

Ocjena pogodnosti lokacija za odlagalište otpada primjenom višekriterijske analize u GIS okruženju

Bekafigo, Oton

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:825266>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-02**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



image not found or type unknown

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

Bekafigo Oton

**OCJENA POGODNOSTI LOKACIJA ZA ODLAGALIŠTE OTPADA
PRIMJENOM VIŠEKRITERIJSKE ANALIZE U GIS OKRUŽENJU**

Diplomski rad

Rijeka, 2022.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Stručni specijalistički studij
Gradnja u priobalju
GIS i baze komunalnih podataka**

**Bekafigo Oton
JMBAG: 0114028890**

**OCJENA POGODNOSTI LOKACIJA ZA ODLAGALIŠTE OTPADA
PRIMJENOM VIŠEKRITERIJSKE ANALIZE U GIS OKRUŽENJU**

Diplomski rad

Rijeka, 2022.

IZJAVA

Završni/Diplomski rad izradio/izradila sam samostalno, u suradnji s mentorom/mentoricom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.

Bekafigo Oton

U Rijeci, 02.11.2022.

Sažetak:

U radu je provedena analiza pogodnosti površina za odlagalište otpada primjenom višekriterijske analize i to metode analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP) u GIS okruženju. Ulazni podaci su preuzeti iz različitih (besplatnih) izvora te su korigirani i pripremljeni sukladno odabranoj metodologiji. Cilj je procijeniti razinu pogodnosti površina na temelju koje bi se u kasnijem procesu donošenja odluke odabrala najpogodnija lokacija za odlagalište otpada na području grada Požege. Za ocjenu pogodnosti rezultata odabrana je metoda analitičkog hijerarhijskog procesa koja ulazne podatke tretira kao kriterije u ocjeni pogodnosti i na temelju usporedbe parova kriterija određuje njihove prioritete odnosno procjenjuje njihovu važnost za ocjenu pogodnosti. Analiza osjetljivosti provedena je na način da su nakon ocjene pogodnosti površina promijenjeni intenziteti važnosti u usporedbi parova kriterija te je analizirana rezultirajuća pogodnost površina za izgradnju odlagališta. Dobiveni rezultati su na kraju preklapljeni s lokacijom postojećeg odlagališta otpada.

Ključne riječi: Grad Požega, odlagalište otpada, ocjena pogodnosti, GIS, višekriterijska analiza, AHP metoda, proces donošenja odluke.

Abstract:

In the paper, an analysis of the suitability of areas for a waste disposal site was carried out using a multi-criteria analysis, namely the analytical hierarchy process (AHP) method in a GIS environment. The input data were taken from different (open) sources and were corrected and prepared according to the selected methodology. The goal is to assess the level of suitability of the areas, on the basis of which the most suitable location for the waste disposal site in the area of the city of Požega would be selected in the later decision-making process. For evaluating the convenience of the results, the method of the analytical hierarchical process was chosen, which treats the input data as criteria in the suitability evaluation and, based on the pairwise comparison, determines their priorities, that is, evaluates their importance for the suitability evaluation. The sensitivity analysis was carried out in such a way that after assessing the suitability of the surfaces, the intensities of importance were changed in the pairwise comparison of criteria, and the resulting suitability of the surfaces for the waste disposal was analyzed. The obtained results were finally overlapped with the location of the existing waste disposal site.

Key words: City of Požega, waste disposal site, suitability analysis, GIS, multi-criteria analysis, AHP method, decision-making process.

Sadržaj:

1. UVOD	1
2. TEORETSKE OSNOVE	2
2.1. Geografski informacijski sustav - GIS	2
2.2. Višekriterijska analiza	5
2.2.1. <i>Analitički hijerarhijski proces (AHP)</i>	5
3. ANALIZIRANO PODRUČJE I PODACI.....	8
3.1. Osnovne značajke Požeškog područja i sustava za gospodarenje otpadom	8
3.2. Ulazni podaci	11
3.2.1. <i>Namjena zemljišta</i>	12
3.2.2. <i>Nadmorska visina i nagibi terena</i>	13
3.2.3. <i>Naselja</i>	15
3.2.4. <i>Prometnice i željeznice</i>	16
3.2.5. <i>Vodotoci</i>	18
4. METODOLOŠKI PRISTUP	19
5. REZULTATI I DISKUSIJA.....	23
5.1. Analiza osjetljivosti.....	42
6. USPOREDBA REZULTATA S POSTOJEĆIM ODLAGALIŠTEM OTPADA.....	45
7. Zaključak	47
Literatura.....	48

Popis slika:

Slika 1: Prikaz unošenja podataka iz stvarnog svijeta (izvor: https://www.caliper.com/glossary/what-is-a-map-layer.htm).....	4
Slika 2: Prikaz analitičkog hijerarhijskog procesa	6
Slika 3: Lokacija požeške kotline na karti Hrvatska (Izvor: https://bs.wikipedia.org/wiki/Po%C5%BEE%C5%A1ko-slavonska_%C5%BEupanja)	8
Slika 4: Prikaz grada Požege na karti s iskazanim gorjem oko kotline (izvor: Google maps)	9
Slika 5: Lokacija odlagališta Vinogradine na karti (izvor: Google maps)	10
Slika 6: CORINE pokrov i namjena zemljišta na području grada Požege	12
Slika 7: EU-DEM na području grada Požege	13
Slika 8: Nagibi terena na području grada Požege	14
Slika 9: Naselja na području grada Požege.....	15
Slika 10: Prometnice na području grada Požege	16
Slika 11: Željeznica na području grada Požege	17
Slika 12: Vodotoci na analiziranom području	18
Slika 13: Nepogodni dijelovi grada Požege s obzirom na namjenu zemljišta	23
Slika 14: Sloj minimalne udaljenosti od prometnica.....	24
Slika 15: Sloj minimalne udaljenosti od naselja.....	25
Slika 16: Sloj minimalne udaljenosti od naselja.....	26
Slika 17: Sloj minimalne udaljenosti od naselja.....	27
Slika 18: Kombinacija nepovoljnih dijelova	28
Slika 19: Sloj nepogodnih dijelova grada.....	29
Slika 20: Karta sloja nadmorskih visina s dodijeljenim koeficijentima pogodnosti s obzirom na nadmorsku visinu.....	30
Slika 21: Prikaz sloja reklasificiranog nagiba terena s ocjenama pogodnosti.....	31
Slika 22: Prikaz slojeva udaljenosti od prometnica u rasterskom obliku	32
Slika 23: Sloj udaljenosti od naselja.....	33
Slika 24: Postavljanje ulaznih podataka za izračun težinskih koeficijenata	34

Slika 25: Matrica usporedbe za AHP metodu.....	37
Slika 26: Tablica težinskih koeficijenata prema AHP kalkulatoru.....	37
Slika 27: Rezultat 2. faze analize.....	38
Slika 28: Preklapanje pogodnih područja s nepogodnima.....	39
Slika 29: Prikaz rezultata analize.....	40
Slika 30: Prikaz jednog od pogodnih područja za odlagalište otpada.....	41
Slika 31: Prikaz izmijenjenih intenziteta važnosti.....	42
Slika 32: Tablica težinskih elemenata s nagibom terena kao primarnim elementom	43
Slika 33: Sloj koji je nastao izračunom "Raster calculator" alata s nagibom terena kao primarnim elementom.....	44
Slika 34: Preklapanje postojećeg odlagališta sa rezultatom analize.....	45

Popis tablica:

Tablica 1: Saaty-eva skala intenziteta važnosti (Saaty, 1980)	6
Tablica 2: Slučajni indeks konzistencije (Saaty, 1980.)	7
Tablica 3: Površine nepogodne za izgradnju odlagališta otpada	20
Tablica 4: Površine pogodne za izgradnju odlagališta otpada i njihove relativne pogodnosti	21

1. UVOD

Planiranje i prostorna analiza su dio građevinske struke koji uvelike olakšava proces odabira lokacija te organizacije područja kako bi se što učinkovitije potrebni gospodarski i komunalni elementi smjestili u prostor a kako ne bi narušavali osnovne uvjete života. Osnovne pogodnosti za život kao što su pitka voda, struja, kanalizacijska odvodnja te zasigurno i zbrinjavanje krupnog otpada su jedni od glavnih kriterija koji utječu na kvalitetu života u velikim urbanim sredinama. Koliko god gradovi bili razvijeni uvijek ima jedan dio gdje se stanovnici i dalje bore kako bi si unutar grada osigurali ove osnovne pogodnosti i poboljšali svoju kvalitetu života. Glavni cilj urbanog planiranja je pronaći odgovarajuće rješenje koje će svim korisnicima odgovarati kako bi im bio osiguran kvalitetniji život (Parry, Ganaie i Sultan, 2018.)

Odlaganje krupnog otpada je problem koji je zahvatio sve više gradova, posebno one koji se brzo šire, veći broj stanovnika proizvodi više otpada te se isti negdje mora odložiti a postojeća odlagališta možda nisu dovoljno velika ili primjereno pripremljena za prihvrat veće količine otpada. U tom slučaju potrebno je provesti analizu gdje se pronalazi odgovarajuća lokacija za odlagalište otpada tako da se svi kriteriji uzmu u obzir s obzirom na njihovu važnost. Dakle potrebno je iz površine grada izdvojiti one dijelove koji nam ne odgovaraju a one koji odgovaraju treba ocijeniti koliko su pogodna za odlagalište otpada. Tako će ovaj rad obraditi ulazne podatke na odgovarajući način te prezentirati rješenja kao potencijalne lokacije za izgradnju odlagališta. Dakle ovom analizom želimo pronaći one lokacije koji po svim postavljenim uvjetima najviše odgovaraju za lokaciju odlagališta otpada.

2. TEORETSKE OSNOVE

2.1 Geografski informacijski sustav – GIS

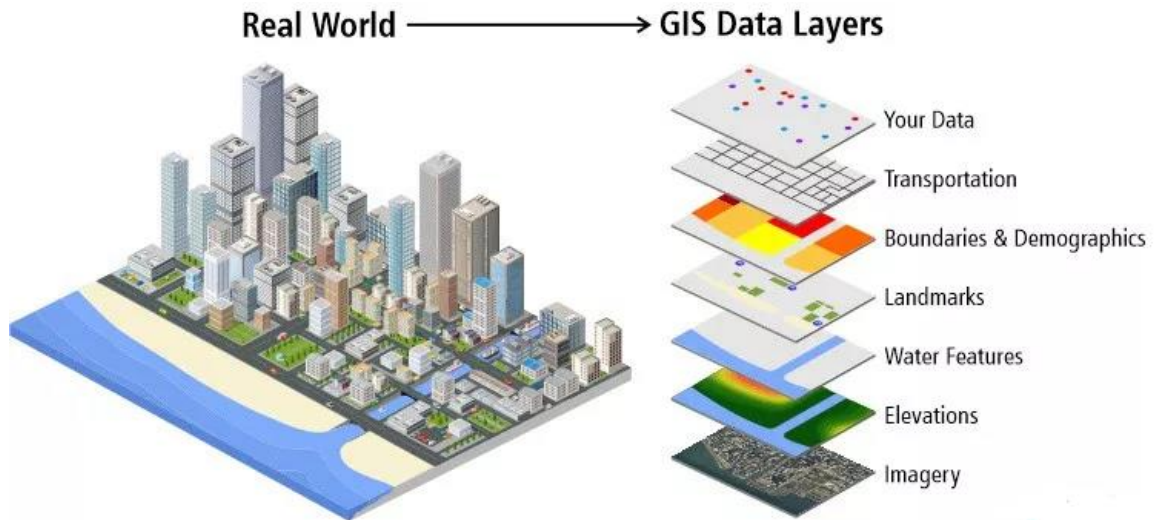
Geografski informacijski sustav je započeo svoj razvoj još u 18. stoljeću gdje su se provodile suvremene geodetske tehnike za topografsko kartiranje uz prethodne verzije kartiranja koje su se stvarale zbog određenih radnji kao što je to na primjer popis stanovništva ili znanstveni rad.

Razvoj prvog pravog svjetskog operacijskog GIS sustava dogodio se 1967. godine u Ottawi u Kanadi. Razvoj je potaknulo federalno Ministarstvo energije, rudarstva i resursa a razvio ga je Roger Tomlinson pod nazivom „Canadian GIS“ tj. Kanadski GIS (Meaden i Aguilar-Mendez, 2013.). Sustav se koristio za spremanje, analiziranje i rukovanje podacima prikupljenima za Kanadski zemljišni popis. Ovaj sustav je bio prvi svjetski sustav kao poboljšanje nad primjenama „kartiranja“ kao takvog jer je dopuštao mogućnosti preklapanja, mjerenja, digitaliziranja/skeniranja. Ovaj sustav je podržavao nacionalni koordinatni sustav koji se ubrzo proširio kontinentom a kodirane linije poput „lukova“ imale su pravu ugrađenu topologiju. Također sustav je spremao i osobine i lokacijske informacije kao odvojene datoteke. Kanadski GIS nikad nije imao komercijalnu svrhu te su tako potaknuti primjerom kanadskog programa ostali proizvođači počeli razvijati svoje komercijalne verzije programa. Budući da je već zadnjih 20 godina dvadesetog stoljeća industrija imala velik i brz napredak bilo je potrebno brzo i efikasno zemljišno rangiranje i raspoređivanje što je navelo još više novih proizvođača programa da naprave svoju inačicu programa te je tako već početkom 21. stoljeća GIS sučelje dostupno većini korisnika diljem svijeta.

Danas geografski informacijski sustav (GIS) je sustav za upravljanje prostornim podacima i atributima koji im se pridružuju. U pravom smislu to je računalni sustav sposoban za integriranje, spremanje, uređivanje, analiziranje i prikazivanje geografskih informacija. A kada bi malo pojednostavili objašnjenje GIS je oruđe "pametne karte" koje dopušta korisnicima stvaranje mapa, točaka, linija i poligona (iz istraživanja koja unosi korisnik), analiziranje prostornih informacija i uređivanje podataka kako bi se dobili željeni rezultati.

Geografski informacijski sustav je našao svoju primjenu u znanstvenim istraživanjima, upravljanju resursima, planiranju razvoja, kartografiji, planiranju puta i slično. Geografski informacijski sustav se konkretno koristi u različite svrhe i ima vrlo širok spektar primjene, kao što je računanje vremena potrebnog za neku radnju, izdvajanje određenih dijelova geografskih podataka, preklapanje karata ili za izradu složenijih radnji kao što su višekriterijske analize.

Prikaz podataka u geografskom informacijskom sustavu je osmišljen da podaci predstavljaju stvarne geografske fenomene (Huisman i de By, 2001.) kao što su to ceste, zgrade, planine, zemljišta, visine, količine oborina i ostalo (Slika 1). Spomenuti fenomeni se mogu svrstati u dva osnovna tipa: geografski objekti koji zauzimaju diskretne površine u prostoru (npr. kuće, zgrade, prometnice, vodotoci itd.) te geografska polja kojima se u svakoj točki prostora može odrediti vrijednost (npr. nadmorske visine, količine oborina, nagibi terena, namjene površina itd.) (Matus, 2015.).



Slika 1: Prikaz unošenja podataka iz stvarnog svijeta (izvor: <https://www.caliper.com/glossary/what-is-a-map-layer.htm>)

Prikaz ovih podataka se vrši pomoću dva različita tipa podataka, rasterski i vektorski.

Rasteri se sastoje od redova i stupaca u kojima je svakoj ćeliji dodijeljena vrijednost (atribut). Te vrijednosti se mogu odnositi na npr. namjenu zemljišta, količinu oborina, ali mogu se odnositi i na površine na kojima nije moguće odrediti vrijednost ćelije (engl. no data).

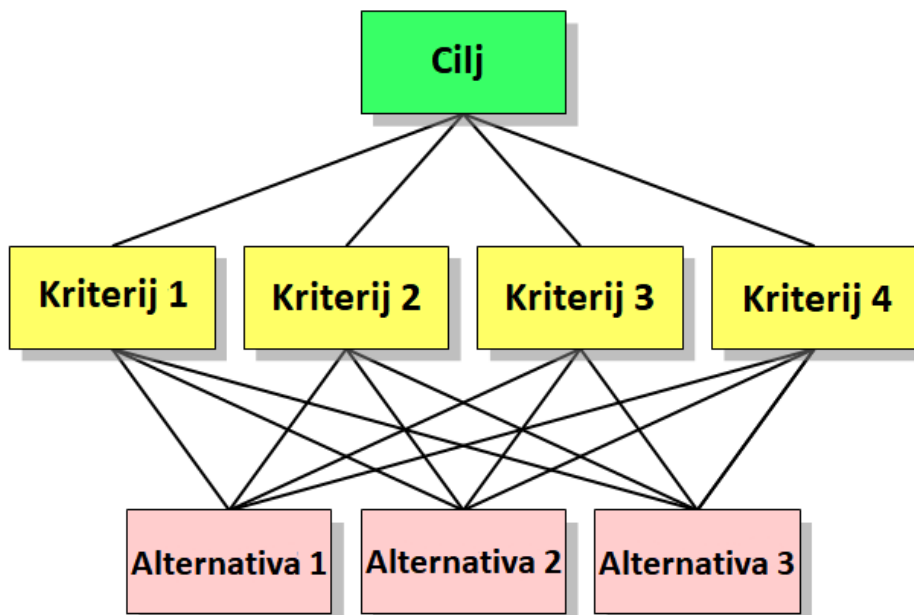
Vektorski podaci su u formi točkaka, linija ili poligona. Točkama su označene neki diskretni jednodimenzionalni elementi (npr. mjerne stanice, bušotine), linije se koriste za prikaz linijskih elemenata kao što su ceste, pruge, pomorski putevi dok se poligonima prikazuju površine omeđene granicama (linijama).

2.2 Višekriterijska analiza

Donošenje raznih odluka je problem koji se javlja u svim djelatnostima i često se dogodi da odluka koja treba biti donesena ne ovisi samo o jednom kriteriju nego o njih više. Također svaki kriterij ima svoju težinu koju nosi tj. koliko je neki kriterij važan i koja je njegova važnost u odnosu na ostale kriterije koji se uzimaju u obzir. Višekriterijska analiza omogućuje razmatranje više složenih kriterija različitih važnosti za postizanje rezultata, donošenje odluke ili rješenja.

2.2.1 Analitički hijerarhijski proces (AHP)

Koncept analitičkog hijerarhijskog procesa osmislio je Saaty (1980.). AHP nudi relativno jednostavan pristup određivanju važnosti pojedinih kriterija te njihovog utjecaja na konačnu odluku. Hijerarhijsku strukturu metode čini cilj na vrhu hijerarhije te kriteriji i alternative koji se granaju na nižim razinama (Slika 2). Elementi niže razine se u parovima uspoređuju u odnosu na element više razine tako da se procjenjuje relativna važnost elemenata para u odnosu na element više razine i to na ljestvici od 1 (elementi para imaju jednaku važnost) do 9 (jedan element para apsolutno dominira nad drugim) (Tablica 1). Na temelju takve usporedbe svakom se kriteriju odredi prioritet koji je ujedno i težinski koeficijent kriterija (Šisl, 2020.).



Slika 2: Prikaz analitičkog hijerarhijskog procesa

Tablica 1: Saaty-eva skala intenziteta važnosti (Saaty, 1980)

Intenzitet važnosti	Definicija
1	Jednaka važnost
3	Slaba dominacija
5	Jaka dominacija
7	Demonstrirana dominacija
9	Apsolutna dominacija
2,4,6,8	Međuvrijednosti

Važno je naglasiti da se AHP metodom dodjeljuje intenzitet važnosti svakoj alternativi u odnosu na element više razine na temelju ekspertne procjene donositelja odluka. Što je veći intenzitet važnosti, to je bolja izvedba alternative u odnosu na razmatrani kriterij. Ovi intenziteti važnosti čine matricu relativnih važnosti koja je pozitivna i recipročna (elementi su pozitivni i zadovoljavaju uvjet $a_{ij} = 1/a_{ji}$):

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \cdots & \frac{w_1}{w_n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \cdots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} \quad (1)$$

gdje je $a_{ij} = w_i/w_j$ dodijeljeni intenzitet važnosti u usporedbi para, a w_i je relativni težinski koeficijent elementa i . Određivanje težinskih koeficijenata w_i se svode na rješavanje jednadžbe:

$$Aw = \lambda w, \quad \lambda \neq 0 \quad (2)$$

gdje je λ svojstvena vrijednost, a w svojstveni vektor matrice A . Najveća vlastita vrijednost recipročne matrice n -tog reda je $\lambda_{max} \geq n$. Kad bi matrica u cijelosti bila konzistentna (dosljedna), vrijedilo bi $\lambda_{max} = n$.

Težinski koeficijent određuju se rješavanjem sustava jednadžbi:

$$(A - \lambda_{max}I)w = 0, \quad \sum_i w_i = 1 \quad (3)$$

Da bi postupak bio konzistentan, moguće je utvrditi pogreške u prosudbi izračunavanjem omjera konzistencije (CR).

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (4)$$

gdje je RI slučajni indeks konzistencije (engl. Random Consistency Index) (Tablica 2), a CI indeks konzistencije koji se određuje jednadžbom:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (5)$$

Tablica 2: Slučajni indeks konzistencije (Saaty, 1980.)

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

Ako je omjer konzistencije $CR \geq 0,1$, sve rezultate treba ponovno analizirati (Parry, Ganaie i Sultan, 2018.).

3. ANALIZIRANO PODRUČJE I PODACI

3.1 Osnovne značajke Požeškog područja i sustava za gospodarenje otpadom

Područje Grada Požege locirano je u Požeškoj kotlini u središnjoj Slavoniji (Slika 3), na oko 156 m n. m. Cijela kotlina se proteže na 977 m² površine a omeđena je s tri planine: Papuk, Krndija i Psunj te dvije gore: Požeška i Dilj gora.



Slika 3: Lokacija požeške kotline na karti Hrvatska (Izvor: https://bs.wikipedia.org/wiki/Po%C5%BEE%C5%A1ko-slavonska_%C5%BEupanija)

Požeško područje je regija Požeško-slavonske županije. Nalazi se na južnom dijelu požeške kotline koja čini najveći dio Požeško-slavonske županije, a sastoji se od grada Požege i više okolnih naselja (Slika 4). Budući da je Požeško područje slabije naseljeno zbog iseljavanja stanovništva odlagalište otpada obuhvaća cijelu požešku kotlinu koja se sastoji od tri grada, grad Požega, Kutjevo i Pleternica te pet općina, općina Velika, Brestovac, Čaglin, Jakšić i Kaptol.

Sam grad Požega obuhvaća 32 naselja, grad Kutjevo 17 naselja a grad Pleternica 38 naselja koji skupa s ostalim općinama tvore naselja požeške kotline.



Slika 4: Prikaz grada Požege na karti s iskazanim gorjem oko kotline (izvor: Google maps)

Ovo je tipično slavonsko područje gdje je 50% površine pokriveno obrađivanom zemljom a 40% šumama što poljoprivredu i stočarstvo čini primarnom djelatnošću u toj regiji. Broj stanovnika po zadnjem popisu (2021.g.) iznosi: Kutjevo 4.953 stanovnika, Pleternica 9.349 stanovnika, Požega 22.564 stanovnika te 15.875 stanovnika u ostalim općinama koje pripadaju požeškoj kotlini, sveukupno 52.741 stanovnika. Broj stanovnika s obzirom na prijašnje popise stanovništva je znatno manji.

Na području požeške kotline sav otpad iz navedenih gradova i općina se odlaže na postojećem odlagalištu Vinogradine nedaleko od grada Požege u blizini jednog od njegovih naselja (Slika 5). Na ovom području postoji sustav sa odvojenim prikupljanjem otpada te se papir, staklo, plastika i komunalni otpad posebno skupljaju. Također postoji i sortirnica otpada na području grada Požege gdje se ostali materijali posebno odvajaju i skladište ili recikliraju.



Slika 5: Lokacija odlagališta Vinogradine na karti (izvor: Google maps)

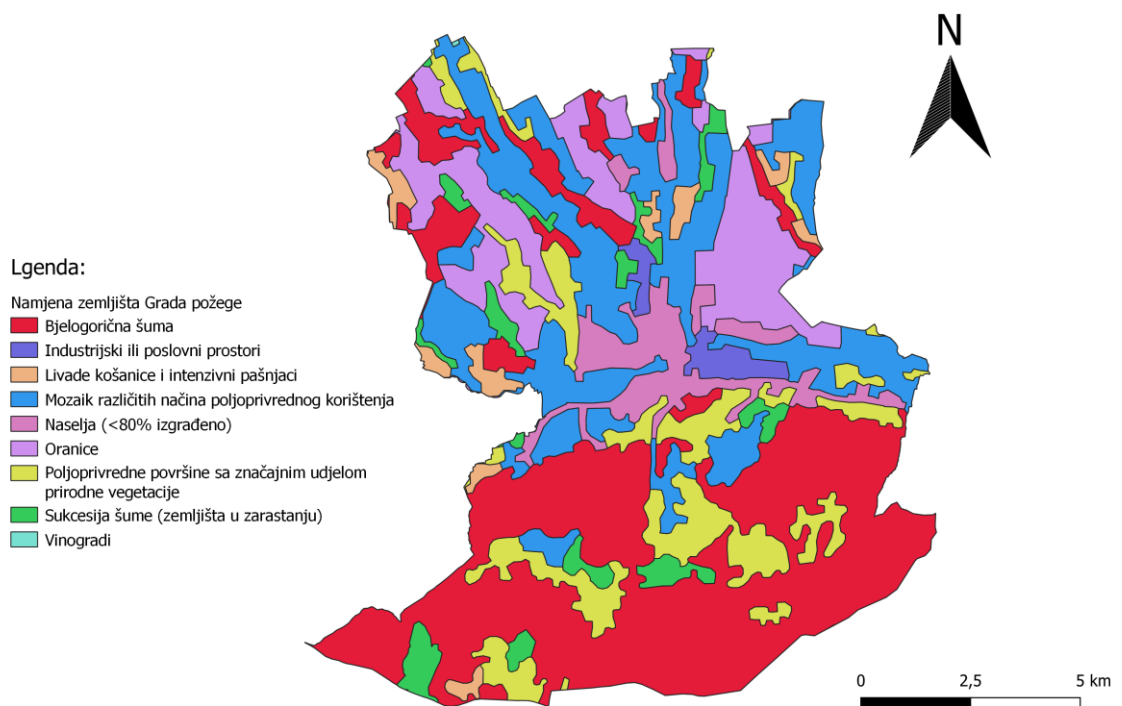
3.2 Ulazni podaci

Ulazni podaci su pripremljeni i obrađeni pomoću QGIS softvera a uvjeti oblikovanja su preuzimani iz službenih zakona i pravilnika, u ovom slučaju Pravilnik o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagalište otpada - izdanje (NN 117/07) koji je izdan od strane Ministarstva zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva. Ostali izvori koji su korišteni su slični radovi na različitim područjima u svijetu (npr. Parry, Ganaie i Sultan, 2018., Sekulović i Jakovljević, 2016., Muheeb i Bashir 2021., Mussa i Suryabhagavan, 2021.) koji koriste iste ili slične metode za određivanje pogodne lokacije za odlagalište otpada te OpenStreetMap (OSM) bazu podataka za podatke o prometnicama, digitalna ortofoto karta (DOF) (preuzeto putem Web map servisa) za poligone naselja i vodotoke, CORINE pokrov i namjena zemljišta Copernicus programa Europske unije (CORINE Land Cover) te digitalni elevacijski model Copernicus programa (EU-DEM v1.1).

Podaci koji su korišteni u analizi su: namjena zemljišta, reljefne karakteristike, prometnice, vodotoci i željeznice.

3.2.1 Namjena zemljišta

Namjena zemljišta direktno govori može li se tamo graditi odlagalište ili ne. Sloj prikazan na slici 6 je preuzet iz CORINE pokrova i namjene zemljišta Copernicus programa (CORINE, 2021.). Sloj prikazuje u različitim bojama različite tipove namjene zemljišta na području grada Požege. Veći dio analiziranog područja je prekriven bjelogoričnom šumom, posebno na jugu, a na sjeveru dominira poljoprivreda.

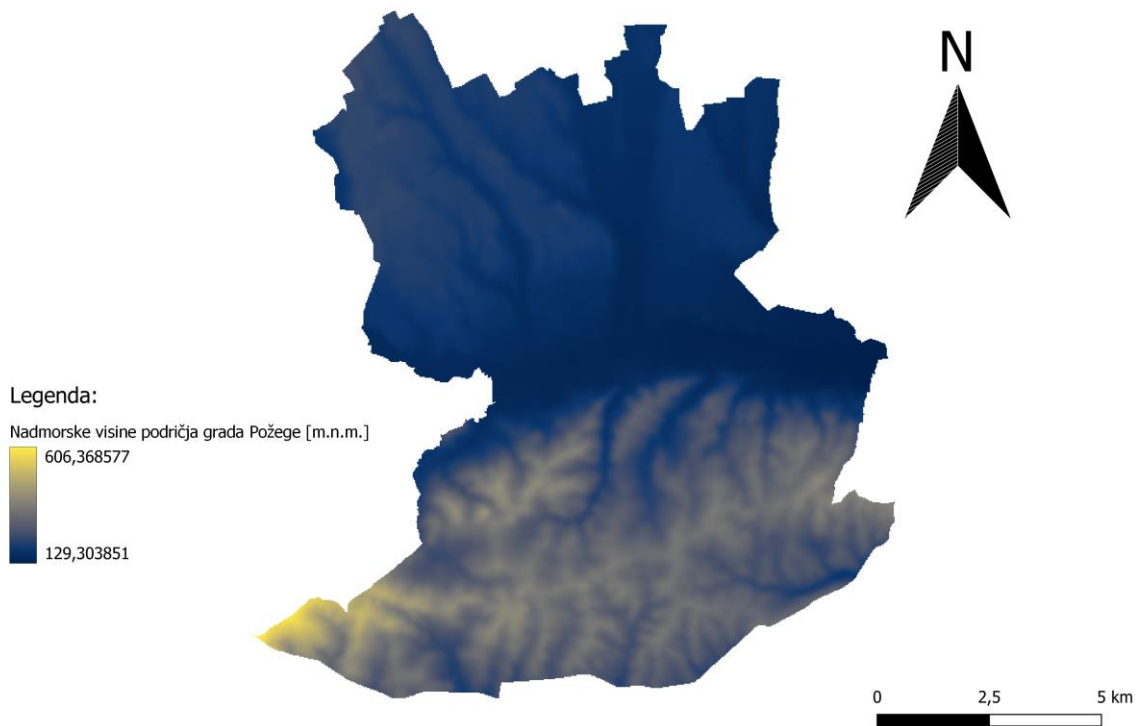


Slika 6: CORINE pokrov i namjena zemljišta na području grada Požege

3.2.2 Nadmorska visina i nagibi terena

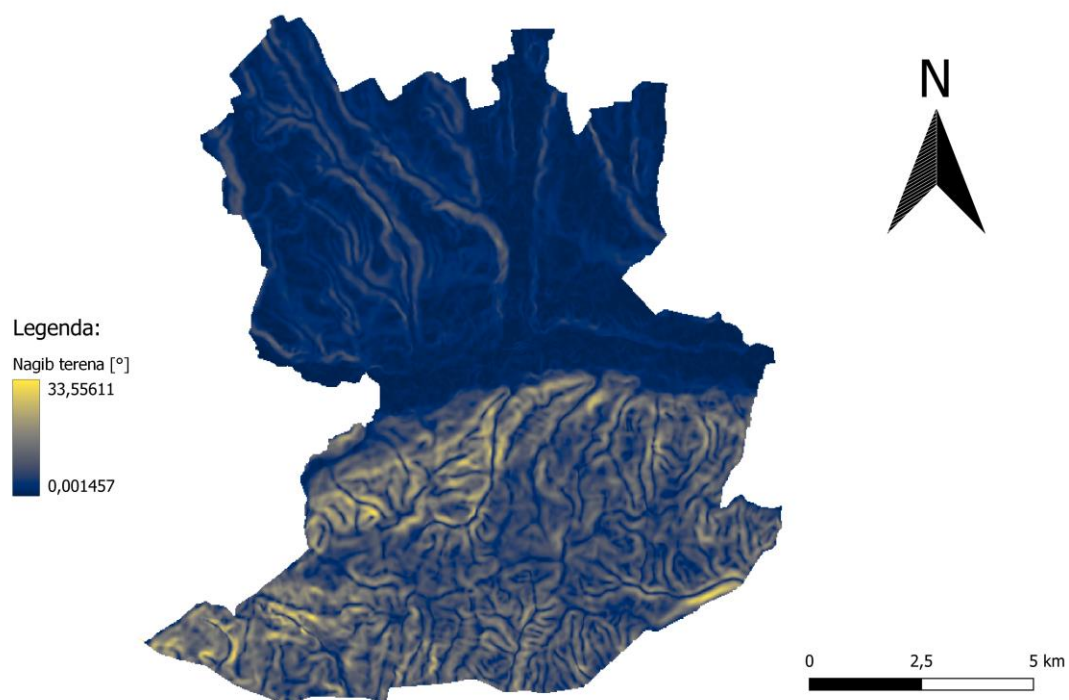
Za prikaz nadmorskih visina na analiziranom području korišten je digitalni elevacijski model (DEM), a iz elevacijskog modela su izvedeni i nagibi terena. DEM je preuzet iz Digitalnog elevacijskog modela Europe (EU-DEM v1.1), a prostorna rezolucija mu je 25 m (Slika 7).

Raspon nadmorskih visina u ovom sloju tj. gradu Požezi se kreće od 129 m n. m. do 606 m n. m. sa prosječnom nadmorskom visinom grada od 156 m.n.m.



Slika 7: EU-DEM na području grada Požege

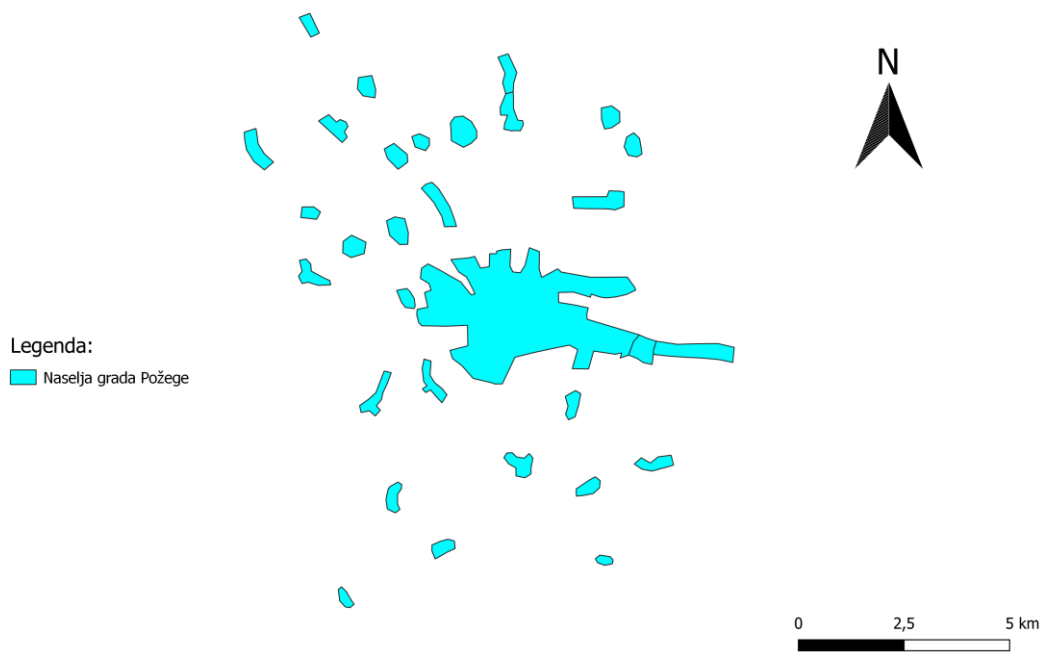
Nagibi terena su izvedeni iz nadmorskih visina tj. DEM-a. Na analiziranom kreću se kreću u rasponu od 0° do 33° (Slika 8). Reljef analiziranog područja je najrazvijeniji na jugu gdje su i nadmorske visine najveće. Smanjenjem nadmorskih visina prema sjeveru područja smanjuju se i nagibi terena.



Slika 8: Nagibi terena na području grada Požege

3.2.3 Naselja

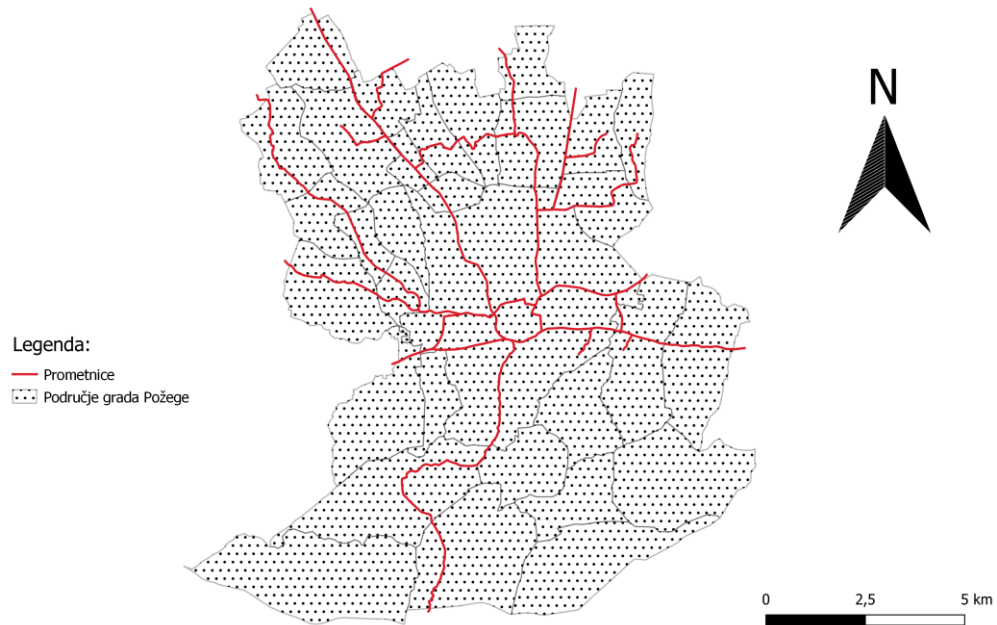
Kao ulazni podatak se koristi sloj prikazan na slici 9. Sloj sadržava sva naselja grada Požege. Grad Požega se sastoji od samog grada i još 32 naselja koja ga okružuju. Naselja prema sjeveru se nalaze na ravnom području u dolini a naselja južno su u gorju. Podaci o naseljima su kreirani na temelju dostupnih topografskih karata različitih mjerila (preuzeti putem WMS-a).



Slika 9: Naselja na području grada Požege

3.2.4 Prometnice i željeznica

Prometnice i trasa željezničke pruge su preuzeti iz OSM baze podataka te korigirane na temelju DOF-a (slike 10 i 11). Na području Grada Požege je ukupno 73 km prometnica.



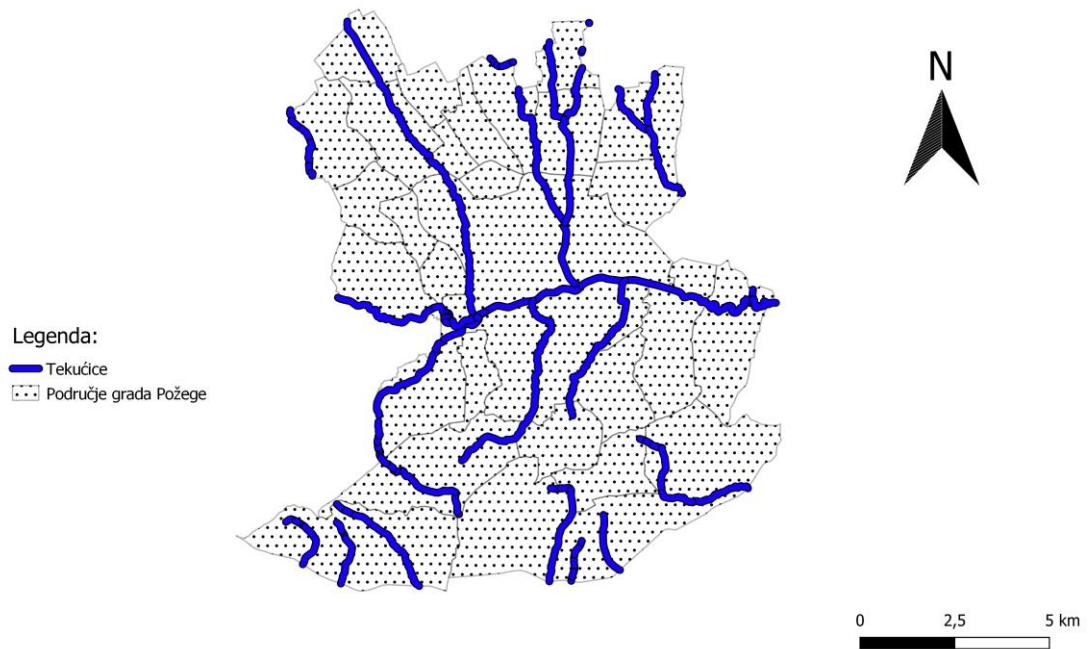
Slika 10: Prometnice na području grada Požege



Slika 11: Željeznica na području grada Požege

3.2.5 Vodotoci

Vodotoci su digitalizirani na temelju topografske karte 1:25.000 te korigirani na temelju DOF-a (Slika 12). Na analiziranom području je 16 stalnih vodotoka. Od kojih je najveći rijeka Orjava sa svojim pritocima koji su manje rijeke ili potoci, kao što su Veličanka, Vučjak i Komušanac i ostali.



Slika 12: Vodotoci na analiziranom području

4. METODOLOŠKI PRISTUP

Analiza se provodi u dvije faze. U prvoj fazi se izdvajaju sve površine koje ne mogu biti razmatrane kao lokacija odlagališta. Druga faza se sastoji od analize preostalih površina te procjenom njihovih pogodnosti za odabir lokacije.

Obradom ulaznih podataka svim podacima se dodjeljuje raspon pogodnosti podataka za taj sloj ako on diktira pogodnost, ako diktira područje gdje se ne smije graditi odlagalište onda je taj sloj ostavljen u početnom stanju. Raspon pogodnosti ocijenjen je na skali od 1 do 5 gdje je 5 oznaka najpogodnije ocjene a 1 oznaka najmanje pogodne ocjene a 0 je nepogodno područje. Korišteni su prethodno opisani podaci: nagib terena, nadmorska visina, udaljenost od prometnica, udaljenost od naselja i namjena zemljišta.

Započinjemo s određivanjem površina koje se ne mogu koristiti za odlagališta otpada. Slojevi koje kombiniramo su namjena zemljišta, minimalna udaljenost od prometnica, minimalna udaljenost od vodnih površina, minimalna udaljenost od naselja i minimalna udaljenosti od željezničkih puteva.

Namjena zemljišta je ulazni podatak koji je sam po sebi jednostavna „ili“ logička operacija. Klase namjene zemljišta koje su ocijenjene kao nepogodne (Tablica 3) se iz daljnje analize isključuju na način da im se dodjeljuje vrijednost relativne pogodnosti 0. Radi se o gradovima i naseljima, gospodarskom zemljištu i poljoprivrednim površinama. U CORINE nomenklaturi to su vinogradi, poljoprivredne površine sa značajnim udjelom prirodne vegetacije, oranice, naselja (<80% izgrađeno), industrijski ili poslovni prostori te mozaik različitih načina poljoprivrednog korištenja.

Odlagališta se ne smiju graditi u blizini urbanih ili ruralnih područja zbog negativnog utjecaja na zdravlje ljudi, mirise i buku. S povećanjem udaljenosti od naseljenih područja smanjuje se protivljenje stanovništva izgradnji odlagališta (Sekulović i Jakovljević, 2016). Direktiva EU definira minimalnu udaljenost od stambenih područja koja iznosi 500 m (Tablica 3) (Službeni list Europske unije, Direktiva 2008/98/EC).

Udaljenost od linijskih elemenata kao što su ceste, vode tekućice i podzemne vode, željeznica su određene Pravilnikom o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagalište otpada (NN 117/07) a u slučajevima gdje udaljenosti od ovih elemenata nije određena pravilnikom su uzimane vrijednosti iz ostalih sličnih radova koji su navedeni u literaturi (Parry, Ganaie i Sultan, 2018., Sekulović i Jakovljević, 2016., Muheeb i Bashir, 2021., Mussa i Suryabthagavan, 2021.). Također je određena i udaljenost od nekih poligonskih elemenata kao što su to u ovom slučaju granice naselja.

Pravilnik o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagalište otpada (NN 117/07) zabranjuje gradnju odlagališta u blizini vodenih tijela (izvori, rijeke, jezera, močvare). Minimalna udaljenost od vodnih tijela je 500 m (Tablica 3).

Prometnica je vrlo bitan infrastrukturni čimbenik. Odlagalištu se s glavne prometnice pristupa lokalnom ili nerazvrstanom cestom koja vodi do odlagališta kako bi se osiguralo nesmetano kretanje komunalne mehanizacije. Prometnice koje su analizirane se odnose na državne, županijske i lokalne ceste. Pojas oko prometne infrastrukture je širine 100 m.

Tablica 3: Površine nepogodne za izgradnju odlagališta otpada

Podloga	Kriterij
Prometna infrastruktura	Pojas širine 100 m
Vodene površine	Pojas širine 500 m
Naselja	Zona širine 500 m
Namjena zemljišta	Vinogradi, poljoprivredne površine sa značajnim udjelom prirodne vegetacije , oranice, Naselja (<80% izgrađeno), industrijski ili poslovni prostori, mozaik različitih načina poljoprivrednog korištenja

Nepogodnim površina dodjeljuje se vrijednost 0, a za preostale površine se u drugoj fazi provodi analiza razina pogodnosti (Tablica 4).

Tablica 4: Površine pogodne za izgradnju odlagališta otpada i njihove relativne pogodnosti

Podloga	Kriterij	Relativna pogodnost
Nadmorska visina	< 200 m n. m.	5
	200 – 300 m n. m.	4
	300 – 400 m n. m.	3
	400 – 500 m n. m.	2
	500 – 600 m n. m.	1
Nagib terena	0°	5
	0 - 2°	4
	2° – 5°	3
	5° – 10°	2
	>10°	1
Udaljenost od prometnica	< 100 m	0
	100 – 250 m	5
	250 – 500 m	4
	500 – 750 m	3
	750 – 1000 m	2
	1250 – 1500 m	1
Udaljenost od naselja	< 500 m	0
	500 – 1000 m	2
	1000 – 1500 m	3
	1500 – 2000 m	4
	2000 – 2500 m	5

Da bi se odredio utjecaj navedenih podloga na konačnu ocjenu pogodnosti primijenjena je AHP metoda. Podloge u tablici 4 čine kriterije u hijerarhijskoj strukturi metode, a konačni cilj je određivanje lokacija pogodnih za odlagalište otpada. Usporedbom parova kriterija, svakome je od njih dodijeljen odgovarajući intenzitet važnosti u odnosu na konačni cilj. Tako dodijeljeni intenziteti temelj su za određivanje prioriteta odnosno težinskih koeficijenata kriterija prema izrazima (1-3). Konzistentnost dodijeljenih intenziteta važnosti u usporedbi parova kriterija kao i dobivenih prioriteta treba provjeriti pomoću omjera konzistencije (izraz 4) koji ne smije biti veći od 10 % tj. 0,1.

Konačna raspodjela pogodnosti jednaka je zbroju umnožaka relativnih pogodnosti (Tablica 4) s dobivenim težinskim koeficijentima (prioritetima), tj.:

$$Pogodnost = \sum_{i=1}^n RP_i \cdot w_i \quad (6)$$

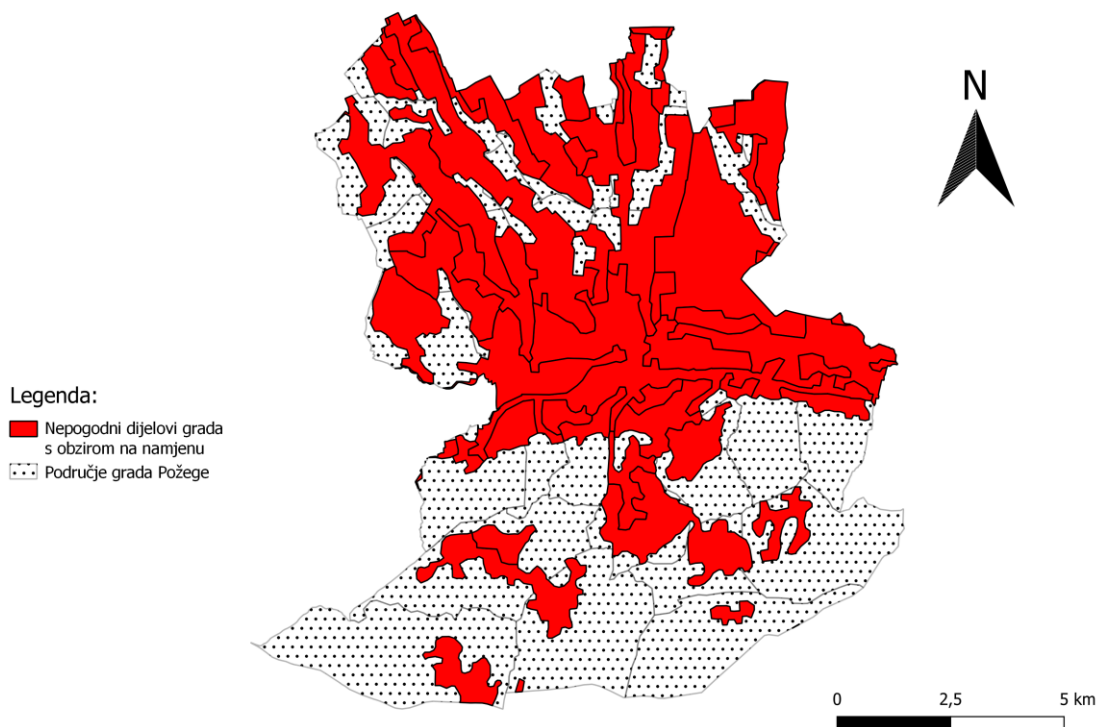
gdje je RP_i relativna pogodnost analiziranih podloga (iz Tablice 4), a w_i težinski koeficijenti odnosno prioriteti izračunati primjenom AHP metode.

U konačnici, od dobivenog rastera oduzete su površine koje su u prvoj fazi ocijenjene kao nepogodne, a preostale površine su klasificirane na tri klase pogodnosti: manje pogodno, pogodno i izrazito pogodno.

5. REZULTATI I DISKUSIJA

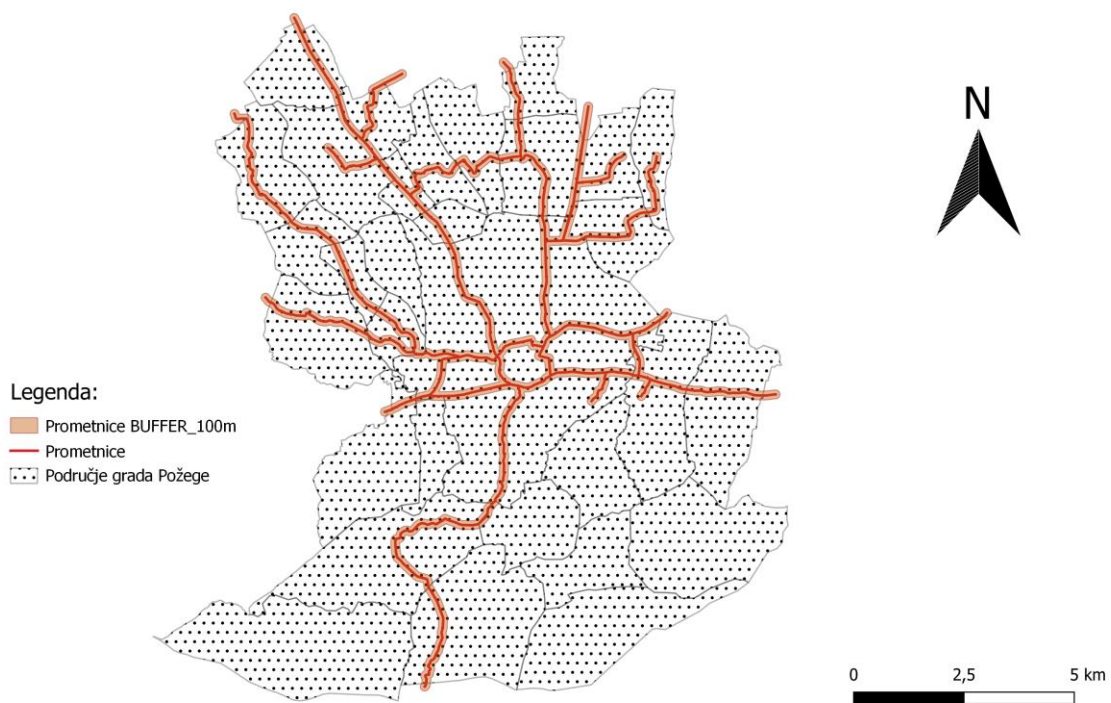
Površinama koje su u prvoj fazi analize ocijenjene kao nepogodne (Tablica 3) dodijeljena je relativna važnost 0 (slike 13 – 17).

Namjene zemljišta koje izdvojene kao nepogodne su vinogradi, poljoprivredne površine sa značajnim udjelom prirodne vegetacije, oranice, naselja (<80% izgrađeno), industrijski ili poslovni prostori, mozaik različitih načina poljoprivrednog korištenja, a rezultat je prikazan na slici 13.



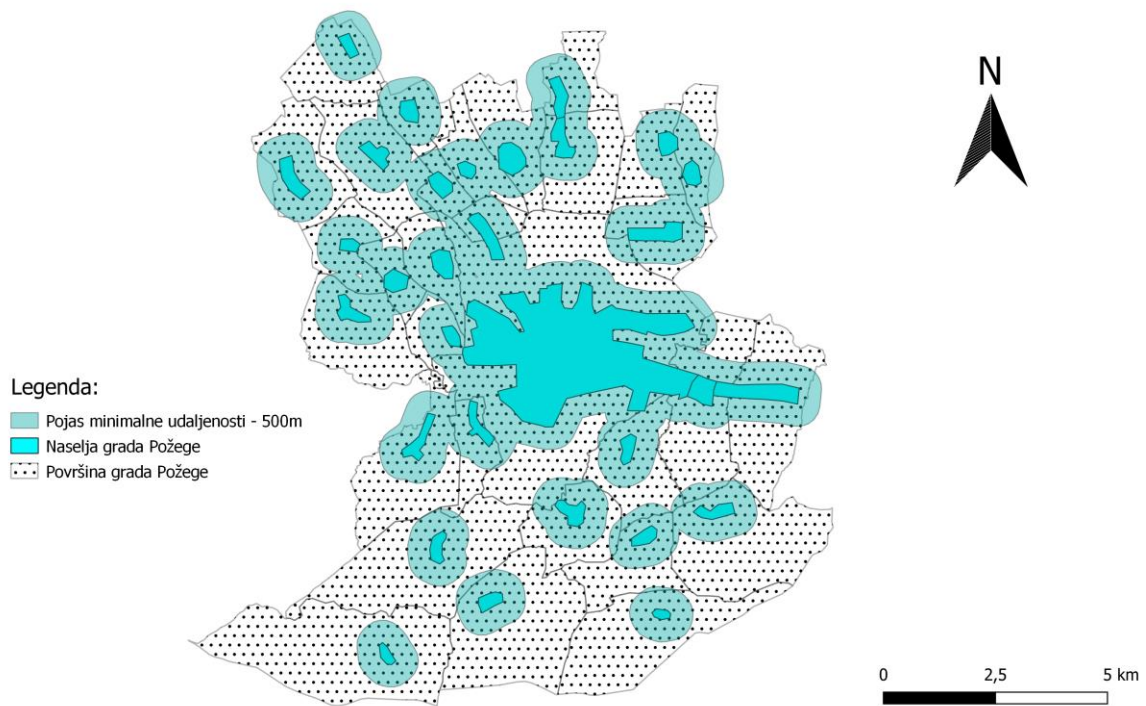
Slika 13: Nepogodni dijelovi grada Požege s obzirom na namjenu zemljišta

Nakon izdvajanja nepogodnih područja s obzirom na namjenu potrebno je odrediti nepogodne površine s obzirom na udaljenost od prometnica i željeznice, naselja i vodenih površina. Udaljenost od naselja i vodotoka je minimalno 500 m a od prometnice i željeznice minimalno 100 m. Koristeći funkciju „Buffer“ izrađeni su slojevi koji rade pojas oko njihovih ulaznih slojeva na zadanoj udaljenosti.



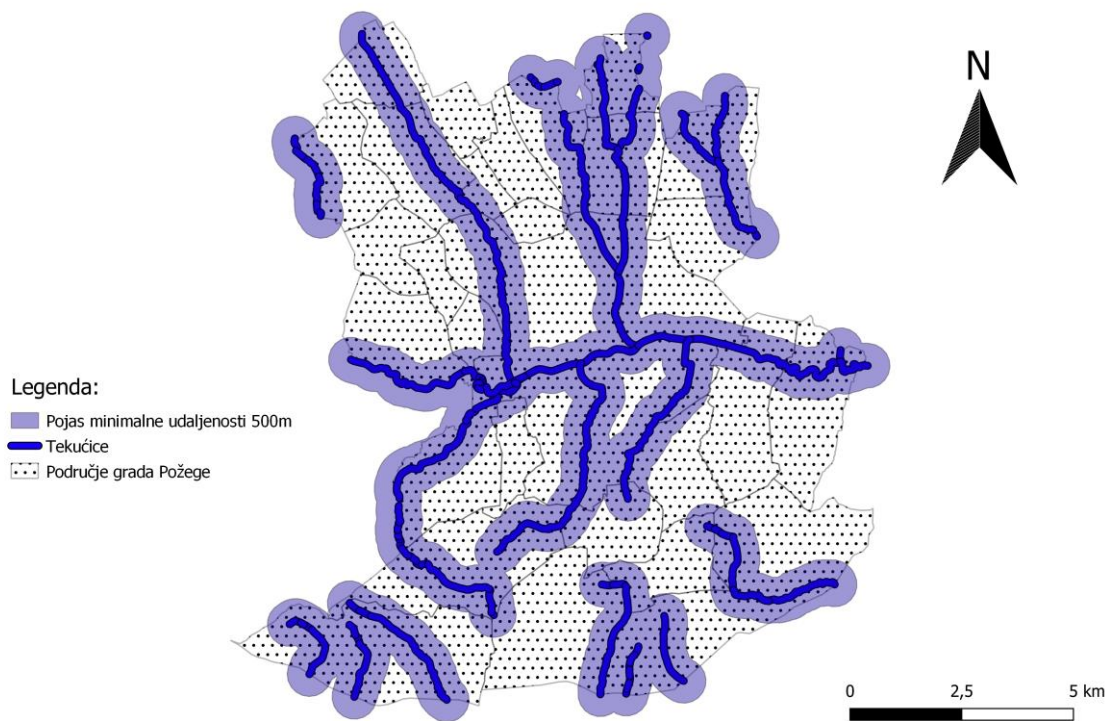
Slika 14: Sloj minimalne udaljenosti od prometnica

Slika 14 prikazuje pojas oko prometnice udaljenosti 100 m sa svake strane koji će se koristiti kao područje nepogodno za izgradnju odlagališta otpada.



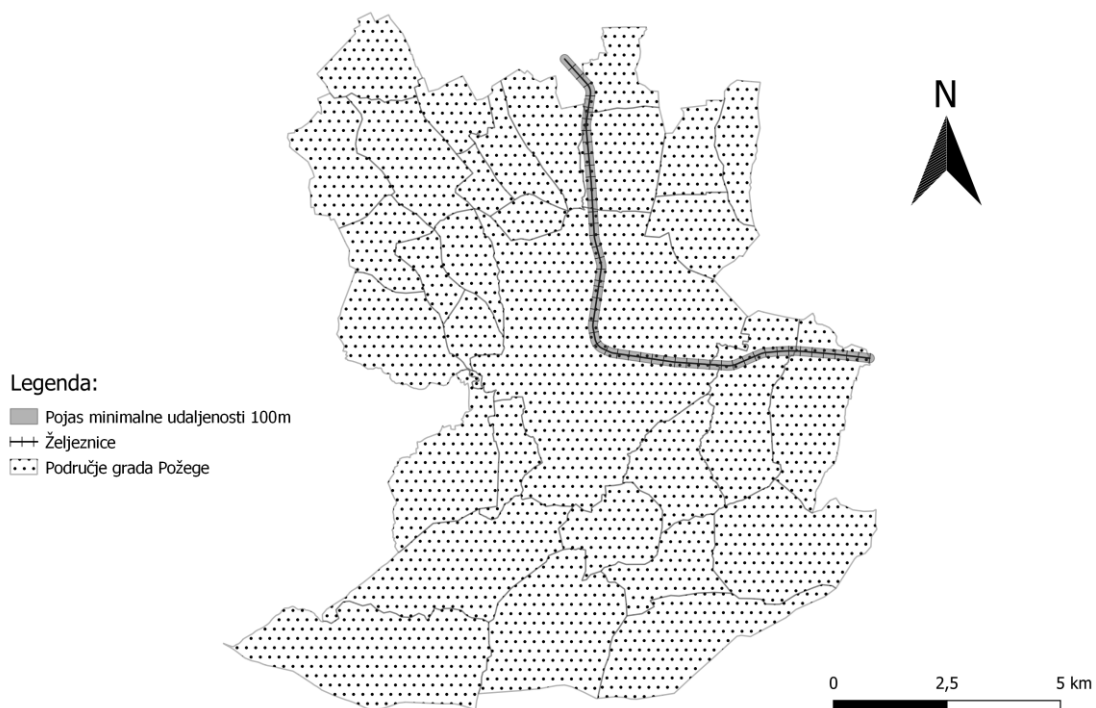
Slika 15: Sloj minimalne udaljenosti od naselja

Slika 15 prikazuje naselja grada Požege i pojas od 500 m oko njih koji diktira površinu minimalne udaljenosti od naselja. Ovaj sloj se koristi u daljnjoj analizi kao nepogodno područje za odlagalište otpada.



Slika 16: Sloj minimalne udaljenosti od naselja

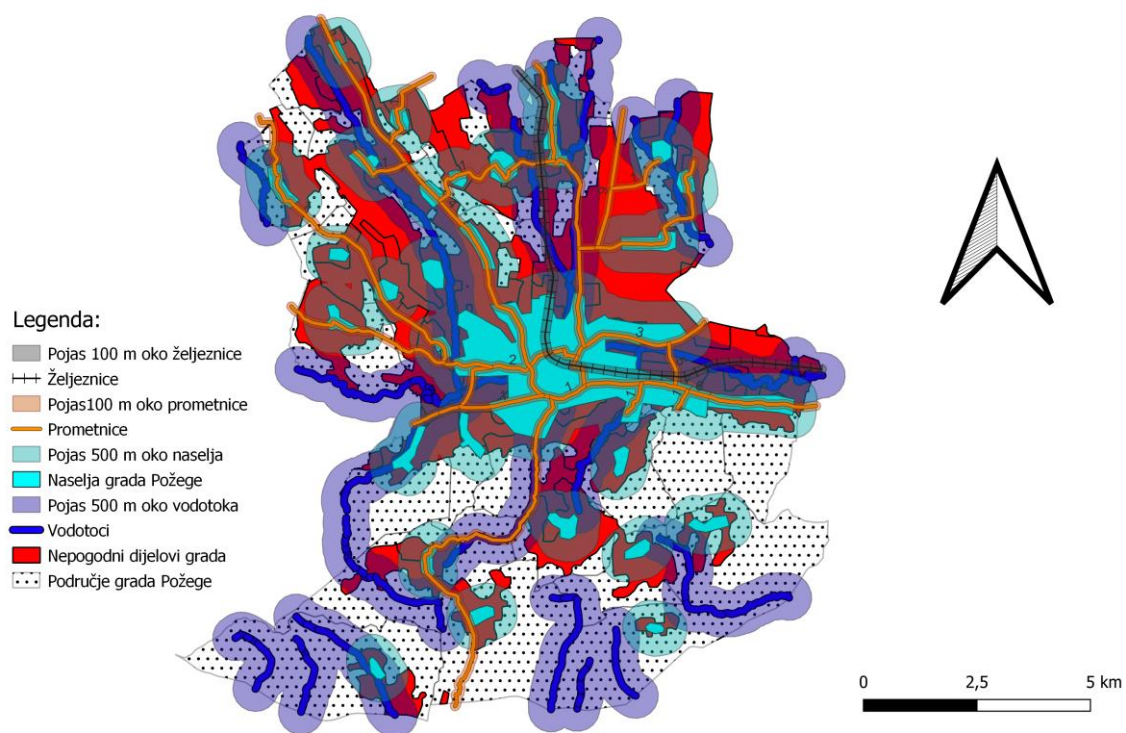
Direktiva EU definira minimalnu udaljenost od stalnih vodotoka i izvora vode, što je 500 m (Službeni list Europske unije, Direktiva 2008/98/EZ). Prikazano na slici 16 pokazuje se područje minimalne udaljenosti od vodnih tijela što je 500 m. Također ovaj sloj će biti nepogodna površina za odabir lokacije.



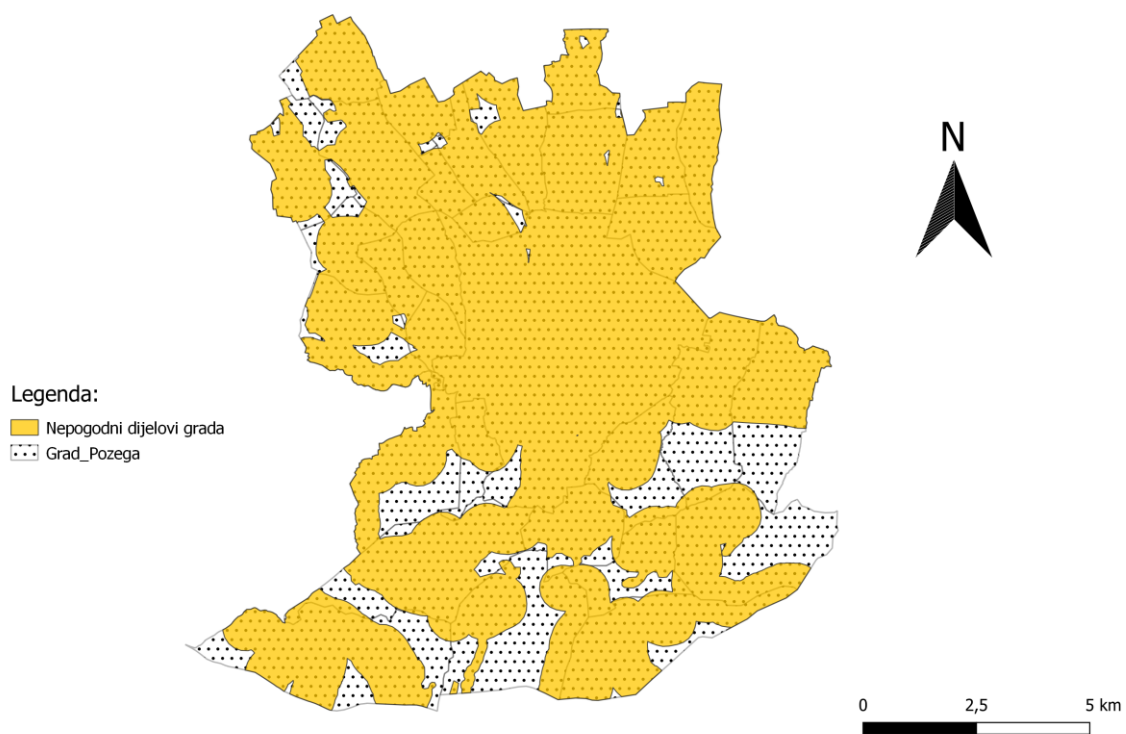
Slika 17: Sloj minimalne udaljenosti od naselja

Za izgradnju odlagališta je usvojena minimalna udaljenost od 100 m od željezničke pruge (Slika 17) budući da je zahtijevana ista minimalna udaljenost od prometnica. Također se koristi funkcija „Buffer“ kako bi se prikazali traženi rezultati. Na slici 18 je vidljivo područje obuhvaćeno oko željeznice.

Na temelju tako dobivenih nepogodnih površina kreiran je podatkovni sloj koji sadrži sva područja na području Grada Požege nepogodna za izgradnju odlagališta otpada (Slike 18 i 19).

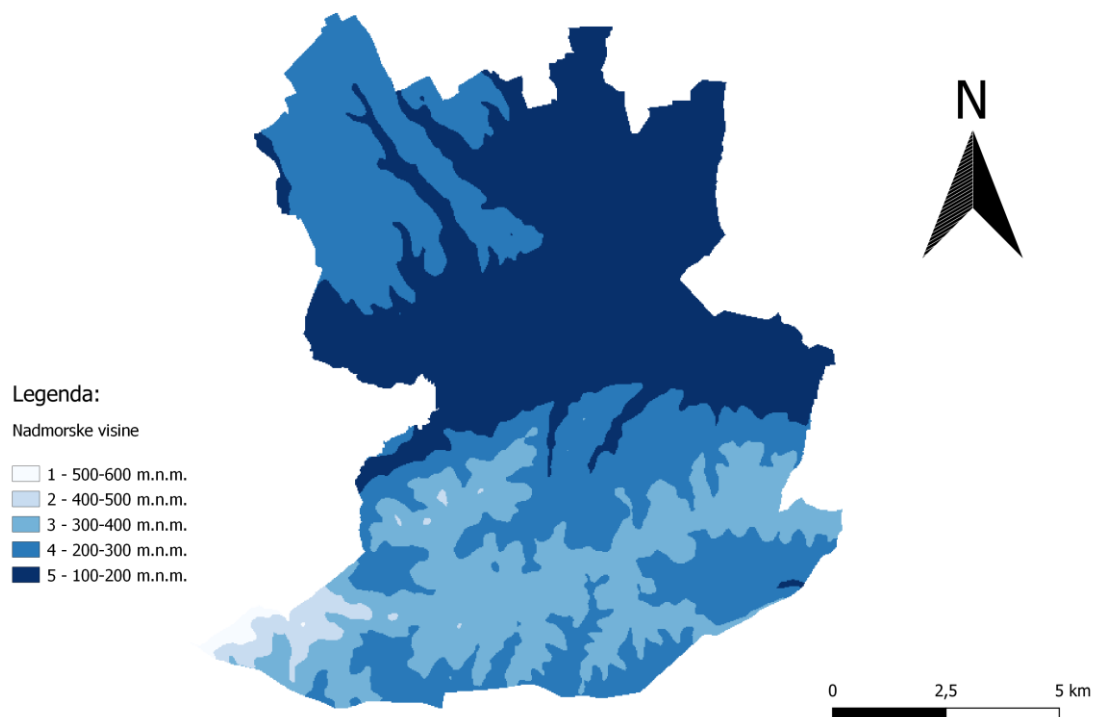


Slika 18: Kombinacija nepovoljnih dijelova



Slika 19: Sloj nepogodnih dijelova grada

Za preostale površine u drugoj je fazi ocijenjena razina pogodnosti. Nagib terena i nadmorske visine su reklasificirani s obzirom na relativnu pogodnost dodijeljenu pojedinim klasama (Tablica 4).



Slika 20: Karta sloja nadmorskih visina s dodijeljenim koeficijentima pogodnosti s obzirom na nadmorsku visinu

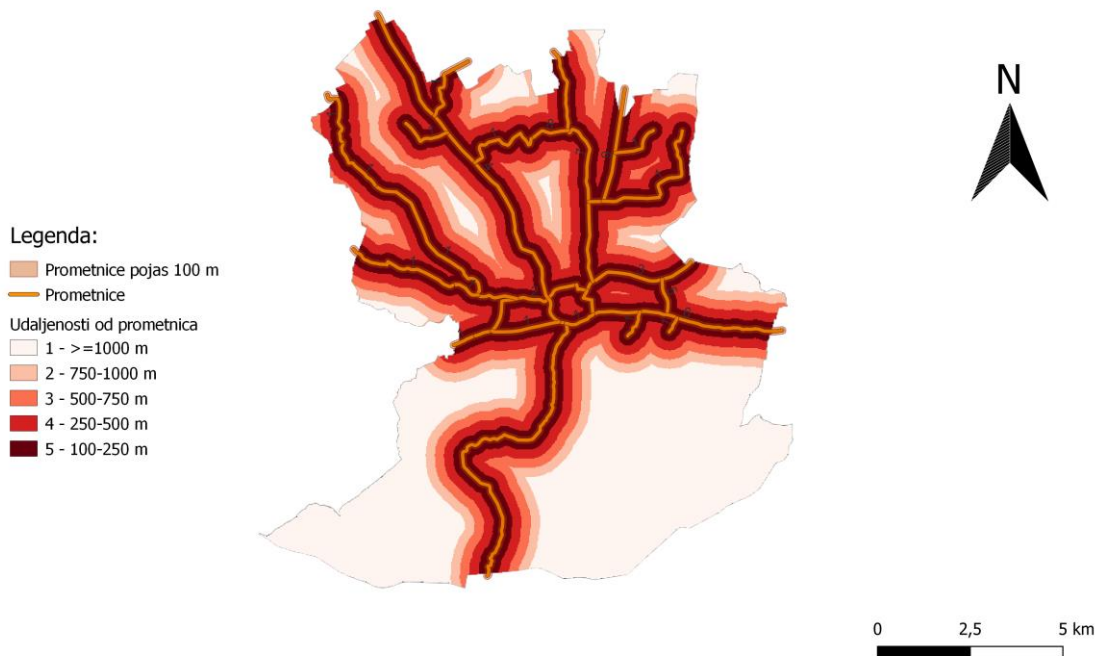
Sloj nadmorskih visina je reklasificiran (Slika 20) tako da je raspon nadmorskih visina podijeljen u 5 klasa te je svakoj dodijeljena ocjena relativne pogodnosti (Tablica 4).

Nagib terena igra veliku ulogu u odabiru pogodne lokacije. Najpovoljniji za izgradnju su ravni tereni i tereni blagog nagiba (do 2°). Porastom nagiba smanjuje se i pogodnost tih površina, do strmih terena koji se smatraju nepogodnim za izgradnju odlagališta otpada.



Slika 21: Prikaz sloja reklasificiranog nagiba terena s ocjenama pogodnosti

Područja u pojasu širine 100 m oko prometnica se smatraju nepogodnim za odlagalište otpada, najpogodnije površine su odmah uz taj pojas budući da veće udaljenosti povećavaju troškove transporta. Stoga su najpogodnijim ocijenjene površine na udaljenosti 100 – 250 m da bi nakon toga s porastom udaljenosti opadala pogodnost površina (Slika 22). Kao što je vidljivo iz tablice od prometnice do prvih 100 m pogodnost je 0 odnosno kasnije će u analizi taj prostor biti potpuno eliminiran dok će se nakon 100 m svi ostali rasponi uzimati u obzir te će im se dodjeljivati relativna pogodnost prema tablici 4.

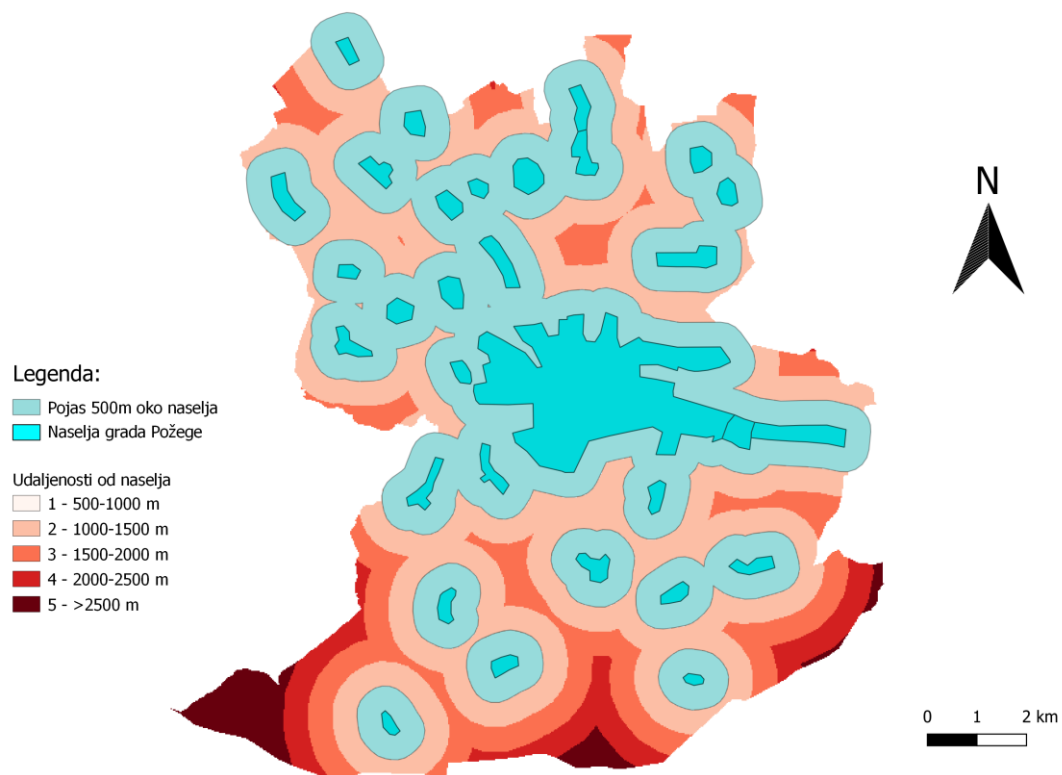


Slika 22: Prikaz slojeva udaljenosti od prometnica u rasterskom obliku

Na sličan je način određena pogodnost s obzirom na udaljenost od naselja. Postoji minimalna udaljenost koja je postavljena te se ispod te udaljenosti ne smije graditi odlagalište otpada. U ovom slučaju nakon te minimalne udaljenosti pogodnost za odlagalište otpada raste za razliku od udaljenosti od prometnica gdje s povećanjem udaljenosti ocjena pada.

Budući da su odlagališta otpada mjesta s kojih se šire neugodni mirisi i mogu se također širiti i stvarati bolesti, u cilju je da odlagalište bude na što većoj udaljenosti od naselja. Također žele se izbjeći bilo kakve primjedbe stanovništva zbog zagađenja zraka, vidljivosti odlagališta, zagađenja bukom mehanizacije na odlagalištu. Odlagalište otpada također stvara razne vrste plinova od kojih su neki zapaljivi te je prisutan i rizik od požara što svakako ugrožava naselja čak i ako je na najvećoj udaljenosti od istog.

Dakle minimalna udaljenost od naselja je 500 m a nakon toga što se više odmičemo od naselja to je veća pogodnost za gradnju odlagališta. Ta pogodnost ima granice, u ovoj analizi za najveću udaljenost se uzima vrijednost od 2500 m. Razlog tome su veliki troškovi prijevoza otpada na veće udaljenosti. U sredinama gdje je razvijen različit način prijevoza otpada najveća udaljenost može biti i veća ako je za to područje drugi način prijevoza više isplativ s obzirom na udaljenost. U ovom slučaju udaljenost je ograničena na 2500 m sa najpogodnijom ocjenom. Sloj koji je korišten u analizi a prikazuje udaljenost od naselja po slojevima i dodijeljenu ocjenu pogodnosti za svaki sloj prikazan na slici 23.



Slika 23: Sloj udaljenosti od naselja

Dakle u prethodnom dijelu je utvrđeno područje na kojem se odlagalište otpada ne smije graditi sad ostaje samo još definirati kako će se preklapati svi ostali slojevi. To preklapanje u ovom koraku uključuje izračun težinskih faktora. Za ovaj korak se koristio AHP kalkulator <https://bpmsg.com/ahp/ahp-calc.php> (Slika 24).

Odabranim kriterijima (udaljenost od prometnica, udaljenost od naselja, nagib terena, nadmorska visina i namjena zemljišta) su u usporedbi parova dodijeljeni intenziteti važnosti prema Saatyjevoj skali (Tablica 1) (Slika 24).

AHP Priority Calculator

Language: [English](#) [Deutsch](#) [Español](#) [Português](#)

AHP Criteria

Select number and names of criteria, then start pairwise comparisons to calculate priorities using the Analytic Hierarchy Process.

Select number of criteria:

Input number and names (2 - 20) OK

Pairwise Comparison

10 pairwise comparison(s). Please do the pairwise comparison of all criteria. When completed, click *Check Consistency* to get the priorities.

With respect to *AHP priorities*, which criterion is more important, and how much more on a scale 1 to 9?

	A - wrt AHP priorities - or B?	Equal	How much more?
1	<input checked="" type="radio"/> Namjena zemljišta <input type="radio"/> Nagib terena	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input checked="" type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
2	<input checked="" type="radio"/> Namjena zemljišta <input type="radio"/> Nadmorska visina	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input checked="" type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
3	<input checked="" type="radio"/> Namjena zemljišta <input type="radio"/> Udaljenost od naselja	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input checked="" type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
4	<input checked="" type="radio"/> Namjena zemljišta <input type="radio"/> Udaljenost od prometnice	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input checked="" type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
5	<input checked="" type="radio"/> Nagib terena <input type="radio"/> Nadmorska visina	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input checked="" type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
6	<input checked="" type="radio"/> Nagib terena <input type="radio"/> Udaljenost od naselja	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input checked="" type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
7	<input checked="" type="radio"/> Nagib terena <input type="radio"/> Udaljenost od prometnice	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input checked="" type="radio"/> 9
8	<input checked="" type="radio"/> Nadmorska visina <input type="radio"/> Udaljenost od naselja	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input checked="" type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
9	<input checked="" type="radio"/> Nadmorska visina <input type="radio"/> Udaljenost od prometnice	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input checked="" type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
10	<input checked="" type="radio"/> Udaljenost od naselja <input type="radio"/> Udaljenost od prometnice	<input type="radio"/> 1	<input checked="" type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9

CR = 7.5% OK

Slika 24: Postavljanje ulaznih podataka za izračun težinskih koeficijenata

Općenito, namjena zemljišta je u usporedbama parova dominantan kriterij. Slijede nagibi terena te udaljenost od naselja i prometnica.

1. Namjeni zemljišta je dodijeljen nešto veći intenzitet važnosti u odnosu na nagibe terena, tj. dodijeljen joj je intenzitet 3. Na nešto većim nagibima (blagi do umjereno strmi) uz veće troškove je moguće osigurati potrebne uvjete za odlagalište, ali uz uvjet da postojeća namjena površina dozvoljava izgradnju tog objekta.
2. Namjena zemljišta također značajno dominira nad nadmorskim visinama te joj je u ovom slučaju dodijeljen intenzitet 5. Na većem dijelu područja su razlike u nadmorskim visinama umjerene i neće u značajnoj mjeri utjecati na odabir lokacije.
3. Odlagalište se ne smije nalaziti u neposrednoj blizini naselja zbog niza zdravstvenih, ekonomskih i estetskih razloga. U usporedbi s udaljenošću od prometnica, to je važniji kriterij, usprkos mogućim većim troškovima transporta te mu je dodijeljen intenzitet važnosti 2.
4. Namjena zemljišta u usporedbi s udaljenošću od naselja značajno dominira i dodijeljen joj je intenzitet važnosti 6. Samo naselje već je ocijenjeno kao nepogodna površina, kao i pojas oko naselja čime je potencijalno odlagalište već udaljeno od naselja i osigurano je poštivanje zdravstvenih, ekonomskih i estetskih uvjeta.
5. U usporedbi namjene zemljišta i udaljenosti od prometnica, namjena zemljišta značajno dominira kao kriterij u postizanju postavljenog cilja pa joj je dodijeljen intenzitet važnosti 8 u odnosu na udaljenost od prometnica. Iako velike udaljenosti od prometnica povećavaju troškove zbrinjavanja otpada u cijelosti, nepovoljna ili manje pogodna namjena

zemljišta navodi na razmatranje drugih lokacija kojima je namjena zemljišta pogodnija za izgradnju odlagališta otpada.

6. Nagibu terena naspram nadmorskih visina je dodijeljen veći intenzitet važnosti i iznosi 5. Vizualnom analizom područja ustanovljeno je da su za područja viših nadmorskih visina karakteristični i strmiji nagibi koji to područje čine manje pogodnima, ali ne i obrnuto.
7. Kao i u usporedbi namjene zemljišta s udaljenošću od naselja, i u usporedbi s nagibima terena je ocijenjeno da je udaljenost od naselja inferiorniji kriterij u usporedbi s nagibima terena te je nagibima u ovom slučaju dodijeljen intenzitet važnosti 6.
8. Nagibi terena značajno dominiraju nad udaljenošću od prometnica te im je u ovoj usporedbi dodijeljen intenzitet važnosti 9.
9. Nadmorska visina ima malo veću važnost od udaljenosti od naselja i dodijeljen joj je intenzitet važnosti 3.
10. Udaljenost od prometnica je manje važna od nadmorske visine te joj je dodijeljen intenzitet važnosti 5.

Dodijeljeni intenziteti važnosti svrstani su u matricu usporedbe prema izrazu (1) prikazanu na slici 25.

	1	2	3	4	5
1	1	3.00	5.00	6.00	8.00
2	0.33	1	5.00	6.00	9.00
3	0.20	0.20	1	3.00	5.00
4	0.17	0.17	0.33	1	2.00
5	0.12	0.11	0.20	0.50	1

Slika 25: Matrica usporedbe za AHP metodu

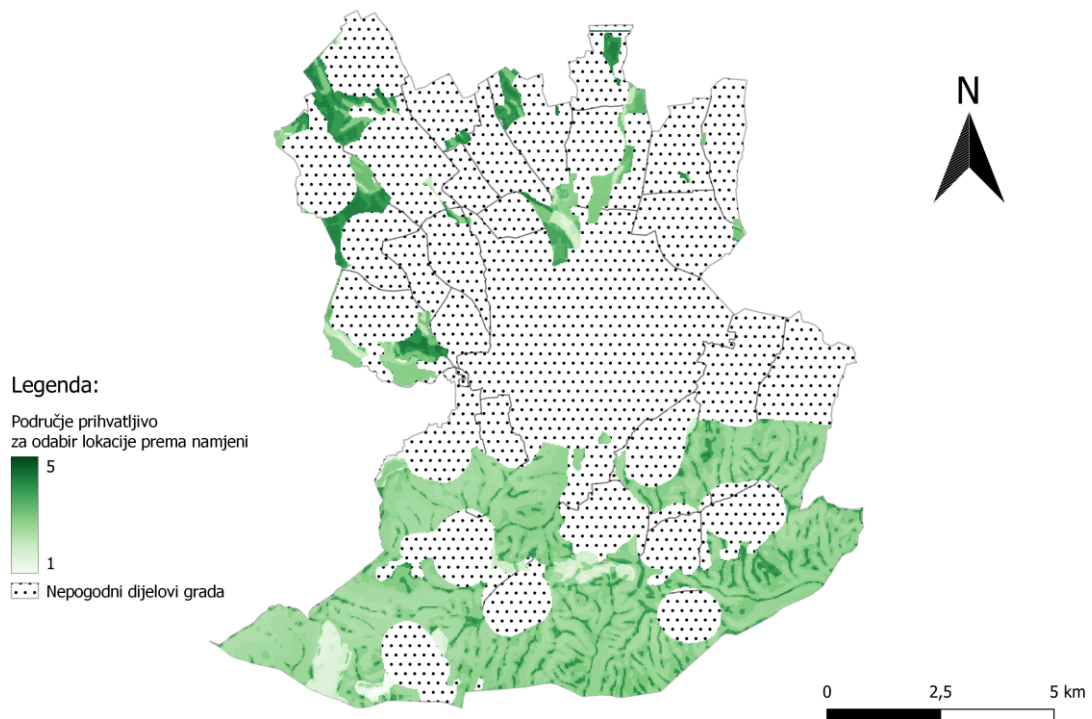
Na temelju matrice usporedbe izračunati su prioriteti za svaki ulazni kriterij (Slika 26).

Cat		Priority	Rank	(+)	(-)
1	Namjena zemljišta	48.5%	1	24.8%	24.8%
2	Nagib terena	31.3%	2	13.7%	13.7%
3	Nadmorska visina	11.3%	3	4.2%	4.2%
4	Udaljenost od naselja	5.5%	4	1.5%	1.5%
5	Udaljenost od prometnice	3.4%	5	1.4%	1.4%

Slika 26: Tablica težinskih koeficijenata prema AHP kalkulatoru.

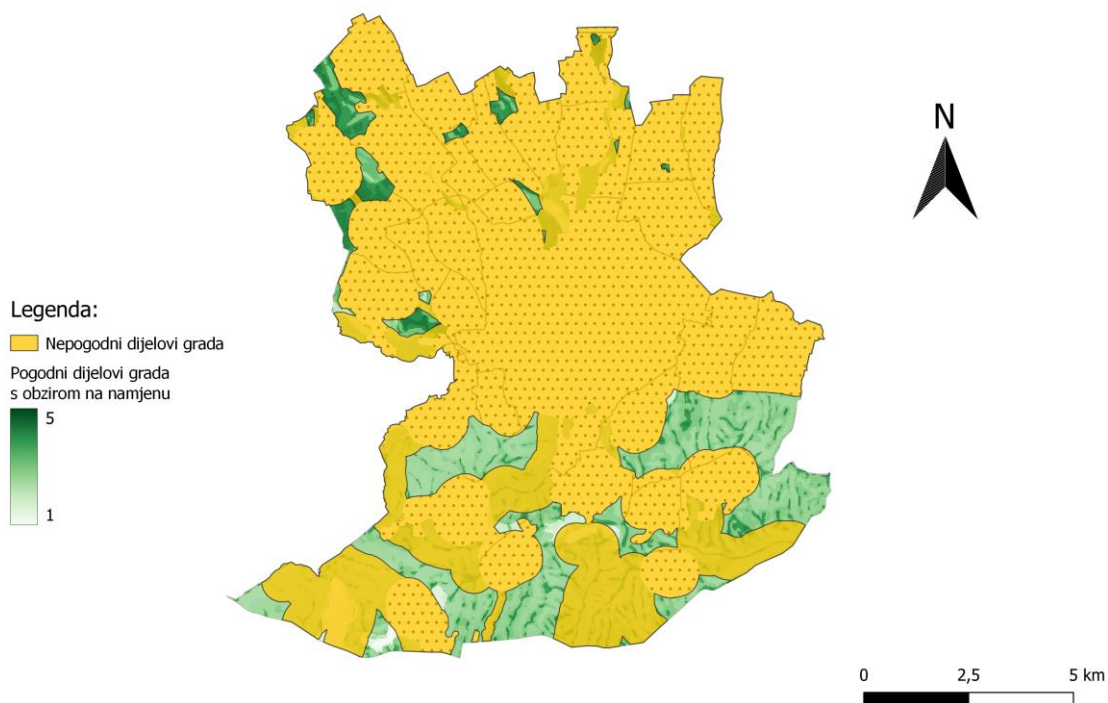
Prema tome namjena zemljišta ima najveći prioritet odnosno težinski koeficijent od 48,5%, zatim nagib terena sa 31,3%, nadmorska visina 11,3%, udaljenost od naselja 5,5% te udaljenost od prometnice 3,4% (Slika 26). Omjer konzistencije ne smije prelaziti 10% a u ovom slučaju on iznosi 7,5% odnosno iznosi 0,075.

Ulazni slojevi (namjena zemljišta, nagibi terena, nadmorske visine, udaljenost od prometnica i naselja) reklasificirani su s obzirom na njihovu relativnu pogodnost (Tablica 4) i pomnoženi s pripadajućim težinskim koeficijentima. Zbroj tih umnožaka prema izrazu (6) rezultirao je raspodjelom pogodnosti površina druge faze (Slika 27).



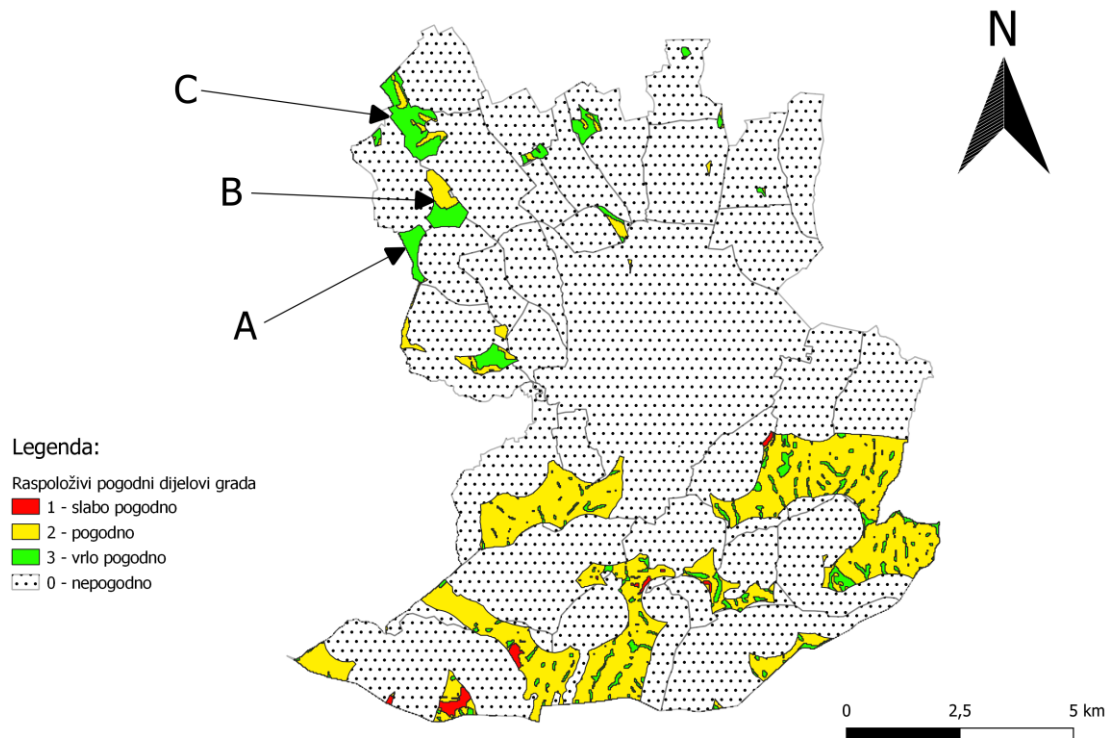
Slika 27: Rezultat 2. faze analize

Na kraju su od dobivenog rezultata 2. faze analize oduzete nepogodne površine (Slika 19) tj. površine za koje je u 1. fazi ustanovljeno da ne mogu biti odabrana za izgradnju odlagališta. Postupak je prikazan na slici 28.



Slika 28: Preklapanje pogodnih područja s nepogodnima

Površine koje su nakon oduzimanja preostale kao pogodne reklasificirane su na tri klase: slabo pogodno, pogodno, vrlo pogodno. Konačni rezultat analize je prikazan na slici 29. Vidimo da su na sjeverozapadnom dijelu područja najveće površine ocijenjene kao najpogodnije. Također ima drugih pogodnih lokacija koje su manje površine, ali za detaljniji uvid su odabrane površine na karti(Slika 29) označene oznakama A, B i C.



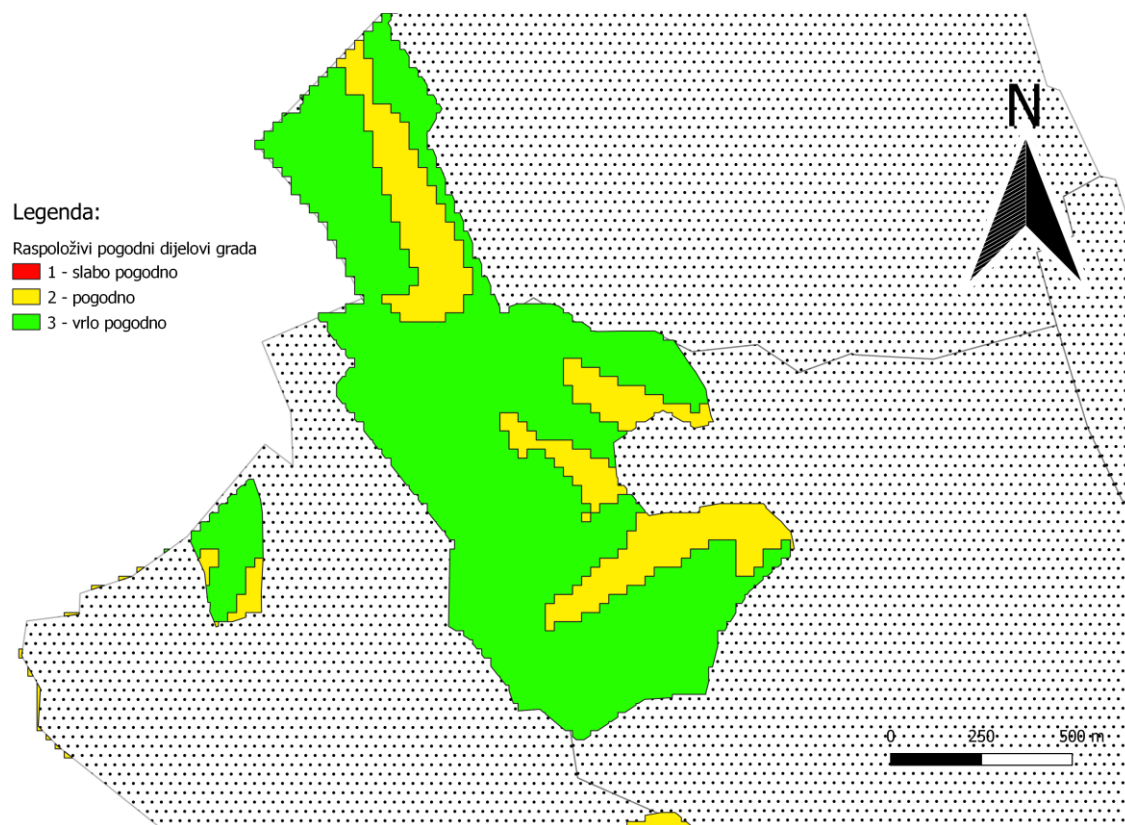
Slika 29: Prikaz rezultata analize

Područje A je s površinom od 0,38 km² najmanje, i u cijelosti je ocijenjeno kao vrlo pogodno.

Područje B je dvostruko veće i proteže se na 0,68 km² ali oko 50% područja ocijenjeno kao pogodno dok je ostalih 50% ocijenjeno kao vrlo pogodno.

Područje s oznakom C (Slika 30) ima najveću površinu te se proteže na 1,16 km² i uglavnom je ocijenjeno kao vrlo pogodno. Odlagalište otpada zahtijeva veću površinu pa je ovo područje, u usporedbi s područjima A i B pogodnije. Radi velike površine lokacije imamo više mogućnosti za samo odlagalište, popratne objekte i manipulaciju mehanizacije. Područje je u blizini odgovarajuće prometnice na otprilike 200 m i dovoljno je udaljeno od naselja. Nedostatak je što je u potpunosti prekriveno bjelogoričnom šumom te bi zahtijevalo značajna ulaganja i radove kako bi se pripremio teren za izgradnju odlagališta, a osim toga upitno je i sa

stajališta okolišnih zahtjeva . Zbog reljefnih karakteristika (ravni do strmi teren) valjalo bi ponovo sagledati intenzitete važnosti pojedinih kriterija.



Slika 30: Prikaz jednog od pogodnih područja za odlagalište otpada

5.1 Analiza osjetljivosti

U glavnom dijelu analize primarni kriterij je bila namjena zemljišta, u ovoj analizi kao primarni kriterij će se uzeti nagib terena. Pomoću AHP kalkulatora ponovo su određeni prioriteti ulaznih podataka, ali s naglaskom na nagib terena kao najznačajniji kriterij (Slika 31).

AHP Priority Calculator

Language: [English](#) [Deutsch](#) [Español](#) [Português](#)

AHP Criteria

Select number and names of criteria, then start pairwise comparisons to calculate priorities using the Analytic Hierarchy Process.

Select number of criteria:

Input number and names (2 - 20) OK

Pairwise Comparison

10 pairwise comparison(s). Please do the pairwise comparison of all criteria. When completed, click *Check Consistency* to get the priorities.

With respect to *AHP priorities*, which criterion is more important, and how much more on a scale 1 to 9?

	A - wrt AHP priorities - or B?	Equal	How much more?
1	<input type="radio"/> Namjena zemljišta <input checked="" type="radio"/> Nagib terena	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input checked="" type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
2	<input checked="" type="radio"/> Namjena zemljišta <input type="radio"/> Nadmorska visina	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input checked="" type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
3	<input checked="" type="radio"/> Namjena zemljišta <input type="radio"/> Udaljenost od naselja	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input checked="" type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
4	<input checked="" type="radio"/> Namjena zemljišta <input type="radio"/> Udaljenost od prometnice	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input checked="" type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
5	<input checked="" type="radio"/> Nagib terena <input type="radio"/> Nadmorska visina	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input checked="" type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
6	<input checked="" type="radio"/> Nagib terena <input type="radio"/> Udaljenost od naselja	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input checked="" type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
7	<input checked="" type="radio"/> Nagib terena <input type="radio"/> Udaljenost od prometnice	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input checked="" type="radio"/> 9
8	<input checked="" type="radio"/> Nadmorska visina <input type="radio"/> Udaljenost od naselja	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input checked="" type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
9	<input checked="" type="radio"/> Nadmorska visina <input type="radio"/> Udaljenost od prometnice	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input checked="" type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9
10	<input checked="" type="radio"/> Udaljenost od naselja <input type="radio"/> Udaljenost od prometnice	<input type="radio"/> 1	<input checked="" type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8 <input type="radio"/> 9

CR = 7% OK

Slika 31: Prikaz izmijenjenih intenziteta važnosti

Za tako procijenjene intenzitete važnosti (Slika 31) izračunati su novi prioriteti odnosno težinski koeficijenti ulaznih kriterija (Slika 32).

Cat		Priority	Rank	(+)	(-)
1	Namjena zemljišta	30.7%	2	14.0%	14.0%
2	Nagib terena	49.1%	1	23.5%	23.5%
3	Nadmorska visina	11.4%	3	4.2%	4.2%
4	Udaljenost od naselja	5.5%	4	1.6%	1.6%
5	Udaljenost od prometnice	3.3%	5	1.2%	1.2%

Slika 32: Tablica težinskih elemenata s nagibom terena kao primarnim elementom

U ovom slučaju nagib terena će s prioritetom 49,1 % najviše utjecati na konačni rezultat. Slijedi Namjena zemljišta (30,7 %) te nadmorska visina (11,4 %). Utjecaj udaljenosti od naselja i udaljenosti od prometnica je najmanji tj. 5,5 % (udaljenost od naselja) i 3,3 % (udaljenost od prometnica). Ova analiza rezultira slijedećom raspodjelom pogodnosti nakon što se težinski faktori pomnože sa svojim slojevima i zbroje skupa. Rezultat izračuna preklapanja je slika 33.

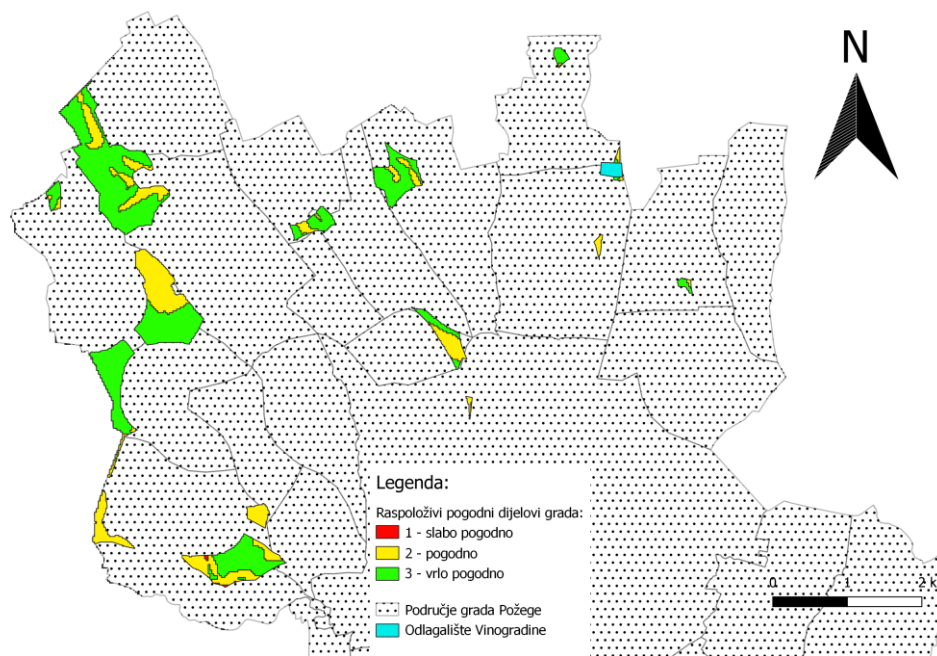


Slika 33: Sloj koji je nastao izračunom "Raster calculator" alata s nagibom terena kao primarnim elementom

Vidljivo je da su dobiveni prioriteti umanjili pogodnost na južnom dijelu grada te je istaknuo više područja na sjeverozapadu. Sjeverozapadna područja su i dalje vrlo pogodna ali im je povećana razlika u ocjenama pogodnosti unutar površina zbog različitih nagiba terena. Budući da veći nagibi na tim površinama nisu velikog udjela oni se i dalje smatraju vrlo pogodnim područjima za lokaciju odlagališta otpada.

6. USPOREDBA REZULTATA S POSTOJEĆIM ODLAGALIŠTEM OTPADA VINOGRADINE

Postojeće odlagalište otpada Vinogradine se nalazi u sjeveroistočnom dijelu grada a proteže se na oko 0,5 km². Radi usporedbe, njegova lokacija je preklapljena s konačnom kartom pogodnosti (Slika 34).



Slika 34: Preklapanje postojećeg odlagališta sa rezultatom analize

Odlagalište se djelomično proteže na površini koja je u ovom slučaju ocijenjena kao nepogodna za izgradnju. No svakako treba uzeti u obzir subjektivnost u određivanju ulaznih parametara i intenziteta važnosti u analizi što je u ovom slučaju dovelo do djelomičnog nepodudaranja pogodnosti. Nadalje, za konačni odabir lokacije odlagališta otpada potrebno je sagledati i analizirati više faktora koji će utjecati na konačnu odluku. Za izradu ovoga rada nisu bili na raspolaganju svi podaci koji bi omogućili detaljniju analizu površina. Podaci koji su korišteni preuzeti su iz dostupnih i besplatnih izvora, a neki od njih nisu u cijelosti primjereni za detaljnije analize. Npr. za analizu nagiba terena korišten je

DEM rezolucije 25 m, ali daleko bi primjereniji bio DEM veće rezolucije koji nije bio na raspolaganju. Također, prometnice su preuzete iz OSM baze podataka pa iako je riječ o korisnoj informaciji, linijske podatke bi trebalo uskladiti s podlogama visoke prostorne i atributne detaljnosti. Na odabir lokacije za izgradnju odlagališta otpada utječu i brojni okolišni faktori, ali podaci o njima nisu bili dostupni.

7. ZAKLJUČAK

Analizira se područje grada Požege u središnjoj Slavoniji a traži se pogodna lokacija ili više njih za odlagalište otpada. Grad se sastoji od više naselja koja su odvojena od glavnog dijela grada a sam grad se nalazi ispod Požeške gore dok mu se sjeverni dio širi po ravninama Požeške kotline. Područje je na maloj nadmorskoj visini, a uglavnom se sastoji od brda i gorja na dijelovima s većim nagibima terena.

Za pripremu i obradu ulaznih podataka kao i za prostornu analizu je korišten QGIS softver. Također analizirana je osjetljivost primijenjene AHP metode na promjenu ulaznih parametara te su diskutirani rezultati.

Rezultati analize upućuju na područja različitih razina, ali je veći dio analiziranog područja klasificiran kao područje nepogodno za izgradnju odlagališta otpada. Određivanje lokacije za izgradnju odlagališta otpada vrlo je delikano pitanje budući da se radi o objektu koji potencijalno može ugroziti okoliš i kvalitetu života. U odabiru lokacije je potrebno sagledati niz faktora: okolišnih, ekonomskih, estetskih i društvenih. Pristup koji koristi višekriterijalnu analizu već je pokazao niz prednosti, posebno sa stajališta analize velikog broja različitih faktora koji utječu na konačnu odluku i njihovog rangiranja prema važnosti za tu odluku. Prikazani pristup to je i pokazao, uspkros nedostupnosti nekih podataka. Jedna od prednosti višekriterijske analize je i mogućnost njene integracije s GIS-om. Kako se ovdje radi o geografskom fenomenu, bilo je logično analizu provesti u prostornom okruženju.

Literatura

CORINE Land Cover. European Union, Copernicus Land Monitoring Service, European Environment Agency, Copenhagen, Denmark, 2021.

Direktiva 2008/98/EZ Europskog Parlamenta i Vijeća od 19. studenoga 2008. o otpadu i stavljanju izvan snage određenih direktiva, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098&from=en> , pristup 28.09.2022.

Huisman, O., de By, R. A. (ur.), Principles of Geographic Information Systems. The International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), Enschede, The Netherlands, 2001.

Matus, M., Geografski informacijski sustavi i njihov značaj za turizam, Diplomski rad, Sveučilište u Splitu, Ekonomski fakultet, Split, 2015.

Meaden, G. J., Aguilar-Manjarrez, J., Advances in geographic information systems and remote sensing for fisheries and aquaculture. Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, Rome, 2013.

Muheeb M., Bashir A. M., Landfill site selection using GIS based multi criteria evaluation technique. A case study of Srinagar city, India, Department of Civil Engineering, National Institute of Technology Srinagar, J&K, India , 2021.

Mussa, A. i Suryabhadgavan K. V., Solid waste dumping site selection using GIS-based multi-criteria spatial modeling: a case study in Logia town, Afar region, Ethiopia, Geology, Ecology, and Landscapes, 5:3, 186-198, DOI: 10.1080/24749508.2019.1703311, 2021.

Parry, J. A., Ganaie, S. A., Sultan, B., M., GIS based land suitability analysis using AHP model for urban services planning in Srinagar and Jammu urban centers of J&K, India, *Journal of Urban management*, ISSN 2226-5856, Elsevier, Amsterdam, Vol. 7, Iss. 2, pp. 46-56, 2018.

Passaga technology, <https://www.passagetechnology.com/what-is-the-analytic-hierarchy-process>, pristup 09.09.2022.

Saaty, T. L., *The analytic hierarchy process*, McGraw-Hill, New York, 1980.

Sekulović, D., Jakovljević, G., Landfill site selection using GIS technology and the analytic hierarchy process, Article in *Military Technical Courier*, 2016.

Šisl P., Proces donošenja odluke pomoću AHP metode, Završni rad, Sveučilište J. J. Strossmayer u Osijeku, Ekonomski fakultet, Osijek, 2020.