

PRETHODNA ANALIZA IZBORA LOKACIJE CENTRA ZA ZBRINJAVANJE OTPADA

PRELIMINARY STUDY OF THE LOCATION FOR SOLID WASTE DISPOSAL CENTRE

Olgica Erceg^{1*} i Jure Margeta¹

¹ Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, 21000 Split, Matice Hrvatske 15, HRVATSKA

*E-mail adresa osobe za kontakt / e-mail of corresponding author: olgicae@gmail.com

Sažetak: U radu je prezentirana metodologija izbora centra za zbrinjavanje otpada na primjeru Makarskog primorja. Izbor se zasniva na višekriterijalnom hijerarhijskom postupku. Pri odabiru optimalne lokacije u obzir se uzimaju osnovne značajke područja: klimatske, geološke, geomorfološke, hidrogeološke, hidrografske i sociološke značajke, te zaštićena područja kao i postojeće stanje. U prvom koraku primjenom zadanih eliminacijskih kriterija u geografsko informacijskom sustavu (GIS) utvrđeno je šest potencijalnih područja za izgradnju lokalnog centra. U drugom koraku korištenjem višekriterijalne analize izvedene metodom PROMETHEE rangiraju se potencijalne lokacije kroz tri različita scenarija preferencija. Analiza je utvrdila da je na širem području Makarskog primorja moguće realizirati lokalni centar. Korištena metodologija se pokazala učinkovita i pouzdana, te se kao takva može preporučiti za primjenu.

Cljučne riječi: otpad, Makarsko primorje, centar za zbrinjavanje otpada, sustavna analiza, višekriterijalna analiza

Abstract: This paper presents the methodology of selecting a waste disposal centre in the case of Makarska Riviera (centre). The selection is based on the multi-criteria hierarchical procedure. When selecting an optimal location the basic characteristics of the area are taken into account: climate, geological, geomorphological, hydrogeological, hydrological and sociological features, and protected areas, as well as the existing state. In the first step, by using default elimination criteria in the geographic information system (GIS), six potential areas for the construction of the local centre were identified. In the second step, using the multi-criteria analysis, performed by using PROMETHEE method, potential locations were ranked through three different preference scenarios. The analysis has shown that a local centre could be realized in the wider area of the Makarska Riviera. The used methodology has proven to be effective and reliable, and as such can be recommended for implementation.

Keywords: waste, Makarska Riviera, waste disposal centre, system analysis, multi-criteria analysis

Received: 25.04.2015 / Accepted: 01.09.2015

Published online: 14.12.2015

Pregledni rad / Review paper

1. UVOD

Cilj ovog rada je prezentacija postupka izbora lokacije centra za zbrinjavanje krutog otpada (u nastavku Centar) na primjeru Makarsko primorje. Želja je da se jednostavnom ali pouzdanom prethodnom analizom na temelju raspoloživih podataka, utvrdi je li realizacija lokalnog centra izvediva ili ne, te gdje. Sustavna prethodna analiza štedi vrijeme i novac, te stvara preduvjete za realizaciju održivih rješenja. Zbrinjavanje krutog otpada na Makarskom primorju je ekonomski, ekološki, ali i društveni problem nastao zbog kašnjenja u realizaciji centra za gospodarenje otpadom u Lećevici. To je problem koji nastaje zbog vremenske neusklađenosti dinamike primjene propisa i realizacije projekata i nepostojanja dobrih prijelaznih rješenja. To je upravo slučaj u Makarskoj. Kao posljedica takvog stanja troškovi zbrinjavanja otpada se drastično povećavaju, lokalno spremanje i pretovaranje je nezadovoljavajuće, a usluga odvoza otpada nedovoljno učinkovita.

Osnovne prednosti lokalnog centra kao prijelaznog rješenja su manji transportni troškovi i bolja prilagodba rješenja lokalnim potrebama, te brža realizacija. Najčešći

ekonomski nedostatak je u tome što su po toni zbrinutog otpada manji centri uvijek skuplji od većih. Druga prednost je u tome što se na lokalnom centru obrađuje i odlaže „naš“ otpad, a ne „njihov“. Međutim i „naš“ centar nije omiljen od strane lokalnog stanovništva te stoga mora biti odabran tako da je prije svega društveno prihvatljiv, zatim ekonomičan i siguran za okoliš. Radi se o složenom inženjerskom zadatku koji se mora sustavno analizirati i rješavati, vodeći podjednako računa o interesima svih dionika.

Izbor lokacije centra je, kod nas, više društveni, nego ekološki ili ekonomski problem. Mjere i rješenja koja se danas mogu primijeniti kod građenja i rada centra su vrlo učinkovita i bez štetnog utjecaja na okoliš, ali imaju i svoju cijenu. Zato je od velike važnosti primjena odgovarajuće metodologije kojom se problem sveobuhvatno rješava u skladu s interesima dionika. A to je opće poznata metodologija sustavne analize (Margeta *et al.* 2012). Cilj analize je na temelju raspoloživih podataka utvrditi je li ideja o lokalnom centru realna ili ne, bez razlike hoće li se takav centar realizirati.

2. OSNOVNE ZNAČAJKE MAKARSKOG PRIMORJA I SUSTAVA ZA GOSPODARENJE OTPADOM

Makarsko primorje je mikroregija Splitsko-dalmatinske županije. Nalazi se na južnom području Županije, a sastoji se od grada Makarske i pet općina: Brela, Baška Voda, Tučepi, Podgora, Gradac, koje sadrže devetnaest naselja s ukupnom površinom od 321,25 km².

To je tipično primorsko područje u kojem je sezonski turizam glavna privredna aktivnost. Broj stanovnika prema zadnjem popisu je 26022 i značajnije se ne mijenja, dok broj turista i turističkih smještaja stalno raste.

Na ovom području se gotovo sav komunalni otpad odlaže na odlagalištima izvan regije, a općina Gradac otpad odlaže na odlagalište u Baćini. Na ovom području postoji sustav sa djelomično odvojenim prikupljanjem različitih vrsta otpada. Uglavnom se, za sada, sakuplja miješani komunalni otpad, te manjim dijelom papir, plastika i staklo. Sustav je decentraliziran i organiziran na razini administrativne jedinice. Prostornim planovima područja Makarskog primorja nije predviđen centar i

odlagalište (Grad Makarska, 2013). Doduše planom je predviđena komunalna zona u kojoj se mogu provoditi smo neke aktivnosti vezane uz otpad. Županijskim planom predviđeno je regionalno rješenje s centrom u Lećevici, tako da općine i gradovi nisu imali potrebe za takvim centrom. Vjerojatno će takvo rješenje i biti realizirano, jer isto proizlazi iz obaveza prema EU. Bez razlike na takvo stanje u radu se analizira mogućnost realizacije lokalnog centra i odlagališta, te se prezentira metodologija izbora lokacije.

Iz komunalnog poduzeća grada Makarske i komunalnih poduzeća navedenih općina dobiveni su podaci o količinama miješanog komunalnog otpada i papira za 2013. godinu. Iz turističkih zajednica dobiveni su podaci o broju noćenja turista u Makarskoj i navedenim općinama. Pretpostavlja se da je broj veći zbog neregistriranih noćenja oko 30 %. Temeljem dobivenih podataka napravljena je procjena mogućih količina komunalnog otpada, Tablica 1. Količine koje generiraju turisti u sezoni su oko 67 % količina koje generira stalno stanovništvo tijekom cijele godine.

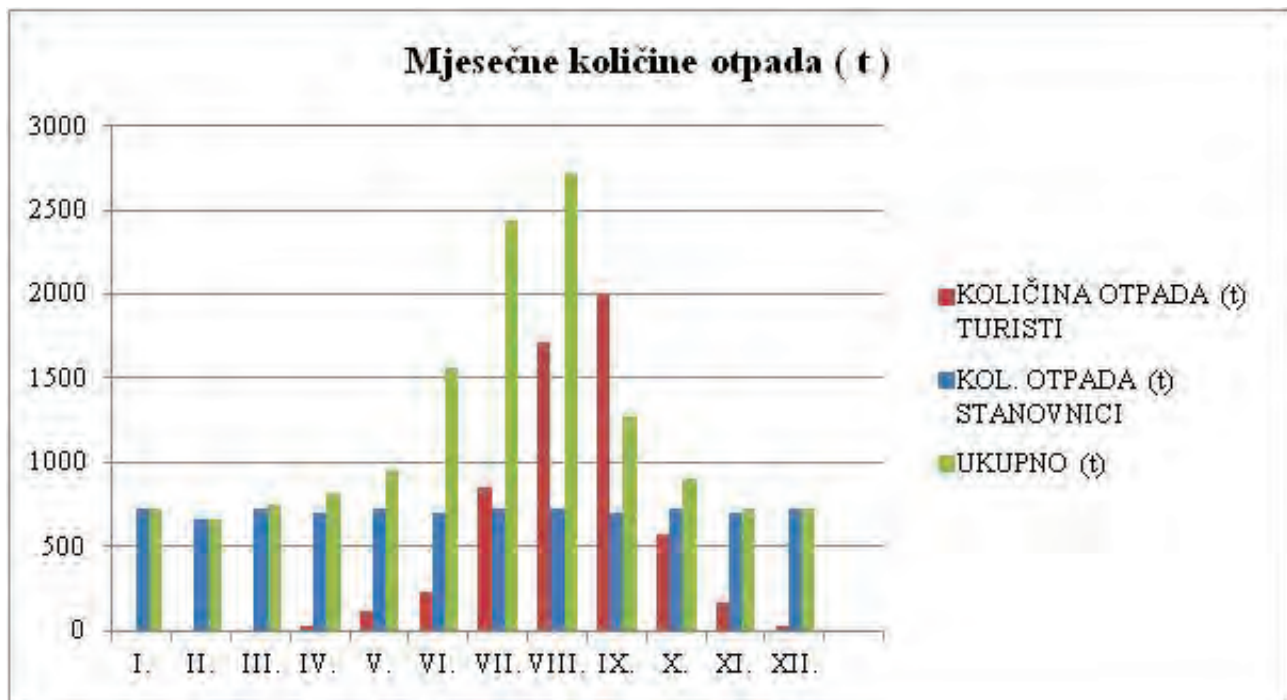
Polazeći od broja noćenja napravljen je pregled mjesečnog generiranja otpada, Slika 2.



Slika 1. Grafički prikaz Makarskog primorja u Splitsko – dalmatinskoj županiji

Tablica 1. Procijenjena godišnje količine otpada, 2013.

grad/općina	GENERATORI OTPADA		KOLIČINE OTPADA (t)		
	br.st.	Br. noćenja	Stanovnici	Turisti	UKUPNO (t)
Makarska	13834	1270026	4544,46	1270,026	5814,50
Brela	1703	684705	559,43	684,705	1244,14
Baška Voda	2775	1164129	911,58	1164,129	2075,72
Tučepi	1931	748069	634,33	748,069	1382,40
Podgora	2518	1150782	827,16	1150,782	1977,95
Gradac	3261	683753	1071,23	683,753	1754,99
UKUPNO	26022	5701464	8548,22	5701,46	14249,69



Slika 2. Prikaz mjesečnih količina otpada

Vidljivo je da je količina tijekom ljeta i do 5 puta veća nego u periodu od IX-V mjeseca. Slično se može reći i za pojedine komponente otpada. Očito je da je za ovakve oscilacije količina teško ostvariti ekonomičan tehnološki proces gospodarenja otpadom.

Na temelju popisa stanovništva iz 2011. godine i podataka o broju turističkih noćenja, izvršena je procjena količina otpada do 2050. godine. Procjena je napravljena uz slijedeće pretpostavke (Margeta *et al.* 2012):

- prosječna količina otpada koju proizvede stanovnik iznosi 0,90 kg/dan
- prosječna specifična količina komunalnog otpada će rasti po prosječnoj godišnjoj stopi od 1,0 %
- prosječna količina otpada po jednom turističkom noćenju iznosi 1,00 kg
- prosječna specifična količina otpada po jednom turističkom noćenju će rasti po prosječnoj godišnjoj stopi od 1,0 %
- porast broja turističkih noćenja od 1,0 % godišnje
- broj stanovnika bazira se na popisu od 2011. godine
- godišnji porast stanovnika je 0,2 %
- organiziranim sakupljanjem otpada obuhvaćeno je 99 % stanovnika i 100% turista
- količine proizvodnog otpada procjenjuju se na 5 % od ukupne količine komunalnog otpada

Procijenjena količina u 2050 je oko 24000 tona na godinu. Sadašnje prosječne dnevne količine su oko 40 t/dan, minimalne oko 20 t/dan, a maksimalne oko 90 t/dan.

3. METODOLOGIJA IZBORA LOKACIJE CENTRA ZA GOSPODARENJE OTPADOM

Izbor lokacije centra je najvažnija aktivnost u sustavu gospodarenja otpadom koja dugoročno određuje uspješ-

nost rada odlagališta i sustava u cjelini. Na izbor bitno utječu gospodarske i sociološke prilike, zaštita okoliša, topografija i uvjeti tla, geološke i hidrološke prilike, klima, troškovi gospodarenja, korištenje zemljišta i dr. Kod donošenja odluke o podobnosti mjesta za lokalni centar potrebno je provesti postupak uz vrednovanje velikog broja činitelja.

U načelu, povoljna su ona mjesta koja:

- nisu u suprotnosti s korištenjem ili planiranom namjenom zemljišta za druge svrhe,
- omogućavaju pristup prometnim sredstvima za prijevoz otpada kod svih vremenskih prilika,
- imaju mogućnost priključka na energetska, vodoopskrbnu i drugu infrastrukturu,
- ne zahtijevaju povećane troškove rada,
- izazivaju najmanje moguće negativne učinke na okoliš.

S obzirom na veliki broj činitelja koji utječu na izbor korisno je postupak racionalizirati. Konačna odluka o tome gdje se i kako otpad može obrađivati i odložiti mora biti rezultat cjelovite analize i procjene kojom se ispituje svaka prihvatljiva lokacija u određenom području uz potpuno sudjelovanje svih dionika. Sve potencijalne lokacije trebaju biti predmetom detaljnih istraživanja i obuhvatne analize, kako bi se dobile pouzdane informacije i utvrdile međusobne razlike. Proces je dugotrajan i skup te se zbog toga najčešće i ne provodi, što na kraju rezultira sukobom između donositelja odluke i stanovništva, pa se projekti često ne realiziraju. Zato problem treba rješavati etapno provedbom prethodne analize, a tek potom detaljnijom analizom prihvatljivih lokacija. U prethodnoj analizi se rješenje centra ne projektira tako da su troškovi izvedbe i pogona nepoznati. Pretpostavlja se da se bitno ne razlikuju pojedinim lokacijama.

Cilj prethodne analize jest:

- smanjiti mogućnost greške,
- uključiti u analizu cijelo područje i sve njegove prostorne značajke: prirodne, društvene, infrastrukturne, ekonomske itd.
- smanjiti/racionalizirati istražne radove i ukupne troškove pripreme projekta,
- povećati opseg istražnih radova samo na mogućim, realno ostvarivim lokacijama,
- jasno predstaviti donositelju odluke rješenje, njegove prednosti i mane, te moguće varijante rješenja,
- jasno prezentirati utjecaje pojedinih rješenja (ekološke, ekonomske, društvene itd.),
- postići cjelovito uključivanje javnosti u proces rješavanja problema,
- uključiti sve zainteresirane grupe u cijeli postupak,
- osigurati transparentnost i demokratičnost postupka.

Ključna "dimenzija" problema jest "prostor", odnosno prostorni aspekti. Kod ovako jako osjetljivih društvenih tema nužno je pokazati nepristranost u razmatranju mogućih lokacija, što se može postići jedino ako se cijeli prostor na isti način i istom detaljnošću ravnopravno tretira.

Druga "dimenzija" je vizualizacija, odnosno "zornost" prostora i njegovih karakteristika i utjecaja. Zornost je nužna kako bi svi sudionici imali jednake uvjete spoznavanja i razumijevanja problematike koja se obrađuje, te mogućnost aktivnog sudjelovanja u usmjeravanju rješenja ka prihvatljivom kompromisu. Svi sudionici moraju doživjeti prostor, njegova ograničenja i pogodnosti, odnosno pozitivne i negativne značajke, a posebno one vezane uz kriterije isključivosti (da/ne). Geografski informacijski sustavi (GIS) danas su nezaobilazna podrška analizama i investicijskim odlukama koje se u načelu vežu za određeni «prostor» i njegove karakteristike.

Treća „dimenzija“ je „demokratičnost“. Kako dionici imaju različite poglede na rješavanje ovog problema nužno je u postupak ravnopravno uključiti sve varijable, kriterije, poglede i preferencije. Znači, nužno je analizirati više scenarija ciljeva (preferencija) te primijeniti višekriterijski postupak i rangiranja mogućih rješenja, pri čemu treba uvažavati sve predložene kriterije.

Postoji više metoda, međutim metode "višeg ranga" su za sada najpoznatije, kako zbog svoje prilagodljivosti realnim problemima (koji su u načelu slabo strukturirani), tako i zbog činjenice da su u usporedbi sa sličnim metodama vrlo razumljive "donosiocu odluka" (Zopounidis *et al.* 2001; Bouyssou *et al.* 2006). U principu, metode "višeg ranga" se sastoje od kompromisa između siromašnih relacija dominacije i opsežnih relacija dobivenih preko funkcija korisnosti.

Svaka metoda "višeg ranga" uključuje dvije faze:

- sastavljanje relacije "višeg ranga",
- korištenje ove relacije kao pomoć "donosiocu odluke"

Navedene faze se mogu tretirati na različite načine, tako da su predložene različite metode ovisno o vrsti problema i konkretnih situacija. Pregledom raspoložive literature uočljiva je dominacija triju grupa metoda višek-

riterijalne analize, i to: metode ELECTRE (Roy *et al.* 2001), metoda Analytic Hierarchy Process (AHP) (Saaty 1980), i metode PROMETHEE (Brans & Vincke 1985; Mareschal 2014). S obzirom na programsku podršku i koncepciju blisku "Sustavima za podršku odlučivanju", u procesima odlučivanja sugerira se korištenje metoda PROMETHEE.

Karakteristike višekriterijalne analize se mogu sažeti u slijedećim postavkama:

- kao prvi korak u rješavanju problema potrebno je definirati kriterije koji cjelovito i sveobuhvatno karakteriziraju problem,
- alternativna rješenja problema se razvijaju kao takozvane akcije koje predstavljaju alternative, varijante rješenja, projekte, teritorijalne cjeline, varijante planova, ili nešto drugo što se želi međusobno uspoređivati, odnosno rangirati; svakom kriteriju dodjeljuje se težinski koeficijent, odnosno težina kriterija koja odražava njegovu važnost s aspekta donositelja odluke,
- svakom kriteriju dodjeljuje se "tip preferencije" koji predstavlja "formalizaciju ponašanja" donositelja odluke,
- prema definiranim kriterijima za svaku akciju se unose adekvatne vrijednosti u apsolutnom iznosu (mogu biti i kao atributni izričaji) koji su u načelu u međusobno neusporedivim jedinicama.

Polazeći od navedenog, predlaže se slijedeći postupak za izbor lokacije centra koji se sastoji od četiri etape:

1. Etapa - postavljanje zadataka

Ova etapa osigurava osnovne političko-pravne uvjete za gradnju centra i odlagališta, a rezultat je odluka o gradnji potvrđena od nadležne uprave, odnosno institucije. Ovim se ostvaruju osnovni planski uvjeti, te polazni okvir za rješavanje problema.

2. Etapa - prethodno odabiranje skupa realnih i provedivih rješenja

Sastoji se od tri pod-etape od kojih su prve dvije uvijek obvezatne dok potreba za trećom ovisi o veličini razmatranog područja, odnosno o veličini skupa rješenja koji je definiran u prvoj i drugoj pod-etapi.

2.a određuje područja mogućih rješenja postupkom eliminiranja područja s nepovoljnim prostornim karakteristikama na temelju kriterija isključivosti. Rezultat su područja mogućih rješenja. Etapa 2.a pripada aktivnostima takozvanog "makrozoniranja rješenja", odnosno odabira područja rješenja, dok sljedeća etapa 2.b pripada aktivnostima takozvanog "mikrozoniranja rješenja", odnosno odabira same lokacija.

Ako se s (P) označi ukupno razmatrano područje u kojem se želi pronaći najprihvatljivije rješenje, ono je sastavljeno od dva područja, podskupa:

$$P = P^+ \cup P^- \quad (1)$$

gdje su P^+ - područje mogućih rješenja; P^- - eliminirano područje, tj. područje u kojem nema mogućih rješenja.

Nepovoljno je ono područje (P^-) koje ne zadovoljava isključive kriterije, odnosno:

$$P^- = P_1^- \cup P_2^- \cup, \dots, \cup P_k^- \quad (2)$$

gdje su $P_1^-, P_2^-, \dots, P_k^-$ nepovoljna podpodručja po eliminacijskim kriterijima ili kriterijima isključivosti, k - broj eliminacijskih kriterija

Područje rješenja (P^+) je preostalo podpodručje. Vizualizacija prostora i kriterija na ovom je koraku rješavanja problema veoma korisna i praktično nezamjenjiva komponenta. Stoga se koristi GIS - om i njegovim alatima.

2.b određuje skup rješenja unutar određenog područja mogućih rješenja (P^+). Rezultat je skup lokacija koje čine skup mogućih rješenja. Unutar pozitivnog podpodručja (P^+) nalazi se konačni broj mogućih lokacija i skup rješenja (A). Ako je skup: $A = \{a_i / a_i \in P^+, i = 1..n\}$, tada je A skup rješenja, odnosno alternativa.

Iz praktičnih razloga ali i objektivnosti cijelog procesa, poželjno je da broj rješenja (n) u skupu (A) bude $3 \leq n \leq m$, što znači da je najmanji broj potrebnih alternativa za daljnju objektivnu analizu 3. Preporučuje se da (m) bude u granicama od 5 do 10. Broj lokacija je rezultat interesa i zahtjeva javnosti te donositelja odluka, ali i posljedica potrebe ravnopravnog tretiranja svih lokacija, a sve da bi se izbjegla pristranost. Rezultat je najčešće velik broj lokacija (m).

2.c prethodno rangiranje skupa mogućih lokacija koje ima za cilj eliminiranje najmanje prihvatljivih. Ova se podetapa provodi u slučaju da razmatrano područje zauzima veću površinu, odnosno da je pronađen značajan broj mogućih rješenja, te je broj rješenja preveliki skup za kvalitetnu analizu (veliki troškovi i dugotrajan proces) pa je potrebno skup smanjiti eliminiranjem niže rangiranih lokacija. To se provodi postupkom prethodnog rangiranja koristeći se manjim brojem najvažnijih kriterija – kriteriji s najvećim težinskim vrijednostima (hidrogeološka pogodnost, utjecaj na zdravlje, transportni troškovi itd.) ili samo jednog od njih koji znatno utječe na izbor i za koji postoje pouzdani podaci. Za ove kriterije se najčešće upotrebljava izraz "eliminacijski kriteriji".

U slučaju da je $n > m = 10$, tada se provodi 2.c podetapa gdje se eliminiraju najslabija rješenja po najvažnijim kriterijima (kriteriji s većim težinskim vrijednostima). Razvrstavanje, odnosno eliminiranje najslabijih rješenja može biti zasnovano na višekriterijalnom ili jednokriterijalnom postupku. U slučaju velikog broja alternativa (m , vrlo velik kao rezultat interesa javnosti) primjenjuje se samo najvažniji kriterij ili više njih, ali iterativno kao jednokriterijalni postupak:

$$\text{Max}\{f(a) | a \in A\} \quad (3)$$

A - skup rješenja/alternativa

$f: A \rightarrow R_1$ - kriterij koji razvrstava alternative.

Rješenje problema je ukupni poredak alternativa u skupu A . Ovo je dobro postavljen problem jer pri određivanju optimalne alternative "a ~" nejednakost $f(a) \geq f(a_i)$, $a_i \in A$ ima smisla. Ako je skup $A = \{a_i, i = 1, 2, \dots, p\}$ ukupni poredak alternativa, iz daljnjeg procesa odbacuju se rješenja a_i kod kojih je $p > m$.

U iterativnom postupku kada se primjenjuje više kriterija, primjenom prvog eliminira se manji broj najslabije rangiranih lokacija i dobije manji skup mogućih rješenja A' .

$$A' = A\{a_i\}, i = 1, 2, \dots, m_1 \quad (4)$$

Primjenom sljedećeg kriterija postupak se ponavlja, skup preostalih lokacija se još više smanjuje i tako redom, dok se ne dobije zadovoljavajući broj lokacija ili iscrpe svi glavni kriteriji. Ako se smatra nužnim, postupak rangiranja može se provesti uporabom svih glavnih kriterija odjednom primjenom višekriterijalnog postupka. Vizualizacija problema, kriterija i njihovih veličina uvelike pomaže prihvaćanju postupka i rezultata. Nema skrivenih elemenata, postupak je jasan, razumljiv i objektivan.

3. Etapa – višekriterijalnog rangiranja

To je cjelovito rangiranje mogućih rješenja/lokacija. U ovome postupku rangiranja se primjenjuju svi dogovoreni kriteriji, tako da je postupak višekriterijalni:

$$\text{Max}\{f_1(a), f_2(a), \dots, f_j(a), \dots, f_k(a) | a \in A\} \quad (5)$$

$f_j(a)$, $j = 1, 2, \dots, k$, gdje je k broj kriterija.

Ovako postavljen problem nema rješenja u obliku ukupnog poretka u skupu A kao u jednokriterijalnom problemu, jer pojam optimalne alternative nema smisla, tj. zadatak nije dobro postavljen (strukturiran). U općem slučaju ne postoji alternativa "a ~" takva da je:

$$f_j(a) \geq f_j(a_i), a_i \in A, \forall j \forall i \quad (6)$$

Međutim, ovakvi su problemi stvarni i česti kao što je izbor lokacije za sanitarno odlagalište, te je nužno pronaći kompromisno rješenje. Ako su "a" i "b" dva rješenja/alternative iz skupa A takva da vrijedi:

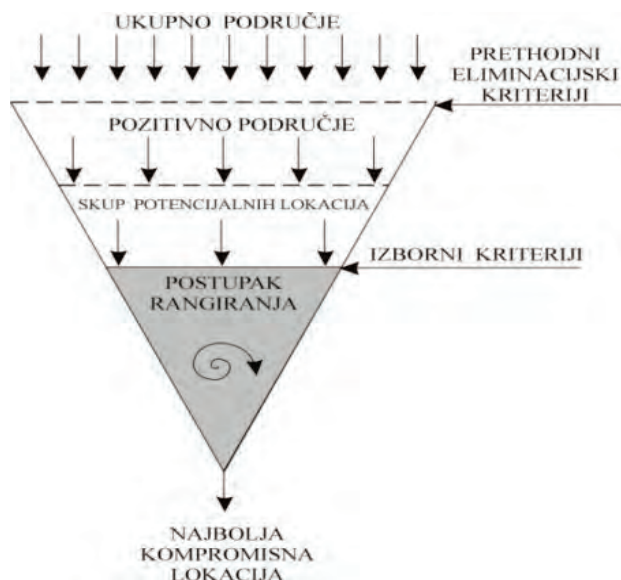
$$f_j(a) \geq f_j(b), \forall j \in (1, 2, \dots, k) \quad (7)$$

pri čemu je barem jedna nejednakost stroga, tada kažemo "a" dominira nad "b". Na ovaj način dobiva se djelomični poredak u A i zove se poredak dominacije. Poredak dominacije jest općenito vrlo "siromašan" čak i ako problem sadrži samo nekoliko kriterija i često se događa da je poredak dominacije prazan.

4. Etapa - analiza i predlaganje rješenja

U ovoj etapi analiziraju se rezultati i stabilnost postupka rangiranja. Ako je više alternativa prihvatljivo postupak se ponavlja za najprihvatljivije, uz provođenje dodatnih istraživanja i samo projektiranje rješenja, kojima se preciznije određuju značajke pojedinih lokacija i rješenja, prije svega troškovi na tim lokacijama, odnosno vrijednosti kriterija odabira i/ili uvode novi kriteriji. Isto je uglavnom isplativo samo za manji skup dobrih lokacija 2 - 3, odnosno za lokacije koje su najbolje po rang.

Rezultat ponovljenog višekriterijskog postupka je „najbolja kompromisna lokacija“. Valjanost cijelog postupka uvelike ovisi o izboru kriterija kako eliminacijskih tako i izbornih, Slika 3. Zato izboru kriterija i prihvaćanju istih od strane svih dionika treba posvetiti veliku pažnju.



Slika 3. Osnovne grupe kriterija i mjesto djelovanja u postupku izbora lokacije

4. PRIMJER MAKARSKO PRIMORJE

Kao što je već rečeno, zadatak je postavljen kao prethodna analiza problema zbrinjavanja otpada na Makarskom primorju s ciljem utvrđivanja mogućnosti realizacije lokalnog centra za zabrinjavanje otpada, bez namjere da se isti uskoro realizira. Jednostavno se želi utvrditi da li na ovom području postoji moguća lokacija bliže od Lećevice. Zbog toga se u ovoj analizi ne provodi projektiranje rješenja, već se to radi u narednoj etapi, ako se donese odluka da se centar gradi na jednoj od povoljnih lokacija.

4.1. Eliminacija neprihvatljivih područja

Prethodni eliminacijski kriteriji primjenjuju se u 2. etapi metodologije izbora lokacije sanitarnog odlagališta. Analiza područja napravljena je na osnovi dostupnih GIS karata i drugih podataka. Za eliminiranje negativnog područja korišteni su sljedeći eliminacijski kriteriji:

- udaljenost od površinskih voda: najmanje 400 m od obalne linije;
- udaljenost od cesta: 300 m od magistralne ceste, 150 m od ostalih cesta;
- udaljenost od naseljenih mjesta: od većih naselja 3 km, a od manjih naselja i pojedinačnih kuća 1 km ;
- udaljenost od ekoloških, povijesnih i drugih vrijednih područja (arheološka nalazišta i dr.) najmanje 500 m;
- područja s velikim nagibom terena;
- geološka pogodnost: na osnovi geološke karte izdvojeno je područje koje nije pogodno za Centar;
- udaljenost od vodozaštitnog područja najmanje 500 m;
- udaljenost od izvorišnog područja 1000 m;

Za svaki kriterij GIS alatima određeno je pripadajuće područje. Preklapanjem svih izdvojenih područja dobije se ukupno izdvojeno područje po svim eliminacijskim

kriterijima. Cilj ovog postupka je izdvajanje područja koje ne treba dalje analizirati ni terenski ispitivati, pa se veća pozornost može posvetiti području koje je ocijenjeno kao pozitivno.

Korišten je ArcGIS Online. To je računalni program koji korisnicima omogućava suradnju, dijeljenje, stvaranje i pristupanje mapama, aplikacijama i podacima uključujući baze mape objavljene preko ESRI. ESRI je međunarodni dobavljač geografskog informacijskog sustava, web GIS-a i aplikacija za upravljanje geobazama. Budući da je ArcGIS Online integralni dio ArcGIS sistema može se koristiti za proširenje mogućnosti ArcGIS Desktopa, ArcGIS Servera i ArcGIS aplikacija, te drugih koje pružaju mogućnost stvaranja, organiziranja i dijeljenja geografskih informacija i alata s bilo kojim korisnikom.

Na temelju prethodnih eliminacijskih kriterija i ucrtavanjem istih u GIS karte, utvrđeno je da na obalnom području Makarskog primorja nema adekvatnog prostora za izgradnju. Međutim tunel Sv. Ilija otvara mogućnost zbrinjavanja otpada na sjevernoj strani Biokova, na području koje je slabo naseljeno. Koristeći prethodne eliminacijske kriterije u GIS tehnologiji utvrđena su područja za izgradnju centra, Slika 4. Time je završena podetapa 2a.

Detaljnijom analizom, koristeći standardne kriterije za izbor lokacije, obilaskom terena i ekspertnim procjenama na temelju raspoloživih podataka i podloga izvršen je izbor potencijalnih lokacija unutar raspoloživog područja. Kao rezultat 2. b podetape predložene metodologije dobiveno je šest realnih i izvedivih lokacija koje zadovoljavaju propisane zahtjeve, Slika 4. U najsjevernijem području utvrđene su dvije potencijalne lokacije (1 i 2), u središnjem području tri (3, 4, 6) a u južnom jedna (5).

4.2 Višekriterijalna analiza

Rangiranje odabranih lokacija u višekriterijalnom postupku napravljeno je primjenom kriterija održivosti svrstanih u tri grupe: A) ekološki; B) društveni i C) ekonomski. Za ove tri grupe izrađena je hijerarhijska struktura kriterija (Slika 5). Svakom kriteriju je dodana pripadajuća težinska vrijednost koja je u ovom primjeru određena na temelju ekspertne prosudbe važnosti i prosudbe lokalnih sudionika. Težinske vrijednosti uvelike utječu na rangiranje lokacija, pa je stoga uvijek važno analizirati njihov utjecaj na rješenje. Težinske vrijednosti se u detaljnijim analizama određuju sustavno učinkovitom metodologijom, uvažavajući mišljenja i interese različitih dionika. U ovom primjeru radi se o prethodnoj studiji tako da se problem pojednostavio. Međutim, kako bi se ipak analizirala različita mišljenja/interesi problem i utjecaj na poredak lokacija problem se analizirao za tri različita scenarija težinskih vrijednosti. Takva analiza omogućava argumentirano obrazloženje rezultata i lakše prihvaćanje rješenja od strane svih sudionika. Nekima su najvažniji ekološki, drugima društveni, a trećima ekonomski kriteriji. Stoga je važno znati koliko je rješenje stabilno ako se težinske vrijednosti mijenjaju.

Predložena su tri scenarija ciljeva višekriterijalne analize (C). U prvom scenariju zbog provjere stanja i neutralnog pristupa je dana jednaka težinska vrijednost ekolo-

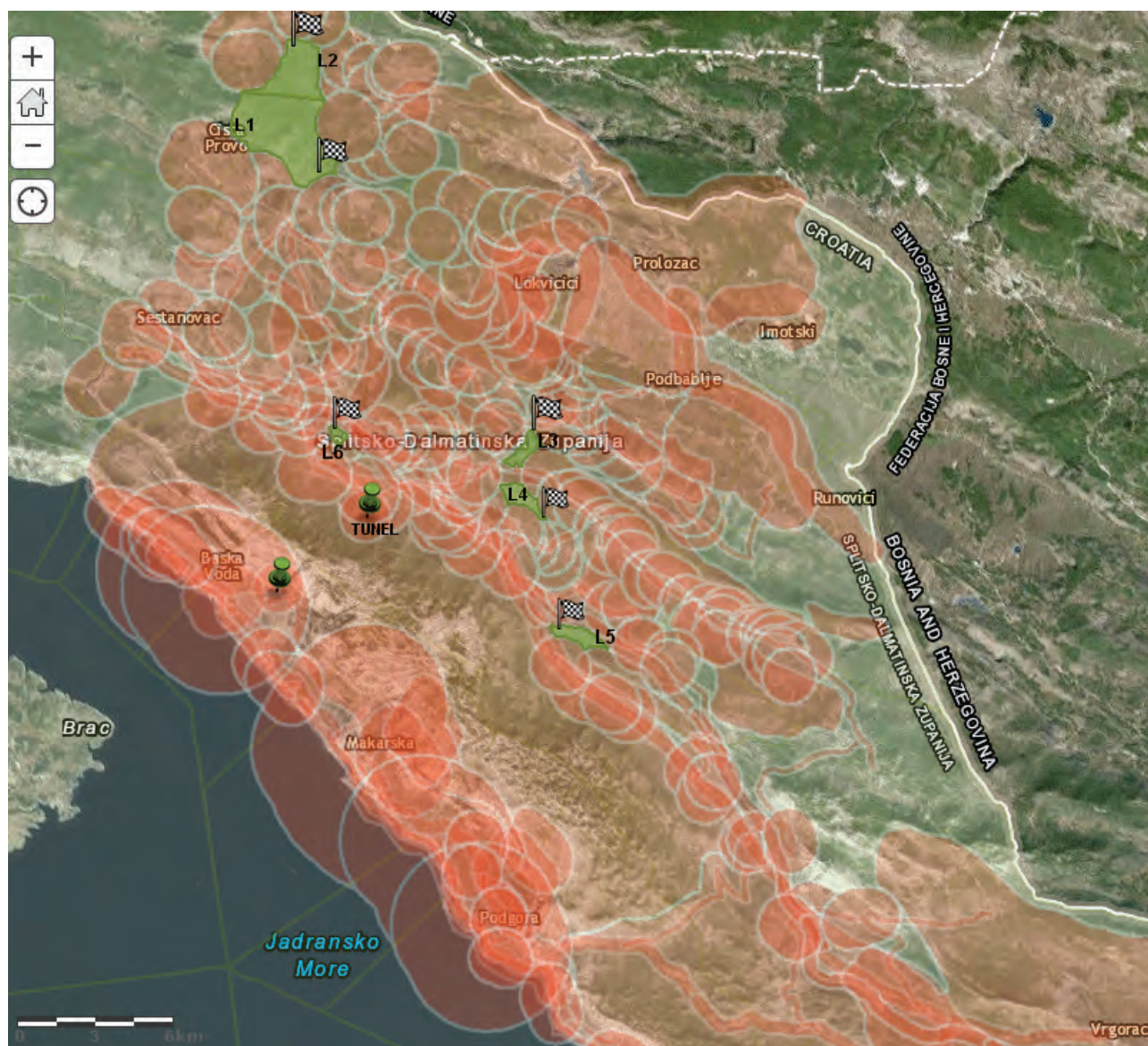
škim (0,33), društvenim (0,33) i ekonomskim (0,33) kriterijima.

U drugom scenariju zbog turističke aktivnosti najveća težinska vrijednost je dana ekološkim kriterijima 0,5 dok je društvenim i ekonomskim kriterijima dana težinska vrijednost 0,25.

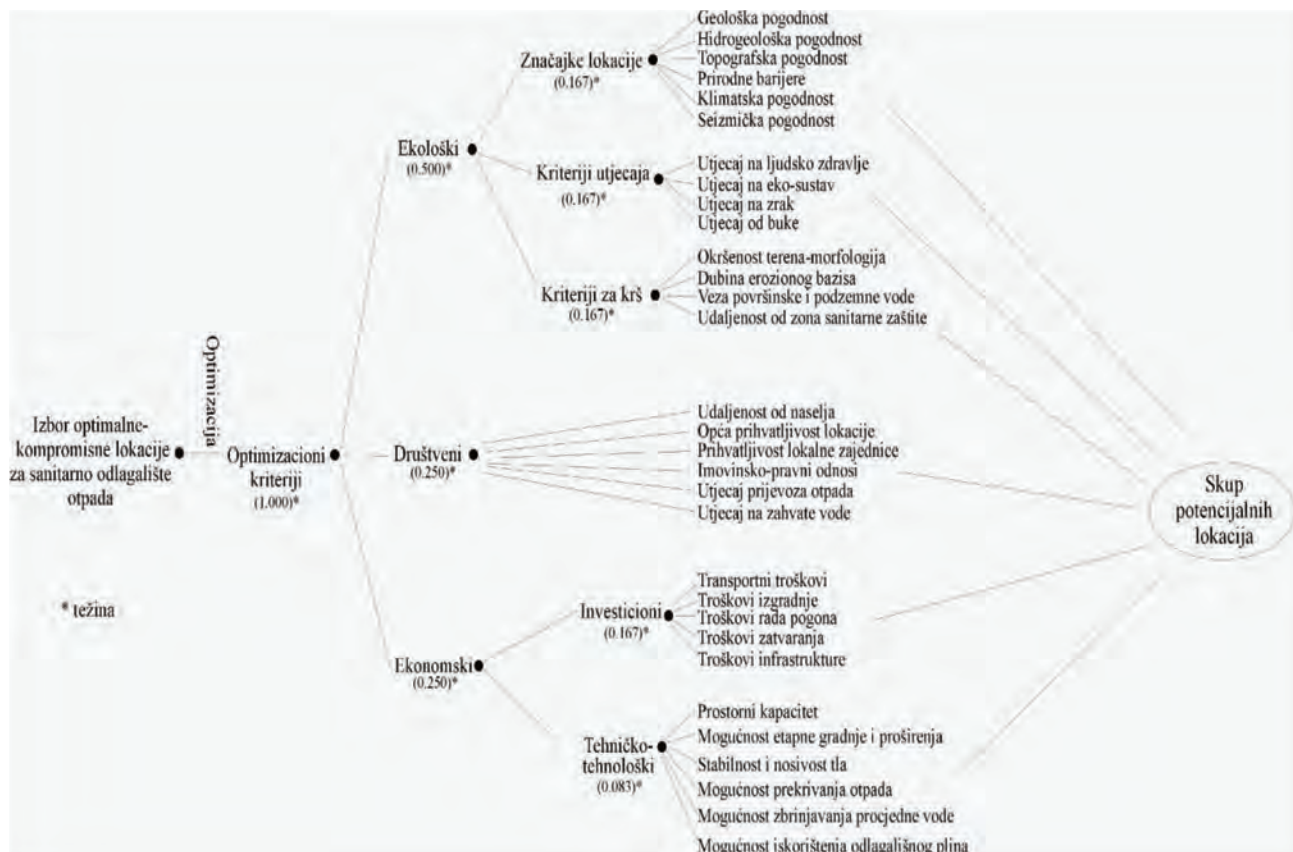
U trećem scenariju zbog financijskih razloga najveća težinska vrijednost dana je ekonomskim kriterijima 0,5 dok je ekološkim i društvenim kriterijima dana težinska vrijednost 0,25. Usklađivanje težinskih vrijednosti grupa kriterija i kriterija pojedinačno, kao i procjena potencijalnih lokacija prema predloženim kriterijima provedena je prema ocjeni grupe stručnjaka. Nakon određivanja težinskih vrijednosti kriterija za svaku potencijalnu lokaciju izvršeno je utvrđivanje vrijednosti kriterija. U ovom primjeru primijenjeno je kvalitativno ocjenjivanje u rasponu vrijednosti od 1 do 10 za sve numerički nemjerljive kriterije. Procjena veličine kriterija napravljena je teme-

ljem raspoloživih informacijama koje se mogu dobiti iz postojećih podloga (topografskih, prometnih, geoloških, hidrogeoloških, itd.) i studija. Za šest lokacija odabran je trideset i jedan kriterij. U nastavku je prikazana tablica 2 s ulaznim podacima za višekriterijalnu analizu.

S obzirom na slične uvjete za izvođenje i rad u provedenoj analizi pretpostavlja se da će troškovi investicije, rada i zatvaranja biti približno isti za sve lokacije. Svi mjerljivi podaci nisu dostupni u prethodnoj analizi pa su pripadajući kriteriji korišteni s istom vrijednošću. Potrebni kriteriji i njihove težinske vrijednosti se navode u tablici 2 kako bi se dobio cjeloviti uvid u postupak rangiranja temeljem projektiranih rješenja, provedenih geomehaničkih i hidrogeoloških istraživanja te uvidom u vlasničke listove najbolje rangiranih rješenja iz prethodne analize. U prethodnoj analizi s obzirom na raspoložive ulazne podatke korišten je jedino kriterij s linearnom preferencijom.



Slika 4. Potencijalne lokacije (zastave) i eliminirana područja (crveno)



Slika 5. Hijerarhijska struktura kriterija i pripadajuće težinske vrijednosti

Tablica 2. Kriteriji i težine za pojedine scenarije

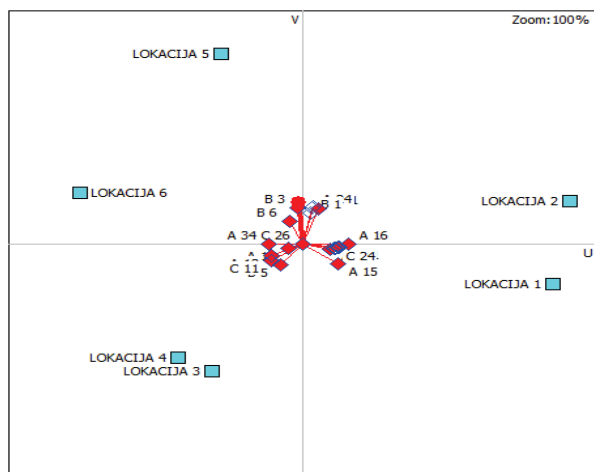
OZNAKA	POTENCIJALNE LOKACIJE	L1	L2	L3	L4	L5	L6	TEŽINE			maks/ min
								C1	C2	C3	
	KRITERIJI										
A	EKOLOŠKI										
A 1	Značajke Lokacije										
A 11	Geološka pogodnost	5,0	5,0	4,5	4,5	4,0	4,0	2,2	3,31	1,65	maks
A 12	Hidrogeološka pogodnost	4,0	4,0	4,0	4,5	3,0	7,0	4,1	6,16	3,08	maks
A 13	Topografska pogodnost	3,5	3,0	5,5	6,0	5,0	5,0	1,4	2,10	1,05	maks
A 14	Prirodne barijere	6,5	6,5	5,0	5,0	5,0	4,0	1,5	2,25	1,13	maks
A 15	Klimatska pogodnost	6,5	6,5	6,0	6,0	5,0	5,0	1,0	1,50	1,0	maks
A 16	Seizmička pogodnost	8,5	8,5	9,0	9,0	9,0	9,0	0,9	1,35	0,68	min
A 2	Kriteriji utjecaja										
A 21	Utjecaj na ljudsko zdravlje	5,0	4,5	6,5	6,0	4,5	5,0	6,3	9,46	4,73	min
A 22	Utjecaj na eko - sustav	4,5	4,5	5,0	5,0	5,0	6,0	2,9	4,36	2,18	min
A 23	Utjecaj na zrak	6,0	5,0	6,5	6,5	4,5	6,0	1,3	1,95	0,98	min
A 24	Utjecaj na buku	5,0	4,5	5,5	5,5	4,0	5,0	0,6	0,90	0,45	min
A 3	Kriteriji za krš										
A 31	Ukršenost terena - morfologija	6,0	6,0	7,0	7,0	7,0	7,5	1,1	1,65	0,83	maks
A 32	Dubina erozijskog bazisa *	5	5	5	5	5	5	2,4	3,61	1,80	min
A 33	Veza podzemne i površinske vode*	5	5	5	5	5	5	2,7	4,06	2,03	maks
A 34	Udaljenost od zone sanitarne zaštite (km)	2,0	2,0	4,0	6,0	5,0	5,0	4,9	7,36	3,68	maks
B	DRUŠTVENI										
B 1	Udaljenost od naselja (km)	4,5	4,5	4,0	4,0	5,5	4,0	6,9	5,18	10,36	maks
B 2	Opća prihvatljivost	4,0	4,5	4,0	4,0	5,5	4,0	4,5	3,38	6,78	maks
B 3	Prihvatljivost lokalne zajednice	3,0	3,5	3,0	3,0	4,5	3,5	9,9	7,43	14,86	maks
B 4	Imovinsko pravni odnosi *	5	5	5	5	5	5	2,3	1,73	3,45	maks
B 5	Utjecaj prijevoza otpada	7,5	8,0	3,0	2,5	5,0	7,5	1,4	1,05	2,10	min
B 6	Utjecaj na zahvate vode	6,0	6,0	6,5	6,0	5,5	5,0	8,4	6,31	12,62	min
C	EKONOMSKI										
C 1	Investicijski										
C 11	Transportni troškovi	9,0	9,5	3,0	2,5	5,5	5,5	7,7	5,78	5,78	min
C 12	Troškovi izgradnje *	5	5	5	5	5	5	4,8	3,60	3,60	min

C 13	Troškovi rada *	5	5	5	5	5	5	3,6	2,70	2,70	min
C 14	Troškovi zatvaranja *	5	5	5	5	5	5	2,2	1,65	1,65	min
C 15	Troškovi infrastrukture	8,0	8,0	4,0	3,0	4,5	4,5	4,1	3,08	3,08	min
C 2	Tehničko - tehnološki										
C 21	Prostorni kapacitet	7,5	7,0	5,5	5,5	5,5	4,0	0,7	0,53	0,53	maks
C 22	Mogućnost etapne gradnje	7,0	7,0	5,0	5,0	5,0	3,0	0,7	0,53	0,53	maks
C 23	Stabilnost i nosivost tla *	5	5	5	5	5	5	1,6	1,21	1,21	maks
C 24	Mogućnost prekrivanja otpada	8,0	8,0	7,0	7,0	7,0	6,0	2,0	1,5	2,63	maks
C 25	Mogućnost zbrinjavanja procjedne vode	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	3,5	2,63	1,95	maks
C 26	Mogućnost iskorištenja odlagališnog plina	3,0	3,5	3,0	3,0	4,0	5,0	2,6	1,95	1,5	maks

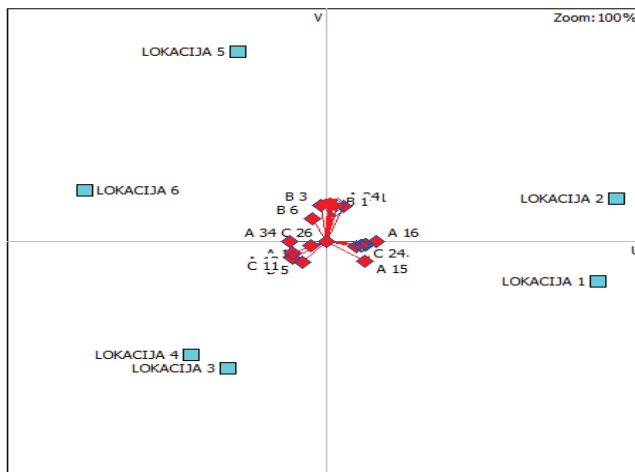
*Nedostupni potpuni podaci u prethodnoj analizi

Tablica 3. Rezultati PROMETHEE II

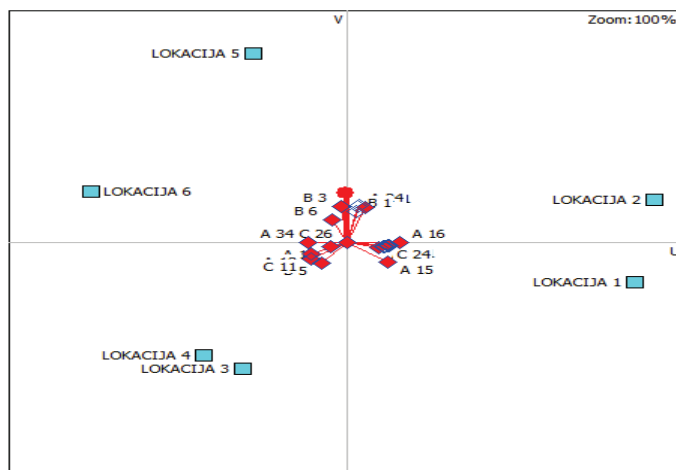
	Scenarij 1		Scenarij 2		Scenarij 3	
	Phi	Lokacija	Phi	Lokacija	Phi	Lokacija
Rang 1	0,2220	5	0,1763	5	0,3105	5
Rang 2	0,0163	2	0,0460	2	0,0288	2
Rang 3	0,0006	6	-0,0047	6	-0,0251	6
Rang 4	-0,0410	4	-0,0291	1	-0,0738	1
Rang 5	-0,0581	1	-0,0361	4	-0,0807	4
Rang 6	-0,1398	3	-0,1525	3	-0,1596	3



Scenarij 1. Neutralne preferencije

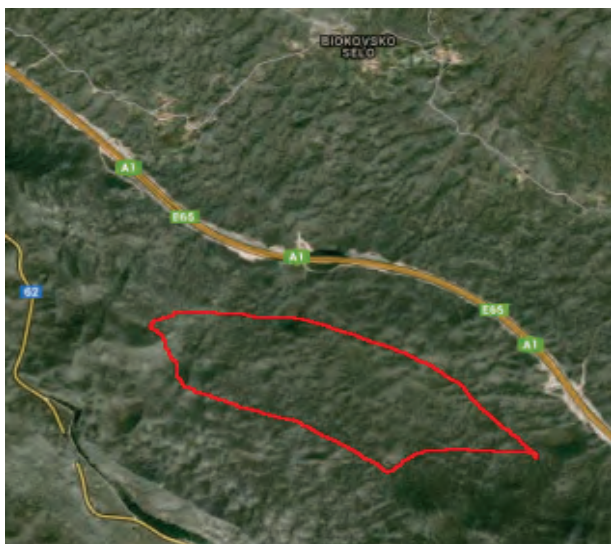


Scenarij 2. Preferiraju se ekološki ciljevi



Scenarij 3. Preferiraju se ekonomski ciljevi

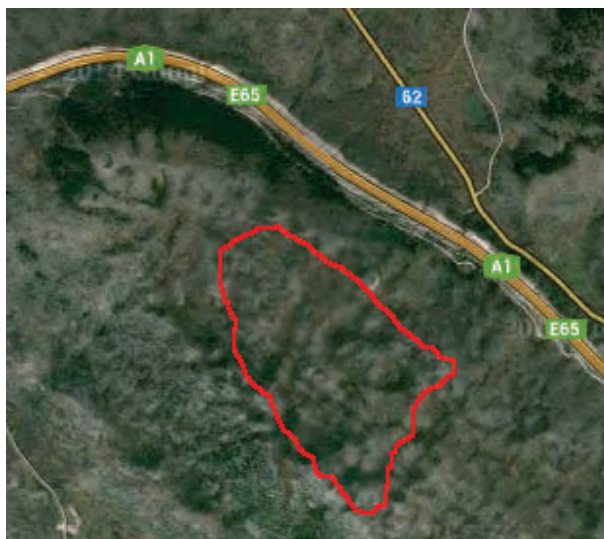
Slika 6. Prikaz pojedinih akcija i kriterija u dvodimenzionalnoj GAI A ravnini za scenarije



Položaj lokacija br. 5 (Biokovsko selo)



Položaj lokacija br. 2 (Cista Provo)



Položaj lokacije br. 6 (Grabovac)

Slika 7. Najbolje rangirane tri lokacije

Rezultati pokazuju da je najbolje rangirana lokacija br. 5, a prate je lokacija 2 i lokacija 6, dok je lokacija br. 3 najlošije rangirana. Prema prezentiranoj metodologiji tri najbolje rangirane lokacije bi trebalo projektirati kako bi se dobili pouzdani ekonomski pokazatelji, detaljnije istražiti i analizirati, te utvrditi koja od njih je najprihvatljivija za realizaciju. U ovom radu se radi o prethodnoj analizi u kojoj za sada rješenja nisu projektirana, tako da detaljno rangiranje prve tri rangirane lokacije nije provedeno. Međutim, programski paket na ovoj razini rješavanja problema omogućava detaljnu i širu analizu stabilnosti dobivenih rezultata u odnosu na kriterije i njihovu vrijednost ako je isto potrebno.

GAIA je multidimenzionalna prezentacija problema odlučivanja s brojem dimenzija jednakom broju kriterija. Matematičkom metodom koja se zove *Principle Components Analysis* reduciran je broj dimenzija uz minimalan gubitak informacija. Korištenjem programske podrške GAIA daje se prikaz ponašanja kriterija gdje se geomet-

rijskom prezentacijom iz višedimenzijalnog prostora dobiva položaj kriterija u dvodimenzionalnom prostoru. Akcije u GAIA ravnini su prikazane kao točke. Pozicija im je određena procjenom seta kriterija na način da će akcije sa sličnim profilom biti bliže jedne drugima. Kriteriji u GAIA ravnini su prikazani kao osi iscrtane od centara ravnine, Slika 6.

Orijentacija ovih osi je važna jer pokazuje koliko su kriteriji povezani jedni s drugima:

- kriteriji sa sličnim preferencama imaju osi blizu jedne drugima,
- konfliktni kriteriji imaju osi koje su usmjerene u različitim smjerovima.

Dužina osi kriterija je također važna, a predstavlja diskriminaciju kriterija u odnosu na druge.

Vidi se da u svim scenarijima lokacije 5 i 6 te 4 i 3 čine slične parove, dok su 2 i 1 različite. Lokacija 1,4 i 3 imaju negativan tok te su niže rangirane od ostalih. Re-

zultirajući tok (crvena točka) je uvijek usmjeren najbliže prema položaju lokacije 6, pa je dobiveni poredak vrlo stabilan bez razlike na preferencije dionika. U nastavku se daju karte s položajem prostora na kojem su smještene lokacije.

Kao što se vidi, poredak triju lokacija je isti bez razlike na preferencije i analizu osjetljivosti, odnosno scenarije. Dobiven je stabilan rezultat koji bi mogao rezultirati prihvatljivim kompromisnim rješenjem lokacije za sve dionike, bez razlike na njihove preferencije.

5. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Predložena metodologija se pokazala učinkovitom i pouzdanom te se može preporučiti za primjenu. Korišteni modeli omogućavaju brzu analizu složenog problema i dobar uvid u značajke rješenja. Rezultati i postupak su zorni i prepoznatljivi za sve dionike, a ne samo za stručnjake. Problem se rješava sveobuhvatno i sustavno. Korišteni geografsko - informacijski sustav nije pronađena potencijalna lokacija u priobalnom području Makarskog primorja što je bilo i za očekivati. Izgradnjom tunela Sveti Ilija otvorila se mogućnost izbora lokacije na sjevernoj strani Biokova. Daljnjom analizom tog područja utvrđeno je šest potencijalnih lokacija. Lokacija 5 je najbolja u sva tri scenarija a prate lokacija 2 i 6. Lokacija 5 je najbolja u trećem scenariju gdje su zastupljeni ekonomski kriteriji, dok je najlošija u drugom scenariju gdje su zastupljeni ekološki kriteriji. Lokacija 2 je najbolja u drugom scenariju gdje su najvažniji ekološki kriteriji, a najlošija u prvom scenariju gdje su svi kriteriji jednako važni. Lokacija 6 je najbolja u prvom scenariju, a najlošija u trećem scenariju. Uočava se da je lokacija 6 najniže rangirana jer ima negativan balans između pozitivnog i negativnog toka, odnosno između ulaznog i izlaznog toka. Model omogućava i dublju analizu stabilnosti dobivenih rezultata. Međutim, kako se radi o prethodnoj analizi problema takva analiza nije provedena.

Provedenom analizom uočeno je da se korištenom metodologijom, odnosno sustavnim pristupom, omogućava početno rješavanje problema izbora lokacije centra. Prethodnim eliminacijskim kriterijima u GIS tehnologiji smanjuje se broj potencijalnih lokacija i samim time racionaliziraju troškovi i vrijeme analize. Kvaliteta cijelog postupka najviše ovisi o kvaliteti ulaznih podataka. S obzirom da se u procesu eliminiranja neprihvatljivih područja uglavnom rabe pouzdani prostorni podaci/karte, i to GIS tehnologijom, greške su vrlo male.

Dobiveni rezultati pokazuju da je teoretski problem zbrinjavanja otpada Makarskog primorja moguće riješiti lokalnim centrom za zbrinjavanje otpada smještenim u zaleđu Biokova. Za lokalne donosioce odluka i širu javnost dobro je znati da postoji lokalno rješenje, bez razlike hoće li se realizirati. Vidljivo je da bez sudjelovanja administrativnih jedinica u zaleđu, lokalno rješenje nije izvedivo. Korisno bi bilo u prostornim planovima i planovima gospodarenja otpadom ovog područja predvidjeti jednu lokaciju Centra, bar kao rezervu za incidentne situacije.

Problematika gospodarenja otpadom stalno se mijenja, donose se nove strategije kao što je to EU strategija „recycling industry” (EC 2014). Ciljevi strategije su:

kreiranje zapošljavanja i ekonomskog rasta, smanjenje ispuštanja stakleničkih plinova i štetnog utjecaja na okoliš, unaprijediti recikliranje i gubitak vrijednih materijala te pokazati kako nas novi ekonomski modeli vode k nultoj veličini stvaranja otpada. Ovi ciljevi bi posebno trebali biti interesantni za lokalno stanovništvo na širem području predložene lokacije Centra te bi moguću gradnju centra trebali podržati.

6. LITERATURA

ArcGIS Online: Dostupno na: <http://www.arcgis.com/home/>

Bouyssou, D., Marchant, T., Pirlot, M., Tsoukias, A., Vincke, P. (2006): *Evaluation and decision models with multiple criteria*, Springer, New York,

Brans, J.P., Vincke, Ph. (1985): A preference ranking organization method: The PROMETHEE method for multiple criteria decision-making. *Management Science*, 31 (6), 647–656

European Commission (2014): *Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe*, Brussels

Grad Makarska (2014): *Plan gospodarenja otpadom grada Makarske za razdoblje 2014. – 2019.* Makarska

Grad Makarska, Prostorni plan Makarske, Makarska, Dostupno na: <http://makarska.hr/clients/1/documents/324.pdf>

Grad Makarska (2014): *Plan gospodarenja otpadom za razdoblje 2013-2020*, Makarska

Margeta, J., Erdelez, A., Prskalo, G. (2012): *Kruti otpad - rukopis predavanja*, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split

Mareschal, B. (2014): *Manual for Visual PROMETHEE Academic Edition 1.4.*, Dostupno na: <http://www.promethee-gaia.net/software.html>

Ministrastvo zaštite okoliša (2005): *Strategija gospodarenja otpadom Republike Hrvatske*, NN130/05

Roy, B., Skalka, J. (1984): *ELECTRE IS : Aspects méthodologiques et guidé utilisation*. Document du LAMSADE 30, Université Paris Dauphine, Paris

Saaty, T. (1980): *The Analytical Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York

Splitsko – dalmatinskoj županija, (2014): *Plan gospodarenja otpadom u Splitsko – dalmatinskoj županiji*, Split, Dostupno na: Dalmacija.hr/Portals/0/Glasnik/2008/1B/03S.%20Plan_gospodarenja_otpadom.htm

Splitsko – dalmatinskoj županija: *Izmjene i dopune Prostornog plana Splitsko-dalmatinske županije*, "Službeni glasnik Splitsko-dalmatinske županije", broj 1/03, 8/04, 5/05, 5/06, 13/07, 9/13

Zopounidis, C., Hurson, C. (2001): *Portfolio selection and multicriteria analysis*. In C. Floudas and P. Pardalos, editors, „*Encyclopedia of Optimization*“, Vol. IV, pages 310–322. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, London