

Здравко Миловановић^{1*}, Фајик Беџић²,
Момир Самарџић³, Драган Јеремић⁴,
Светлана Думоњић-Миловановић⁵, Јован Шкундрић¹

¹ Машински факултет, Универзитет у Бањој Луци,
Бања Лука, Република Српска, Босна и Херцеговина

² Машински факултет, Универзитет у Сарајеву,
Федерација БиХ, Босна и Херцеговина

³ ЗП РиТЕ „Угљевик”, Република Српска, Босна и Херцеговина

⁴ ЗП РиТЕ „Гацко”, Република Српска, Босна и Херцеговина

⁵ Партнер инжењеринг, Бања Лука, Република Српска, Босна и Херцеговина

Оптимизација избора микролокације термоенергетског постројења „Станари” методом вишекритеријалног рангирања

Оригинални научни рад
УДК: 620.92:621.311

Сироведена ујоредна анализа урађена је ђоређењем унајријед дефинисаних ђоказатеља, ђри чему су разматрани ђеојографски услови, ђојребан ђросјтор и заузејосјј ђросјтора, сеизмичносјј, услови дојпреме ујља, услови ојјпреме и дејоновања ђејела и шљаке, услови снабдијевања водом, услови ђовезивања са елекјроенерђејјском мрежом, услови ђрикључења на саобраћајнице, еколошки кријтерјјуми, економски услови и ојшјја друшјјвена ојправданосјј и развој, уз ђејјосјјавку да је за сваку конкретну микролокацију изабрано најјовољније ђтехничко-ђтехнолошко рјешење. За изабране квалијтајивне и кванјјитатјивне каракјтерисјјике одређују се релатјивни ђејински коефицијенјји комбинацијом анализјјичкој хијерархијској ђпроцеса, Saaty-еве скале и ђримарно дефинисаних вриједносјји. У конкретном ђроблему ради се са ђри алјтернатјиве, које су дефинисане квалијтајивним кријтерјјумима, са нејрецизним вриједносјјима, шјјо наводи на идеју да се ђосјјојеђе вишекријтерјјалне методје ђрилагоде рјешавању ђаквих ђроблема ранђирања алјтернатјивних рјешења у смислу ђосјјейеној смањења ђолазних више кријтерјјума.

Кључне ријечи: ђермоенерђејјска ђосјјројења, методја вишекријтерјјалној ранђирања, алјтернатјивна рјешења

Увод

У процесу валоризације и избора прихватљивих потенцијалних микролокација за термоенергетско постројење (ТЕП) у оквиру одабране макролокације

* Одговорни аутор; електронска адреса: mzdavko@urc.rs.ba

неопходно је примјенити одређени поступак, који ће бити униформан у свим својим аспектима. Да би се овакав циљ и остварио неопходно је дефинисати опште критеријуме за избор и међусобно поређење изабраних микролокација у оквиру раније утврђене макролокације помоћу примјене методе вишекритеријалне оптимизације. Основно начело приликом избора критеријума је да они могу бити мјерљиви, односно да се расположиви подаци о локацијама на основу њих могу валоризовати. Насупрот томе постоји и одређени број критеријума који нису мјерљиви, односно њихови утицаји у односу на микролокацију не могу егзактно да се валоризују и утврде, него преко одређених посредних показатеља. Полазећи од примјене модификоване вишекритеријумске методе за одређивање приоритета између појединих алтернатива за рангирање и избор оптималне микролокације у оквиру одређене макролокације у већ задатим оквирима, у ситуацији одлучивања гдје учествује већи број доносилаца одлуке различите специјалности, за дати примјер избора микролокације за ТЕ „Станари” инсталисане снаге 300 до 400 MW са седамнаест почетних критеријума и три прелиминарно утврђене микролокације, прилагођавањем АХП методе истовремене оцјене по критеријума релативне важности и критеријума по *Saaty*-евој скали неопходно је било доћи до алата у процесу одлучивања на стадијуму пројектовања [1–5].

Дефинисање критеријума у процесу валоризације и оптималног варијантног избора прихватљивих потенцијалних микролокација са аспекта унапријед дефинисане макролокације ТЕП

Код избора и оцјене концептуалних варијантних рјешења у поступку поређења и избора оптималне микролокације ТЕП у оквиру одабране макролокације, најчешће се користе следећи критеријуми и услови: *просјор појиребан за смјештај објекта и постројења термоенергетског блока* (критериј f_1), *заузећосћ микролокације индустријским или другим објектима* (критериј f_2), *топографски услови* (критериј f_3), *сеизмолошки услови и инжењерско-геолошке карактеристике тла* (критериј f_4), *услови транспортна и дојреме постројења и ојреме* (критериј f_5), *услови ојиреме и дейоновања ојијада* (критериј f_6), *услови транспортна и дојреме уља односно другог основног и помоћног горива* (критериј f_7), *услови ојиреме и дейоновања пееела и шљаке* (критериј f_8), *услови и могућносћи снабдијевања водом* (критериј f_9), *услови и начин повезивања са електричнегетском мрежом* (критериј f_{10}), *услови и начин повезивања са јавним саобраћајницама* (критериј f_{11}), *еколошки услови* (критериј f_{12}), *економски услови* (критериј f_{13}), *друшћивена ојравданосћ, насељеносћ и развој* (критериј f_{14}), *поузданосћ, одржавање и оцјена ризика* (критериј f_{15}), *пласман електричне енергије* (критериј f_{16}) и *осћали услови* (критериј f_{17}), као што су евентуално други услови или критеријуми који нису обухваћени са претходно специфицираним, а који могу бити од значаја за разматрану микролокацију у оквиру макролокације (радиоактивна подручја, подручја третирана посебном законском легислативом, простори који су предмет посебне пажње инвеститора и сл.).

Макролокација за сваки од угљенокопа из посматраног региона је дефинисана одређеним стратешким документима на нивоу републичког или локалног нивоа [4]. Понекад су ова рјешења веома скупа и не прате тренд развоја нових технологија и

коришћења нове опреме у области термоенергетике и енергетике у цјелини, па је неопходно додатно извршити оцјену варијантних рјешења према одређеним критеријумима и условима, који ће се примјењивати у поступку поређења и избора одабраних микролокација за реализацију ТЕП у оквиру унапред одабране макролокације. Ови критеријуми, осим своје различитости, могу бити и међусобно супротстављени, па је потребно за вредновање алтернатива у вишекритеријумској анализи располагати и методом којом би се омогућила њихова симултана обрада, уз уважавање инхерентних могућности сваког технолошког приступа и њихове релативне међусобне важности према критеријумима [7].

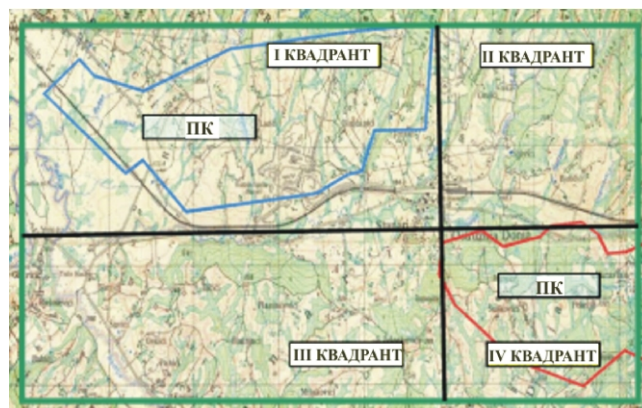
Модификована вишекритеријумска анализа на примјеру избора прихватљивог подручја за микролокацију ТЕ „Станари”

Дефинисање проблема

У складу са усвојеним одређењима као макролокација за смјештај објекта ТЕ „Станари” изабрана је непосредна близина површинског копа (ПК) рудника „Станари”. Према усвојеним критеријумима и условима за избор микролокације објекта ТЕ „Станари”, неопходно је из околности макролокације одабрати она подручја која испуњавају задате критеријуме и услове, односно на којима постоји могућност за смјештај објекта термоелектране (ТЕ). У оквиру тих подручја бирају се конкретне потенцијалне микролокације, које се даљим анализама међусобно пореде и рангирају, како би се дошло до најповољније локације. Процес валоризације ће бити бољи уколико број разматраних критеријума за вредновање буде што већи. Одабрана макролокација у околини рудника угља правоугаоног је облика, издужена правцем запад-исток.

Приближно средином околности подручја предвиђене макролокације правцем запад-исток пружа се пруга Бања Лука–Добој, и уз њу пут Драголови–Станари–Остружња, дјељећи је на сјеверни и јужни дио. Централна линија у правцу сјевер–југ може се поставити кроз мјесто Станари, источни обод ПК „Рашковац” и западни обод ПК „Остружња”. На овај начин се макролокација дијели на западни и источни дио, који омогућава формирање четири квадранта, како је приказано на сл. 1 [8].

Анализирајући овако формиран простор при-



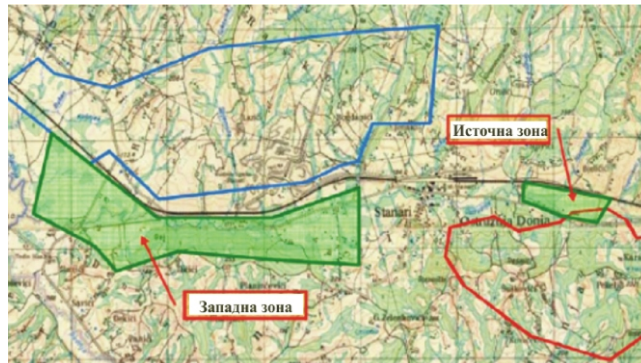
Слика 1. Регионализација макролокације ТЕ „Станари”

мјеном основних услова и критеријума за смјештај термоенергетског објекта, констатовано је слиједеће [8, 9]:

- У оквиру *I квадранта*, скоро читавом јужном страном, правцем исток-запад, пружа се ПК „Рашковац”. У залеђу са сјеверне стране ПК „Рашковац” простире се претежно брдовит предјел са малим заравнима, недовољним за смјештај објеката ТЕ „Станари”, а такође и са нагибима терена већим од допуштених. У југо-источном дијелу овог квадранта, поред стамбених објеката, налази се и дио пословних објеката рудника „Станари”. Предјел повољан за смјештај термо-енергетског објекта уочава се у јужном дијелу, према граници са III квадрантом, јужно од трасе пруге.
- Терен у оквиру *II квадранта* је доста неповољан за смјештај ТЕ „Станари”, са аспекта расположивог простора и нагиба терена. Наиме, у овом предјелу терен је претежно брдовит, са малим заравнима недовољним за смјештај објеката термо-електране и са нагибима већим од допуштених. Поред овога, важно је напоменути да овај квадрант обухвата средишњи и источни ревер сјеверног дијела станарског басена. У оквиру дијелова средишњег ревера сјеверног дијела станарског басена обављана је јамска експлоатација угља, док се у источном реверу налази и дио билансних резерви угља, што представља додатну неповољност за смјештај ТЕ „Станари” у овом квадранту. У овом дијелу постоје насељена подручја у групно и појединачно распоређеним стамбеним објектима. Евентуални простор за смјештај објеката ТЕ „Станари” треба тражити у крајње јужној зони, дуж границе са IV квадрантом.
- У оквиру *III квадранта* као повољне зоне за смјештај ТЕ „Станари” може се издвојити сјевероисточни дио уз границу са I квадрантом, док остали предјели подручја су углавном брдовити са малим заравнима, недовољним за смјештај објеката ТЕ „Станари”, при чему су нагиби терена већи од допуштених. У југо-западном дијелу квадранта могу се уочити одређени дијелови који испуњавају топографске и просторне услове, али ови предјели су практично изоловани од осталих дијелова макролокације, јер су окружени брдима, што би знатно отежавало и онемогућивало транспорт угља за ТЕ и повезивање са другом инфраструктуром. Поред овога, оваква подручја су неповољна и у еколошком смислу, због топографског односа платоа ТЕ према околним брдима, која га надвишују. Дијелови сјеверног и сјевероисточног подручја овог квадранта су гушће насељени.
- *IV квадрант* углавном обухвата јужни дио станарског угљеног басена, односно подручје будућег ПК „Остружња”. У оквиру овог квадранта практично се не могу уочити мјеста повољна за смјештај ТЕ „Станари”, која испуњавају постављене критеријуме. Дио подручја је у сјеверозападном дијелу заузет стамбеним објектима.

У складу са претходним разматрањима, из цијелокупне области макролокације се могу издвојити она подручја која су погодна за смјештај термоенергетског објекта. Подручје које је оквалификовано као прихватљиво за изградњу ТЕ „Станари”, одређено је тако што су из подручја макролокације, искључени они дијелови који су оцјењени као неповољнији у односу на преостали терен. Оваква искључења значајно сужавају простор за избор прихватљиве потенцијалне микролокације.

Као што је приказано на сл. 2, подручје погодно за смештај ТЕ „Станари”, а које углавном испуњава постављене услове и критеријуме за смјештај објеката овакве врсте пружа се централним дијелом макролокације правцем запад-исток, и то захваћајући коридор са јужне стране жељезничке пруге Бања Лука–Добој. Подручје је подијељено на двије зоне, западну и источну јер се у његовом централном дијелу налази мјесто Станари.

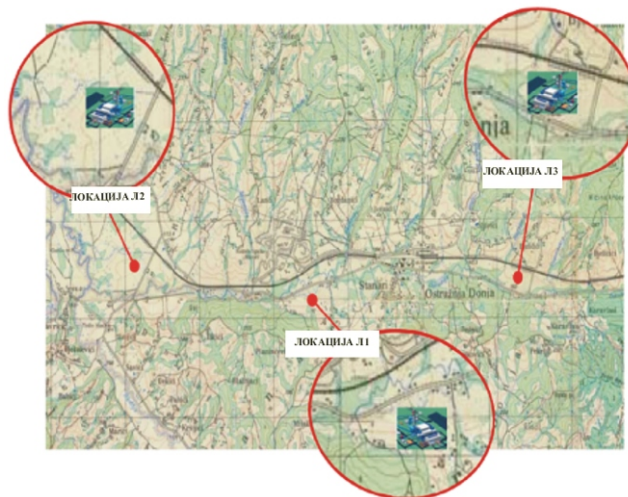


Слика 2. Границе подручја повољног за смјештај ТЕ „Станари”

Избор потенцијалних микролокација ТЕ „Станари” у оквиру одабраног подручја

У оквиру одабраног подручја макролокације, на основу дефинисаних критеријума и основних ограничења, а према расположивим подацима, одређене су потенцијалне микролокације ТЕ „Станари”. За прву потенцијалну микролокацију, усвајајући принцип што краћих транспортних путева угла, изабран је источни дио западне зоне одабраног прихватљивог подручја, и означен као локација 1 (Л1), сл. 3.

Локација је смјештена практично у центру транспорта маса са ПК „Рашковац”, односно ПК „Остружња”. Поред овога близина ПК „Рашковац” условила је и кратке транспортне путеве за произведени пепео и шљаку са ТЕ „Станари”, с обзиром да ће простор за њихов смјештај бити обезбјеђен у оквиру откопаног простора ПК „Рашковац”. Са источне стране локације налази се централни дио мјеста Станари, који је гушће насељен, док је са јужне стране



Слика 3. Потенцијалне микролокације ТЕ „Станари”

омеђена ријеком Остружња и иза ње даље ограничен брдовитим предјелима. Уз локацију, са сјеверне стране пролази пут Драголовици–Станари према Остружњи, док се са западне стране налази мјестимично насељено подручје. Сама локација смјештена је у оквиру обиљеженог подручја мјеста Станари, на слободном, објектима незаузетом дијелу (са изузетком неколико кућа). Терен на локацији је повољан за градњу, без већих нагиба, сем у јужном дијелу. Са западне стране у непосредној близини је графо станица 110 kV „Станари”, а нешто даље југозападно пролази 400 kV далековод Тузла–Бања Лука 6. За другу потенцијалну микролокацију одабран је западни дио западне зоне одабраног прихватљивог подручја, и означен као локација 2 (Л2), сл. 3. Локација 2 је изабрана због близине ПК „Рашковац” са кога ће се термоелектрана снабдијевати угљем првих 11 година, при чему ће се због правца напредовања копа исток-запад, транспортни путеви скраћивати. Терен на изабраној локацији је веома повољан за градњу, практично без нагиба са довољно слободног простора, неограниченог ни са једне стране. У близини локације налази се више водених токова, ријека Мала Укринка са припадајућим притокама, па се у том смислу могу очекивати нешто повољнији услови снабдијевања водом.

Са источне стране локација је омеђена регионалним путем, а са сјеверне на довољној удаљености жељезничком пругом Бања Лука–Станари. Уз локацију пролази 400 kV далековод ТС Тузла ТС Бања Лука 6, а у близини је и 110 kV ТС „Станари”. За локацију 3, изабрана је локација у источној зони одабраног прихватљивог подручја у близини будућег ПК „Остружња”, са кога ће се ТЕ снабдијевати угљем у другој половини свога радног вијека. Локација је са сјеверне стране омеђена пругом Бања Лука–Добој, са јужне стране регионалном путем Драголовици–Станари–Остружња. На источној страни локације простире се дио који је релативно густо насељен, са кућама уз пут и зонама обрадивог земљишта. Са западне стране локација је слободна. Терен на локацији је без нагиба и погодан за градњу, са довољно слободног простора, али релативно стијешњен између пруге и пута. Локација је релативно далеко од 110 kV ТС „Станари” и 400 kV далековода ТС „Тузла” – ТС „Бања Лука 6”.

Израда (обликовање) математичког модела

Практична примена предложених преференцијских функција биће показана на примјеру избора најповољније инвестиционе алтернативе од три оцјењиване (алтернативе 1, 2 и 3) у систему са 17 различитих разнородних критеријума (f_1, f_2, \dots, f_{17}), на бази коефицијената релативне важности, као и *Saaty*-евих коефицијената [2, 6], уз претходно примарно дефинисане вриједности у оквиру студије о изводљивости извршено је смањење полазног броја критеријума (табл. 1) на неколико најважнијих критеријума, табл. 2.

Полазни подаци за анализу варијантних рјешења дати су у оквиру табл. 4, посебно погодни за примјену итеративног компромисног рангирања. Потребно је одредити тежине критерија како би ријешили проблем избора најповољније алтернативе. питање процјене односа важности двају критерија, када се њихове вриједности изражавају квантитативно, квалитативно и у различитим мјерним јединицама, ријешено је поређењем коефицијената очекиване релативне важности (добијени на бази

Таблица 1. Матрица улазних података за објекат ТЕ „Станари”

Критеријум					Алтернатива					
Назив	Ознака	Индекс почетне релативне важности	Saaty-ева скала	Ранг*	Алтернатива 1	Алтернатива 2	Алтернатива 3			
1	2	3	4	5	6	7	8			
Простор потребан за смјештај (420–600 m и површине око 25.2000 m ²)	f_1	0,10	5	мин.	2	1	3			
Постојећа заузетост простора	f_2	0,02	5	мин.	3	1	2			
Топографски услови, нагиб терена	f_3	0,02	3	мин.	2	1	3			
Сеизмолошки услови (осјетљивост)/инжењерско-геолошке карактеристике терена	f_4	0,02	4	мин./макс.	Непромијењени по све три варијанте реализације (1, 2, 3)					
Услови транспорта постројења	f_5	0,02	3	мин.	2,3	1	2,3			
Услови отпреме и депоновања отпада	f_6	0,02	3	мин.	2,3	1	2,3			
Услови допреме горива	f_7	0,02	4	мин.	1	2,3	2,3			
Услови отпреме и депоновања пепела и шљаке	f_8	0,02	5	мин.	1	2	3			
Услови и могућност снабдијевања водом	f_9	0,02	6	мин.	2	1	3			
Услови и начин повезивања са електроенергетском мрежом	f_{10}	0,02	4	мин.	2	1	3			
Услови и начин повезивања са јавним саобраћајницама	f_{11}	0,02	4	мин.	Непромијењени по све три варијанте реализације (1, 2, 3)					
Еколошки услови	Близина насељених подручја	f_{121}	0,10	0,20	7	мин.	3	1	2	
	Положај локације и насеља у односу на доминантне правце вјетра	f_{122}				0,05	мин.	3	1	2
	Могућност евакуације отпадних вода	f_{123}				0,02	мин.	2	1	3
	Близина осјетљивих објеката	f_{124}				0,03	мин.	3	1	2



Таблица 1. (Наставак)

	1	2	3	4	5	6	7	8		
Економски услови (инвестициони и остали локацијски зависни трошкови)	Транспорт угља	f_{131}	f_{13}	0,03	0,20	7	Референтна локација	+2,500.000		
	Транспорт пепела	f_{132}		0,06				+1,029.000	+343.000	
	Прикључење на електро- енергетску мрежу (ЕЕС)	f_{133}		0,05				-210.000	+652.500	
	Експропри- јација	f_{134}		0,06				-925.000	-555.000	
Друштвена оправданост, насељеност и развој	Друштвени аспект	f_{141}	f_{14}	0,02	0,05	5	Непромијењени по све три варијанте реализације (1, 2, 3)			
	Насељеност	f_{142}		0,01						
	Развој	f_{143}		0,02						
Поузданост, одржавање и ризик	Одржавање	f_{151}	f_{15}	0,03	0,10	6	2,3	1	2,3	
	Поузданост	f_{152}		0,03				2,3	1	2,3
	Ризик	f_{153}		0,04				2,3	1	2,3
Пласман електричне енергије	Домаће тржиште	f_{161}	f_{16}	0,025	0,05	4	Непромијењени по све три варијанте реализације (1, 2, 3)			
	Извоз	f_{162}		0,025						
Остали услови (радиоактивна подручја, подручја третирана посебном законском легислативом, простор од посебне пажње инвеститора)		f_{17}		0,10		3	мин.	Непромјењени по све три варијанте реализације (1, 2, 3)		
		Сума:		1,00		-	-	-	-	

* Најповољнијој локацији одговара ранг 1 по датом критеријуму,
 док већи бројеви показују смањење повољности по алтернативама

фицијената на бази *Saaty*-еве скале са пет степени интензитета и четири међусте-
 пена, којима одговара вриједносни суд о томе колико пута је један критериј важнији
 од другог. У случају коришћења ове скале код успоређивања више алтернатива, ври-
 једности са скале представљају се као прогнозе колико пута већа предност (приори-
 тет) се даје једној алтернативи у односу на другу. Досадашња искуства показала су да
 појединац-прогностер може и без посебне обуке да користи ову скалу за релевантну
 процјену, под условом да познаје проблематику на коју се односи проблем одлу-
 чивања.

*Избор, разрада или модификација методе
за рјешавање постојеће проблеме*

Полазне информације са којима располаже доносилац одлуке (пројектант) приказане у облику табл. 1, обухватају чак 17 критеријума, од којих већина има и своје поткритеријуме. Прелиминарном анализом овај број критеријума је редуциран на 5 критеријума, табл. 2. Неки од важнијих критеријума су образложени у наредном тексту.

Топографски услови, постојећи простор и заузети простор. Топографски услови на локацијама су слични. Терени су претежно равни, погодни за градњу. На локацији 1 постоји благи нагиб према ријечи Остружња и блиско брдовито залеђе, па је стога она нешто неповољнија од остале двије. Поред овога, на самој локацији постоји неколико стамбених објеката које би требало измјестити. Локација 1 се налази у оквиру обиљеженог подручја мјеста Станари у близини центра мјеста и значајнијих објеката инфраструктуре мјеста. На локацији 3 такође постоји пар околних објеката које би требало измјестити. Највећи недостатак ове локације је са аспекта ограничености простора. Наиме, сам простор локације 3 је са сјеверне стране ограничен пругом, а са јужне стране путем, што поставља строжије услове приликом распоређивања објеката ТЕ „Станари” унутар круга електране. Ово се прије свега односи на расхладни торањ, који не би смио да се лоцира непосредно уз пругу ни уз пут, као и друге системе електране који морају да испуњавају посебне, законом прописане услове везане за просторна ограничења и смјештај (технички гасови, течно гориво). У овом случају распоред објеката ТЕ „Станари” морао би да буде развучен правцем запад-исток, паралелно са пругом и путем. На основу потребног слободног простора за смјештај објеката као и заузетости локације другим објектима несумиву предност има локација 2. На локацији има довољно простора који није ограничен, а и стамбени објекти нису у близини.

Сеизмолошки услови. Све потенцијалне микролокације се налазе у истој зони сеизмичког интензитета и припадају подручју са slabим интензитетом издизања. За читаву макролокацију су најугицајнији морфолошки неизражени расједи који се пружају према ушћу ријеке Мала Укрини и Велика Укрини. Евентуалне разлике би се могле утврдити микросеизмичком регионализацијом разматраних подручја. У овом тренутку не располаже се са тим подацима, али се не очекује појава велике разлике, посматрано са овог аспекта. Терен на локацијама изграђују плиоценски седименти: различити варијетети пјесковито-шљунковито-глиновити седименти са прослојцима угља (лигнит) и угљевите глине. На основу расположивих резултата истражних радова, који су рађени за потребе рудника угља „Станари” и геолошких карактеристика ширег подручја, може се рећи да би фундаирање објеката било плитко, уз евентуалне замјене материјала на дијеловима гдје је носивост тла лошија, тако да различитост у начину фундаирања (темељења) објеката нема велики утицај на редослијед локација.

Услови дојреме горива (угља). Близина рудника условила је да се за транспорт угља до електране користи систем тракастих транспортера, чији је капацитет одређен капацитетом рудника, односно потребама електране. У погледу услова дојреме угља најповољнији положај има локација 1, јер је смјештена приближно између

Таблица 2. Редукована матрица улазних података за објекат

Критеријум					Алтернатива								
Назив	Ознака	Индекс почетне релативне важности	Saaty-ева скала	Ранг*	Алтернатива 1	Алтернатива 2	Алтернатива 3						
1	2	3	4	5	6	7	8						
Простор потребан за смјештај (420–600 m и површине око 252.000 m ²)	f_1	0,05	5	мин.	2	1	3						
Услови и могућност снабдијевања водом	f_2	0,10	6	мин.	2	1	3						
Еколошки услови	Близина насељених подручја	f_{31}	0,30	7	мин.	3	1	2					
	Положај локације и насеља у односу на доминантне правце вјетра	f_{32}							0,05	мин.	3	1	2
	Могућност евакуације отпадних вода	f_{33}							0,05	мин.	2	1	3
	Близина осјетљивих објеката	f_{34}							0,05	мин.	3	1	2
Економски услови (инвестициони и остали локацијски зависни трошкови)	Транспорт угља	f_{41}	0,35	7	мин.	Референтна локација	+2,500.000						
	Транспорт пепела	f_{42}					0,10	мин.	+1,029.000	+343.000			
	Прикључење на електроенергетску мрежу (ЕЕС)	f_{43}					0,05	мин.	-210.000	+652.500			
	Експропријација	f_{44}					0,10	мин.	-925.000	-555.000			
Поузданост, одржавање и ризик	Одржавање	f_{51}	0,20	6	мин.	2,3	1	2,3					
	Поузданост	f_{52}							0,10	макс.	2,3	1	2,3
	Ризик	f_{53}							0,05	мин.	2,3	1	2,3
Сума:		1,00	–	–	–	–	–						

* Најповољнијој локацији одговара ранг 1 по датом критеријуму, док већи бројеви показују смањење повољности по алтернативама

ПК „Рашковац” и ПК „Остружња”. Планираним правцем развоја копова, током првих 11 година рада, када се предвиђа снабдијевање ТЕ „Станари” са ПК „Рашковац”, транспортни пут угља би се повећавао, да би се по преласку на ПК „Остружња” он поново смањило и затим до краја радног вијека електране повећавао. За ову микролокацију предвиђа се један прелаз трасе транспортера преко пруге и преко пута, гдје се предвиђају одговарајући мостови. Уколико би електрана била смјештена на локацији 2, током првих 11 година рада, транспортни пут угља би се смањивао, слиједећи правац развоја ПК „Рашковац”, а затим по преласку снабдијевања угљем са ПК „Остружња” он би се повећавао до краја радног вијека, уз сталну раздаљину локације 2 до ПК „Остружња”. За ову микролокацију предвиђају се два прелаза трасе транспортера преко пруге и преко пута. Динамика снабдијевања угља за локацију 3 је сличних карактеристика као и за локацију 2. Наиме, током експлоатације ПК „Рашковац” транспортни пут угља се повећава (са сталном раздаљином до ПК „Рашковац”). Након преласка рударских радова на ПК „Остружња”, транспортни пут би се прво смањивао а онда повећавао. Предвиђен је један прелаз трасе транспортера преко пруге и преко пута.

Услови отпреме и депоновања пепела и шљаке. Предвиђа се да се пепео и шљака депонују у ископани слободни простор ПК „Рашковац”, гдје би се пепео и шљака депоновали до истека радног вијека блока. Дужина ове депоније би се повећала паралелно са напредовањем фронта рударских радова. Предвиђено је да се пепео и шљака са локација транспортују камион-цистернама до простора у оквиру површинског копа. Са аспекта услова отпреме и депоновања пепела и шљаке локација 2 има неповољније услове у односу на локацију 3, јер је од ње до планиране депоније транспортни пут најдужи. Међутим, како фронт рударских радова на ПК „Рашковац” напредује према локацији 2, а од локације 3, у другој фази депоновања локација 2 би се изједначила са локацијом 3, јер развој депоније унутар слободног простора површинског копа прати напредовање рударских радова, а тиме се скраћује транспортни пут пепела и шљаке. Локација 1 има најповољније услове депоновања са аспекта дужине транспорта.

Услови снабдијевања водом. Хидролошки, односно хидротехнички услови на локацији, близина водотока, протицаји, водостаји, нивои подземних вода итд. знатно утичу на рангирање и избор локација. Првенствено ови услови утичу на избор техничких рјешења система расхладне воде, као и на загађење површинских и подземних вода, јер површинске воде служе као реципијент за све отпадне воде које се јављају на електрани. У процесу вредновања и рангирања потенцијалних микролокација са аспекта хидролошких параметара, треба нагласити да је степен истражености разматраних микролокација низак и да постоје ограничени подаци на основу којих би се могла дати оцјена о условима снабдијевања термоелектране водом. Због проблема недовољно истраженог подручја у смислу водних ресурса, спроведена су додатна истраживања (студија снабдевања водом ТЕ „Станари” – Институт „Јарослав Черни”, мај 2006. године) са циљем да се покаже да ли околина микролокација располаже са довољним количинама воде за потребе термоелектране. Анализом водног потенцијала ријеке Укрине, њених притока као и ријеке Усоре, које су спроведене у оквиру Студије, показано је да проток ових водотокова у минимуму драстично опада у односу

на просјек, тако да потребне количине воде за ТЕ „Станари” скоро достижу укупну расположиву количину воде у овим водотоковима у периоду маловођа. Ове околности аутоматски су елиминисале захватање из живог тока ријеке Укрина на профилу Брестова, као и превођење вода од ријеке Усора. Даље анализе су указале да је за потребе обезбјеђења довољних количина воде неопходно изградити бране и одговарајуће акумулације, при чему се као најповољније рјешење показало са изградњом акумулације Чечава, на Малој Укрини. У случају избора расхладног система са сувим расхладним торњем, при чему су потребне знатно мање количине воде (и до десет пута) у односу на расхладни систем са мокрим расхладним торњем, као једна од могућности снабдијевања водом сагледавана је варијанта снабдијевања водом из подземља (системом бушених бунара). На основу неких истраживања која су рађена ранијих година за потребе рудника (на другим локацијама у околини), претпоставка је да се из подземља могу обезбиједити довољне количине воде за овакав тип расхладног система. Међутим, ова претпоставка се мора потврдити детаљнијим испитивањима. Сагледавајући сам положај микролокација, локација 2 има повољнији положај у односу на остале локације због близине већих водотокова (Мала и Велика Укрина), које и поред своје изразито промјенљиве и сезонски зависне проточне карактеристике у одређеном периоду године имају довољне количине воде, да се могу разматрати као евентуално допунски извори одређених количина воде. Поред овога, близина ових ријека обезбјеђује и повољнији положај локације 2, уколико се оне разматрају као реципијент за отпадне воде, које ће се јављати током рада ТЕ. Према овом критеријуму, локација 3 је неповољнија у односу на остале двије локације јер се налази даље од водотокова. На основу свега изнесеног, са аспекта обезбјеђења потребних количина воде за потребе термоелектране са подручја разматраних микролокација, као и евакуације отпадних вода, може се закључити да је локација 2 најповољнија, а иза ње слиједе локација 1 и коначно локација 3, као најнеповољнија.

Услови повезивања са електроенергетском мрежом. На основу спроведених анализа на нивоу Претходне студије и Студије о економској оправданости изградње, повезивање ТЕ „Станари” на електроенергетску мрежу могуће је остварити на напонском нивоу од 400 kV. Повезивање на 400 kV мрежу извело би се преко далековода Тузла – Бања Лука 6. У погледу повезивања на 400 kV мрежу може се рећи да је локација 3 најнеповољнија због веће удаљености од далековода, а и саме трасе будућих далековода, која би морала да заобиђе ПК „Остружња” и прође преко изразито брдовитих терена у залеђу копа. У односу на локацију 2, локација 1 има неповољније услове повезивања на 400 kV електроенергетску мрежу, јер би и поред већих удаљења од 400 kV далековода траса нових далековода са локације 1 морала да прође преко брдовитог подручја, које се протеже са јужне стране локације. Поред овога на основу спроведених анализа, у постојећој ТС „Станари” потребно је изградити трансформацију 400/110 kV. У односу на локацију 1 и 2, локација 3 је најудаљенија од ТС „Станари”, док су локација 1 и локација 2, равноправне због скоро истог растојања до ТС „Станари”.

Услови повезивања са јавним саобраћајницама. Све разматране потенцијалне микролокације имају повољне услове за повезивање на путну и железничку мрежу, тако да се међу њима не може сагледати нека значајнија разлика. Пруга Бања Лука–Добој пружа се сјеверно од платоа сваке од разматраних потенцијалних микро-

локација. Евентуална веза термоелектране са овом пругом остварила би се приступним колосјеком до жељезничке станице Станари. Веза са путном мрежом би се остварила приступним путем од електране до регионалног пута Р 474а, Драгаловци–Станари–Руданка, а овим даље на магистрални пут М 17-1, Шамац–Модрича–Добој. Прикључење на путну мрежу је остварено на нискоразредну категорију пута, који би било потребно прилагодити новим саобраћајним захтјевима, као и урадити неопходне реконструкције регионалних путева у околини.

Еколошки услови. Енергетски објекти неминовно имају одређени ниво штетних утицаја на квалитет животне средине у својој околини. Због тога је у поступку анализе могућих микролокација оваквог објекта, а у циљу исправног избора најповољнијег рјешења, један од врло значајних корака утврђивање услова за анализу и оцјену утицаја објекта на околину, који се заједничким именом називају еколошким критеријумима. У овој фази еколошки критеријуми се користе за међусобно упоређивање и одређивање ранга могућих микролокација са овог аспекта, што са осталим параметрима локације даје коначан резултат. Сумарно посматрано, еколошки услови подразумевају скуп параметара којима се дефинишу међусобни утицаји објекта и околине, који обухватају са једне стране, неопходне критеријуме за дефинисање техничких рјешења неких система електране, а са друге, одређују дозвољени ниво промјена квалитета појединих медија животне средине (ваздух, вода, земљиште, живи свијет и материјална добра). Одговарајућим избором техничких рјешења некада је могуће локације свести на приближно исте укупне утицаје на околину, па се оне могу рангирати по обиму ових рјешења и потребним улагањима. Међутим, некада је, због затеченог стања, немогуће у посматрани простор уклопити задати објекат, без недозвољеног нивоа штетних утицаја.

Основни параметри који су обухваћени појмом еколошких критеријума су: еколошки капацитет локације, природне карактеристике подручја од интереса и карактеристике створене средине на подручју од интереса. На основу *еколошког капацитета локације* анализира се могућности уклапања објекта, који је потенцијални загађивач животне средине, у одређени простор. Овај појам практично дефинише колики ниво загађења одређеном материјом је још дозвољен на датом простору. С једне стране, овај ниво дефинисан је прихваћеним законским нормама којима се одређују максимални нивои загађености животне средине, кроз допуштене вриједности концентрација појединих загађивача у ваздуху, води и земљишту, а с друге стране, постојећим изворима загађења на датом простору који чине фон загађености. На основу овога се закључује да се еколошки капацитет локације дефинише или на основу катастра загађивача на посматраном подручју (на основу кога се пригодном методом врши прорачун фона загађености), или анализом резултата мјерења степена загађености подручја појединим полутантима, а према постојећој мрежи мјерних мјеста у довољно дугачком временском интервалу. Законски оквири који се односе на заштиту животне средине у Републици Српској требају бити задовољени на свим микролокацијама. У оквиру еколошких услова природне карактеристике подручја од интереса, односно, природне карактеристике локација, анализирају се у свим фазама избора локације. У фази идентификације макролокације елиминишу се подручја која су под заштитом природе (национални паркови и сл.) или су у њиховој непосредној близини, као и рекреативна подручја. Такође се елиминишу подручја у којима су

могуће екстремне метеоролошке појаве. У фази поређења и рангирања потенцијалних локација у оквиру еколошких критеријума анализирају се слиједећи параметри: метеоролошки параметри, којима се дефинише дисперзија гасовитих ефлуената у атмосфери (у првом реду расподјела праваца и брзине вјетра, стабилност атмосфере, температурске инверзије), топографски услови, који утичу на дисперзију гасовитих ефлуената у атмосфери, хидролошки параметри, којима се дефинише дисперзија течних полутаната и отпадне топлоте у површинским водама, хидрогеолошки параметри, којима се дефинише дисперзија полутаната у подземним водама (у првом реду нивои подземних вода и начин њиховог коришћења, карактеристике повлатног слоја са аспекта миграције полутаната), опште карактеристике биљног и животињског свијета на подручју под утицајем објекта. У оквиру карактеристика створене средине, односно карактеристике околног подручја анализирају се слиједећи параметри: насељеност у околини локације (идентификује се близина насеља, као и густина насељености у појединим правцима), веза између сектора са највишом густином насељености и најчешћим правцем вјетра, затим коришћење простора у околини локација објекта (анализира се кроз слиједеће параметре: близина других индустријских објеката, близина путне мреже, коришћење земљишта у пољопривредне сврхе, близина болница, школа и других специфичних објеката, коришћење површинских вода – риболов, рекреација, вода за пиће и сл., као и коришћење подземних вода за водоснабдијевање и близина објеката културе, нпр. културно-историјски споменици и сл.).

Методе које се користе за успоређивање и рангирање алтернатива на бази улазних података из редуковане табл. 3 за одлучивање морају узети у обзир предности које нека алтернатива има у односу на остале и извршити поређење предности с њезиним недостацима. Уколико критерији имају различите важности, треба узети у обзир и њихове тежине. Методе које се могу употребити у овој ситуацији заснивају се на одређеним претпоставкама које се математички карактеризирају. Зависно од тежине и сложености датог модела неопходно је познавати одговарајућу математичку теорију да би се он ријешило. У оквиру овог рада користиће се модификована АХП метода на редуковану таблицу за одлучивање, табл. 2 [6, 9].

Поступком за рачунање тежина критерија и приоритета алтернатива из поређења у паровима рачунају се приоритети алтернатива и тежине критерија, чије вриједности у највећој мјери задовољавају услове задате међусобним односима и чија укупна сума је једнака јединици. У оквиру првог корака формира се матрица (таблица) односа приоритета (тежина). У i -том реду и j -тој колони те матрице налази се вриједност процијењеног односа приоритета алтернатива. Уколико се дају процјене релативних важности критерија, онда је то вриједност односа њихових тежина. У нашем случају та матрица има изглед дат у оквиру табл. 3.

У оквиру другог корака израчунавају се суме колоне и на бази тога рачуна се нова нормализована матрица, на тај начин да се сваки елемент претходне матрице подијели са сумом колоне којем припада, табл. 4.

У трећем кораку тежине (приоритети) се израчунавају као просјечне вриједности елемената појединих редова, табл. 5. Види се да зброј ових тежина износи један.

Израчунате вриједности одговарају тежинама критерија, односно приоритетима критеријума код оцјене алтернатива (критериј f_4 , слиједе f_3 и f_5 , па f_2 и на крају f_1). Овај поступак у случају конзистентних процјена односа величина даје њихове тачне

Таблица 3. Приказ односа приоритета по критеријумима релативне тежине и Saaty-еве скале

Критеријум	f_1		f_2		f_3		f_4		f_5	
	Релативна тежина	Saaty-ева скала	Релативна тежина	Saaty-ева скала	Релативна тежина	Saaty-ева скала	Релативна тежина	Saaty-ева скала	Релативна тежина	Saaty-ева скала
f_1	1	1	0,5	0,833333	0,166667	0,714286	0,142857	0,71428	0,25	0,833333
f_2	2	1,2	1	1	0,333333	0,857143	0,285714	0,85714	0,5	1
f_3	6	1,4	3	1,166667	1	1	0,857143	1	1,5	1,166667
f_4	7	1,4	3,5	1,166667	1,166667	1	1	1	1,75	1,166667
f_5	4	1,2	2	1	0,666667	0,857143	0,35	7	1	1
Сума колоне	20	6,2	10	5,166667	3,333333	4,428571	2,635714	10,5714	5	5,166667

Таблица 4. Приказ нормализоване матрице – критеријуми релативне тежине и Saaty-еве скале

Релативна тежина	Saaty-ева скала	Релативна тежина	Saaty-ева скала	Релативна тежина	Saaty-ева скала	Релативна тежина	Saaty-ева скала	Релативна тежина	Saaty-ева скала
0,05	0,16129	0,05	0,16129	0,05	0,16129	0,054201	0,067568	0,05	0,16129
0,1	0,193548	0,1	0,193548	0,1	0,193548	0,108401	0,081081	0,1	0,193548
0,3	0,225806	0,3	0,225806	0,3	0,225806	0,325203	0,094595	0,3	0,225806
0,35	0,225806	0,35	0,225806	0,35	0,225806	0,379404	0,094595	0,35	0,225806
0,2	0,193548	0,2	0,193548	0,2	0,193548	0,132791	0,662162	0,2	0,193548

вриједности. Као контрола, у процјени вриједности односа тежина критерија и важности алтернатива помаже нам Saaty-ева скала. У табл. 1 налазе се процјене односа важности критерија, добивене од пројектаната, на бази којих ћемо рангирати варијантна рјешења микролокација за реализацију кондензационе термоелектране „Станари”.

Примјенимо ли поступак за приближно рачунање тежина критерија као у претходном случају, као резултат добијемо вриједности тежина критерија, табл. 4 и 5. На основу табл. 5 слиједи редослијед по критеријумима из Saaty-еве скале: прво критериј f_5 , а затим слиједе f_3 и f_4 , па f_2 и на крају f_1). На основу претходне анализе, може се закључити да се по оба концепта (тежински и коефицијенти из Saaty-еве скале) даје предност за три критерија: f_4 (економски услови), f_3 (еколошки услови) и f_5 (поузданост, одржавање и ризик) и да на основу њихове анализе варијанта 2 локације има предност над варијантама 1 и 3. Како је добијени степен конзистентности мањи од 0,10, резултат је довољно тачан и нема

Таблица 5. Приказ израчунатих вриједности тежина критеријума релативне тежине и Saaty-еве скале

Параметар	Критеријум релативне тежине	Saaty-ева скала
w_1	0,05084	0,142546
w_2	0,10168	0,171055
w_3	0,305041	0,199564
w_4	0,355881	0,199564
w_5	0,186558	0,287271

потребе за корекцијама у поређењима и понављања прорачуна. Резултат претходног избора је и усвојен као оптималан и примијењен у процесу даље израде пројектног рјешења ТЕ „Станари”.

Закључак

Примјена модификоване вишекритеријумске методе на проблематику одређивања приоритета односно најоптималније микролокације између појединих алтернатива (три микролокације) у оквиру једне макролокације за реализацију кондензационе термоелектране ТЕ „Станари” у ситуацији одлучивања гдје учествује већи број доносилаца одлуке различите специјалности показала се као веома успјешан алат у процесу одлучивања на стадијуму пројектовања. У датом примјеру избора варијантне микролокације са седамнаест почетних критеријума и три алтернативе, модификована метода истовремене оцјене по критеријума релативне важности, критеријума по *Saaty*-евој скали, уз примарно дефинисане вриједности за сваки од критеријума на нивоу студије изводљивости, полазна таб. 1 за одлучивање редукована је на табл. 2, на бази које су поступком за рачунање тежина критерија и приоритета алтернатива из поређења у паровима дефинисани приоритети алтернатива и тежине критерија. Ниво развоја на коме се налазе методе вишекритеријумске анализе омогућава да се без већих проблема користе за рјешавање реалних проблема избора варијантних рјешења микролокације унутар већ дефинисаног оквира за кондензациону термоелектрану.

Литература

- [1] Brans, J. P., Vincke, Ph., Preference Ranking Organization Method/The Promethee Method for Multiple Criteria Decision Making, *Management Science*, 31 (1985), 6, 647-656
- [2] Saaty, T. L., Decision Making with the Analytic Hierarchy Process, *Int. J. Services Sciences*, 1 (2008), 1, 83-98
- [3] Радојичић, М., Весић, Ј., Ранђић, С., Један приступ вишекритеријумском избору инвестиционих пројеката, Зборник радова СУМ-ОП-ИС 2002, Тара, Србија, 2002, XXI-16-19
- [4] Чупић, Е. М., Тумала, Р., Савремено одлучивање, Методе и примена, Факултет организационих наука, Београд, 1997
- [5] Bauer, R. A., Collar, E., Tang, V., The Silverlake Project, Oxford University Press, New York, USA, 1992
- [6] Bhushan, N., Ria, K., Strategic Decision Making: Applying the Analytic Hierarchy Process, Springer-Verlag., London Ltd., 2004
- [7] Миловановић, З., Модификована метода за процјену оптималне поузданости кондензационе термоелектране, Докторска дисертација, Машински факултет, Универзитет у Бањој Луци, Бања Лука, 2000.
- [8] Миловановић, З., и др., Претходна студија о економској оправданости изградње ТЕ „Станари”, Институт за грађевинарство „ИГ” Бања Лука, Бања Лука, 2007.
- [9] ***, Студија оправданости изградње Термоелектране „Станари” у Републици Српској, Босна и Херцеговина, Colenco Power Engineering Ltd., и Steinmüller Engineering, 2007

Abstract

**Optimization of Selecting Micro Location for
TPP “Stanari” Using Multi Criteria Classification**

by

Zdravko MILOVANOVIĆ^{1}, Fajik BEGIĆ²,
Momir SAMARDŽIĆ³, Dragan JEREMIĆ⁴,
Svetlana DUMONJIĆ-MILOVANOVIĆ⁵, and Jovan ŠKUNDRIĆ¹*

¹ Faculty of Mechanical Engineering, University of Banja Luka, Banja Luka
Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina

² Faculty of Mechanical Engineering, University of Sarajevo, Sarajevo
Federation Bosnia and Herzegovina, Bosnia and Herzegovina

³ TPP “Ugljevik”, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina

⁴ TPP “Gacko”, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina

⁵ Partner Engineering Banja Luka, Republic of Srpska,
Bosnia and Herzegovina

Analysis that has been carried out was performed by comparison predetermined indicators, where into consideration were put: topographic conditions, demanded space and the occupancy of space, seismicity, conditions for coal supply, conditions for transport and deposition of ashes and cinder, conditions for water supply, conditions for connecting to electro energetic network, conditions for connection with traffic, ecological criteria, economic conditions and general social justifiability and development, with assumption that for every micro location was chosen the most appropriate technical-technological solution. For chosen qualitative and quantitative characteristics, relative weighted coefficients are being determined by combining AHP (analytical hierarchical process), Saaty’s scale and primary defined values. In particular problem, four alternatives are in use, which are defined by quantitative criteria with imprecise values which leads to the idea to adjust existing multi criteria methods for solving such problems of classifying alternative solutions by means of gradual decreasing starting number of criteria.

Key words: thermal power plants, multi criteria classifying method, alternative solutions

* Corresponding author; e-mail: mzdavko@urc.rs.ba

Рад примљен: 1. септембра 2010.
Рад ревидиран: 20. децембра 2010.
Рад прихваћен: 20. јануара 2011.