

# Primjena višekriterijalne analize pri odabiru optimalnog projekta za buduća ulaganja građevinske tvrtke izvođača

---

**Tomičić, Antonija**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:315408>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom](#).

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-26**



*Repository / Repozitorij:*

[FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

**DIPLOMSKI RAD**

**Antonija Tomičić**

**Split, 2023.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

**Antonija Tomičić**

**Primjena višekriterijalne analize pri odabiru  
optimalnog projekta za buduća ulaganja  
građevinske tvrtke izvođača**

**Diplomski rad**

**Split, 2023.**

# **Primjena višekriterijalne analize pri odabiru optimalnog projekta za buduća ulaganja građevinske tvrtke izvođača**

## **Sažetak:**

Definirane su opće odrednice poslovanja građevinske tvrtke s naglaskom na tvrtke koje se bave izvođenjem građevinskih radova. Problematika izbora projekta koji će doprinijeti rastu i razvoju tvrtke rješava se višekriterijalnom analizom. Između nekoliko metoda kojima se rješava problem korištenjem više kriterija, odabrana je TOPSIS metoda. Primjenom TOPSIS metode analiziraju se dosada realizirani projekti građevinske tvrtke izvođača u svrhu dobivanja optimalnog tipa sljedećeg projekta za koji tvrtka treba aplicirati. Izbor se temelji na rangu dobivenom po završetku analize.

## **Ključne riječi:**

Višekriterijalne metode, građevinska tvrtka, izvođač, TOPSIS metoda, projekti

# **Application of multi-criteria analysis method for choosing the optimal project for construction company - contractors future investments**

## **Abstract:**

The general determinants of the business for construction companies are defined, with a special emphasis on companies which are employees as contractors for construction works. The problem of choosing a project that will contribute to the growth and development of the company will be defined by multi-criterial analysis. Among several methods that are helping in process of making the right decision, the TOPSIS method was selected. By applying the TOPSIS method, the previously finished projects of the contractor's construction company are analyzed in order to obtain the optimal type of the next project for which the company should apply. The final selection is based on the rank after the analysis of previously executed projects.

## **Keywords:**

Multicriteria analysis, construction company, contractors, TOPSIS method, projects

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**

**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

**STUDIJ: DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**

**KANDIDAT: Antonija Tomičić**

**MATIČNI BROJ (JMBAG): 0083219613**

**KATEDRA: Katedra za organizaciju i ekonomiku građenja**

**PREDMET: Management u građevinarstvu**

## **ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD**

### **Opis zadatka:**

U ovom radu razmatra se na koji se način građevinska tvrtka može razvijati korištenjem višekriterijalne analize i metode TOPSIS. Pri tome se definiraju i evaluiraju optimalni tipovi projekata za manju građevinsku tvrtku koja se nalazi u ulozi izvođača radova. Glavni cilj je odabrati projekt koji će donijeti najveću dobit, doprinijeti portfelju izvođačke tvrtke te će ujedno povećati konkurentnost na tržištu. Istovremeno je nužno istražiti i odrediti važnost svih parametara koji utječu na konačnu odluku.

U Splitu, rujan 2023.

Voditelji Diplomskog rada:  
Prof. dr. sc. Nikša Jajac

Predsjednik Povjerenstva  
za završne i diplomske ispite:  
Izv. prof. dr. sc. Ivan Balić

Komentor:  
Doc. dr. sc. Katarina Rogulj

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. OPĆE ODREDNICE POSLOVANJA GRAĐEVINSKIH TVRTKI - IZVOĐAČA GRAĐEVINSKIH RADOVA.....	2
2.1 Osnovne postavke građevinskih izvođačkih tvrtki.....	5
2.2 Generiranje najvažnijih odrednica za razvoj tvrtke izvođača .....	6
3. VIŠEKRITERIJSKE METODE .....	9
3.1 Podjela.....	10
3.2 TOPSIS metoda.....	13
4. VALIDACIJA .....	19
4.1 Varijantna rješenja .....	19
4.1.1 Poslovna zgrada – hala, Mravince (P1) .....	20
4.1.2 Stambena zgrada – Japirko, Solin (P2).....	22
4.1.3 Stambena građevina – kuća za odmor, Trogir (P3).....	24
4.1.4 Stambena zgrada – zgrada A, Barutana, Split (P4).....	26
4.1.5 Stambena zgrada – zgrada B, Barutana, Split (P5).....	28
4.1.6 Sanacija krova – KBC Split (P6) .....	30
4.1.7 Stambena zgrada – Sv. Kajo, Solin (P7).....	31
4.1.8 Kuća za odmor – Stivašnica, Sevid (P8).....	33
4.2 Određivanje težina kriterija.....	35
4.3 Matrica odluke.....	37
4.3.1 Rangiranje .....	41
4.3.2 Obrazloženje rezultata .....	42
5. ZAKLJUČAK.....	43
6. LITERATURA.....	44

## **1. UVOD**

Ljudi su oduvijek morali donositi odluke kako u privatnom, tako i u poslovnom životu. Neke odluke nije jednostavno donijeti, te je lakše doći do kvalitetnijih odluka kada postoji alat koji pomaže pri tome. Današnje vrijeme donosi nove tehnologije, ubrzan tempo života i samim time su ljudi primorani odluke donositi u što kraćem vremenu što povećava rizik i strah od pogrešnih odluka. Na odluke utječu mnogobrojni faktori i vrlo je važno izdvojiti bitne i manje bitne u procesu odlučivanja.

Cilj ovog diplomskog rada je predvidjeti način na koji će tvrtka rasti i razvijati se. Korištenje višekriterijske analize pomaže pri odabiru tipova projekata koji su najbolji odabir za jednu manju građevinsku tvrtku koja se nalazi u ulozi izvođača radova. Ideja je odabir projekta koji će u konačnici donijeti najveću dobit i doprinijeti portfelju izvođačke tvrtke, te povećati konkurentnost na tržištu. Potrebno je dobro analizirati sve faktore koji utječu na konačnu odluku. Faktore koji su vezani za trošak i iziskuju gubitke treba minimizirati, a one koji donose dobit treba maksimizirati da bi u konačnici dobili što bolji rezultat i tako se približili cilju koji je uvijek težnja k boljem.

Ovaj diplomski rad koncipiran je u 3 cjeline. Prva cjelina približava opće odrednice poslovanja građevinske tvrtke koja se bavi izvođenjem radova. U tom dijelu opisuje se i konkretna građevinska tvrtka koja je u funkciji izvođača radova u ovoj analizi. Za kraj prvog dijela objašnjeni su kriteriji po kojima se vrši analiza. Druga cjelina vezana je za višekriterijalno odlučivanje, te odabir metode po kojoj ćemo izvršiti analizu projekata građevinske tvrtke. Kratak osvrt na metode kojima se vrši višekriterijsko odlučivanje, te detaljan opis metode koja je korištena u daljnjoj izradi rada. Posljednja cjelina je metodologija. To je praktični dio ovog rada. Prikazana je konkretna analiza na stvarnim primjerima i rangirani su rezultati sukladno kojima je donesen zaključak, te posljedično najbolja odluka.

## **2. OPĆE ODREDNICE POSLOVANJA GRAĐEVINSKIH TVRTKI - IZVOĐAČA GRAĐEVINSKIH RADOVA**

Građevinska tvrtka je organizacija koja je uključena u različite faze građevinskih projekata. To uključuje planiranje, projektiranje, izgradnju, a često čak i upravljanje radom i održavanjem građevina. Građevinske tvrtke mogu se razlikovati u veličini i opsegu, u rasponu od obrta do velikih multinacionalnih korporacija. Obično zapošljavaju stručnjake različitih kvalifikacija i stupnja obrazovanja, uključujući arhitekte, inženjere, voditelje projekata, planere, ekonomiste, te građevinske radnike svih kvalifikacija (KV, PKV, NKV).

Građevinske tvrtke koje su izvođači građevinskih radova sastavni su dio građevinske industrije, koji rade zajedno na planiranju, upravljanju i izvršavanju građevinskih projekata. Na tvrtke koje se bave izvođenjem građevinskih radova, kao i na bilo koji drugi posao, utječe niz općih poslovnih odrednica koje mogu utjecati na njihovo poslovanje, uspjeh i rast.

Evo nekoliko ključnih odrednica koje su posebno važne za građevinske izvođače:

### 1. Potražnja na tržištu;

Razina potražnje za građevinskim uslugama, na koju mogu utjecati ekonomski uvjeti, rast stanovništva, urbanizacija, potrebe za infrastrukturom, dostupnost bespovratnih sredstava i državna potrošnja na javne projekte. Potražnja na tržištu uvjetuje rast i pad cijena, a time i ograničava ukupni trošak izvedbe projekta i ponude koju izvođač može ponuditi na natječaju.

### 2. Ekonomski uvjeti i propisi;

Sveukupno ekonomsko zdravlje regije ili zemlje može utjecati na obujam građevinskih projekata. Tijekom gospodarskog pada moglo bi doći do smanjene građevinske aktivnosti zbog manjih ulaganja. Promjene propisa, dozvola i zoniranja mogu utjecati na izvedivost i troškove projekta.

### 3. Financijsko zdravlje;

Pristup kapitalu, upravljanje novčanim tokom i financijska stabilnost važni su za nadmetanje projekata, podmirivanje operativnih troškova i ulaganje u rast. Mogućnost tvrtke da brzo i jednostavno realizira kredit, te isto tako osigura povrat sredstava u što kraćem roku omogućava joj lakše sudjelovanje u natječajima za veće i ozbiljnije projekte.



#### 4. Upravljanje projektima i izvršavanje;

Učinkovite prakse upravljanja projektima mogu odrediti uspjeh izvođača radova. Učinkovito planiranje, priprema i izvršavanje su neophodni. Nedostatak kvalificirane radne snage ili porast troškova rada mogu utjecati na vremenske rokove i troškove projekta.

#### 5. Konkurencija:

Razina konkurencije u građevinskoj industriji može utjecati na cijene, odabir projekata i profitabilnost. Izvođači se moraju razlikovati kako bi osigurali ugovore. Isto tako izvođač mora biti konkurentan na što širem području bilo to na razini županije, regije ili države, ovisno o svom obujmu, da osigura rast i razvoj.

#### 6. Upravljanje rizikom;

Građevinski projekti uključuju različite rizike osobito ako se radi o složenoj izvedbi projekta. Rizik uključuje i kašnjenja, prekoračenje troškova, nesreće i pravne sporove. Ključna je sposobnost izvođača da upravlja i ublažava te rizike. Odgovarajuće pokriće osiguranja i strategije upravljanja rizikom štite izvođače od neočekivanih troškova i obveza.

#### 7. Odnosi s klijentima;

Izgradnja i održavanje čvrstih odnosa s klijentima, arhitektima, inženjerima i podizvođačima mogu dovesti do ponavljanja poslovanja i preporuka. Uspostavljanje jakih partnerstava s kooperantima i dobavljačima ključno je za pravodobno okončanje projekta i održavanje prednosti pred konkurencijom.

#### 8. Pravne i ugovorne stvari;

Jasni i dobro definirani ugovori ključni su za izbjegavanje sporova i osiguravanje da sve strane razumiju svoje obveze. Izvođač mora jasno komunicirati sa podizvođačima i sa investitorom o svakom koraku izvedbe.

#### 9. Trendovi na tržištu;

Informiranje o tržišnim trendovima i inovacijama može pomoći izvođačima da se prilagode promjenjivim preferencijama klijenata, te recentnim industrijskim standardima.

## 10. Kvaliteta i sigurnost;

Osiguravanje kvalitetne izrade, pouzdanost, izvođenje radova unutar planiranog vremena, te pridržavanje sigurnosnih standarda presudno je za održavanje pozitivne reputacije i ispunjavanje zakonskih obveza. Sve veći naglasak na održivosti i ekološkim aspektima može utjecati na dizajn, materijale i prakse. Tvrtka mora pratiti trendove, te tako i ulagati u dodatne resurse kao što su novi strojevi, alati i materijal.

Te odrednice međusobno djeluju, utječući na sposobnost građevinskog izvođača da osigura ugovore, uspješno isporučuje projekte i održava profitabilno, održivo poslovanje uz vlastiti rast i razumnu dobit. Prilagođavanje tim čimbenicima i donošenje kvalitetnih odluka baziranih na najnovijim informacijama ključno je za dugoročni uspjeh u građevinskoj industriji.

Izvođača građevinskih radova angažira naručitelj tj. tvrtka ili fizička osoba za izvršenje određenih radova ili usluga u okviru građevinskog projekta. Izvođači radova specijalizirani su za različite aspekte gradnje, kao što su pripremni, zemljani, betonski radovi, zidarski, elekto i vodovodni radovi, fasaderski radovi i još mnogo toga.

Obično postoje dvije glavne vrste izvođača:

### 1. Glavni izvođač radova;

Za upravljanje cijelim građevinskim projektom odgovoran je glavni izvođač radova koji je najčešće i ugovaratelj istih. On izvodi dio radova, te je odgovoran za koordinaciju i kvalitetu svih radova koje izvode razni podizvođači osiguravajući da projekt bude završen sukladno projektnom rješenju i unutar zadanih rokova i planiranih troškova.

### 2. Podizvođač;

Podizvođač, u daljnjem tekstu kooperant, je specijalizirani izvođač kojeg je angažirao glavni izvođač za obavljanje određenih radova u okviru projekta. Na primjer, podizvođač koji se bavi elektroinstalacijama izvršavao bi sve elektro radove, podizvođač koji se bavi instalacijama koje su vezane za vodu i odvodnju bi obavljao instalaterske radove itd.

## 2.1 Osnovne postavke građevinskih izvođačkih tvrtki

Građevinske tvrtke koje djeluju kao izvođači pod utjecajem su nekoliko odrednica koje oblikuju svoje poslovanje, mogućnosti i uspjeh u građevinarstvu. Različita područja stručnosti definiraju vrste projekata koje izvođač može preuzeti. Posebna područja kojima se izvođači radova bave mogu obuhvaćati područja poput stambene gradnje, komercijalne gradnje, razvoja infrastrukture, elektroinstalacija i slično. Veličina građevinske tvrtke definira i obujam projekata na kojima mogu raditi kao glavni izvođači ili podizvođači nekoj drugoj tvrtki. Neki se mogu usredotočiti na male projekte obnove, dok drugi upravljaju velikim infrastrukturnim radovima. Neki izvođači djeluju lokalno, dok drugi imaju regionalnu, nacionalnu ili širi prostor koji moraju pokrivati. Radna snaga, uključujući kvalificirane građevinske radnike, inženjere i voditelje projekata, ključni su za kvalitetan rad izvođača. Kvalificirani tim uvelike olakšava rad i u konačnici uspješnu predaju gotovog projekta. Oprema, alati i ostali resursi moraju biti kvalitetni za učinkovito obavljanje poslova i poštivanje rokova definiranih ugovorom. Izvođač radova mora biti financijski stabilan jer mnogi projekti iziskuju ulaganja i prije početka radova. Naravno, za vrijeme trajanja projekta dolazi do neplaniranih troškova na koje također izvođačka tvrtka mora biti spremna. Svi ovi segmenti međusobno djeluju i utječu, oblikujući cjelokupni identitet i uspjeh građevinske tvrtke koja djeluje kao izvođač.

Građevinska tvrtka koja je u ovom radu analizirana kao izvođač građevinskih radova je manja tvrtka koja se uglavnom bavi izvođenjem grubih radova kao što su armirano-betonski radovi, zidarski radovi i elektroinstalacije. Tvrtka djeluje na području Splita i okolice (Solin, Trogir, Rogoznica) pa je tako možemo svrstati u tvrtku koja obavlja poslove na razini dviju županija, a to su Splitsko-dalmatinska i Šibensko-kninska županija. Tvrtka ima ukupno 25 zaposlenika. Direktor je ujedno i jedan od dva zaposlena građevinska inženjera, dva građevinska tehničara su u funkciji poslovođa na gradilištima, a ostalo su kvalificirani građevinski radnici, vozači i rukovatelji građevinskim strojevima. Jedan kamion, dva bagera različitih karakteristika i jedan damper su uvijek na raspolaganju i u vlasništvu tvrtke. Građevinsku tvrtku tretiramo kao financijski stabilnu i spremnu za izvođenje svih projekata koje analiziramo u nastavku. Tvrtka postoji već dugi niz godina i s vremenom je rastao njen obujam ugovorenih te izvršenih poslova što je praćeno povećanjem broja zaposlenih i potrebne opreme. Prilagođavanje promjenjivoj dinamici industrije, održavanje pozitivne reputacije i kontinuiran rad na napredovanju ključni su za rast i razvoj u građevinskom sektoru.

## 2.2 Generiranje najvažnijih odrednica za razvoj tvrtke izvođača

Ključne odrednice kod poslovanja građevinskih tvrtki koje su u funkciji izvođača građevinskih radova uvjetovale su analizu kojom se bavimo u ovom radu. Međusoban utjecaj ovih odrednica vrlo je velik i važan za proces analize. Svi kriteriji po kojima smo odlučili vrednovati u ovoj analizi prate odrednice koje su opisane na početku ovog poglavlja.

Detaljno definiranje kriterija po kojima se vrši analiza vrlo je važno. Odabir važnijih i manje važnih treba biti aproksimacija više dionika u cijelom procesu izvođenja nekog projekta.

Svi kriteriji označeni su velikim slovom K uz indekse u rasponu 1-10 pa ćemo ih tako lakše pratiti u kasnije napisanoj analizi. Kriteriji se razlikuju i u veličini kojom su iskazani jer su neki kriteriji izraženi ocjenom, a neki mjernom jedinicom. Kasnije u analizi je vidljivo da se vrlo lako svi iznosi normaliziraju, te da analiza daje vrlo dobre rezultate.

Generirane najvažnije odrednice za razvoj tvrtke izvođača:

Kriterij 1 - K1;

Iznos ponude koju je ponudio izvođač građevinskih radova za izvedbu projekta. Iznos ponude izražavamo u HRK.

Kriterij 2 - K2;

Ostvarena dobit po ponudi. Dobit je izračunata po izvršenju projekta. Iznos dobiti izražen u HRK.

Kriterij 3 - K3;

Potreba angažiranja kredita za realizaciju ugovorenih radova ako ista prelazi 50% ugovorenih radova izražena u postocima.

Kriterij 4 - K4;

Vrijeme trajanja ugovora tj. realizacije radova izraženo u mjesecima.

Kriterij 5 - K5;

Udaljenost gradilišta od sjedišta tvrtke. Udaljenost od sjedišta vrlo je važna pri obračunu troškova puta te posljedično cijene rada. Udaljenost je izražena u kilometrima.

**Kriterij 6 - K6;**

Složenost izvedbe. Velike razlike u izvedbi mogu biti od projekta do projekta, te se tvrtka uvijek može susresti s nekim novim načinom izvedbe. Ocjena ovom projektu daje se na brojevnoj skali od 1 do 10.

**Kriterij 7 - K7;**

Sudjelovanje kooperanata u izvođenju radova. Tvrtka koja je u funkciji glavnog izvođača ugovara rad na projektu iako nema pokrivena sva područja koja obuhvaća rad na tom projektu, stoga mora angažirati kooperante za izvođenje dijela posla koji sama nije u mogućnosti. Ovaj kriterij izražavamo u postotku.

**Kriterij 8 - K8;**

Sudjelovanje u građenju u funkciji glavnog izvođača radova. Sudjeluje li tvrtka na projektu kao glavni izvođač radova ili je u funkciji podizvođača. Kriterij definiramo odgovorima da ili ne.

**Kriterij 9 - K9;**

Doprinos diverzifikaciji portfelja referenci. Osigurava li ovaj posao važeće reference i donosi li po završetku nove reference za tvrtku koje joj mogu otvoriti put za neke nove projekte. Kriterij definiramo odgovorom da ili ne.

**Kriterij 10 - K10;**

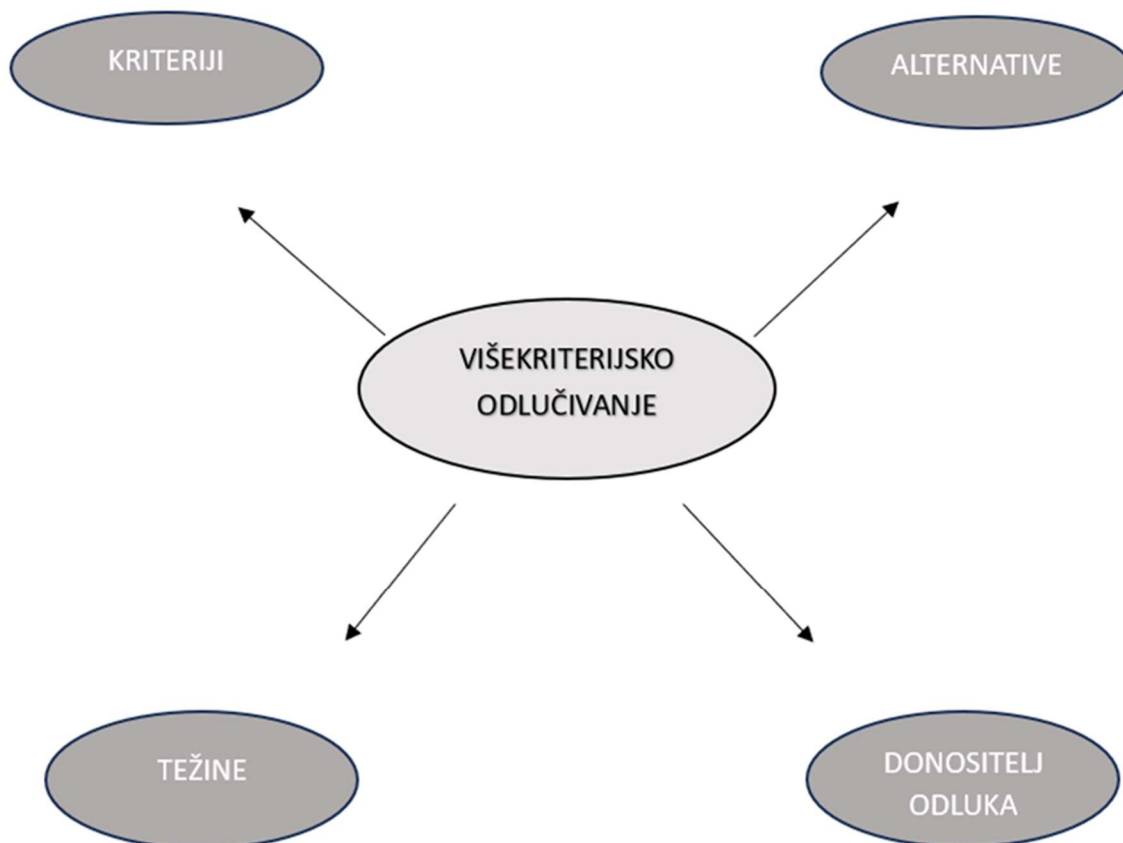
Potreba angažmana dodatnih resursa za realizaciju projekta. Dodatni resursi mogu biti u obliku radne snage, alati ili strojeva. Ovaj kriterij donosi razinu neizvjesnosti novog troška, dodatne investicije u sredstva rada koja možda više neće ni biti korištena. Ovaj kriterij ocjenjujemo na skali od 1 do 10.

Financije su uvijek vrlo važne za izvršenje projekta te je bitno da netko tko s njima raspolaze sudjeluje u procesu generiranja kriterija. Građevinarstvo je cjenovno orijentirana djelatnost. Poznavanje troškova u uskoj je vezi s formiranjem cijene, obzirom da se ista sastoji od troškova i očekivanog profita za izvođača, pri čemu se troškovi građevinskog projekta mogu podijeliti na troškove rada (radne snage), materijala i strojeva. Njima valja pribrojati i fiksne troškove mobilizacije i operativnog rada gradilišta (režijski troškovi gradilišta, uredski prostori i materijal, komunikacijska sredstva i alati itd.). Uzroci rizika neispunjavanja postavljenih ciljeva u građevinskim projektima su brojni, a među njih se ubraja i rizik od fluktuacije cijena

na tržištu. Globalni faktori rizika koji utječu na cijenu gradnje rizik su za izvođača, ali i investitora. U tom smislu se razlikuju dva tipa neizvjesnosti vezane uz trošak dovršetka izgradnje – tehničku i troškovnu neizvjesnost. Prva je vezana za količinu vremena, učinaka i materijala potrebnih za dovršetak projekta, a druga za cijene potrebnog rada i materijala. Bezak definira četiri kalkulativna elementa cijene građevinskog rada: trošak rada, trošak građevinskih materijala, troškovi obveza i pogonske troškove. Nadalje, navodi da je svaki od tih elemenata podložan utjecaju tržišta, odnosno promjeni cijena. Također, faktori koji utječu na cijenu izgradnje ovisi o tipu građevine i lokaciji. [5]

### 3. VIŠEKRITERIJSKE METODE

Odlučivanje na temelju više kriterija koji međusobno mogu utjecati i ne moraju, uvijek je presudno u donošenju strateški važnih i velikih odluka.



Slika 1. Umna mapa

Umna mapa prikazuje četiri osnovna faktora za višekriterijsko odlučivanje. U središtu se nalazi višekriterijsko odlučivanje. Donositelj odluka treba rangirati alternative ili birati između njih jer one predstavljaju glavni cilj procesa odlučivanja. Kriterij služi za ocjenjivanje i usporedbu alternativa. Bitno je da kriteriji dobro opisuju ciljeve kako bi se razumjela učinkovitost svake alternative.

### 3.1 Podjela

Postoji više metoda koje olakšavaju strukturiranje problema kod višekriterijskog odlučivanja. Svaka odluka kako u građevinarstvu, tako i svim drugim poslovima i životnim segmentima ovisi o mnogobrojnim faktorima koji time utječu i jedan na drugog. Ovakve metode pomažu nam u balansiranju kod donošenja odluka kako bi smanjili rizik u svim sljedećim koracima. Cilj svake metode je olakšati cijeli proces donošenja odluka i rad na rastu i razvoju tj. integrirati sve ono što utječe na poboljšanje tvrtke i smanjenje troškova.

#### Metoda AHP

Metoda AHP ("Analytical Hierarchy Process") je teorija mjerenja kroz parne usporedbe. Posebno je koristan kada donositelji odluka trebaju procijeniti alternative na temelju kvalitativnih i kvantitativnih kriterija i kada postoje kompromisi između različitih čimbenika. Analitički hijerarhijski proces jedna je od najviše korištenih metoda za višekriterijsko odlučivanje. [1]

#### Metoda ANP

Metoda ANP ("Analytic Network Process") je dizajnirana za obradu složenijih scenarija donošenja odluka u kojima su interakcije i ovisnosti među elementima značajne i potrebno ih je uzeti u obzir. Metoda je dobivena daljnjom razradom AHP metode. Proširuje se okvir za usporedbu u parovima na AHP kako bi se stvorila mreža ovisnosti, te omogućujući sveobuhvatniji prikaz problema s odlukom. [2]

#### Metoda SNAP

Metoda SNAP ("Social Network Analysis Process") je metoda koja analizira složene probleme odlučivanja. Razvijena je kao alternativa ANP metodi koja ima dosta slabih točaka u pogledu složenosti. SNAP kombinira ANP (AHP) sa SNA na način da se slabi dijelovi ANP-a zamjenjuju specifičnim koracima SNA koji su manje kompleksni [6].

#### Metoda ELECTRE

Metoda ELECTREE ("ELimination Et Choix Traduisant la REalité" - "Elimination and Choice Translating Reality") je ne kompenzacijska metoda. Kod korištenja ove metode ne možemo nedostatak nekog kriterija kompenzirati prednostima drugog kriterija.



### Metoda PROMETHEE

Metoda PROMETHEE ("Preference Ranking Organization METHod for Enrichment of Evaluations") su Jean-Pierre Brans i njegove kolege razvili 1980-ih kao pristup rješavanju problema s odlukama koji uključuju više kriterija i alternativa. PROMETHEE se široko koristi u raznim područjima ka pomoć donositeljima odluka u odabiru najbolje alternative iz skupa dostupnih opcija na temelju više kriterija. Ovom metodom mogu se koristiti pojedinci pri donošenju jednostavnih odluka, ali je najkorisnija kad skupina ljudi rješava probleme s više kriterija. [3]

### Metoda SMART

Metoda SMART ("Simple Multi Attribute Rating Technique") je strukturirani pristup definiranju ciljeva na način koji će ih učiniti djelotvornijim i vjerojatno dovesti do uspješnih rezultata. Korištenjem SMART metode ciljevi su dobro definirani, djelotvorni i imaju veću vjerojatnost da će biti uspješno ostvareni.

### Metoda DEA

Metoda DEA ("Data Envelopment Analysis") je metoda koja se koristi za procjenu relativne učinkovitosti ili efikasnosti donositelja odluka. Donositelji odluka imaju iste ulaze i izlaze, međutim razlike se javljaju u razinama resursa koji im stoje na raspolaganju i aktivnosti procesa transformacije. Primarni cilj DEA-e je pronaći najučinkovitije rješenje, uzimajući u obzir granicu učinkovitosti koju čine najbolje izvedbene jedinice. [2]

### Metoda GRA

Metoda GRA ("g. Grey Relational Analysis") to je metoda odlučivanja koja se koristi za procjenu odnosa između faktora ili varijabli u sustavu kada su dostupne ograničene ili nesigurne informacije. GRA je posebno koristan u situacijama kada podaci mogu biti nepotpuni, neprecizni ili ih karakterizira neizvjesnost.

### Metoda Fuzzy AHP

Metoda Fuzzy AHP temelji se na AHP metodi uz određene razlike, a to se bazira na korištenju fuzzy logike. Naime, razlika je u tome da Fuzzy AHP metoda AHP skalu pretvara u fuzzy trokut kako bi se odredili prioriteta. Fuzzy AHP posebno je koristan u radu sa subjektivnim i nepreciznim informacijama, jer omogućuje donositeljima odluka da izraze svoje sklonosti

koristeći jezične izraze kao što su "visoki", "srednji" i "nizak" umjesto preciznih numeričkih vrijednosti. [1]

### Metoda TOPSIS

Metoda TOPSIS ("Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution") je višekriterijalna metoda odlučivanja koja se koristi za određivanje najbolje alternative među nizom opcija na temelju više kriterija. Cilj metode je identificirati alternativu koja je najbliža idealnom rješenju i najudaljenija od najgoreg rješenja, uzimajući u obzir sve kriterije. Važno je napomenuti da TOPSIS pretpostavlja da su kriteriji neovisni jedan o drugom i da su preferencije donositelja odluka izražene kroz utege dodijeljene kriterijima. [4]

Izbor metode ovisi o specifičnom kontekstu i zahtjevima procesa odlučivanja. U ovom diplomskom radu ćemo se bazirati na metodu TOPSIS po kojoj ćemo izvršiti analizu projekata manje građevinske tvrtke koja je u funkciji izvođača građevinskih radova.

### 3.2 TOPSIS metoda

TOPSIS metoda ("Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution" – tehnika za redoslijed prioriteta prema sličnosti sa idealnim rješenjem) je metoda za rješavanje višekriterijskih problema (MCDMP) sa više alternativa predložili su i razvili Hwang i Yoon [7] 1981. Ova metoda razvijena je kao dio analize višekriterijskih odluka ( MCDA ) koja ima za cilj pružiti strukturirane pristupe za donošenje odluka koje uključuju više kriterija ili faktora. U posljednjih više od trideset godina, brojni autori su sudjelovali u razvoju ove metode i predložili brojne modifikacije. Metoda se često uspješno koristila kao pomoć donositeljima odluka za rješavanje mnogih praktičnih problema u različitim oblastima primjene. [4]

TOPSIS je metoda odlučivanja koja se koristi u analizi višekriterijalnih odluka. Dizajnirana je tako da pomogne pojedincima ili skupinama da procijene različite mogućnosti na temelju više kriterija i odrede najbolji izbor. TOPSIS metoda danas je široko korištena analiza u odlučivanju i često je uključena u udžbenike i tečajeve povezane s višekriterijskom analizom odluka.

Osnovna ideja koja stoji iza TOPSIS metode je usporedba performansi svake opcije ( ili alternativa ) s pozitivnim idealnim rješenjem (najbolje rješenje) i negativnim idealnim rješenjem (najgore rješenje). Pozitivno idealno rješenje predstavlja najbolji mogući ishod za svaki kriterij, dok negativno idealno rješenje predstavlja najgori mogući ishod. Metoda izračunava mjeru "pojašnjenja" ili "udaljenosti" za svaku alternativu u odnosu na ta najbolja i najgora rješenja. To zapravo predstavlja udaljenost rješenja od broja 1. Idealno pozitivno rješenje je najbliže broju 1, a idealno negativno rješenje je ono koje ima najveću udaljenost, od svih rješenja koje smo dobili, od broja 1. Idealno pozitivno rješenje daje najveće vrijednosti kriterijima korisnosti, a najmanje vrijednosti kriterijima troška i gubitaka.

Evo općeg opisa TOPSIS metode:

Kriteriji i alternative;

Definiramo kriterije koji su relevantni za našu odluku. To mogu biti kvantitativni (kao što su troškovi, prihod, vrijeme) ili kvalitativni (kao što su kvaliteta, zadovoljstvo kupaca, utjecaj na okoliš). Navedemo alternative koje želimo procijeniti.

Normalizacija;

Normaliziramo podatke za svaki kriterij. To se radi kako bi se osiguralo da su kriteriji na istoj skali, jer različiti kriteriji mogu imati različite jedinice ili raspon mjerenja.

Vrednovanje;

Dodjeljujemo težine svakom kriteriju kako bismo naznačili njegovu relativnu važnost u procesu donošenja odluka. Te se vrijednosti mogu utvrditi raspravama, anketama ili drugim metodama temeljenim na preferencijama dionika.

Idealna i najgora rješenja;

Za svaki kriterij navodimo najbolje i najgore vrijednosti među svim alternativama. Najbolje rješenje predstavlja maksimalnu vrijednost za svaki kriterij, dok najgore rješenje predstavlja minimalnu vrijednost.

Proračun udaljenosti;

Izračunamo udaljenost između svake alternative i idealnih pozitivnih i idealnih negativnih rješenja. Postoje različite metrike udaljenosti koje se mogu koristiti, poput euklidske udaljenosti ili udaljenosti na Manhattanu.

Ocjena bliskosti;

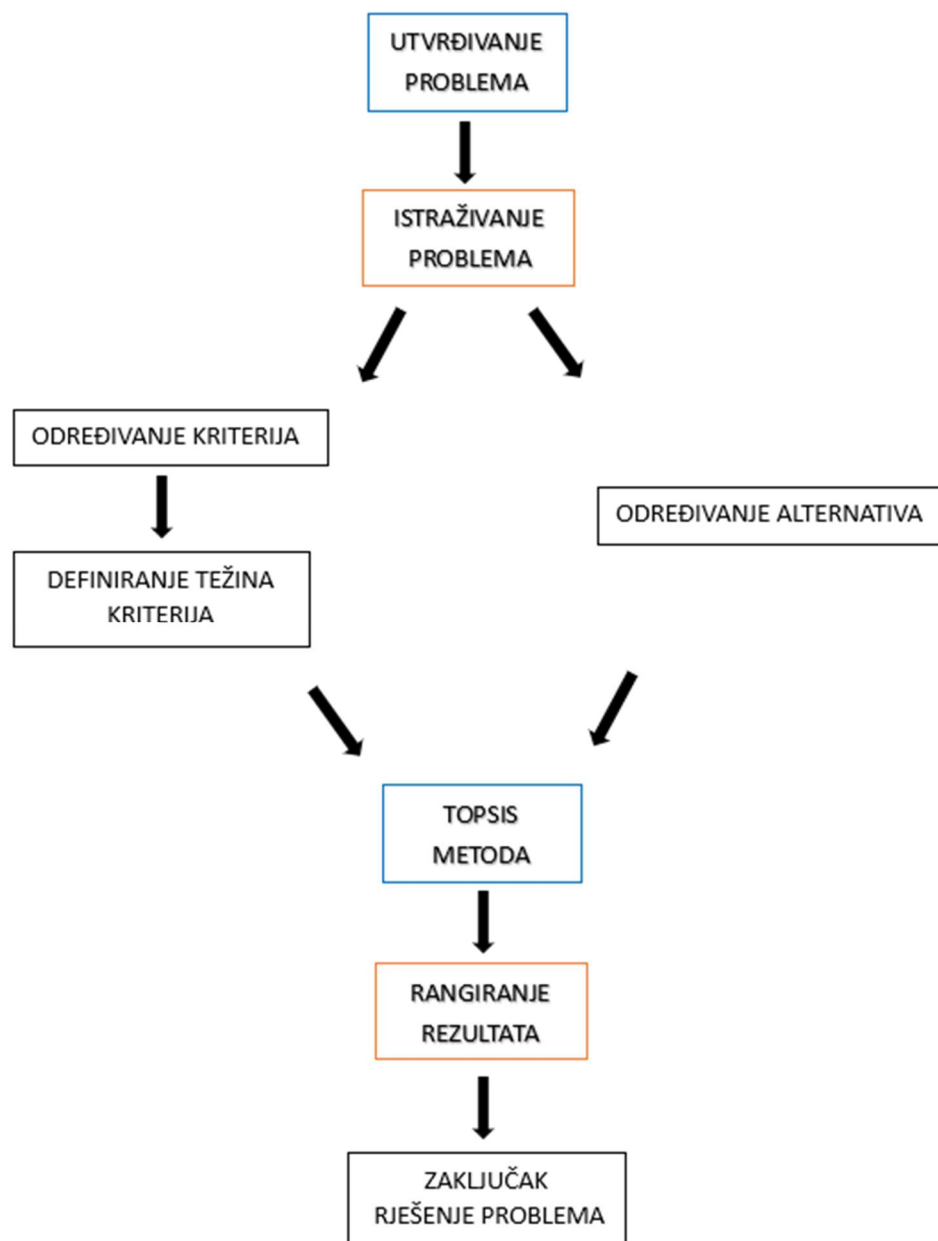
Izračunamo relativnu ocjenu bliskosti za svaku alternativu na temelju njezinih udaljenosti do idealnih pozitivnih i idealnih negativnih rješenja. To se može postići različitim metodama, poput koeficijenta relativne bliskosti ili TOPSIS formule.

Rangiranje i odluka;

Rangiramo alternative na temelju rezultata njihove bliskosti. Popisana lista alternativa daje jasan redoslijed preferencija na temelju njihovih performansi. Alternativa s najvišom ocjenom bliskosti smatra se najboljim izborom prema TOPSIS metodi.

Važno je definirati da se učinkovitost metode oslanja na točno definiranje kriterija, normalizaciju podataka, dodjeljivanje odgovarajućih težina i određivanje idealnih rješenja. TOPSIS se široko koristi u područjima gdje donošenje odluka uključuje više sukobljenih kriterija, poput poslovanja, inženjerstva, znanosti o okolišu i javne politike. Pomaže donositeljima odluka da razne faktore i sklonosti razmatraju strukturirano. Međutim, važno je napomenuti da se TOPSIS uvelike oslanja na točnost normalizacije podataka, vrednovanje kriterija i izbor metrike udaljenosti, što može utjecati na konačni poredak.

Metoda TOPSIS zajedno s svim ostalim metodama višekriterijske analize predstavlja odličan alat za rješavanje ove vrste problematike. Kao i kod bilo koje metode, TOPSIS metoda ima svoje prednosti i ograničenja. Važno je pažljivo razmotriti specifičan kontekst i zahtjeve problema donošenja odluka kako bi se utvrdilo je li TOPSIS ili neka druga metoda najprikladnija.



Slika 2. Shematski prikaz TOPSIS metode

Kod TOPSIS metode, nakon što utvrdimo problematiku i definiramo koju analizu radimo, moramo odrediti alternative i kriterije. A predstavlja skup alternativa. K je skup svih kriterija po kojima će se ocjenjivati alternative.

$$A = (a_1, a_2, \dots, a_n) \quad (1)$$

$$K = (K_1, K_2, \dots, K_n) \quad (2)$$

Svakoj alternativu ćemo dodijeliti vrijednost za određeni kriterij. Neki kriteriji imaju svoju brojčano iskazanu vrijednost, a neki nemaju, stoga moramo napraviti normalizaciju svih kriterija da bi svakom od kriterija mogli dodijeliti neki red veličine. Nakon toga određujemo težine svih kriterija. Težine kriterijima daju dionici, a nakon što svaki od dionika iskaže svoju ideju težina po kriterijima mi te vrijednosti agregiramo da bi dobili srednju vrijednost težina za svaki kriterij s kojim ćemo ići u daljnji proračun.

Sljedeći korak je normaliziranje matrice odluke da bi svi elementi u matrici postali bezdimenzionalne vrijednosti.

$$\sqrt{\sum_{j=1}^n x_i^2} \quad (3)$$

Zatim se normalizira veličina kriterija tako što se iznos kriterija podijeli sa korjenovanim zbrojem kvadrata svih kriterija za određenu alternativu.

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n x_i^2}} \quad (4)$$

Normalizirana matrica množi s jediničnom matricom težinskih koeficijenata koje smo odredili uz pomoć dionika. Time dobivamo težinsku matricu odluke.

U sljedećem koraku identificiramo idealne alternative. Idealno najbolju alternativu i idealno najlošiju. Kod kriterija koji se odnose na trošak idealna najbolja alternativa je najmanja

vrijednost, a idealno najlošija alternativa je ona koja ima najveću vrijednost. Za ostale kriterije vrijedi suprotno, dakle idealno najbolja alternativa je ona koja ima najveću vrijednost, a idealno najlošija alternativa je ona koja ima najmanju vrijednost.

$A_j^+$  – idealno najbolja alternativa

$A_j^-$  – idealno najlošija alternativa

S dobivenim rješenjima ulazimo u proračun euklidske udaljenosti od idealno pozitivnog rješenja, zatim od idealno negativnog rješenja.

$$S_i^+ = \left[ \sum_{j=1}^n (A_{ij} - A_j^+)^2 \right]^{0,5} \quad (5)$$

$$S_i^- = \left[ \sum_{j=1}^n (A_{ij} - A_j^-)^2 \right]^{0,5} \quad (6)$$

Na kraju rangiramo rezultate po omjeru  $P_i$ . Poredak se utvrđuje usporedbom udaljenosti svake alternative s idealnim i anti-idealnim rješenjima. Alternativa s najvišim rangom smatra se najpoželjnijim izborom prema definiranim kriterijima i težini.

$$P_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad (7)$$

TOPSIS metoda pretpostavlja da su kriteriji korisni dakle da su veće vrijednosti bolje za sve kriterije. Ako imate kriterije u kojima su niže vrijednosti povoljnije, pristup treba malo promijeniti i to kod odabira idealno najbolje i idealno najlošije alternative. U tom slučaju je idealno najbolja alternativa ona koja ima najnižu vrijednost, a idealno najlošija alternativa ona koja ima najveću vrijednost. Ostatak analize ostaje isti.



## 4. VALIDACIJA

### 4.1 Varijantna rješenja

Daljnja analiza zahtjeva postavljanje alternativa od kojih će jedna biti najbolje rangirano varijantno rješenje na kraju postupka. Alternative koje pratimo u analizi su projekti koje je građevinska tvrtka kroz posljednjih nekoliko godina izvodila. Svi projekti građeni su u Splitu i okolici, pa tako tvrtki izvođaču nisu iziskivali rad na terenu, već se radna ekipa svakog dana vraćala u sjedište tvrtke. Svaki od osam projekata opisan je nekim osnovnim odrednicama kao što su lokacija, opis građevine, vrijeme izvršenja radova i okvirni broj radnika koji je svakodnevno bio na gradilištu.

Detaljan opis projekata nalazi se u daljnjem tekstu. Projekti (alternative) redom su:

POSLOVNA ZGRADA – HALA (P1)

STAMBENA ZGRADA – SOLIN, JAPIRKO (P2)

STAMBENA GRAĐEVINA – KUĆA ZA ODMOR, TROGIR (P3)

STAMBENA ZGRADA – ZGRADA A, BARUTANA (P4)

STAMBENA ZGRADA – ZGRADA B, BARUTANA (P5)

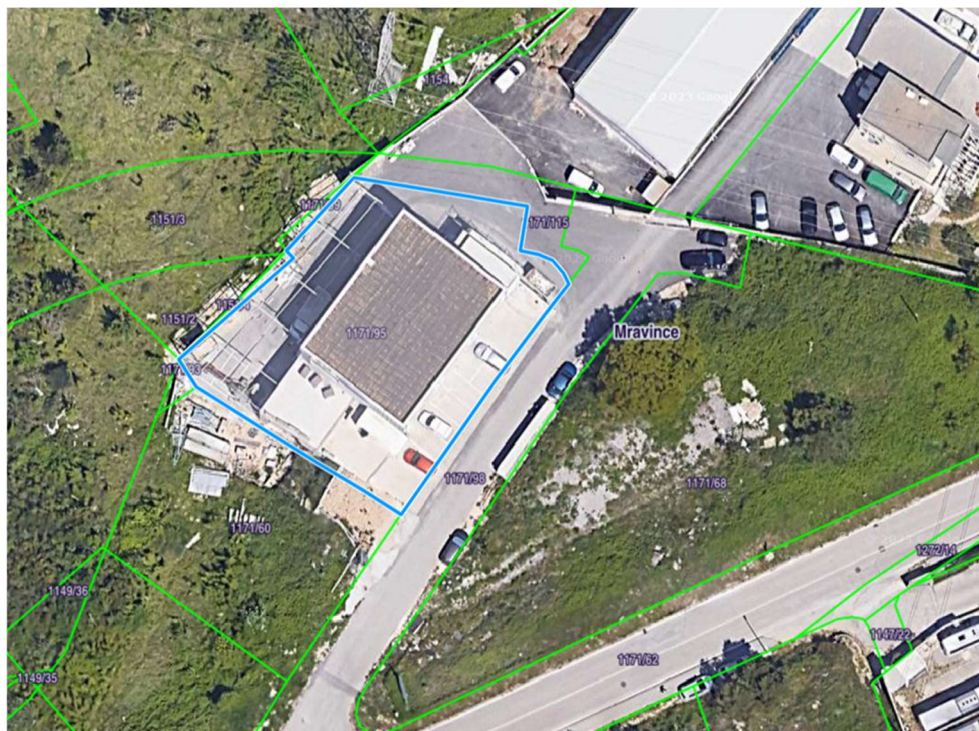
SANACIJA KROVA – KBC SPLIT (P6)

STAMBENA ZGRADA – SOLIN, SV. KAJO (P7)

KUĆA ZA ODMOR – STIVAŠNICA (P8)

#### 4.1.1 Poslovna zgrada – hala, Mravince (P1)

Poslovna zgrada koja se koristi kao pogon za rad u vlasništvu je tvrtke koja je koristi i nalazi se u Mravincima, pored Solina. Zemljište na kojem je izgrađena hala pripada K.O. Mravince i identificira se kao kat. čest. 1171/95.



Slika 3. Kartografski prikaz položaja hale

<b>Adresa</b>	STARI GAJ
<b>Površina</b>	1008
<b>Katastarska općina</b>	MRAVINCE
<b>ID katastarske općine</b>	1730
<b>Detaljni list</b>	3
<b>ID institucije</b>	150
<b>ID čestice</b>	16487814
<b>Broj kat. čestice</b>	1171/95

Slika 4. Informacije o katastarskoj čestici

Početak građenja ove hale definiran je odabirom izvođača radova 31.7.2020., a kraj gradnje 18.5.2021.

Za vrijeme izvođenja radova je na gradilištu svakodnevno bilo najmanje 5 radnika. Radovi su se dijelom izvodili zimi što je utjecalo na tijek gradnje zbog dana koji su bili pogođeni lošim vremenom.

U tijeku gradnje odrađena je izmjena u odnosu na glavni projekt vezana na povećanje visine prostora ispod galerije te muškog i ženskog sanitarnog čvora u suterenu. Da bi se na galeriji ostvarila veća svijetla visina ploča je izvedena 30 cm niže što je rezultiralo potrebom upuštanja poda za 30cm da bi se ostvarila korisna visina prostora wc od min. 250cm. Navedena izmjena nije utjecala na lokacijske uvijete, te ne uključuje izmjenu građevinske dozvole. Predmetna izmjena nije imala utjecaj na bitan zahtjev za građevinu u pogledu mehaničku otpornost i stabilnost. Slijedom navedenog nije bilo potrebe za izmjenom glavnog projekta i revizije, te je izrađen izvedbeni projekt.

Ovim projektom izvedena je u potpunosti nova građevina. Svi korišteni alati i strojevi bili su u vlasništvu izvođača radova, dakle nije bilo potrebe za ulaskom u dodatne troškove kupovine alata i strojeva.

Vlasnik hale ujedno je i investitor ovog projekta. Investitor je već posjedovao česticu na kojoj je sagrađena hala pa nije bilo potrebe za ulaskom u dodatne kredite zbog kupovine zemljišta. U ovom slučaju tvrtka izvođač čiji projekt obrađujemo isključivo je izvođač radova.

#### 4.1.2 Stambena zgrada – Japirko, Solin (P2)

Stambena građevina nalazi se na samoj granici Solina i Mravinaca. U tom istočnom dijelu grada niknulo je novo stambeno naselje. Solin je već nekoliko godina na prvi na ljestvici s titulom najmlađeg grada u Hrvatskoj, pa tako godinama privlači brojni investitori ulažu u izgradnju stambenih zgrada nadomak Splita. Stambena građevina pripada kat. čest. 6949/1 te pripada K.O. Solin.

Radovi na izgradnji ove zgrade započeli su 7.4.2020. Te godine cijeli svijet bio je pogođen pandemijom, pa je vrijeme gradnje bilo malo duže od predviđenog zbog procesa prilagodbe na nove uvijete rada. Kraj građenja definiran je datumom 6.4.2020.



Slika 5. Kartografski prikaz položaja zgrade

<b>Adresa</b>	PUT MIRA
<b>Površina</b>	1403
<b>Katastarska općina</b>	SOLIN
<b>ID katastarske općine</b>	2503
<b>Detaljni list</b>	44
<b>ID institucije</b>	150
<b>ID čestice</b>	16517790
<b>Broj kat. čestice</b>	6949/1

*Slika 6. Informacije o katastarskoj čestici*

Vlasnik zemljišta bila je tvrtka koja je ujedno bila i u funkciji investitora. Izvođač radova kod ovog projekta nije trebao koristiti kredit za završetak radova, ali investitor je za sam početak projekta.

Za izvođenje ovog projekta trebalo se iznajmiti neke strojeve i uložiti u novu opremu. Npr. potrebno je bio kupiti katnu oplatu i iznajmiti jednu dizalicu.

### 4.1.3 Stambena građevina – kuća za odmor, Trogir (P3)

Stambena građevina smještena je u Trogiru na kat. čest. 5084. Projekt je koncipiran kao rekonstrukcija jer je na čestici postojala građevina koja nije zahtijevala adaptaciju već je potrebna bila samo rekonstrukcija i nadogradnja.



Slika 7. Kartografski prikaz položaja kuće

<b>Adresa</b>	TINA UJEVIĆA
<b>Površina</b>	929
<b>Katastarska općina</b>	TROGIR
<b>ID katastarske općine</b>	2752
<b>Detaljni list</b>	64
<b>ID institucije</b>	153
<b>ID čestice</b>	17070907
<b>Broj kat. čestice</b>	5084

Slika 8. Informacije o katastarskoj čestici

Postojeća stambena građevina bila je katnosti prizemlje i kat (P+1). Tlocrtna površina postojeće stambene građevine bila je (vertikalna projekcija na građevnu česticu) iznosi 95 m<sup>2</sup> (prema geodetskom snimku). Postojeća zgrada se većim dijelom uklonila, a zadržao se jedino zid na zapadnoj međi. Rekonstrukcija – dogradnja stambene građevine sa istočne, južne i zapadne strane, te gradnja dvije pomoćne građevine, jedne na sjevernom dijelu čestice, a druge na jugozapadnom dijelu uz stambenu građevinu. Tlocrtna površina projektirane stambene građevine (vertikalna projekcija na građevnu česticu) iznosi 165 m<sup>2</sup>. Građevinska (bruto) površina (GBP) projektirane stambene građevine iznosi 209,75 m<sup>2</sup>. Katnost projektirane stambene građevine je prizemlje i kat; E= P+1. Tlocrtna površina projektiranih pomoćnih građevina je svakoj iznosi 6m<sup>2</sup>.

Početak građenja ove hale definiran je odabirom izvođača radova 4.12.2019. Kraj gradnje definiran je datumom 24.3.2021.

Svakim radnim danom za vrijeme izvođenja radova je na gradilištu bilo 5 radnika. Pogođeni pandemijom i kratkotrajnom obustavom svih radova, trajanje izvođenja radova bilo je duže od predviđenog.

Kod ovog projekta radi se o rekonstrukciji postojeće starije građevine. Izvođač je do tada već izvodio neke manje rekonstrukcije građevina. Od dodatnih alata bila je potrebna kupovina oplata što u konačnici nije velik trošak izvođaču.

Kod ovog projekta investitor je fizička osoba koja je ujedno i vlasnik građevine. Vlasnik čestice je u srodstvu sa investitorom, stoga nije bilo potrebe za kupovinom parcele. Investitor je za ovo ulaganje morao koristiti kredit.

#### 4.1.4 Stambena zgrada – zgrada A, Barutana, Split (P4)

Stambena građevina smještena je u Splitu, na Barutani, kat. čest 29/2. Zgrada je dio projekta koji je zamišljen kao 4 stambene zgrade u nizu. Zgrada A jedina je orijentirana u smjeru okomito na zgradu B.



Slika 9. Kartografski prikaz položaja zgrade

<b>Adresa</b>	Trenkova
<b>Površina</b>	883
<b>Katastarska općina</b>	STOBREČ
<b>ID katastarske općine</b>	2576
<b>Detaljni list</b>	1
<b>ID institucije</b>	141
<b>ID čestice</b>	36537059
<b>Broj kat. čestice</b>	29/2

Slika 10. Informacije o katastarskoj čestici



Predmetna građevina je samostojeća građevina i sastoji se sastojati od šest etaža (Po+Pr+3+N), sa ravnim neprohodnim krovom. U podrumu građevine je garaža sa (19 parkirnih mjesta) i prostorije instalacija. Na etaži prizemlja i prvog kata su po četiri (4) stambene jedinice, na etažama 2. i 3.kata planiraju se po tri (3) stambene jedinice te na nadgrađu, planiraju se po dvije (2) stambene jedinice ukupno šesnaest (16) stambenih jedinica. Vertikalna komunikacija unutar građevine, planirana je zatvorenim dvokrakim stubištem i dizalom. Udaljenost predmetne građevine do najbliže susjedne biti će cca. 9m (zapad).

Početak građenja ove zgrade definiran je odabirom izvođača radova 20.1.2021. Kraj gradnje definiran je datumom 25.10.2022.

Svakim radnim danom je na gradilištu bilo 7 ili 8 radnika.

Radi se o potpuno novoj građevini koja je za izvođača radova bila veći projekt od dotadašnjih. Za izvođenje je bilo potrebno uložiti u kupnju nekih novih alata i kupnju 360 m<sup>2</sup> katne oplata. Uložiti je morao i u najam dizalice.

Investitor je pravna osoba koja je prvo morala podići kredit za kupnju građevinskog zemljišta, zatim za cijelu investiciju. S obzirom da se radi o kompleksu grada, kupljena čestica nije samo ova na kojoj se nalazi zgrada A već se radi o još nekoliko čestica sjevernije. Glavni izvođač je morao uključiti i podizvođače za iskope zbog potrebe za većim strojevima. Za neke od radova kao što su npr. elektroinstalacije izvođač je morao angažirati kooperante.

#### 4.1.5 Stambena zgrada – zgrada B, Barutana, Split (P5)

Ova stambena građevina također je smještena u Splitu, na Barutani. Započeta je s gradnjom nakon što je zgrade A dobila svoj približno krajnji oblik. Zgrada se nalazi na kat. čest. 29/3.



Slika 11. Kartografski prikaz položaja zgrade

Adresa	Trenkova
Površina	680
Katastarska općina	STOBREČ
ID katastarske općine	2576
Detaljni list	1
ID institucije	141
ID čestice	36945232
Broj kat. čestice	29/3

Slika 12. Informacije o katastarskoj čestici

Na zemljištu investitora izgradila se stambeno-poslovne građevine s ukupno 4 nadzemne etaže (2Po+Pr+3 kat + nadgrađe). Podrum građevine je garaža na dvije etaže s 28 parkirališnim mjestima (podrum -1 ima 13 parkirališnih mjesta a podrum -2 ima 15 parkirališnih mjesta). U podrumu su smještene vertikalne komunikacije (stubište i dizalo) i prostorije instalacija. U prizemlju, te na etažama prvog, drugog i trećeg kata su po tri stambene jedinice a na etaži nadgrađa dvije stambene jedinice. Krov građevine je neprohodni ravni krov. Vertikalna komunikacija unutar građevine riješena je zatvorenim dvokrakim stubištem, širine kraka 1,2 m. Građevina je smještena unutar građevnog dijela čestice.

Početak građenja ove zgrade definiran je odabirom izvođača radova 15.4.2022. Kraj gradnje definiran je datumom 17.7.2023.

Svakim radnim danom je na gradilištu bilo 7 ili 8 radnika.

Ovaj projekt također nije dio nikakve rekonstrukcije, već se radi o potpuno novoj stambenoj zgradi. Potrebno je bilo uložiti u najam nekih strojeva, te u kupnju nove oplata i drugih sredstava za rad smislu opreme i alata. Angažman kooperanata bio je nužan za dovršenje radova na ovoj zgradi.

#### 4.1.6 Sanacija krova – KBC Split (P6)

Ovaj projekt će biti jako zanimljiv za razmatranje na po završetku analize jer se razlikuje od ostalih. Jedini je u kojem se radi o sanaciji krova. Krov se mijenjao u potpunosti na dijelovima objekta.



*Slika 13. Kartografski prikaz položaja KBC*

Radovi na sanaciji krova započeli su 19.12.2016. godine, a završeni su početkom petog mjeseca 2017. godine.

Svaki radni dan na gradilištu je bilo barem 6 radnika.

Projekt je zahtijevao četiri faze radova. Prva faza bili su pripremni radovi koji su uključivali uklanjanje starih crijepova. Druga faza bili su krovopokrivački radovi. Treća faza spada u bravarsko-linarske radove. Četvrta i završna faza je postavljanje elektroinstalacija tj. gromobrana.

Za rad na ovom projektu nije bilo potrebe za angažmanom kooperanata jer tvrtka izvođač imala kvalificirane radnike za izvođenje sanacije krova. Također je angažman dodatnih resursa za rad bio minimalan, ali doprinos novim referencama tvrtke za ovu vrstu radova bio je velik.

#### 4.1.7 Stambena zgrada – Sv. Kajo, Solin (P7)

Sljedeći projekt predstavlja manju stambenu zgradu koja se nalazi na kat. čest. 3850/2 u K.O. Solin na području Sv. Kaja. Vrlo atraktivna lokacija u okolici Splita i danas je puna novih gradilišta sa sličnim, manjim stambenim zgradama. Lokacija je privlačna kako zbog cijene, tako i zbog sadržaja koje ovo naselje kao dio Grada Solina nudi.



Slika 14. Kartografski prikaz položaja zgrade

<b>Adresa</b>	DONJA STRANA
<b>Površina</b>	518
<b>Katastarska općina</b>	SOLIN
<b>ID katastarske općine</b>	2503
<b>Detaljni list</b>	30
<b>ID institucije</b>	150
<b>ID čestice</b>	16511957
<b>Broj kat. čestice</b>	3850/2

Slika 15. Informacije o katastarskoj čestici

U slučaju ovog projekta investitor je ujedno bio i vlasnik zemljišta. Stambena zgrada ima tri etaže i podrum (Po+Pr+2kat). Ukupno ima 5 stambenih jedinica od kojih su dvije u prizemlju, dvije na prvom katu i jedna u potkrovlju zgrade.

Izgradnja manje stambene zgrade započeta je 30.6.2018., a završena 31.1.2019. godine.

Svaki radni dan na gradilištu je bilo barem 7 radnika.

Za izvedbu projekta na vrijeme i u skladu s dogovorenim bilo je potrebno angažirati neke dodatne strojeve i kupnja alata.

#### 4.1.8 Kuća za odmor – Stivašnica, Sevid (P8)

Kuća za odmor u funkciji je turističke vile za najam i nalazi se u naselju Sevid koje pripada Šibensko-kninskoj županiji. Vila se nalazi na kat.čest.10042/5 K.O. Sevid.



Slika 16. Kartografski prikaz položaja kuće

Kuća se sastoji od dvije etaže. U sklopu kuće je izgrađen i bazen.

Građevinska čestica u bila je u vlasništvu investitora prije naručivanja ovog projekta. Čestica je velika, stoga je idealna za gradnju kuće i bazena s uređenim okolišem koji se također proteže na velikom dijelu čestice. Na čestici prije gradnje nije bilo nikakvih građevina, pa tako nije bilo nikakve sanacije niti rekonstrukcije.

Izvođenje radova na ovoj kući trajalo je duže nego što je očekivano. Radovi na drugim gradilištima i vremenske prilike odužili su rad na ovom projektu. Radovi na kući počeli su 21.10.2015. godine. Svakim danom koji je bio radni na ovom gradilištu, bilo je prisutno najmanje 4 radnika.

Za izvedbu projekta potrebno je bilo uložiti dodatne alate. Obzirom da se radi o manjoj građevini nego prije spomenutoj stambenoj zgradi, ulaganja su bila znatno manja.

Kao zaključak ovog dijela, tablično su prikazani svi kriteriji i alternative s podacima potrebnim za uspješnu provedbu TOPSIS metode.

*Tablica 1. Prikaz vrijednosti alternativa po kriterijima*

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
K1	1785328.00	2001430.00	1247514.50	7581034.22	8586920.82	876509.70	899997.50	3096759.35
K2	214239.36 (12%)	272194.48 (13,6%)	180889.60 (14,5%)	833913.76 (11%)	944561.29 (11%)	87650.97 (10%)	116999.68 (13%)	216773.15 (7%)
K3	NE	NE	NE	DA	DA	NE	NE	NE
K4	10 mj	12 mj	18 mj	14 mj	14 mj	6 mj	6 mj	18 mj
K5	2,8 km	0,5 km	22 km	6,4 km	6,4 km	6,3 km	3 km	49 km
K6	3	5	4	6	6	2	5	4
K7	5%	7%	11.78%	22.67%	39.72%	0%	10.40%	29.97%
K8	da	da	da	da	da	da	da	da
K9	DA	DA	NE	DA	DA	DA	NE	NE
K10	1	3	3	5	5	2	3	2



## 4.2 Određivanje težina kriterija

Težine kriterija određene su uz pomoć dionika. Za ocjene težina upitana je osoba koja je na nekoliko projekata do sada sudjelovala kao investitor, građevinski inženjer tvrtke koju pratimo u ovoj analizi u ulozi glavnog izvođača, te jednog kooperanta.

Ocjene težina kriterija trebaju se postavljati ne razmišljajući o utjecaju na ostale kriterije jer se svaki kriterij tretira zasebno. To nije jednostavno odrediti jer je prirodno da bilo koji od dionika instinktivno počne razmišljati o međusobnom utjecaju kriterija.

Za sve ocjene koje su dionici ponudili, određena je aritmetička sredina, te su kao takvi korišteni u daljnjoj analizi.

Tablica 2. Ocjena težina kriterija

	INVESTITOR	IZVOĐAČ	KOOPERANT	AGREGIRANO
K1	17%	13%	14%	15%
K2	18%	17%	17%	17%
K3	17%	9%	9%	12%
K4	12%	8%	12%	11%
K5	5%	4%	4%	4%
K6	1%	5%	6%	4%
K7	8%	12%	9%	10%
K8	6%	8%	10%	8%
K9	2%	8%	7%	5%
K10	14%	16%	12%	14%

Tablica 3. Srednja vrijednost težina kriterija

AGREGIRANO (%)	AGREGIRANO
15%	0,15
17%	0,17
12%	0,12
11%	0,11
4%	0,04
4%	0,04
10%	0,10
8%	0,08
5%	0,05
14%	0,14

Kako je ranije opisano u TOPSIS metodi, ovim težinskim koeficijentima množit ćemo vrijednosti koje ćemo dobiti u kasnije prikazanoj normaliziranoj matrici. Tako dobivamo težinsku matricu odluke.

### 4.3 Matrica odluke

Stvaramo matricu odluke gdje svaki redak odgovara alternativni i svaki stupac odgovara kriteriju. Ako su kriteriji različito definirani, važno je normalizirati matricu kako bi se osigurala pravilna usporedba. Normalizacija uključuje transformaciju podataka u zajedničku ljestvicu, poput između 0 i 1. Normalizaciju provodimo tako da one koeficijente kojima su vrijednosti već izraženi brojučano ostavljamo kakve jesu, a one koje smo definirali odgovorom 'da/ne' definiramo sa 0 ili 1.

Tablica 4. Normalizacija vrijednosti

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
P1	1785328.00	214239.36	0.00	10.00	2.80	3.00	5.00	1.00	1.00	1.00
P2	2001430.00	272194.48	0.00	12.00	0.50	5.00	7.00	1.00	1.00	3.00
P3	1247514.50	180889.60	0.00	18.00	22.00	4.00	11.78	1.00	0.00	3.00
P4	7581034.22	833913.76	1.00	14.00	6.40	6.00	22.67	1.00	1.00	5.00
P5	8586920.82	944561.29	1.00	14.00	6.40	6.00	39.72	1.00	1.00	5.00
P6	876509.70	87650.97	0.00	16.00	6.30	2.00	0.00	1.00	1.00	2.00
P7	899997.50	116999.68	0.00	6.00	3.00	5.00	10.40	1.00	0.00	3.00
P8	3096759.35	216773.15	0.00	18.00	49.00	4.00	29.97	1.00	0.00	2.00

Sljedećim korakom ulazimo u proračun da bi se dobila matrica odlučivanja kako je i opisano formulama u postupku TOPSIS analize. Svaki broj se kvadrira, te se sumiraju svi dobiveni iznosi po kriterijima. Zatim se ta vrijednost korjenuje, te tako dobijemo iznose na dnu sljedeće tablice (obojeno ljubičasto).

Tablica 5. Matrica odlučivanja

MATRICA ODLUČIVANJA										
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
P1	3,187,396,067,584.00	45,898,503,373.21	0.00	100.00	7.84	9.00	25.00	1.00	1.00	1.00
P2	4,005,722,044,900.00	74,089,834,942.47	0.00	144.00	0.25	25.00	49.00	1.00	1.00	9.00
P3	1,556,292,427,710.25	32,721,047,388.16	0.00	324.00	484.00	16.00	138.77	1.00	0.00	9.00
P4	57,472,079,844,811.00	695,412,159,117.34	1.00	196.00	40.96	36.00	513.93	1.00	1.00	25.00
P5	73,735,209,168,949.50	892,196,030,566.46	1.00	196.00	40.96	36.00	1,577.68	1.00	1.00	25.00
P6	768,269,254,194.09	7,682,692,541.94	0.00	256.00	39.69	4.00	0.00	1.00	1.00	4.00
P7	809,995,500,006.25	13,688,925,120.10	0.00	36.00	9.00	25.00	108.16	1.00	0.00	9.00
P8	9,589,918,471,812.42	46,990,598,560.92	0.00	324.00	2,401.00	16.00	898.20	1.00	0.00	4.00
	12293286.09	1344871.664	1.414213562	39.69886648	54.98818055	12.92284798	57.53900069	2.828427125	2.236067977	9.273618495

Svaka normalizirana vrijednost iz prve priložene tablice podijeli se sa sumom dobivenom na dnu prethodne tablice, da bi dobili normaliziranu matricu.

Tablica 6. Normalizirana matrica

NORMALIZIRANA MATRICA										
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
P1	0.145228	0.159301	0.000000	0.251896	0.050920	0.232147	0.086898	0.353553	0.447214	0.107833
P2	0.162807	0.202394	0.000000	0.302276	0.009093	0.386912	0.121657	0.353553	0.447214	0.323498
P3	0.101479	0.134503	0.000000	0.453413	0.400086	0.309529	0.204731	0.353553	0.000000	0.323498
P4	0.616681	0.620069	0.707107	0.352655	0.116389	0.464294	0.393994	0.353553	0.447214	0.539164
P5	0.698505	0.702343	0.707107	0.352655	0.116389	0.464294	0.690314	0.353553	0.447214	0.539164
P6	0.071300	0.065174	0.000000	0.403034	0.114570	0.154765	0.000000	0.353553	0.447214	0.215666
P7	0.073210	0.086997	0.000000	0.151138	0.054557	0.386912	0.180747	0.353553	0.000000	0.323498
P8	0.251907	0.161185	0.000000	0.453413	0.891101	0.309529	0.520864	0.353553	0.000000	0.215666

Normalizirana matrica množi se sa jediničnom matricom težinskih koeficijenata.

Tablica 7. Težinska normalizirana matrica

TEŽINSKA NORMALIZIRANA MATRICA										
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
P1	0.021784	0.027081	0.000000	0.027709	0.002037	0.009286	0.008690	0.028284	0.022361	0.015097
P2	0.024421	0.034407	0.000000	0.033250	0.000364	0.015476	0.012166	0.028284	0.022361	0.045290
P3	0.015222	0.022866	0.000000	0.049875	0.016003	0.012381	0.020473	0.028284	0.000000	0.045290
P4	0.092502	0.105412	0.084853	0.038792	0.004656	0.018572	0.039399	0.028284	0.022361	0.075483
P5	0.104776	0.119398	0.084853	0.038792	0.004656	0.018572	0.069031	0.028284	0.022361	0.075483
P6	0.010695	0.011080	0.000000	0.044334	0.004583	0.006191	0.000000	0.028284	0.022361	0.030193
P7	0.010982	0.014789	0.000000	0.016625	0.002182	0.015476	0.018075	0.028284	0.000000	0.045290
P8	0.037786	0.027401	0.000000	0.049875	0.035644	0.012381	0.052086	0.028284	0.000000	0.030193
A+	0.104780	0.119400	0.084850	0.049880	0.035640	0.018570	0.070000	0.028280	0.022360	0.075480
A-	0.010690	0.011080	0.000000	0.016630	0.000360	0.006190	0.000000	0.028280	0.000000	0.015100

Idealno pozitivna i idealno negativna rješenja dobivamo jednostavno, formulama za  $S^+$  i  $S^-$ . Zatim računamo njihov zbroj. Sa zbrojem ulazimo u proračun omjera iz kojeg imamo konačno rangiranje rezultata.

Tablica 8. Idealno pozitivna rješenja

S+
0.178108502
0.163302434
0.169786066
0.048639430
0.032922901
0.189431452
0.182437823
0.151860192

Tablica 9. Idealno negativna rješenja

S-
0.037592586
0.057399789
0.062368081
0.168077440
0.190963969
0.046152033
0.047003800
0.082498537

Izračunavamo relativnu blizinu svake alternative idealnom rješenju i anti-idealnom rješenju. To se često provodi pomoću mjere sličnosti poput euklidske udaljenosti ili drugih mjernih podataka na daljinu.

### 4.3.1 Rangiranje

Tablica 10. Rangiranje rezultata

P (omjer)	RANG
0,17428	8
0,26008	5
0,26865	4
0,77556	2
0,85295	1
0,19591	7
0,20486	6
0,35202	3

Kao što je vidljivo iz priložene tablice, najbolja alternativa je alternativa 5 (P5). Najlošija alternativa je alternativa 1 (P1). Razlika između njihovih vrijednosti dobivenih TOPSIS metodom analize je 0,67867 što je poprilično velika razlika i jasno je da je alternativa 5 puno bolji izbor od alternative 1. Velika razlika u konačnom rješenju uvelike olakšava izbor vrste budućeg ulaganja.

### 4.3.2 Obrazloženje rezultata

Prvo i drugo rangirane alternative su P5 i P4. One su vrlo slične po načinu izvedbe i u stvarnosti su dio kompleksa od četiri približno iste stambene zgrade. Istaknute su ispred svih ostalih alternativa i razlika među ovom grupom i sljedećom po rangiranju je značajno velika. Potom slijedi alternativa P8 koja je u stvarnosti kuća za odmor. Vrlo blizu su alternative P3 i P2 koje su također slične jer se radi o manjoj stambenoj zgradi i kući za odmor. Nakon toga trebamo uočiti kako su P7 i P6 vrlo bliske te tako tvore sljedeću skupinu alternativa koje po ovoj analizi daju vrlo slične rezultate. Posljednje rangirana alternativa je prva koju smo analizirali u ovom procesu, P1, te nju definitivno isključujemo iz izbora za ulaganje u sljedeći projekt. Grafički prikaz rezultata koji se nalazi na slici ispod predočava grupiranje rezultata i bolje prikazuje veće i manje razlike među rezultatima. S lijeva na desno prikazani su rezultati analize po kojima je dobiven konačan rang.



Slika 17. Prikaz rezultata na dužini od 0 do 1



## 5. ZAKLJUČAK

Pristup je koristan jer omogućava uključivanje relevantnih dionika kroz težine koje oni daju. Također omogućava korištenje različitih kriterija u smislu njihovog iskazivanja. Naime, neki su iskazani ocjenom, a neki mjernom jedinicom. Ovo se pokazalo korisno jer analizira različite podatke koji su važni za donošenje odluke uzimajući u obzir stavke svih onih koji će sudjelovati u realizaciji tih projekata što je vrlo korisno jer svima njima, a posebno investitoru olakšava odluku o ulaganju odnosno o ulasku u projekt. S navedenim pristupom za svih se smanjuje neizvjesnost, te je ovako lakše planirati ulaganje u buduće poslovanje.

Konkretni rezultati ukazuju da treba uložiti u alternativu P5 (stambena zgrada), a sigurno ne u najslabije rangiranu alternativu P1 (poslovna hala). Usporedbom stvarno realiziranih projekata po vrsti i uzimajući u obzir kronologiju realizacije jasno je da su odstupanja od najbolje rangirane alternative do najgore rangirane velika. Dakle, jasno je da tip projekta sličan alternativu P5 je optimalan i najprofitabilniji kao odabir za sljedeću investiciju. Na ljestvici postoje i alternative koje su vrlo bliske najbolje rangiranoj pa i njih treba uzeti u optičaj za budući rad. Iz toga mogu se postaviti daljnji pravci istraživanja koji bi u ovakve analize uključili uvažavanje drugih poslovnih ograničenja za građevinske tvrtke kao što su zahtijevani veći obrtni kapital i slično. Ovdje to nije analizirano već je pretpostavljeno da za sve postoje dostatna sredstva. Uvođenjem ovog ili nekog drugog ograničenja moglo bi se kvalitetnije simulirati moguće događaje, a time i pružiti bolju podlogu investitorima prilikom odlučivanja o budućim građevinskim poduhvatima.

## 6. LITERATURA

- [1] <https://repozitorij.unipu.hr/islandora/object/unipu%3A4734/datastream/PDF/view>
- [2] <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:211:064372>
- [3] <https://repozitorij.gradst.unist.hr/islandora/object/gradst%3A697/datastream/PDF/view>
- [4] Živojin Prašević, Nataša Prašević: "Primena modifikovanog rasplinitog TOPSIS metoda za višekriterijumske odluke u građevinarstvu", znanstveni rad, Beogradski fakultet (2014.)
- [5] Dipl.ing.građ. Petar Peroš, dr.sc. Mariela Sjekavica Klepo, mag.ing.aedif Emir Zekić "Analiza kretanja tržišnih cijena na vodno-komunalnim infrastrukturnim projektima u Hrvatskoj" , Hrvatska grupacija vodovoda i kanalizacije, (2020)
- [6] Džeko, M., Kadoić, N., & Dobrović, Ž. (2019). Metamodeling SNAP, a Multi-Criteria Method for Effective Strategic Decision Making on e-Learning Issues. In 2019 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO) (pp. 849-853). IEEE.
- [7] Prof.dr.sc. Nikša Jajac, prof.dr.sc. Ivana Bilić, Dr.sc. Marko Mladineo: "Application of multicriteria methods to planning of investment project in the field of civil engineering", Croatian operational research review, (2012.)