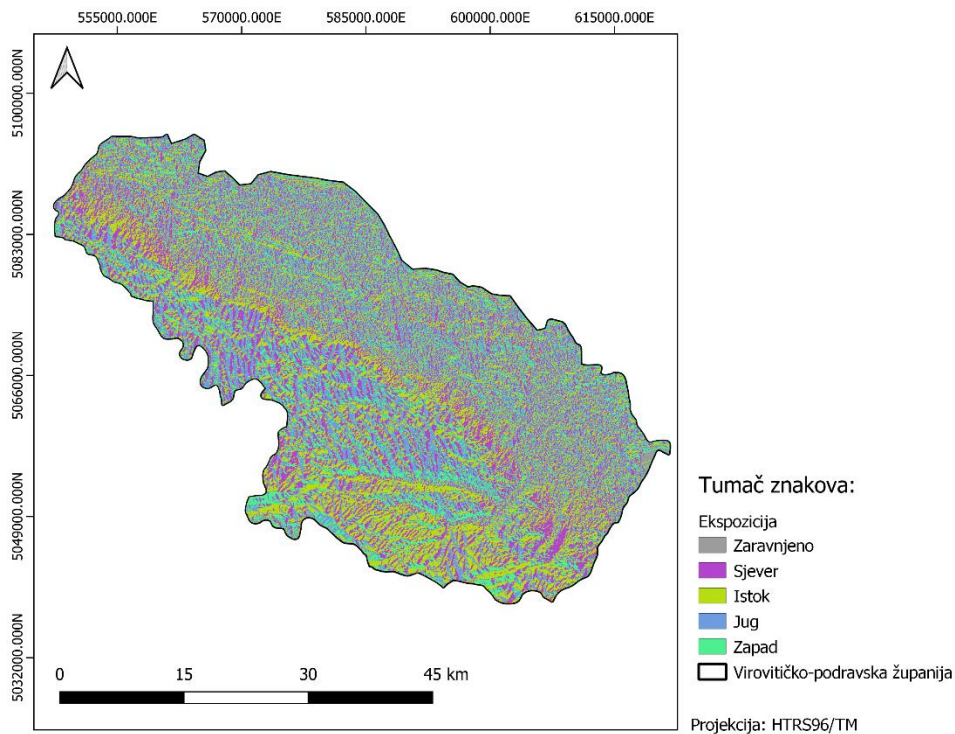
Slika 17. Prikaz nagiba Virovitičko-podravske županije u %

Prostor Virovitičko-podravske županije je vertikalno slabo raščlanjen s minimalnim vrijednostima visina od 90 metara i maksimalnim vrijednostima od 880 metara kao što je prikazano na slici 18. S obzirom na to da je granična vrijednost prve klase pogodnosti zemljišta na 1500 metara (Tablica 34), očito je da je nadmorska visina manje relevantan kriterij.



Slika 18. Prikaz nadmorske visine s reljefom Virovitičko-podavske županije u m

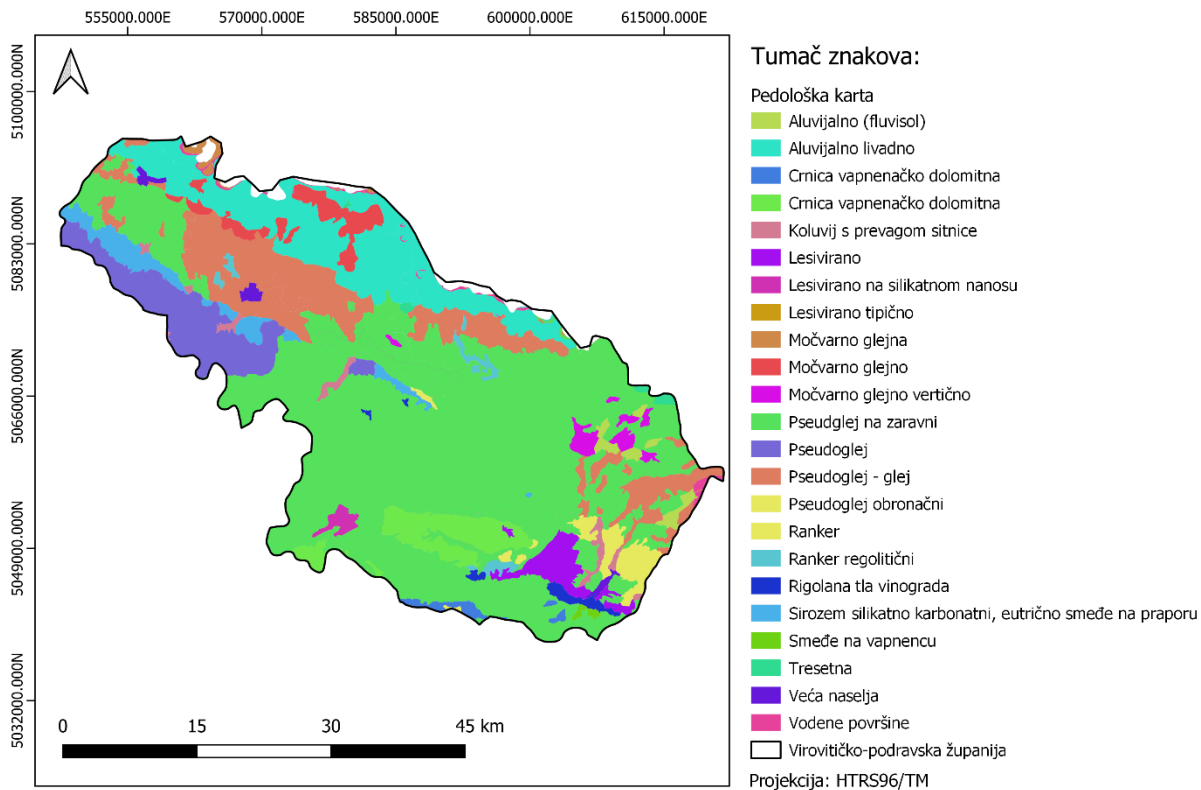
Ekspozicija predstavlja stranu svijeta na koju je okrenuta određena ploha, a prikazana je na slici 19 za Virovitičko-podavska županiju. Kako je svim biljkama potrebno sunce za rast i razvoj, generalno gledano, južna ekspozicija je favorizirana jer predstavlja prisojnu stranu padina (Akinci, 2013). Kriterij ekspozicije generiran je na temelju preuzetog DMR-a naredbom *r.slope.aspect* u GRASS GIS 7.6.1. softveru.



Slika 19. Prikaz ekspozicije terena Virovitičko-podravske županije

3.12.2. Pedološki kriteriji

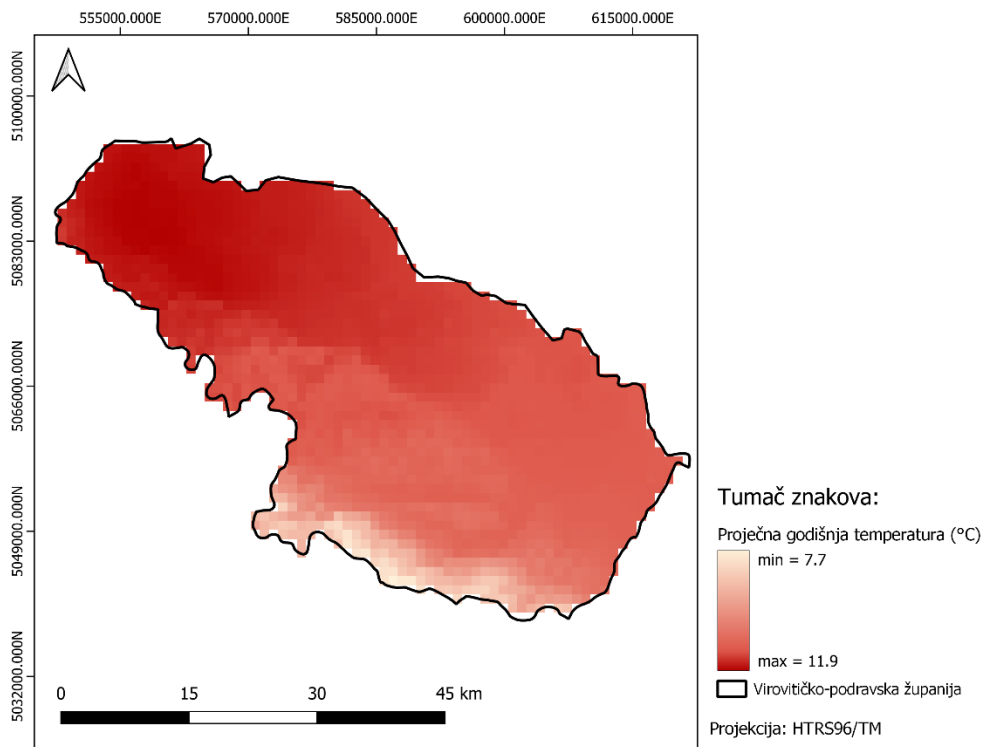
Pedološki kriteriji su najvažniji kriteriji za izradu modela pogodnosti, a za potrebe ovog istraživanja kao predstavnik pedoloških kriterija odabran je tip tla, odnosno podatak do kojega se moglo doći putem internetske stranice *Pedologija i zemljišni resursi* (URL 33). Tipovi tla prethodno navedeni i opisani u ovom istraživanju, u pravilu, su tipovi tla koji prevladavaju na području Virovitičko-podravske županije uz neke iznimke. Kriterij tipa tla izvezen je iz pedološke karte Republike Hrvatske alatom *Clip* na područje županije gdje je izdvojeno 38 različita tipova tla (Slika 20). Najveću površinu tla zauzimaju močvarno glejna, lesivirana na praporu i aluvijalna tla.



Slika 20. Prikaz tipova tla u Virovitičko-podravskoj županiji

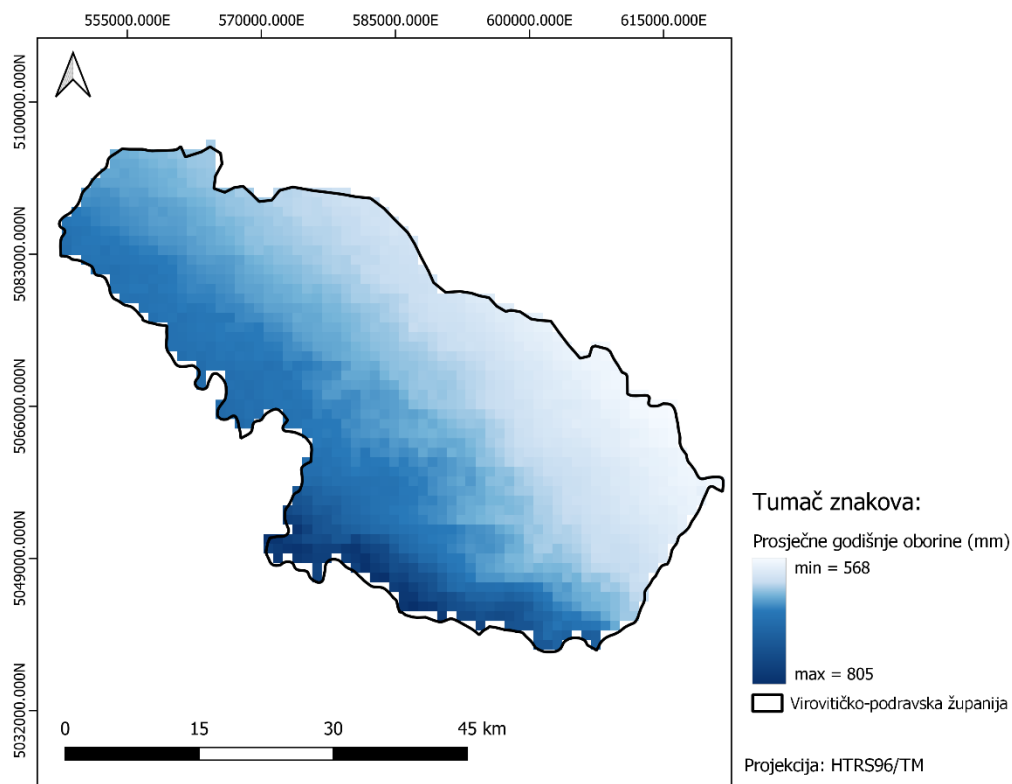
3.12.3. Agroekološki kriteriji

Agroekološki kriteriji koji su odabrani kao kriteriji za izradu modela pogodnosti za potrebe ovog istraživanja su temperatura i oborine. Na temelju srednjih mjesečnih temperatura za prostor Virovitičko-podravске županije korištenjem *Raster calculator-a* u *QGIS* softveru generiran je podatak prosječne godišnje temperature županije. Prosječna godišnja temperatura se kretala od 7,7 °C pa sve do 11,9 °C (Slika 21) iz čega se može zaključiti da su temperature optimalne za uzgoj industrijske konoplje jer pri temperaturi oko 7 do 9 °C sjeme puno brže niče. Optimalna temperatura za intenzivan vegetativan rast iznosi oko 20 °C, ali konoplja može izdržati niske temperature do -4 °C (URL 27).



Slika 21. Prikaz prosječnih godišnjih temperatura u Virovitičko-podravskoj županiji

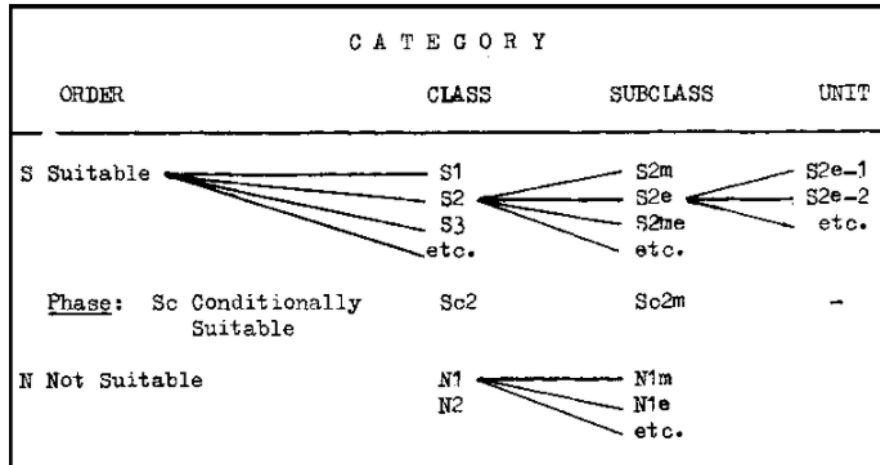
Kriterij oborine generiran je na isti način kao kriterij temperature: alatom *Raster calculator* zbrojene su sve mjesečne količine oborina i podijeljene s 12. Oborine su zonalno raspoređene, od juga prema sjeveru, minimalne vrijednosti 568 mm/god, maksimalne vrijednosti 805 mm/god te su ravnomjerno raspoređene kroz godinu, bez većih odstupanja (Slika 22). Iz toga se zaključuje. Iz toga se zaključuje kako je prostor navedene županije po kriteriju oborina većim dijelom u prvoj, a manjim dijelom u drugoj kategoriji pogodnosti (Tablica 34).



Slika 22. Prikaz prosječnih godišnjih oborina na području Virovitičko-podravske županije

3.13. FAO klase pogodnosti

Pogodnost nekog zemljišta označava stupanj njegove prikladnosti za korištenje u određenu svrhu (URL 34). Postupak klasifikacije zemljišta prikladan je za ocjenjivanje i grupiranje određenih zemljišta prema njihovoj prikladnosti za definiranu uporabu. Te klase izražuju se s obzirom na način korištenja zemljišta za određeno područje. Na primjer, u određenom području za koje se smatra da je moguća poljoprivredna, stočarska ili šumarska namjena postoji zasebna klasifikacija (FAO, 1976). Unutar klasifikacije postoje dva reda, S i N. S-red predstavlja red pogodnih klasa koje označavaju zemljišta čija trajna uporaba dovodi do uroda koji opravdava input bez neprihvatljivog rizika od oštećenja zemljišnih resursa (URL 34) (Slika 23). Red N predstavlja klase zemljišta koja nemaju dovoljnu kvalitetu kako bi omogućile održivu uporabu nekog zemljišta (URL 34). Zemljišta se mogu klasificirati kao nepogodna (N-red) ako uporaba nekog zemljišta nije tehnički izvediva (npr. navodnjavanje strmih stjenovitih zemljišta) ili ako će prouzrokovati ozbiljniju degradaciju okoliša (URL 34).



Slika 23. FAO klasifikacija pogodnosti zemljišta (URL 34)

Redovi S i N se dalje granaju na klase (Tablica 33). Klasa S1 (vrlo pogodno) predstavlja zemljišta koja nemaju značajna ograničenja za trajnu uporabu ili imaju samo manja ograničenja koja neće u većoj mjeri smanjiti produktivnost (URL 34). Klasa S2 (umjereno pogodno) predstavlja zemljišta čija su ograničenja umjerena za trajnu uporabu, ograničenja koja će smanjiti produktivnost i povećati potrebe inputa u tolikoj mjeri da će biti dovoljno atraktivna, ali znatno inferiornija u odnosu na klasu S1 (URL 34). Klasa S3 (marginalno pogodno) predstavlja zemljišta s ograničenjima koja su u cjelini ozbiljna za trajnu uporabu i time smanjuju produktivnost i povećavaju inpute za uporabu te je tako korist zemljišta neznatno opravdana (URL 34). U ovoj klasifikaciji, ulazi i korist trebaju se iskazati u mjerljivim crtama. Različite varijable u različitim okolnostima mogu jasnije izraziti stupanj pogodnosti neke klase, npr. raspon očekivanog neto prinosa po jedinici površine i dr. Taj stupanj pogodnosti klase određen je odnosom inputa i koristi namjene nekog zemljišta. Koristi se sastoje od dobara kao što su usjevi, stočni proizvodi, drvo, usluge, rekreacijski sadržaji itd. Inputi potrebni za postizanjem te koristi su kapital, ulaganja, radna snaga, gnojivo itd. (URL 34). Stoga se neko zemljište može svrstati u klasu S1 (visoko pogodno) jer su vrijednosti proizvedenog znatno veće nego troškovi uzgoja. Klasa N1 (trenutno nepogodno) predstavlja zemljište koje ima ograničenja koja mogu biti vremenski premostiva, ali koja se trenutnom tehnologijom i neprihvatljivim cijenama ne mogu otkloniti, ograničenja koja onemogućavaju uspješnu održivu uporabu nekog zemljišta (URL 34). Klasa N2 (trajno nepogodna) predstavlja zemljište s ograničenjem u tolikoj mjeri da onemogućavaju bilo kakvu mogućnost korištenja zemljišta na održivi način, najčešće fizička i trajna ograničenja (URL 34).

Nadalje, u FAO klasifikaciji klase se mogu dalje dijeliti na potklase, a potklase na jedinice, no za potrebe ovog istraživanja to nije bilo potrebno.

Tablica 33. Klase pogodnosti poljoprivrednog zemljišta (FAO, 1976)

Klasa pogodnosti	Opis klase
S1 - vrlo pogodna	Zemljište nema bitna ograničenja za trajnu uporabu
S2 - umjereno pogodna	Zemljište ima ograničenja koja su umjereno ozbiljna za trajnu uporabu jer će u manjoj smanjiti produktivnost
S3 - marginalno pogodna	Zemljište ima ograničenja koja su značajno ozbiljna za trajnu uporabu jer će značajno smanjiti produktivnost
N1 - trenutno nepogodna	Zemljište ima bitna ograničenja koja mogu biti otklonjena, ali su ozbiljna i onemogućuju uspješno i održivo korištenje zemljišta
N2 - trajno nepogodna	Zemljište ima ograničenja koja su toliko ozbiljna da sprečavaju bilo kakve mogućnosti za uspješno i održivo korištenje zemljišta

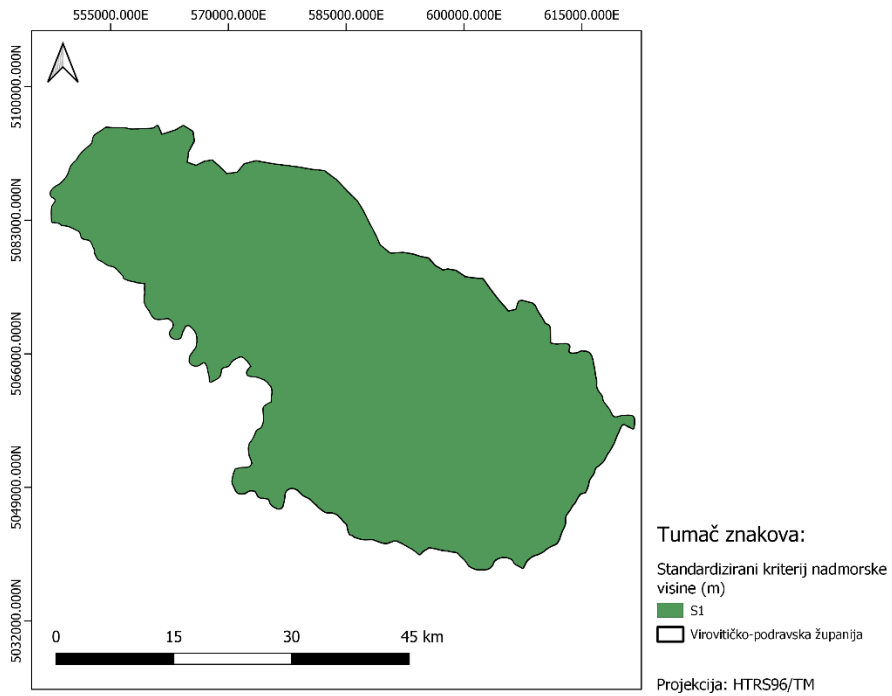
Tablica 34. Raspon pogodnosti po klasama (Yohannes i Soromessa, 2018; Sys i dr., 1991; Sys i dr., 1993; Ennaji i dr., 2018; FAO, 1976; Husnjak i Bensa, 2018; Bogunović i dr., 1997)

	Kriteriji/Razina pogodnosti	S1	S2	S3	N1	N2
Geomorfometrijski kriteriji	Nadmorska visina (m)	0 - 1500	1500 - 3300	2300 - 3300	3300 – 4500	> 4500
	Nagib (%)	0 - 8	8 - 16	16 - 24	24 – 30	> 30
	Ekspozicija	Jug	Istok	Zapad	Sjever	-
Pedološki kriteriji	Tip tla	Aluvijalna, Aluvijalno livado, Aluvijalno (fluvisol), Aluvijalno plavljeno, Eutrično smeđe na praporu, Tresetna	Koluvij s prevagom sitnice, Lesivirano tipično, Lesivirano,	Pseudoglej na zaravni, Pseudoglej obronačni, Kiselo smeđe, Lesivirano na praporu, Pseudoglej, Ranker regolitični, Ranker, Rigolana tla vinograda	Močvarno glejno, Pseudoglej – glej,	Močvarno glejno vertično, Smeđe na vapnencu, Crnica vapnenačko dolomitna
Agroekološki kriteriji	Temperatura (°C)	10 - 12	6 - 8; 12 - 18	4 - 6; 18 - 24	2 - 4; 24 - 28	< 2; > 28
	Oborine (mm)	400 - 650	300 – 400; 650 - 900	200 - 300; 900 - 1300	150 – 200; 1300 - 1500	< 150; > 1500

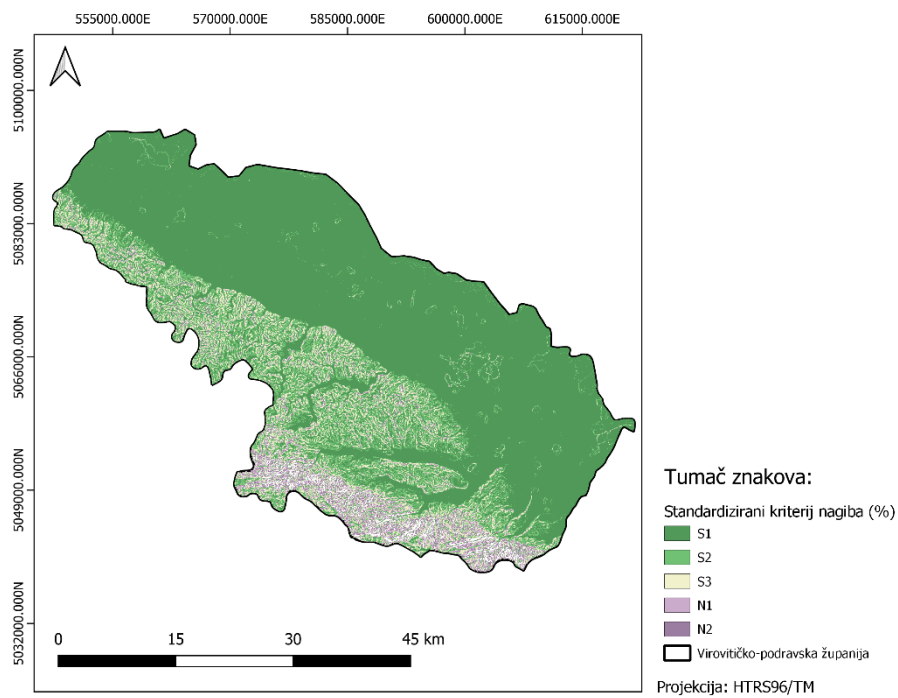
3.14. Standardiziranje kriterija

Nakon što su određeni kriteriji i prikupljeni podaci, sve je potrebno standardizirati na jednake vrijednosti kako bi se ti podaci mogli uspoređivati (Malczewski i Rinner, 2015) i koristiti u izradi modela nakon što im se odrede težinski koeficijenti. Stupanj pogodnosti zemljišta izrađen je na temelju FAO-ve klasifikacije poljoprivrednog zemljišta koja obuhvaća pet klasa pogodnosti: S1, S2, S3, N1 i N2 (FAO, 1976). FAO preporučuje pristup ocjenjivanju pogodnosti zemljišta za usjeve u smislu ocjena pogodnosti unutar pet klasa koje su dobivene na temelju agroekoloških, geomorfometrijskih i pedoloških svojstava tla za usjeve. Na temelju te klasifikacije, izvršena je standardizacija kriterija od jedan do pet naredbom *Reclassify by table* u programu QGIS 3.18.2 i GRASS GIS 7.6.1. gdje svaka klasa predstavlja pripadajuću FAO-vu klasu pogodnosti poljoprivrednog zemljišta. Svaka klasa ima svoj raspon vrijednosti (Tablica 34) i prema tome su određene vrijednosti kriterija pridodane FAO klasama.

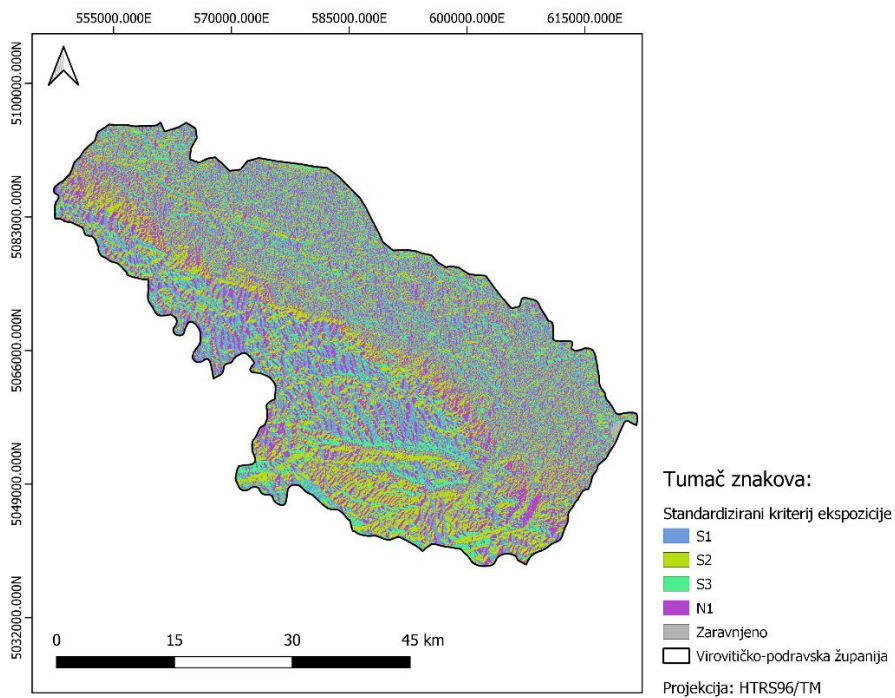
Vrijednosti kriterija nadmorske visine kreću se od 90 do 880 metara. S obzirom na to da je za standardizaciju kriterija korištena FAO-va klasifikacija, kriterij nadmorske visine, za cijeli prostor županije svrstan je u klasu S1 (Slika 24). Vrijednosti kriterija nagiba kreću se od 0 do 38%, stoga je nagib standardiziran u pet klasa (Slika 25). Prva klasa je najzastupljenija, a njene vrijednosti kreću se od 0 do 8% nagiba terena što predstavlja najpogodnije vrijednosti nagiba (Sys i dr., 1993). Veći nagibi javljaju se u brdskim i gorskim prostorima, na južnoj i jugoistočnoj strani županije. Vrijednosti kriterija ekspozicije padine kreću se od -1 do 360°, gdje vrijednosti od -1 do 0° predstavljaju zaravnjene plohe (vodene površine), a od 0 do 360° predstavljaju strane svijeta. Klasifikacija je provedena na način da su padine od 0 do 45° te od 315 do 360° klasificirane kao sjever, od 45 do 135° kao istok, od 135 do 225° kao jug i od 225 do 315° kao zapad. Dakle, ekspozicija je standardizirana u četiri klase koje predstavljaju glavne strane svijeta (jug, istok, zapad i sjever) (Slika 26). Kao što je već navedeno, južna strana padine je prisojna, stoga je pogodnija za biljni uzgoj (Mustafa i dr., 2011).



Slika 24. Standardizirani kriterij nadmorske visine

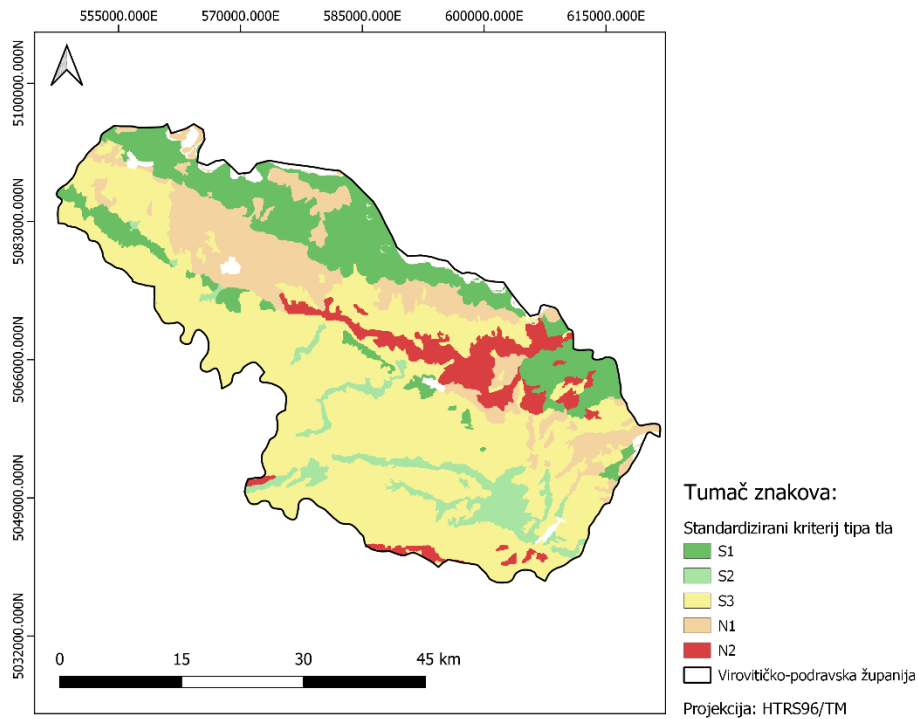


Slika 25. Standardizirani kriterij nagiba terena



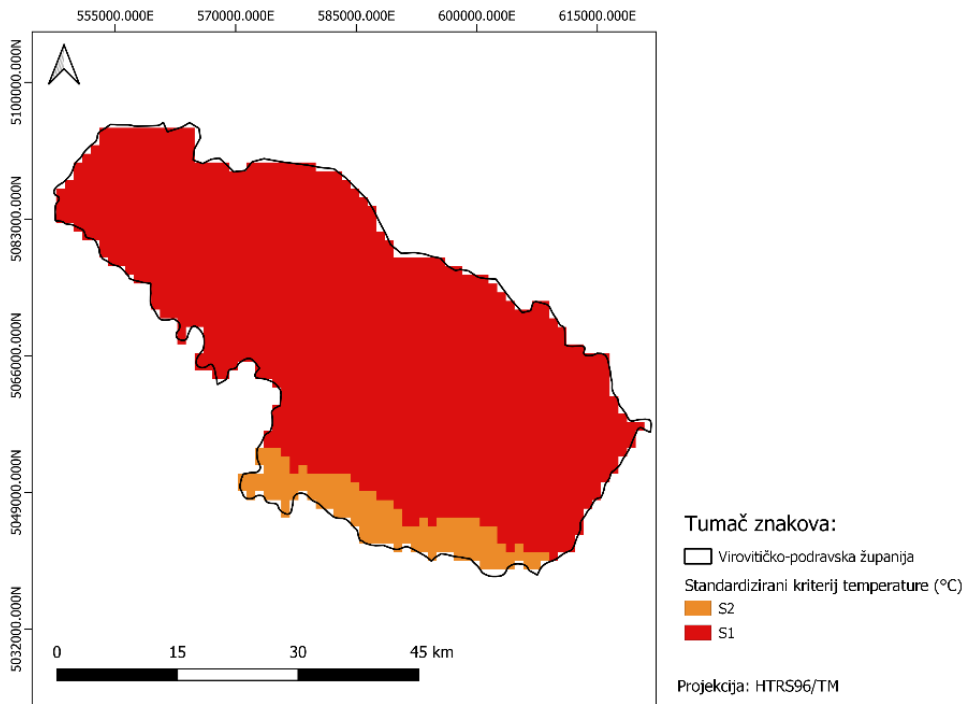
Slika 26. Standardizirani kriterij ekspozicije terena

Kriterij tip tla sadrži 38 različitih vrsta tla. Prema literaturi, tipovi tla su svrstani u pet klasa koje predstavljaju FAO-ve klase pogodnosti poljoprivrednog zemljišta te su na temelju toga standardizirani (Slika 27).

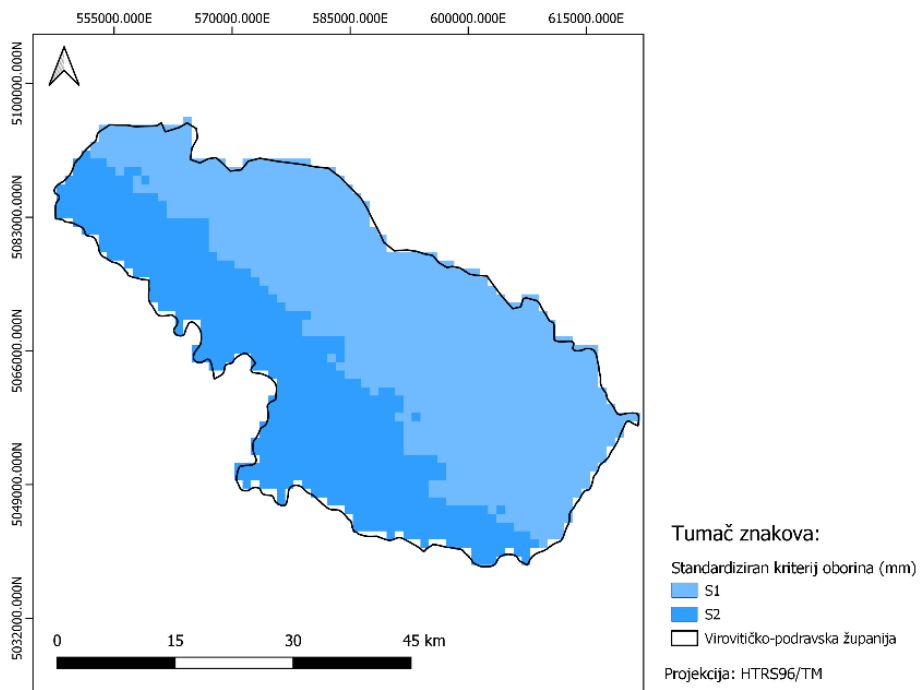


Slika 27. Standardizirani kriterij tipa tla

Vrijednosti srednje godišnje temperature kreću se 7,7 °C pa sve do 11,9 °C. Te vrijednosti standardizirane su u dvije klase. Prva klasa su vrijednosti od 10 do maksimalne vrijednosti odnosno 11,9 °C, a druga su vrijednosti manje od 10 °C, odnosno vrijednosti od minimalne vrijednosti, 7,7 °C pa do 10 °C (Slika 28). Većina površine Virovitičko-podravské županije spada u prvu klasu, dok su vrijednosti druge klase zastupljene samo na većim nadmorskim visinama na jugu i jugoistoku županije. Prosječne godišnje količine oborina kreću se od 568 do 805 mm/god, stoga su vrijednosti standardizirane u dvije klase: prva klasa je od minimalne vrijednosti do 650 mm, druga klasa je preko 650 mm (Slika 29). Veći dio županije pripada u prvu klasu, dok južni i jugozapadni dio pripadaju u drugu klasu.



Slika 28. Standardizirani kriterij temperature



Slika 29. Standardizirani kriterij oborina

3.14.1. Određivanje težinskih koeficijenata

Nakon standardizacije kriterija potrebno je odrediti težinske koeficijente koji pridodaju važnost svakom tom kriteriju i time utječu na završni model (Malczewski, 2004). Za određivanje težinskih koeficijenata odabrana je metodologija Analitičkog procesa hijerarhije (AHP) koja je već objašnjena u ovom istraživanju. Kako bi se odredili težinski koeficijenti kriterija, prvo je potrebno izraditi matricu u kojoj će se kriteriji uspoređivati metodom „parne usporedbe” (Tablica 35). Za određivanje relativne važnosti kriterija ovom metodom koristi se brojevana skala od 1/9 do 9 (Saaty, 2008). Pridodane vrijednosti svakom kriteriju u matrici donesene su na temelju proučavane literature o uzgoju ljekovitog bilja (Mihovilović, 2018; Kolak i dr., 1997). Nakon što su pridodane vrijednosti relativne važnosti, izračunate su vrijednosti težinskih koeficijenata (Tablica 36) za svaki kriterij koje će se koristiti za vrednovanje kriterija u izradi modela pogodnosti poljoprivrednog zemljišta za uzgoj industrijske konoplje, a potom je provjerena konzistentnost (Tablica 37).

Tablica 35. Matrica „parne usporedbe“ intenziteta kriterija

Kriteriji	Geomorfometrijski			Agroekološki		Pedološki
	Nadmorska visina	Nagib	Ekspozicija	Temperatura	Oborine	Tip tla
Nadmorska visina	1,00	2,00	0,33	0,33	0,20	0,13
Nagib	0,50	1,00	0,33	0,33	0,20	0,11
Ekspozicija	3,00	3,00	1,00	0,50	0,25	0,14
Temperatura	3,00	3,00	2,00	1,00	0,33	0,20
Oborine	5,00	5,00	4,00	3,00	1,00	0,33
Tip tla	8,00	9,00	7,00	5,00	3,00	1,00

Tablica 36. Normalizirane vrijednosti i težina kriterija

Kriteriji	Geomorfometrijski			Agroekološki		Pedološki
	Nadmorska visina	Nagib	Ekspozicija	Temperatura	Oborine	Tip tla
Nadmorska visina	0,05	0,09	0,02	0,03	0,04	0,07
Nagib	0,02	0,04	0,02	0,03	0,04	0,06
Ekspozicija	0,15	0,13	0,07	0,05	0,05	0,07
Temperatura	0,15	0,13	0,14	0,10	0,07	0,10
Oborine	0,24	0,22	0,27	0,30	0,20	0,17
Tip tla	0,39	0,39	0,48	0,49	0,60	0,52

Težina kriterija: 0,495 0,0369 0,0865 0,1138 0,2340 0,4793

Tablica 37. Provjera konzistentnosti

	Suma	Omjer	λ :	6,2559	
Nadmorska visina	0,2968	6,0014	CI:	0,0512	
Nagib	0,2285	6,1862	RI:	1,11	
Ekspozicija	0,5296	6,1221	CR:	0,0461	<0,10
Temperatura	0,7199	6,3242	procjena je konzistentna		
Oborine	1,5132	6,4664			
Tip tla	3,0841	6,4350			

3.14.2. Agregiranje kriterija

Kada su određeni težinski koeficijenti kriterijima, tada ih je potrebno agregirati u jednu cjelinu. Prilikom okupljanja kriterija, svaki pojedinačni kriterij stvara vlastitu hijerarhiju (podhijerarhiju) elemenata problema odluke (Malczewski i Rinner, 2015). Potrebno je objediniti sve kriterije kako bi se pronašla najbolja alternativa rješavanja problema. To se vrši metodom geometrijskog srednjaka prema formuli (Malczewski, 2004):

$$A = \Sigma w_i X_i * \Pi C_j, \quad (4)$$

gdje su: A=pogodnost,

w_i =težinski koeficijenti kriterija,

ΠC_j =umnožak ograničenja,

Σ =suma,

X_i =vrijednosti kriterija

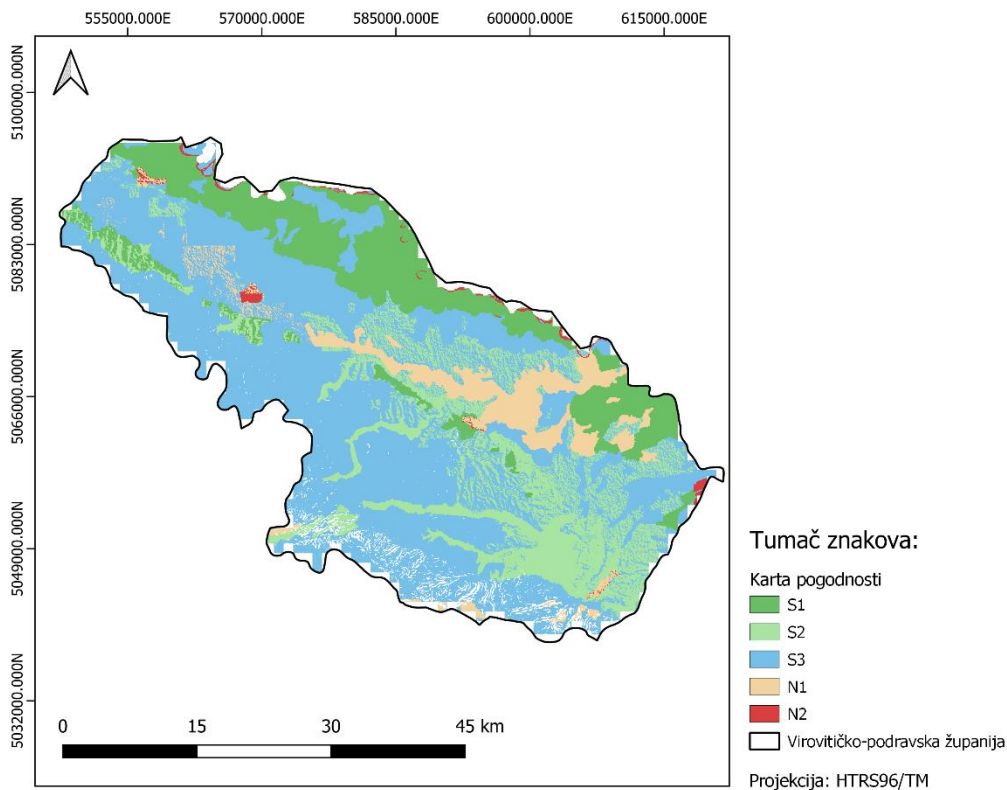
Agregiranje kriterija izrađeno je alatom *Raster calculator* u programu QGIS 3.18.2 koristeći formulu 4. Okupljenim kriterijima dodane su vrijednosti ograničavajućih faktora te je izlazni rezultat model pogodnosti s ograničavajućim faktorima. Nakon toga, model pogodnosti reklasificiran je u pet klasa metodom jednakih intervala zbog toga što su vrijednosti kriterija bile standardizirane prema FAO-vim klasama pogodnosti (Akinci i dr., 2013).

4. Rezultati

U poglavlju 4.1. prikazani su konačni rezultati dobiveni u ovom istraživanju. Riječ je o rezultatima karte pogodnosti industrijske konoplje pri čemu je prikazana i analizirana svaka klasa FAO-ove klasifikacije zasebno. U poglavlju 4.2. dan je prikaz karte pogodnosti s ograničavajućim faktorima, a u poglavlju 4.3. nalazi se prikaz odabrane pogodne katastarske čestice u Virovitičko-podravskoj županiji za uzgoj industrijske konoplje.

4.1. Model pogodnosti

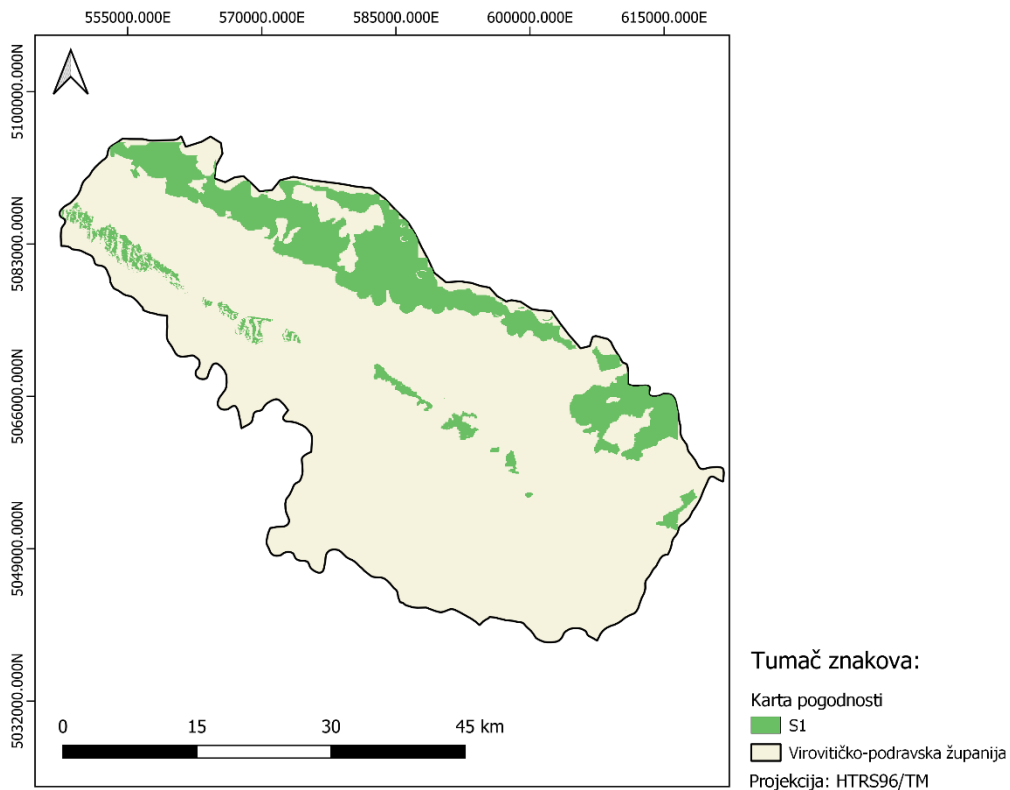
Karta pogodnosti reklasificirana u pet klasa prikazana je na slici 30 na stranici 86. Karta pogodnosti poljoprivrednog zemljišta za uzgoj industrijske konoplje izrađena je na temelju šest kriterija, koji su podijeljeni u tri skupine (geomorfometrijska, pedološka i agroekološka) te ograničavajućih faktora unutar programa QGIS 3.18.2. Karta je izrađena u HTRS96/TM projekciji zasnovanoj na GRS80 elipsoidu. Metoda AHP-a je primijenjena u određivanju težinskih koeficijenata vrednovanih kriterija. Svi kriteriji su standardizirani prema FAO klasama pogodnosti gdje je za svaku klasu određen raspon vrijednosti svakog kriterija (Tablica 34). Izrađeni model klasificiran je u pet klasa prema FAO metodologiji (FAO, 1976), stoga su rezultati istraživanja izneseni za svaku klasu posebno. Ostale površine karte pogodnosti poljoprivrednog zemljišta zauzimaju ograničavajući faktori. Ograničavajući faktori opisani su u poglavlju 3.11.



Slika 30. Karta pogodnosti bez ograničavajućih faktora za industrijsku konoplju

4.1.1. S1 – Vrlo pogodna

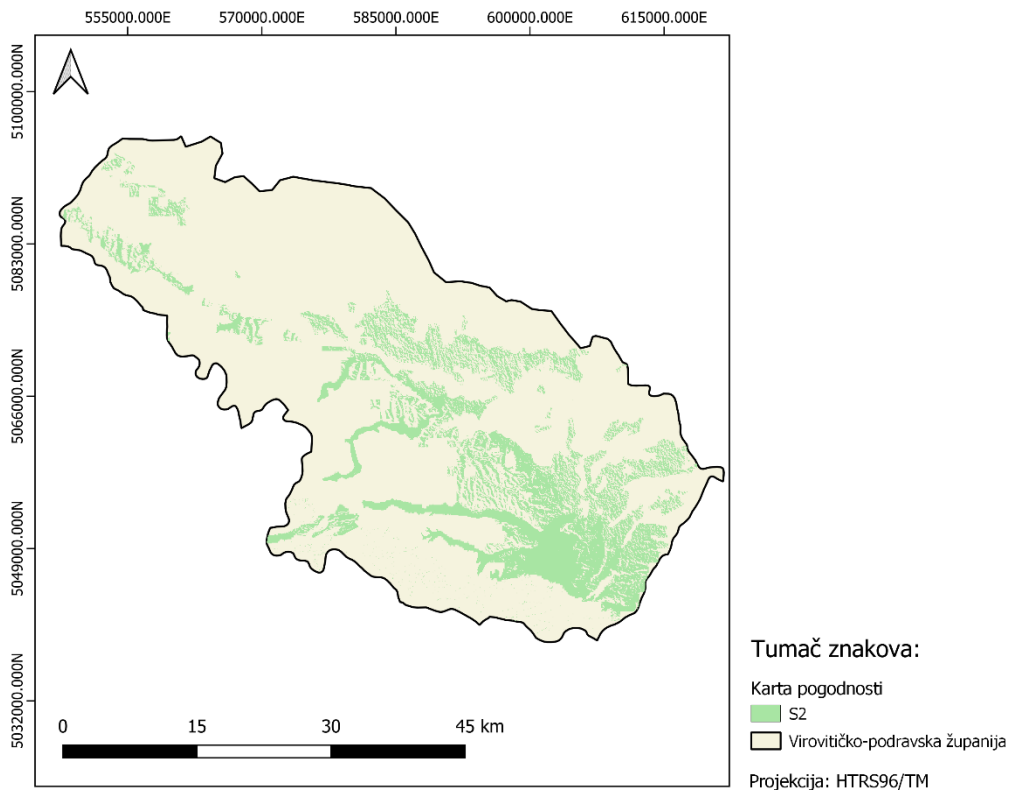
Klasa S1 predstavlja najpogodnije područje za uzgoj industrijske konoplje, a prikazana je na slici 31. To su u pravilu zemljišta koja nemaju specifična ograničenja ili su ta ograničenja relativno mala te neće utjecati na produktivnost tog zemljišta. Najveća zastupljenost klase S1 je u sjevernom dijelu županije. Jedno malo područje S1 klase nalazi se u središnjem dijelu županije. Na područjima klase S1 nalaze se tla visoke kvalitete, a najveći težinski koeficijent je pridodan upravo tipu tla. Uglavnom prevladavaju aluvijalna tla. Prostori na kojima se nalazi klasa S1 su zaravnjeni prostori bez izraženog nagiba. Veći značaj imaju oborine od same temperature, što je vidljivo i iz težinskih koeficijenata, pa u ovu klasu ulaze najbolji uvjeti za uzgoj (npr. optimalna vrijednost padalina).



Slika 31. Karta S1 klase modela pogodnosti za industrijsku konoplju

4.1.2. S2 – Umjerenogodna

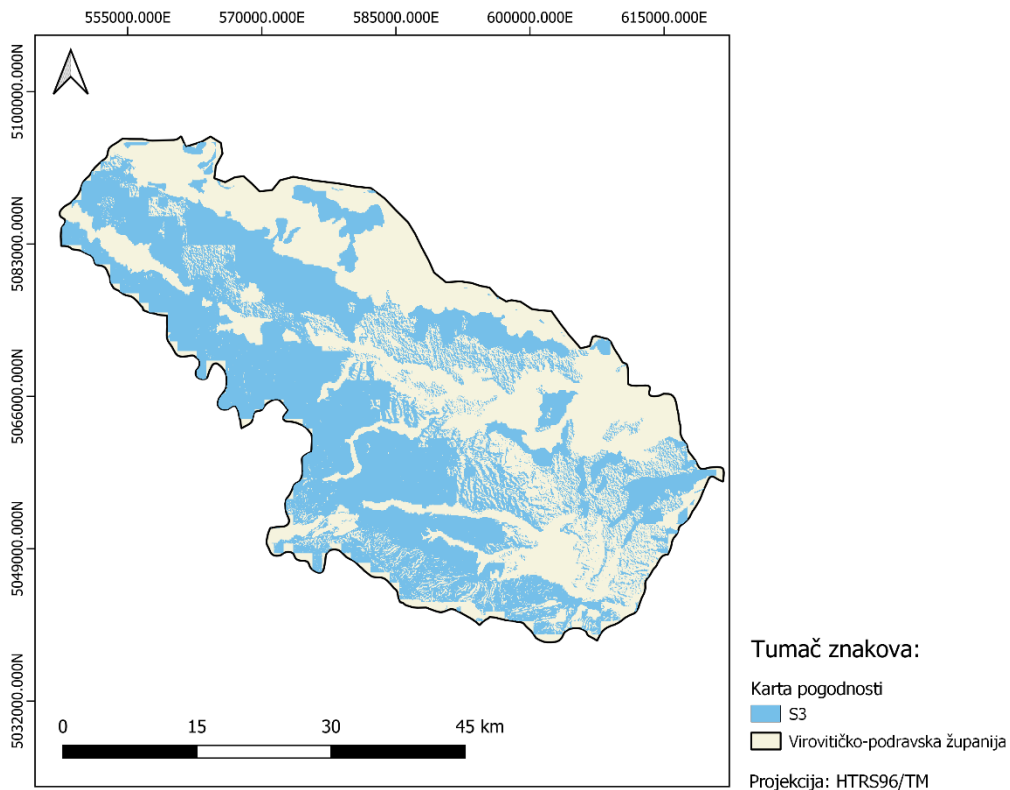
Klasa pogodnosti S2 predstavlja područje Virovitičko-podravske županije koje je umjerenogodno za uzgoj industrijske konoplje, a prikazano je na slici 32. Područja koja su zahvaćena ovom klasom nalaze se uglavnom u središnjem dijelu županije i više istočnijem dijelu županije. To su zemljišta koja imaju umjerenogodna ograničenja za trajnu uporabu i kao takva će smanjiti produktivnost tla, no ona neće biti previše izražena. Na područjima koje prekriva klasa S2 nalazi se odgovarajući teren u visinskom smislu, nagib terena je optimalan i ekspozicija je uglavnom prema zapadu. Što se tiče tipova tla, na tim područjima prevladavaju koluvij s prevagom sitnice, lesivirano tipično tlo i lesivirano tlo. Temperatura se kreće oko 9 °C, a padaline oko 700 mm. Umjerenogodna klasa S2 ne zauzima preveliku površinu županije, ali kada se pogleda koliku površinu zauzimaju klasa S1 i S2 zajedno vidljivo je da je područje koje zauzimaju te dvije klase jako veliko te da su to optimalne lokacije za uzgoj industrijske konoplje.



Slika 32. Karta S2 klase modela pogodnosti za industrijsku konoplju

4.1.3. S3 – Marginalno pogodna

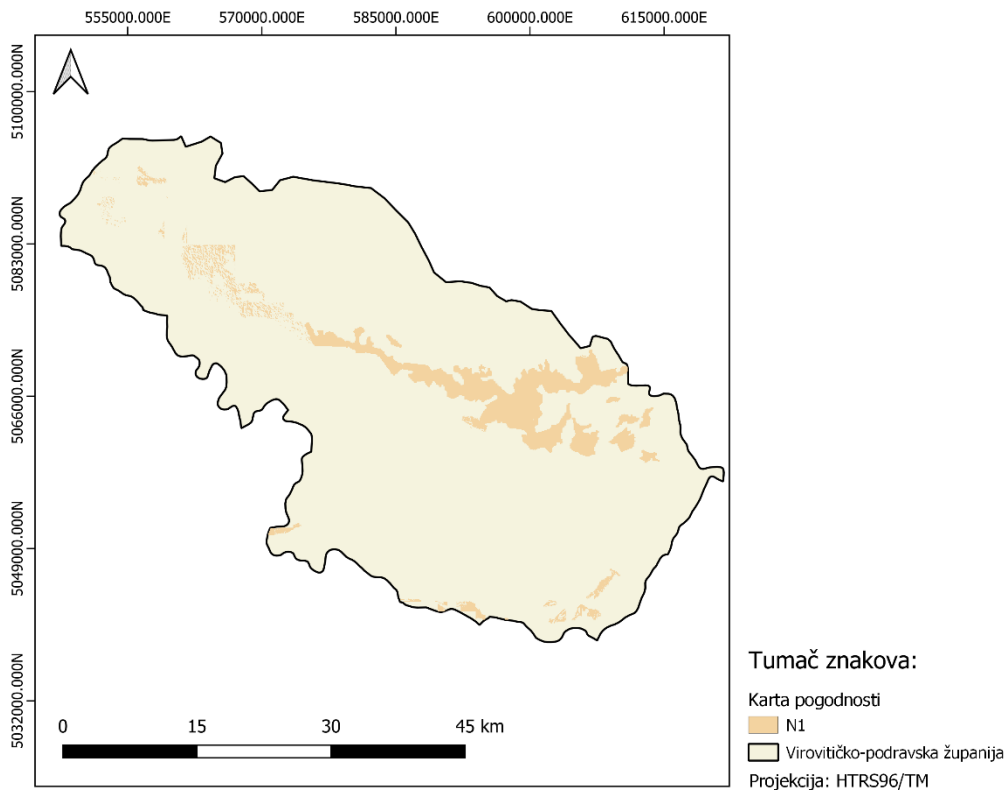
Klasa S3, marginalno pogodna, predstavlja zemljišta na kojima je uzgoj određene kulture, u ovom slučaju industrijske konoplje, marginalno opravdan, tj. jedva isplativ, a prikazana su na slici 33. Vidljivo je da je ova klasa najzastupljenija u južnome dijelu županije te u središnjem dijelu, dok je u sjevernom dijelu tek mjestimično prisutna. Najviše područja se nalazi u brdsko – planinskome dijelu županije. S obzirom na ostatak, u tom području prevladava veća nadmorska visina, iako je ona manje relevantan kriterij od ostalih, jer je cijela županija u S1 klasi nadmorske visine. Međutim, ukoliko se gleda međusobni odnos nadmorskih visina, onda je u ovoj klasi veća nadmorska visina i veći nagib od prve dvije klase. Tlo koje prevladava na ovim područjima je ranker, rigolana tla vinograda, kiselo smeđe, pseudoglej i ranker regolitični.



Slika 33. Karta S3 klase modela pogodnosti za industrijsku konoplju

4.1.4. N1 – Trenutno nepogodna

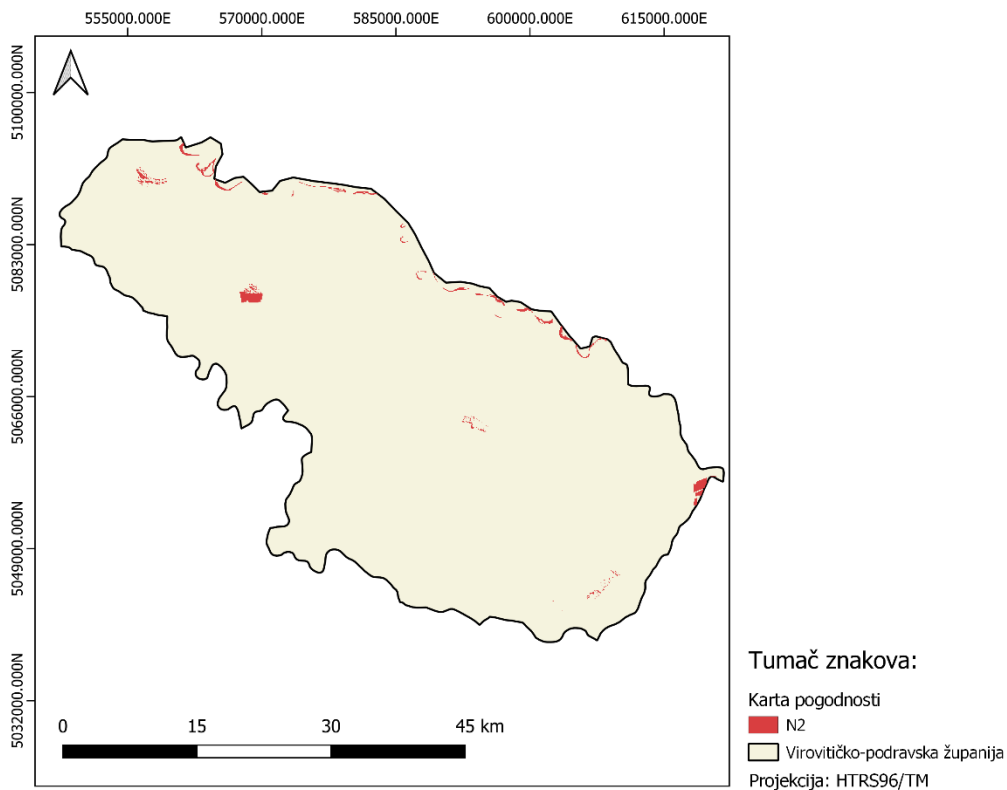
Klasa N1, trenutno nepogodna označava zemljišta koja trenutno imaju ograničenja koja onemogućavaju uporabu na određeni način, no ta ograničenja mogu biti otklonjena određenim agrotehničkim zahvatima, a prikazana su na slici 34. Na području Iz prikaza je vidljivo kako klasa N1 zauzima malenu površinu Virovitičko-podravске županije, a uglavnom se nalazi se u središnjem i istočnijem dijelu županije. Na lokacijama koje prekriva klasa N1 nalazi se uglavnom izgrađeno područje. U određenim dijelovima prekrivenim ovom klasom je najmanje pogodna temperatura ili tip tla.



Slika 34. Karta N1 klase modela pogodnosti za industrijsku konoplju

4.1.5. N2 – Trajno nepogodna

Klasa N2, trajno nepogodno označava zemljišta koja imaju znatno izražena ograničenja te kao takva predstavljaju neuporabljiva zemljišta, a prikazana su na slici 35. Na prostoru Virovitičko - podravске županije takvih područja je vrlo malo, a ona se uglavnom nalaze mjestimično raspoređena po županiji. Na tom području prevladava crnica vapnenačko dolomitna i smeđe na vapnencu, a to su nepovoljni tipovi tla za industrijsku konoplju. Kao što je već navedeno radi se o području koje je prekriveno šumama ili izgrađeno pa je zbog toga trajno nepogodno za uzgoj industrijske konoplje.

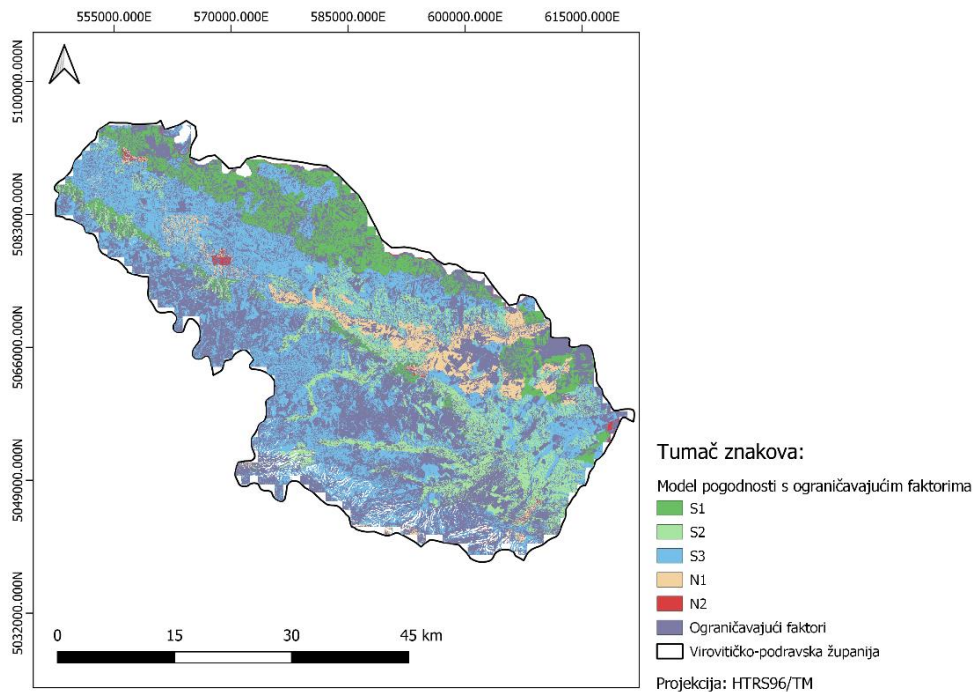


Slika 35. Karta N2 klase modela pogodnosti za industrijsku konoplju

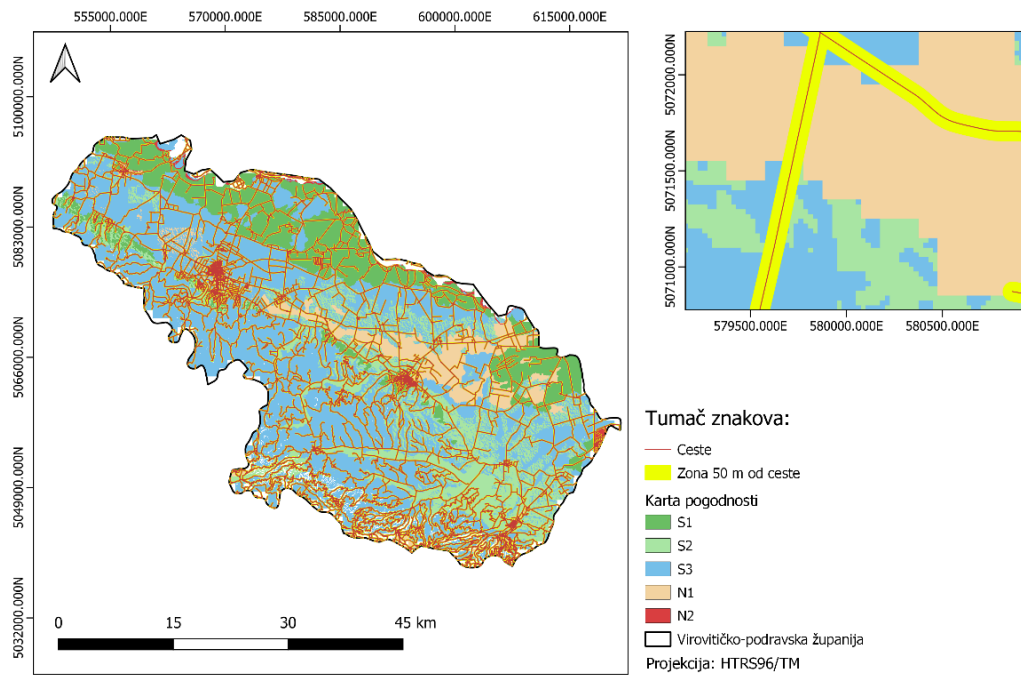
4.2. Model pogodnosti s ograničavajućim faktorima

Iz modela pogodnosti s ograničavajućim faktorima za industrijsku konoplju (Slika 36) uočljivo je da je uglavnom južniji dio županije prekriven ograničavajućim faktorima što znači da na tom tlu, odnosno na tim područjima u pravilu nije moguće uzgajati navedenu biljku jer se tu nalaze šume, vodene površine ili izgrađeno područje.

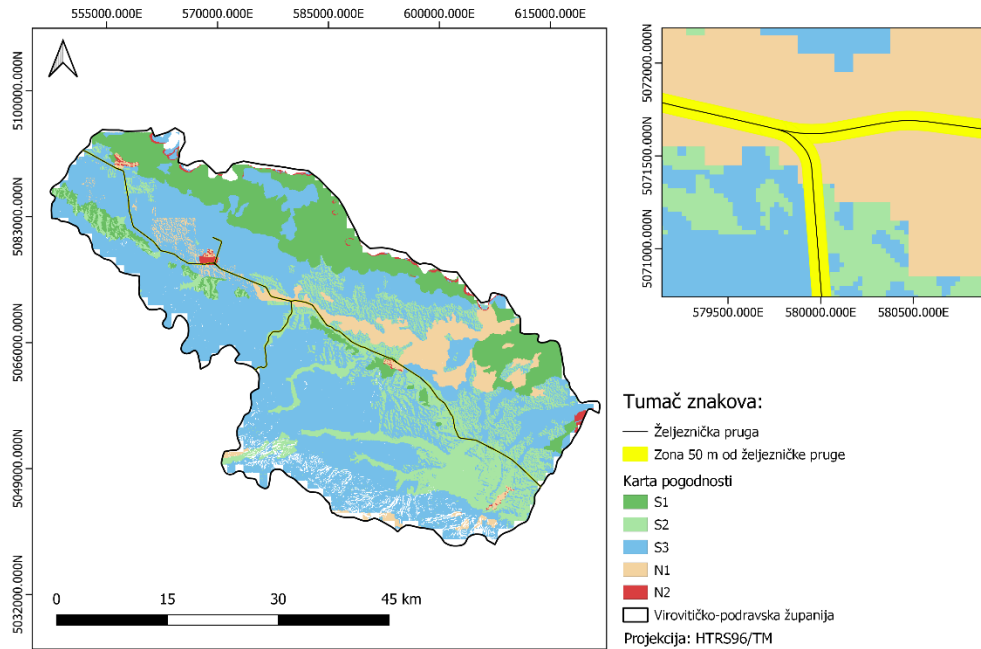
Vektorski podaci o prometnicama, odnosno ceste i željezničke pruge, preuzeti su s portala *Geofabrik* (URL 6) u WGS84 koordinatnom sustavu za područje cijele Republike Hrvatske. Navedeni podaci prikazani su već u poglavlju 3.11, međutim sada će biti prikazani uz kartu pogodnosti županije (Slika 37, Slika 38, Slika 39).



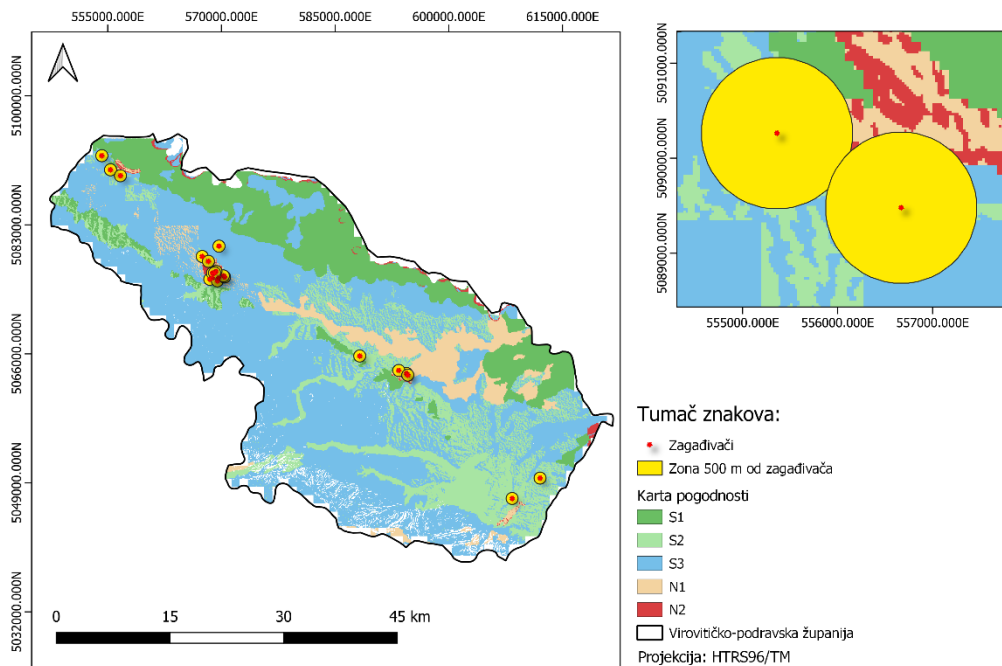
Slika 36. Karta pogodnosti s ograničavajućim faktorima za industrijsku konoplju



Slika 37. Karta pogodnosti s ograničavajućim faktorima (ceste) za industrijsku konoplju



Slika 38. Karta pogodnosti s ograničavajućim faktorima (željezničke pruge) za industrijsku konoplju



Slika 39. Karta pogodnosti s ograničavajućim faktorima (zagađivači) za industrijsku konoplju

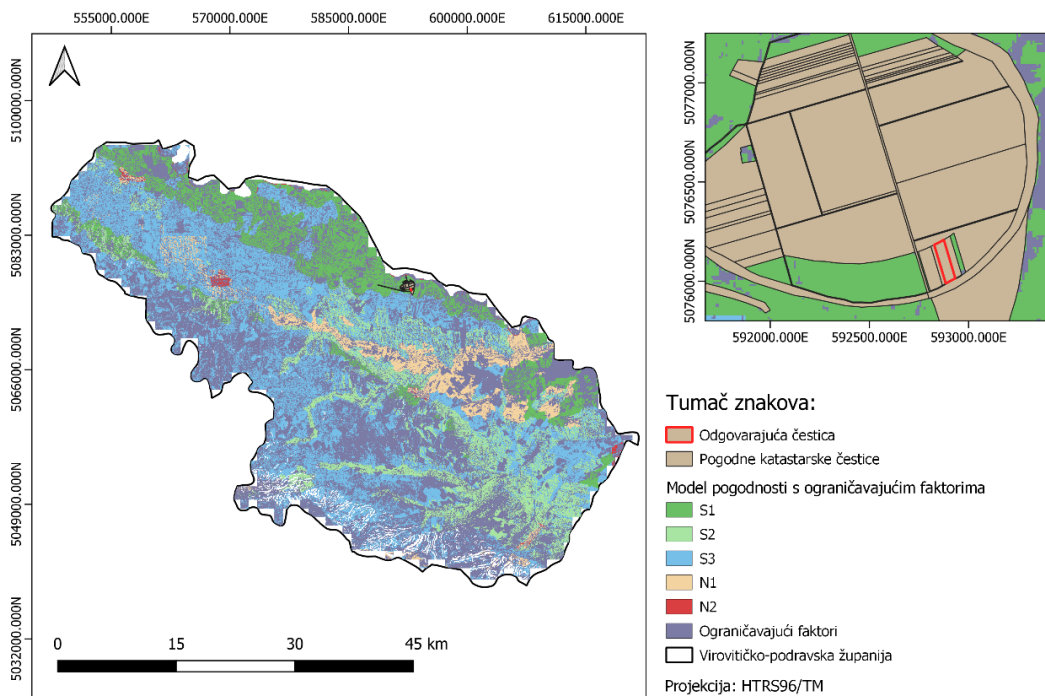
4.3. Odabir pogodne katastarske čestice u Virovitičko-podravskoj županiji za uzgoj industrijske konoplje

Posljednji dio istraživanja obuhvaćao je pronalazak katastarske čestice koja bi se mogla ponuditi kao optimalna za uzgoj industrijske konoplje. Za pronalazak optimalne lokacije poslužila je karta pogodnosti s ograničavajućim faktorima i DOF (digitalni ortofoto). Odabrano je područje u S1 klasi, gdje je bilo najmanje ograničavajućih faktora, odnosno područje gdje prevladavaju ili travnate površine ili oranice. Katastarske čestice učitane su u QGIS softver dodavanjem WFS (engl. *Web Feature Service*) sloja OSS-a (engl. *One Stop Shop*), a sam postupak učitavanja napravljen je prema URL 35. S obzirom da je učitavanje katastarskih čestica za cijelu županiju bio prezahtjevan i preopširan postupak, potrebno je bilo pronaći manje područje u županiji, odnosno definirati tzv. *bbox* ili „*bounding box*“. Dakle kada je pronađena lokacija, prilikom učitavanja WFS sloja, *bbox* je definiran tako da su kopirane koordinate donjeg lijevo i gornjeg desnog kuta, a prije čega je učitani DOF (digitalni ortofoto) kako bi se kopirale ispravne koordinate. Lokacija i učitane čestice prikazane su na slici 40.



Slika 40. Područje pogodno za uzgoj industrijske konoplje

Kako bi se među katastarskim česticama pronašla ona najoptimalnija, primijenjen je alat *Zonal statistics*. To je algoritam koji računa statistiku rasterskog sloja za svako obilježje poligonskog vektorskog sloja. Za potrebe ovog istraživanja poligonski vektorski sloj predstavljale su katastarske čestice, a rasterski sloj koji se koristio bio je DMR Virovitičko-podravске županije. Statistički podaci koji su se određivali bili su: aritmetička sredina, medijan, minimalna i maksimalna vrijednost te standardna devijacija. Aritmetička sredina je jedna od središnjih vrijednosti koje se koriste u statistici, a koja se dobiva tako da se zbroj vrijednosti promatranog obilježja podijeli s njihovim brojem (URL 36). Medijan određuje sredinu distribucije, to je srednji podatak u skupu poredanih podataka. Ukoliko je to neparan broj podataka onda se radi o jednom broju, a kod parnog broja podataka to je aritmetička vrijednost dva srednja broja. Standardno devijacija označava mjeru raspršenosti podataka u skupu podataka. Interpretira se kao prosječno odstupanje od prosjeka i to u apsolutnom iznosu (URL 37). Kada su određeni navedeni statistički podaci, odabrana je katastarska čestica s najmanjom standardnom devijacijom i najvećom aritmetičkom sredinom. Što je veća standardna devijacija to je takva čestica nesigurnija investicija. Pronađena čestica prikazana je na slici 41, a njezina standardna devijacija iznosi 0,2937 i aritmetička sredina 99,6786.

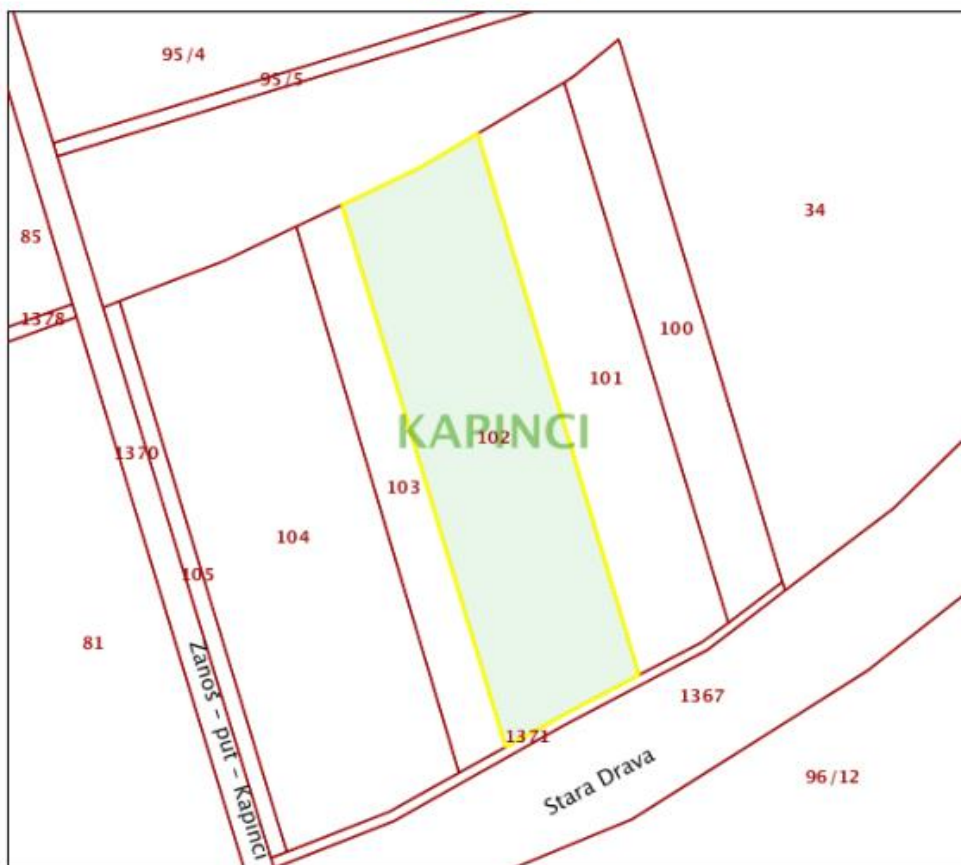


Slika 41. Katastarska čestica pogodna za uzgoj industrijske konoplje

Katastarska čestica pronađena je na portalu Katastar (URL 38). Radi se o katastarskoj čestici s brojem katastarske čestice 102 u katastarskoj općini Kapinci, 323306 površine 10898 m². Pomoću portala OSS - Uređena zemlja (URL 39) preuzet je i prikazan katastarski plan navedene čestice (Slika 42).

IZVOD IZ KATASTARSKOG PLANA

Približno mjerilo ispisa 1: 2000
Izvorno mjerilo plana 1:2000



Datum ispisa: 10.06.2021

Slika 42. Izvod iz katastarskog plana (URL 37)

5. Rasprava

Zadnjih godina dolazi do sve bržeg razvoja tehnologija. Sve, pa tako i poljoprivreda postaje polagano gotovo nezamislivo bez upotrebe tih tehnologija. Uvijek se teži postići što veći i kvalitetniji prinos u poljoprivredi, a to se postiže isključivo velikim trudom, radom i naporom, ali i novim spoznajama koje donose aktualni znanstveno-istraživački radovi. U današnje vrijeme nove tehnologije omogućuju brzo prikupljanje, pohranjivanje, analiziranje, vizualiziranje te interpretaciju geodataka koji mogu biti dostupni svima. Svakim danom se sve više javlja potreba za primjenom tih tehnologija kako bi se dobio krajnji proizvod neupitne kvalitete koji može konkurirati na tržištu. Upravo u ovom istraživanju tehnologije daljinskih istraživanja i GIS-a primijenjene su za pronalazak najoptimalnije lokacije za uzgoj industrijske konoplje.

U Hrvatskoj se prikuplja i uzgaja između 160 i 170 autohtonih, ljekovitih i aromatičnih biljnih vrsta. Prirodno geografski uvjeti, posebice klimatski, pedološki i hidrografski, iznimno su povoljni za ekološki uzgoj ljekovitog bilja u svim dijelovima Republike Hrvatske. Proizvodnja ljekovitog i aromatičnog bilja odvija se uglavnom na obiteljskim gospodarstvima. Razlog isplativog uzgoja pojedinih biljaka ove vrste je i mogućnost uzgoja na puno manjim površinama nego što je potrebno za uzgoj konvencionalnih vrsta. Upravo to je povoljno kod usitnjenog zemljišta koje predstavlja aktualan problem u Republici Hrvatskoj već nekoliko godina. Također, potreba za biljnim materijalima koji se koriste u kozmetičke i ljekovite svrhe u kombinaciji s potrebom zaštite biljne raznolikosti, otvaraju mogućnosti poljoprivrednicima da poboljšaju svoje prihode i uvedu raznolikost u svoju proizvodnju dodatnim kulturama.

Industrijska konoplja je vrsta koja se uzgaja isključivo u industrijske svrhe, dakle radi ulja, tkanine, biogoriva, hrane i slično. Ova biljka se zbog nevjerojatne čvrstoće svojih vlakana od davnina koristi za izradu užadi, odjeće ili npr. jedara za brodove. Prema članku 39. Uredbe (EZ-a) br. 73/2009, u Hrvatskoj i većini europskih zemalja dozvoljen je uzgoj industrijske konoplje samo ako udio THC-a ne iznosi više od 0,2%. U ostalim zemljama svijeta proizvodi s CBD-om (engl. *Cannabidiol*) mogu se kupiti u gotovo svakoj trgovini, dok u Hrvatskoj postoji tek nekoliko proizvođača, međutim ova brojka u posljednje vrijeme počinje rasti. 2019. godine u Hrvatskoj donesen je jedan od liberalnijih zakona o uzgoju industrijske konoplje u Europskoj uniji, a prema njemu, poljoprivrednici sada mogu koristiti cijelu biljku u proizvodnji proizvoda. Upravo navedena promjena zakona učinila je našu zemlju savršenim mjestom za uzgoj ove biljke.

Uzimajući u obzir da industrijska konoplja može dati cijeli niz korisnih proizvoda, kao i činjenicu da je prosječan čovjek relativno needuciran o njenim blagodatima, jer se zbog ilegalnosti o njoj nije previše pričalo, ovom istraživanju pristupilo se upravo zbog navedenih razloga, ali i činjenice da ljudi o ljekovitom bilju jako malo znaju, a njegova popularnost svakim danom drastično raste zbog neuspjeha medikamentnih terapija te općenito zdravijeg načina života.

Upravo kroz model pogodnosti, analizirano je predmetno područje cijele županije kako bi se razmotrila najoptimalnija lokacija za uzgoj odabrane ljekovite biljke. Primjena proizvoda i alata geoinformacijskih sustava, omogućava vizualizaciju i detaljnu analizu pri odabiru najpogodnijeg zemljišta. GIS-om podržan model procjene pogodnosti za ovo istraživanje pokazao se brzim i efikasnim te dovoljno pouzdanim, što je potvrđeno i u drugim provedenim istraživanjima. Analizirajući literaturu, odnosno pronađena slična istraživanja, model pogodnosti korišten je za razne kvantitativne analize pogodnosti poljoprivrednog zemljišta i za planiranja budućih nasada koji također uključuje pedološka, agroekološka i geomorfometrijska svojstva predmetnog područja. Iako je ovo samo jedan od primjera koristi izrade modela pogodnosti zemljišta korištenjem geoinformacijskih sustava, primjena je daleko veća. Uzimajući u obzir navedene kriterije za izradu modela, osim analize zemljišta u poljoprivredne svrhe za uzgoj određene biljne vrste, postoje i drugi primjeri u kojima se oni mogu iskoristiti. Vrsta zemljišnog pokrova, osunčanost i nagib terena, također se uzimaju u obzir pri odabiru najpovoljnijeg zemljišta kod izgradnje pojedinih objekata, primjerice solarnih i vjetroelektrana, sustava za navodnjavanje i pročišćavanje voda i sl. Za izgradnju navedenih objekata, isto tako je važna sigurna udaljenost od prometnica, izgrađenog i zaštićenog područja.

Novе tehnologije doprinijele su nedvojbeno poboljšanju različitih djelatnosti pa i poljoprivrede, međutim također potrebno bi bilo ostvariti suradnju između lokalne samouprave, poljoprivrednog i znanstveno-istraživačkog sektora kako bi se poljoprivreda u Republici Hrvatskoj podigla na još višu razinu i time omogućila konkurentnost na europskom tržištu jer u hrvatskoj postoji velika količina neiskorištenog poljoprivrednog potencijala. Izradom ovog istraživanja nastojalo se ukazati na potencijal i mogućnost uspjeha uzgoja alternativnijih i trenutno aktualnih biljnih vrsta (ljekovitog bilja), ali i na potencijal poljoprivrednih površina u Hrvatskoj za svakojaki uzgoj.

6. Zaključak

Za analizu uzgoja ljekovitog bilja za potrebe alternativne medicine, odabir najoptimalnije lokacije te izradu modela pogodnosti zemljišta za uzgoj industrijske konoplje kao predstavnika ljekovitog bilja, geoprostorne tehnologije i višekriterijske analize pokazale su se kao izvrsne metode.

Zadnjih nekoliko godina u svijetu, pa tako i u Hrvatskoj, stalno se spominje, priča i piše o industrijskoj konoplji i njezinim prednostima i pozitivnim utjecajima korištenja. Veliki problem je povezivanje konoplje isključivo s jednom vrstom (marihuanom), uz koju se veže više negativnih nego pozitivnih konotacija. Manje se spominje upravo industrijska konoplja koja zapravo ima brojna pozitivna svojstva, međutim ista nisu previše poznata zbog stigmatizacije biljke, a upravo je ona nerijetko jedino rješenje za kronično bolesne pacijente, ali i mnoge druge stvari. Ovim istraživanjem nastojala se pronaći najpogodnija županija i najoptimalnija lokacija za uzgoj navedene biljke, ali i probuditi svijest o važnosti industrijske konoplje isključivo u pozitivnome smislu.

Prvim dijelom ovog istraživanja i dobivenim rezultati potvrđena je prvobitno postavljena hipoteza pronalaska najpogodnije županije za uzgoj ljekovitog bilja u Republici Hrvatskoj korištenjem višekriterijske metode AHP. Rezultati metode AHP i kontrola provedena analizom osjetljivosti prikazani su u tablicama, a ukazuju kako je upravo Virovitičko-podravska županija najpogodnija za uzgoj na osnovi zadanih kriterija i potkriterija.

Virovitičko-podravska županija obiluje vrlo plodnim tlama koja pogoduju uzgoju ljekovitog bilja te zaravnjenim i blago nagnutim terenom uz pogodne temperature i umjerenu količinu oborina koja je dovoljna za uzgoj, a opet ne ispire aktivne tvari ljekovitog bilja. S obzirom da je navedena županija određena kao najpogodnija, ona je predstavljala teorijsku osnovu drugog dijela ovog istraživanja koji je obuhvaćao pronalazak najoptimalnije lokacije za uzgoj navedene biljne vrste. Na satelitskim snimkama Sentinel-2 misije provedena je nadzirana klasifikacija po *Minimum Distance to Means* metodi, gdje je područje županije klasificirano u pet klasa odnosno na vodene površine, šume, zelene površine, izgrađena područja i oranice pri čemu su izgrađena područja, šume i vodena područja predstavljala ograničavajuće faktore ili područja nepogodna za uzgoj industrijske konoplje. Satelitske snimke također su poslužile za određivanje zdravlja vegetacije što je posebno bitno prilikom odabira lokacije za sadnju biljne vrste. Kako bi se potvrdila druga hipoteza, ali i došlo do konačnog rezultata, definiran je set kriterija koji su poslužili za izradu

modela pogodnosti nakon njihove standardizacije prema FAO klasama pogodnosti, određivanja težinskih koeficijenata i agregiranja. Kako bi se u konačnici pronašla najpogodnija lokacija, modelu pogodnosti pridruženi su ograničavajući faktori. Rezultati istraživanja dani su kroz niz kartografskih prikaza i tablica. Može se zaključiti kako je područje Virovitičko-podravske županije uglavnom vrlo pogodno i umjereno pogodno za uzgoj navedene biljke te da te dvije klase pogodnosti spojene zajedno zauzimaju najveći dio županije. Također, na osnovi kartografskog prikaza, veliko područje županije je marginalno pogodno za uzgoj industrijske konoplje. Najoptimalnija lokacija pronađena je u obliku katastarske čestice s najmanjom standardnom devijacijom i najvećom aritmetičkom sredinom na vrlo pogodnom području za uzgoj, a to je upravo bio i krajnji cilj ovog istraživanja. Svime navedenim potvrđeno je da je metodama daljinskih istraživanja i GIS-a moguće detektirati optimalne lokacije za uzgoj industrijske konoplje pa je time zapravo potvrđena druga hipoteza ovog istraživanja.

Iako je županija pogodna, u Republici Hrvatskoj postoji problem neisplative proizvodnje zbog usitnjenih i raštrkanih posjeda koji onemogućavaju korištenje određene tehnologije i strojeva. Taj problem svakako bi se mogao riješiti komasacijom. Jasno je da uvijek postoji prostor za unaprjeđenje koje se može postići agrotehničkim zahvatima.

Naposlijetku se može zaključiti kako se višekriterijska metoda AHP pokazala idealnom za pronalazak najpogodnije županije te omogućuje usporedbu numeričkih i nenumeričkih vrijednosti. Pogodnost zemljišta predstavlja stupanj prikladnosti korištenja tog zemljišta, a upravo FAO klasifikacija pogodnosti pokazala se korisnom metodologijom klasifikacije modela jer omogućuje grupiranje različitih zemljišta prema njihovim prikladnostima za određenu uporabu. Ovim istraživanjem razvijena je i prikazana nova metodologija analize uzgoja ljekovitog bilja te pronalaska optimalnih lokacija za sadnju ljekovitog bilja za potrebe alternativne medicine u Republici Hrvatskoj temeljena na metodama daljinskih istraživanja i GIS-a. Navedena se metodologija uz manje modifikacije može primijeniti na drugim područjima bilo gdje u svijetu i na drugim poljoprivrednim kulturama. S obzirom da su u istraživanju korišteni podaci i programi otvorenog koda, sva znanja objavljena u istraživanju otvaraju moguću primjenu u znanostima poput poljoprivrede, geografije, geodezije, ekologije i dr.

Zahvala

Posebnu zahvalu dugujemo mentoru doc. dr. sc. Mateu Gašparoviću, prvenstveno na izrazito zanimljivim predavanjima, prenošenju vlastitog znanja i iskustva kroz kolegij *Geoinformacijski sustavi* i izborni kolegij *GIS u primjeni* kojima nas je naučio novim tehnikama i znanjima u području primjene samih geoinformacijskih tehnologija u različite svrhe, što nas je ujedno i motiviralo za stvaranje ovog istraživačkog rada. Želimo mu zahvaliti na korisnim savjetima, iskazanom povjerenju i izdvojenom vremenu.

Popis literature

Akinci, H., Özapl, A.Y., Turgut, B. (2013): Agricultural land use suitability analysis using GIS and AHP technique, *Computers and Electronics in Agriculture*, 97, 71-82.

Ahamed, T.R. dr. (2000): GIS-based fuzzy membership model for crop-land suitability analysis, *Agricultural Systems*, 63(2), 75-95.

Begičević, N. (2008): Višekriterijski modeli odlučivanja u strateškom planiranju uvođenja e-učenja, *Disertacija, Fakultet organizacije i informatike Sveučilišta u Zagrebu, Varaždin.*

Bogunović, M., Vidaček, Ž., Racz, Z., Husnjak, S., Sraka, M., (1997): Namjenska pedološka karta Republike Hrvatske i njena uporaba, *Agronomski glasnik: Glasilo Hrvatskog agronomskog društva*, 59(5-6), 363-399.

Creswell, J.W. (2013): *Research design: qualitative, quantitative, and mixed methods*, SAGE Publications, Thousand Oaks.

Državni zavod za statistiku (2007): Uvjeti uzgoja biljaka, *Statistički ljetopis*, 38-58.

Ennaji, W., Bakarar, A., El Baghdadi, M., Oumenskou, H., Aadraoui, M., Karroum, L. A., Hilali, A. (2018): GIS-based multi-criteria land suitability analysis for sustainable agriculture in the northeast area of Tadla plain (Morocco), *Journal of Earth System Science*, 127(6), 1-14.

FAO (1976): *Land evaluation in Europe*, Soils bulletin 29, Food and Agricultural Organization of United Nations, Rim.

Grubišić, F. (2014): Uloga geoprostorne znanosti i tehnologije za razvoj održive budućnosti, *Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Ekscentar*, 17, 77-81.

Harker, P. T., Vargas, L. G. (1987): The Theory of Ratio Scale Estimation: Saaty's Analytic Hierarchy Process, *Management Science*, 33(11), 1383-1403.

Husnjak, S., Bensa A. (2018): Pogodnost poljoprivrednog zemljišta za navodnjavanje u agrotegijama Hrvatske, *Hrvatske vode*, 26(105), 157-180.

- Husnjak, S. i dr. (2008): Inventarizacija poljoprivrednog zemljišta Grada Zagreba i preporuke za poljoprivrednu proizvodnju, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za pedologiju.
- Ibraković, V. (2019): Uzgoj ljekovitog, začinskog i aromatičnog bilja, Slavonski brod.
- Janeš, F. (2019): Klasifikacija hiperspektralnih snimaka metodom mapiranja spektralnog kuta i koeficijenta korelacije, diplomski rad, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- Jurišić, M., Zimmer, D., Barač, Ž. (2015): Tehnički i tehnološki aspekti pri zaštiti bilja u sustavu precizne poljoprivrede, Poljoprivredni fakultet Osijek, Poljoprivreda, 21(1), 75-81.
- Kadoić, N., (2020): Metoda analitički hijerarhijski proces, nastavni materijali na predmetu Teorija odlučivanja, Fakultet organizacije i informatike Sveučilišta u Zagrebu, Varaždin.
- Kadoić, N., (2018): Nova metoda za analizu složenih problema odlučivanja temeljena na analitičkom mrežnom procesu i analizi društvenih mreža, Doktorska disertacija, Fakultet organizacije i informatike Sveučilišta u Zagrebu, Varaždin.
- Kazemi, H., Akinci, H. (2018): A land suitability model for rainfed farming by Multi-criteria Decision-making Analysis (MCDA) and Geographic Information System (GIS), Ecological Engineering, 116, 1-6.
- Kolak, I., Šatović, Z., Rukavina, H., (1997): Mogućnosti proizvodnje i prerade ljekovitog, aromatičnog i medonosnog bilja na hrvatskim prostorima, pregledni znanstveni rad, Zavod za oplemenjivanje bilja, genetiku i metodiku istraživanja Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Sjemenarstvo 14(97), 3-4.
- Malczewski, J. (2004): GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview, Progress in Planning 62 (2004) 3–65, Odjel za geografiju, Sveučilište u zapadnom Ontariju, London, Ont., Kanada N6A 5C2.
- Malczewski, J., Rinner, C. (2015): Multicriteria Decision Analysis in Geographic Information System, Springer, 1, 1867-2434.
- Manić, E., Gajović, V., Popović, S. (2016): Geografski informacijski Sistemi u Poljoprivredi, Ekonomske ideje i praksa, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Beogradu, 21, 45-58.

Marić, I., Šiljeg, A., Cavrić, B., Barada, M., Šiljeg, S. (2018): Application of intergrated geo-technologies in agricultural land planing and managment – a case study of agro estate „Baštica“, *Izgradnja*, 72 (2018), 11-12; 576-586.

Mihovilović, I. (2018): *Proizvodnja i prerada ljekovitog i aromatičnog bilja*, Ustanova za cjeloživotno učenje Magistra, Pula.

Mustafa, A.A., Singh, M., Sahoo, R. N., Ahmed, N., Khanna, M., Sarangi, A., Mishra, A. K. (2011): *Land suitability Analysis for Different Crops: A Multi Criteria Decision Making Approach using Remote Sensing and GIS*, *Indijski institut za poljoprivredna istraživanja*, New Delhi-110 012, *Researcher*, 61- 84.

Rastija, D., Vukadinović, V., Vukadinović, V. (2005): *Analiza pogodnosti zemljišta GIS alatima za trajne nasade na primjeru Baranjske planine. cjeloviti znanstveni rad*, *Zbornik radova XL. znanstvenog skupa hrvatskih agronoma s međunarodnim sudjelovanjem*, *Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku*, Osijek, 495-496.

Rapčan, I., Plaščak, I. (2018): *Gnojidba pšenice u sustavu precizne poljoprivrede*, *Agronomski glasnik: Glasilo Hrvatskog agronomskog društva*, Zagreb, 80(3), 163-172.

Saaty, T. L. (2008): *Decision making with the analytic hierarchy process*. *Int. J. Services Sciences*, 1(1), 83-98.

Saaty, T. L. i Sodenkamp, M. (2010): *The Analytic Hierarchy and Analytic Network Measurement Processes: The Measurement of Intangibles*, 1(1), 91-166.

Sarkar, A., Ghosh, A., Banki, P. (2014): *Multi-criteria land evaluation for suitability analysis of wheat: a case study of a watershed in eastern plateau region, India*, *Geo-spatial Information Science*, 17(2), 119-128.

Sikavica, P., Hernaus T., Begičević Ređep, N., Hunjak, T. (2014): *Poslovno odlučivanje*, Školska knjiga, Zagreb.

Sys, C., Van Ranst, E., Debaveye, J. (1991): *Land Evaluation Part 1: Principles in land evaluation and crop production calculations*, *Agricultural Publications*, 7.

Sys C. i dr. (1993): *Land evaluation Part 3: Crop Requirements*, *Agricultural publications*, 7.

Škorić, A., Filipovski, G., Ćirić, M. (1985): Klasifikacija tala Hrvatske.

Šporčić, M., Landekić, M., Bartulac, I., Šegotić, K. (2020): Primjena višekriterijske AHP metode u odabiru sustava pridobivanja drva, izvorni znanstveni članak, Šumarski list, 144(5-6), 247 -256.

Triantaphyllou, E. (2000): Multi-Criteria Decision Making Methods: A comparative Study, Applied Optimization, br.44, Springer, Boston.

Todorović Vekić, T (2017): GIS modeliranje u održivom izboru usjeva i optimizaciji gnojidbe, diplomski rad, Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek.

Vela, E., Medved, I. (2017): Geostatistička analiza vegetacijskih indeksa na šumskom ekosustavu Česma, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska, Geodetski list, 71 (94), 2017, 25-40.

Vukadinović, V. i Vukadinović, V. (2016): pH vrijednost tla, Osijek.

Vukadinović, V. i Vukadinović, V. (2018): Zemljišni resursi, Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek.

World Health Organization (2007): WHO guidelines for assessing quality of herbal medicines with reference to contaminants and residues.

Yohannes, H., Soromessa, T. (2018): Land suitability assessment for major crops by using GIS-based multi-criteria approach in Andit Tid watershed, Ethiopia, Cogent Food & Agriculture.

Mrežne adrese

URL 1: Zakon o poljoprivrednom zemljištu, NN 54/1994, https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/1994_07_54_982.html, (7.5.2021.).

URL 2: Copernicus-Europe's eyes on Earth, <https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-dem/eu-dem-v1.1?tab=mapview>, (24.4.2021.).

URL 3: DIVA-GIS, <http://www.diva-gis.org/gdata>, (17.4.2021.).

URL 4: Pedološko i agrokemijsko kartiranje, http://pedologija.com.hr/Zem_resursi.html, (7.5.2021.).

URL 5: WorldClim, <https://www.worldclim.org/data/worldclim21.html>, (1.5.2021.).

URL 6: Geofabrik OSM, <https://download.geofabrik.de/europe/croatia.html>, (7.5.2021.).

URL 7: USGS - science for a changing world, <https://earthexplorer.usgs.gov/>, (17.4.2021.).

URL 8: Sentinel-2 kanali, https://www.researchgate.net/figure/Sentinel-2-band-characteristics_tbl1_314119510, (12.5.2021.).

URL 9: QGIS - The Leading Open Source Desktop GIS, <http://www.qgis.org/en/site/about/index.html>, (6.5.2021.).

URL 10: Semi-Automatic Classification Plugin for QGIS, <https://fromgistors.blogspot.com/p/semi-automatic-classification-plugin.html>, (6.5.2021.).

URL 11: GRASS GIS, <https://www.osgeo.org/projects/grass-gis/>, (7.5.2021.).

URL 12: Excel, <https://products.office.com/hr-hr/excel>, (7.5.2021.).

URL 13: Thomas L. Saaty, https://en.wikipedia.org/wiki/Thomas_L._Saaty, (10.4.2021.).

URL 14: Istarska županija - Regione Istriana, Opći podaci, <http://stariweb.istra-istria.hr/index.php?id=9>, (11.4.2021.).

URL 15: HGK - ŽUPANIJE - razvojna raznolikost i gospodarski potencijali (2018./2019.), <https://www.hgk.hr/documents/analiza-zupanija-2018-web5bd31ccf68e7f.pdf>, (7.4.2021.).

URL 16: HGK - Gospodarski profil, <https://www.hgk.hr/zupanijska-komora-split/gospodarski-profil>, (9.4.2021.).

URL 17: Splitsko-dalmatinska županija, https://hr.wikipedia.org/wiki/Splitsko-dalmatinska_%C5%BEupanija, (14.4.2021.).

URL 18: DHMZ - Odstupanje srednje temperature zraka u 2020. godini, https://meteo.hr/klima.php?section=klima_pracjenje¶m=ocjena&el=msg_ocjena&MjesecSezona=godina&Godina=2020, (18.4.2021.).

URL 19: Ukupna mjesečna i godišnja količina oborine, https://meteo.hr/klima.php?section=klima_podaci¶m=k2_1&Godina=2020, (11.4.2021.).

URL 20: Vrste geografskih karata, <https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/3ac8074c-0cca-435a-9000-fecbad5443ab/vrste-geografskih-karata-1.html>, (11.4.2021.).

URL 21: Virovitičko – podravska županija: Prostorne posebnosti, <http://www.vpz.hr/o-zupaniji/prostorne-posebnosti/>, (12.5.2021.).

URL 22: Agencija za regionalni razvoj Virovitičko-podravске županije, <https://ravidra.hr/poljoprivreda/>, (10.5.2021.).

URL 23: Agroklub - Tko su deset najvećih hrvatskih proizvođača ljekovitog bilja?, <https://www.agroklub.com/hortikultura/tko-su-deset-najvecih-hrvatskih-proizvodaca-ljekovitogbilja/66971/?fbclid=IwAR1cKIUkrzQjBwdA4mHQgAlbLHQnR2MqjmTWxCxARVzlsJKSCtBqBxaEY>, (12.5.2021.).

URL 24: DAM d.o.o., <https://www.dam.com.hr/>, (10.5.2021.).

URL 25: HGK - KARAKTERISTIKE GOSPODARSTVA VIROVITIČKO-PODRAVSKE ŽUPANIJE U 2018. GODINI, <https://www.hgk.hr/documents/karakteristike-gospodarstva-vpz-u-2018-godini-prosinac-20195edf72cb82172.pdf>, (10.5.2021.).

URL 26: Virovitičko-podravská županija, <http://www.vpz.hr/o-zupaniji/prirodna-bogatstva/>, (10.5.2021.).

- URL 27: Industrijska konoplja, <https://www.agroklub.com/sortna-lista/uljarice-predivo-bilje/industrijska-konoplja-80/>, (12.5.2021.).
- URL 28: NDVI, <https://eos.com/make-an-analysis/ndvi/>, (10.5.2021.).
- URL 29: Pravilnik o ekološkoj proizvodnji u uzgoju bilja i u proizvodnji biljnih proizvoda, NN 91/2001., https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2001_10_91_1558.html, (7.5.2021.).
- URL 30: Gospodarski list - Na kojoj se udaljenosti od prometnice mora saditi povrće iz eko uzgoja?, <https://gospodarski.hr/pitanja-i-odgovori/vrt-pitanje-br-39/>, (3.5.2021.).
- URL 31: Izvješće o kakvoći zraka na području Virovitičko-podravske županije, http://www.vpz.com.hr/wpcontent/uploads/2010/08/zrak0608.pdf?fbclid=IwAR118YxIbRu4zO5cJe4Vgx_-3gO0GR60LEFMJewmHBtHolUsKcVeOFFQeeM, (4.5.2021.).
- URL 32: Geoportal Državne geodetske uprave, <https://geoportal.dgu.hr/>, (17.4.2021.).
- URL 33: Pedologija i zemljišni resursi, http://pedologija.com.hr/Zem_resursi.html, (1.5.2021.).
- URL 34: Land suitability classification, <http://www.fao.org/3/x5310e/x5310e04.htm>, (5.5.2021.).
- URL 35: Katastarske čestice i katastarske općine – WMS/WFS, https://oss.uredjenazemlja.hr/public/inspire_dkp.jsp, (5.5.2021.).
- URL 36: Aritmetička sredina, https://hr.wikipedia.org/wiki/Aritmeti%C4%8Dka_sredina, (5.5.2021.).
- URL 37: Standardna devijacija, https://hr.wikipedia.org/wiki/Standardna_devijacija, (11.5.2021.).
- URL 38: Katastar, <https://www.katastar.hr/>, (12.5.2021.).
- URL 39: OSS - Uređena zemlja, <https://oss.uredjenazemlja.hr/public/index.jsp>, (12.5.2021.).

Popis slika

Slika 1. Pregled plana istraživanja	6
Slika 2. Prikaz preuzetog DMR-a i poligonskog sloja Republike Hrvatske.....	11
Slika 3. Ideja AHP metode (Kadoić, 2020)	16
Slika 4. Prikaz korištenih kriterija i potkriterija.....	22
Slika 5. Kartografski prikaz srednje temperature zraka u 2020. godini (URL 18).....	27
Slika 6. Prikaz prosječne godišnje temperature za područje cijele Republike Hrvatske u °C.....	28
Slika 7. Prikaz prosječne godišnje količine oborina na području Republike Hrvatske u mm.....	30
Slika 8. Prikaz nadmorske visine u m i reljefa Republike Hrvatske.....	36
Slika 9. Prikaz nagiba terena Republike Hrvatske u °	37
Slika 10. Prikaz korištenja zemljišta Virovitičko-podravске županije	58
Slika 11. Vegetacijski indeks normalizirane razlike za područje od interesa.....	60
Slika 12. Prikaz cesta u Virovitičko-podravskoj županiji i nepogodne zone za uzgoj	61
Slika 13. Prikaz željezničke pruge u Virovitičko-podravskoj županiji i nepogodne zone za uzgoj	62
Slika 14. Prikaz zagađivača u Virovitičko-podravskoj županiji i nepogodne zone za uzgoj	64
Slika 15. Karta ograničavajućih faktora (Boolean pristup)	65
Slika 16. 3D prikaz reljefa Virovitičko-podravске županije	67
Slika 17. Prikaz nagiba Virovitičko-podravске županije u %	68
Slika 18. Prikaz nadmorske visine s reljefom Virovitičko-podravске županije u m.....	69
Slika 19. Prikaz ekspozicije terena Virovitičko-podravске županije.....	70
Slika 20. Prikaz tipova tla u Virovitičko-podravskoj županiji.....	71
Slika 21. Prikaz prosječnih godišnjih temperatura u Virovitičko-podravskoj županiji	72
Slika 22. Prikaz prosječnih godišnjih oborina na području Virovitičko-podravске županije.....	73
Slika 23. FAO klasifikacija pogodnosti zemljišta (URL 34).....	74
Slika 24. Standardizirani kriterij nadmorske visine	78
Slika 25. Standardizirani kriterij nagiba terena.....	78
Slika 26. Standardizirani kriterij ekspozicije terena	79
Slika 27. Standardizirani kriterij tipa tla	80
Slika 28. Standardizirani kriterij temperature	81
Slika 29. Standardizirani kriterij oborina.....	81

Slika 30. Karta pogodnosti bez ograničavajućih faktora za industrijsku konoplju	86
Slika 31. Karta S1 klase modela pogodnosti za industrijsku konoplju.....	87
Slika 32. Karta S2 klase modela pogodnosti za industrijsku konoplju.....	88
Slika 33. Karta S3 klase modela pogodnosti za industrijsku konoplju.....	89
Slika 34. Karta N1 klase modela pogodnosti za industrijsku konoplju	90
Slika 35. Karta N2 klase modela pogodnosti za industrijsku konoplju	91
Slika 36. Karta pogodnosti s ograničavajućim faktorima za industrijsku konoplju	92
Slika 37. Karta pogodnosti s ograničavajućim faktorima (ceste) za industrijsku konoplju.....	92
Slika 38. Karta pogodnosti s ograničavajućim faktorima (željezničke pruge) za industrijsku konoplju	93
Slika 39. Karta pogodnosti s ograničavajućim faktorima (zagađivači) za industrijsku konoplju	93
Slika 40. Područje pogodno za uzgoj industrijske konoplje	94
Slika 41. Katastarska čestica pogodna za uzgoj industrijske konoplje.....	95
Slika 42. Izvod iz katastarskog plana (URL 37).....	96

Popis tablica

Tablica 1. Kanali, valne duljine i prostorne rezolucije satelitske misije Sentinel-2 (URL 8)	12
Tablica 2. Vrijednosti slučajnih indeksa konzistencije (Kadoić, 2020).....	19
Tablica 3. Saatyjeva skala - Fundamentalna skala apsolutnih brojeva prema (Saaty, 2008)	19
Tablica 4. Popis odabranih kriterija (Mihovilović, 2018; Kolak i dr., 1997)	21
Tablica 5. Opći podaci o područjima od interesa (URL 14; URL 15; URL 16; URL 17)	23
Tablica 6. Matrica odlučivanja (URL 18; URL 19; URL 20; Državni zavod za statistiku, 2007; Vukadinović i Vukadinović, 2016; Škorić i dr., 1985).....	25
Tablica 7. Temperatura prema raspodjeli percentila (URL 18).....	26
Tablica 8. Količina oborina u mm (URL 19; URL 20).....	29
Tablica 9. Prikaz kategorija pH reakcije tla i pH vrijednosti (Vukadinović i Vukadinović, 2016)	35
Tablica 10. Prikaz vrijednosti nadmorske visine (Mihovilović, 2018).....	37
Tablica 11. Prikaz nagiba terena izraženog u ° (Husnjak i dr., 2008)	38
Tablica 12. Procjena kriterija u odnosu na cilj, prvi sudionik	39
Tablica 13. Procjena kriterija u odnosu na cilj, drugi sudionik	39
Tablica 14. Zajednička procjena kriterija u odnosu na cilj	39
Tablica 15. Težine kriterija za usporedbu u odnosu na cilj	40
Tablica 16. Provjera konzistentnosti, zajednička procjena	40
Tablica 17. Procjena potkriterija u odnosu na agroekološki kriterij, sudionik 1	41
Tablica 18. Procjena potkriterija u odnosu na agroekološki kriterij, sudionik 2	41
Tablica 19. Procjena potkriterija u odnosu na agroekološki kriterij, zajednička procjena	41
Tablica 20. Procjena potkriterija u odnosu na pedološki kriterij, sudionik 1	42
Tablica 21. Procjena potkriterij pedološki kriterij, sudionik 2	42
Tablica 22. Procjena potkriterij pedološki kriterij, zajednička procjena	42
Tablica 23. Procjena potkriterij geomorfometrijski kriterij, sudionik 1	42
Tablica 24. Procjena potkriterij geomorfometrijski kriterij, sudionik 2	43
Tablica 25. Procjena potkriterij geomorfometrijski kriterij, zajednička procjena	43
Tablica 26. Procjena alternativa u odnosu na kriterij nadmorska visina, sudionik 1.....	43
Tablica 27. Procjena alternativa u odnosu na kriterij nadmorska visina, sudionik 2.....	44
Tablica 28. Procjena alternativa u odnosu na kriterij nadmorska visina, zajednička procjena	44

Tablica 29. Tablica prioriteta.....	45
Tablica 30. Analiza osjetljivosti - rezultati i originalan poredak.....	46
Tablica 31. Sažetak analize osjetljivosti.....	47
Tablica 32. Kriteriji za izradu modela.....	66
Tablica 33. Klase pogodnosti poljoprivrednog zemljišta (FAO, 1976).....	75
Tablica 34. Raspon pogodnosti po klasama (Yohannes i Soromessa, 2018; Sys i dr., 1991; Sys i dr., 1993; Ennaji i dr., 2018; FAO, 1976; Husnjak i Bensa, 2018; Bogunović i dr., 1997).....	76
Tablica 35. Matrica „parne usporedbe“ intenziteta kriterija.....	82
Tablica 36. Normalizirane vrijednosti i težina kriterija.....	83
Tablica 37. Provjera konzistentnosti.....	83

Razvoj metodologije za određivanje optimalne lokacije u svrhu uzgoja ljekovitog bilja

Marija Brizar, Klara Deverić i Martina Modrić

Sažetak

Ovim istraživanjem opisana je i detaljno postavljena te razrađena ideja analize uzgoja ljekovitog bilja za potrebe alternativne medicine u najpogodnijoj županiji te ideja pronalaska optimalne lokacije za uzgoj. Poljoprivreda, kao jedna od najstarijih gospodarskih grana, pratila je razvoj civilizacije od prapovijesti pa sve do danas. Početkom 19. stoljeća, zbog napredovanja farmaceutske industrije, biljna medicina polako je počela padati u drugi plan, međutim sve se više raspoznaje trend povratka prirodnim izvorima u prehrani i liječenju, što je osobito vezano uz povećanje životnog standarda. Danas se teži proizvodnji što boljeg i kvalitetnijeg proizvoda da bi se zadovoljile potrebe potrošača. S ciljem postizanja željenih rezultata, potrebno je provoditi analize koje će pomoći pri vođenju i upravljanju resursima. Cilj ovog istraživanja je primjenom Analitičkog hijerarhijskog procesa upravo pronaći odgovarajuću županiju za uzgoj ljekovitog bilja. Navedeni proces proveden je na osnovi tri kriterija (geomorfometrijski, pedološki i agroekološki) te na osnovi dva potkriterija geomorfometrijskog kriterija (nadmorska visina i nagib terena), tri potkriterija agroekološkog kriterija (temperatura, oborine i svjetlost) i tri potkriterija pedološkog kriterija (vlažnost tla, tip tla i kiselost tla), a za četiri alternative (Splitsko-dalmatinska, Virovitičko-podravska, Ličko-senjska i Istarska županija). Model pogodnosti poljoprivrednog zemljišta pronađene županije za uzgoj industrijske konoplje, koja je odabrana kao biljka predstavnik ljekovitog bilja, izrađen je višekriterijskim GIS analizama na temelju šest odabranih kriterija: nadmorska visina, nagib, ekspozicija, tip tla, oborine i temperatura. Težinski koeficijenti kriterija određeni su metodom Analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP). Model je izrađen u računalnom programu QGIS 3.18.2 i GRASS GIS 7.6.1., a za potrebe provedbe metode Analitičkog hijerarhijskog procesa korišten je MS Excel 2016 program. Nakon što je model izrađen, reklasificiran je prema FAO metodologiji klasifikacije pogodnosti poljoprivrednog zemljišta u pet klasa: S1, S2, S3, N1 i N2. Rezultati istraživanja pokazali su da je prostor Virovitičko – podravske županije uglavnom umjereno pogodan i vrlo pogodan (S1 i S2) za uzgoj industrijske konoplje. Najveći utjecaj na klase pogodnosti imali su pedološki kriteriji. Izrađeni NDVI indeks vegetacije kako bi se dobio uvid u zdravlje vegetacije, a za potrebe ograničavajućih faktora provedena je nadzirana klasifikacija županije.

Ključne riječi: ljekovito bilje, AHP, NDVI, nadzirana klasifikacija, model pogodnosti, FAO, klasifikacija, Virovitičko-podravska županija, poljoprivreda, industrijska konoplja

Development of a methodology for determining optimal location for medicinal herbs cultivation

Marija Brizar, Klara Deverić i Martina Modrić

Abstract

This research describes and details the idea for the cultivation of medicinal herbs, for the purpose of alternative medicine applications in the most suitable country and the idea of finding the optimal location for cultivation. As one of the oldest branches of the economy, agriculture has been developing side by side with human civilization since the dawn of time. Due to the progress and expansion of the pharmaceutical industry at the beginning of the 19th century, herbal medicine was pushed into the background. However, in recent years, the trend of natural nutrition and natural medical treatments has been more noticeable, particularly due to the overall improvement of life standard. Today, the overall objective is to produce the highest quality product to meet the needs of the customers. To achieve these desired results, it is also necessary to undertake an analysis that will assist in resource management. This research aims to find the most suitable country for the cultivation of medicinal herbs by using the Analytical Hierarchy Process. This process was based on three main criteria, namely geomorphometrical, pedological and agroecological. In addition to the main criteria, subcriteria was applied as follows: altitude and terrain configuration, as the two geomorphometrical subcriteria, temperature, precipitation and illumination, as the three agroecological subcriteria and soil type, moisture and acidity, as the three pedological subcriteria. Four counties (Splitsko-Dalmatia, Virovitica-Podravina, Lika-Senj and Istria) were analyzed. Industrial hemp has been selected as the representative medicinal herb. GIS analysis based on six selected criteria parameters (altitude, terrain configuration, exposition, soil type, precipitation and temperature) was undertaken in order to accurately model the suitability of agricultural land for the cultivation of industrial hemp. The coefficient weighting system was determined using Analytical Hierarchy Process (AHP). QGIS 3.18.2, GRASS GIS 7.6.1. and MS Excel 2016 software packages were used for the model computation. Upon its completion, the model was reclassified in accordance with FAO methodology for the classification of agricultural land in five tiers: S1, S2, S3, N1 and N2. This research has shown that the Virovitica-Podravina County is predominantly suitable or very suitable (S1 and S2 tiers) for the cultivation of the industrial hemp with pedological criteria having the largest influence. In addition, the normalized difference vegetation index was

produced to gain insight into the overall condition of the vegetation. Finally, county classification was done for the purposes of determining the limiting factors.

Key words: medicinal herbs, AHP, NVDI, supervised classification, suitability model, FAO, classification, Virovitica - Podravina County, agriculture, industrial hemp