



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА У
НОВОМ САДУ



ГОРАН ЈЕФТЕНИЋ

**МОДЕЛ ИЗБОРА ОПТИМАЛНИХ
ЛОКАЦИЈА МИНИ
ХИДРОЕЛЕКТРАНА**

ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА

Нови Сад, 2020.



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ • ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
21000 НОВИ САД, Трг Доситеја Обрадовића 6

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

| | |
|---|--|
| Редни број, РБР: | |
| Идентификациони број, ИБР: | |
| Тип документације, ТД: | Монографска публикација |
| Тип записа, ТЗ: | Штампана грађа |
| Врста рада, ВР: | Докторска дисертација |
| Аутор, АУ: | Горан Јефтенић |
| Ментор, МН: | Проф. др Срђан Колаковић |
| Наслов рада, НР: | Модел избора оптималних локација мини хидроелектрана |
| Језик публикације, ЈП: | Српски |
| Језик извода, ЈИ: | Српски/Енглески |
| Земља публикавања, ЗП: | Србија |
| Уже географско подручје, УГП: | Војводина |
| Година, ГО: | 2019. |
| Издавач, ИЗ: | Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду |
| Место и адреса, МА: | Нови Сад, 21000, Трг Доситеја Обрадовића 6 |
| Физички опис рада, ФО: (поглавља/страна/ цитата/табела/слика/графика/прилога) | 9/255/118 /17/64/0/45 |
| Научна област, НО: | Грађевинско инжењерство |
| Научна дисциплина, НД: | Хидротехника |
| Предметна одредница/Кључне речи, ПО: | Обновљиви извори енергије, мини хидроелектране, еколошки, технички и економски критеријуми, оптимална локација – рачунарски програм. |
| УДК | |
| Чува се, ЧУ: | Библиотека ФТН |
| Важна напомена, ВН: | - |
| Извод, ИЗ: | У овој докторској дисертацији дат је предлог модела за избор оптималног положаја мини хидроелектрана на основу техничких, економских и еколошких критеријума. Време писања дисертације дешава се у тренутку када се Р. Србија али и земље чланице ЕУ све више окрећу производњи електричне енергије из обновљивих извора енергије. Основни недостатак приликом планирања изградње мини хидроелектрана је одређивање њиховог оптималног положаја. Поред тога што је предложен начин за избор оптималног положаја, развијен је и рачунарски програм чија је основна сврха брзо одређивање оптималног положаја за изградњу мини хидроелектрана на основу претходно наведених критеријума. |
| Датум прихватања теме, ДП: | |
| Датум одбране, ДО: | |
| Чланови комисије, КО: | Председник: др Славиша Трајковић, ред. проф Члан: др Љубомир Будински, ванр. проф Члан: др Андрија Рашета, доцент Члан: др Милена Панић, научни сарадник Члан, ментор: др Срђан Колаковић, ред. проф. |
| | Потпис ментора |



UNIVERSITY OF NOVI SAD ● FACULTY OF TECHNICAL SCIENCES
21000 NOVI SAD, Trg Dositeja Obradovića 6

KEY WORDS DOCUMENTATION

| | |
|--|--|
| Accession number, ANO : | |
| Identification number, INO : | |
| Document type, DT : | Monographic publication |
| Type of record, TR : | Textual printed material |
| Contents code, CC : | Doctoral dissertation |
| Author, AU : | Goran Jeftenić |
| Mentor, MN : | Prof. dr Srđan Kolaković |
| Title, TI : | Model for selecting the optimal locations for small hydropower plants |
| Language of text, LT : | Serbian |
| Language of abstract, LA : | Serbian / English |
| Country of publication, CP : | Serbia |
| Locality of publication, LP : | Vojvodina |
| Publication year, PY : | 2019 |
| Publisher, PB : | Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad |
| Publication place, PP : | Novi Sad, 21000, Trg Dositeja Obradovića 6 |
| Physical description, PD : (chapters/pages/ref./tables/pictures/graphs/appendixes) | 9/255/118 /17/64/0/45 |
| Scientific field, SF : | Civil Engineering |
| Scientific discipline, SD : | Hydrotechnics |
| Subject/Key words, S/KW : | renewable energy sources, small hydropower plants, ecological, technical and economic criteria, optimum position – software. |
| UC | The Library of the Faculty of Technical Sciences |
| Holding data, HD : | |
| Note, N : | |
| Abstract, AB : | In this Ph.D dissertation the model for selecting the optimal locations for small hydropower plants based on technical, economic and ecological criteria was proposed. Its timing is not coincidental, as it appears at the moment when both the Republic of Serbia and the EU Member States are making a strong shift towards the production of electric power from renewable energy sources. The main shortcoming in planning the construction of small hydropower power plants is the model for determining their optimal location. Along with proposing a model for selecting the optimal location, the paper offers a software tool developed during the research, the basic purpose of which is to quickly determine the optimal locations for the construction of small hydro power plants based on the above-mentioned criteria. |
| Accepted by the Scientific Board on, ASB : | |
| Defended on, DE : | |
| Defended Board, DB : | President: Slaviša Trajković, PhD, Full Professor |
| | Member: Ljubomir Budinski, PhD, Associate Professor |
| | Member: Andrija Rašeta, PhD, Assistant Professor |
| | Member: Milena Panić, PhD, Research Associate |
| | Member, Mentor: Srđan Kolaković, PhD, Full Professor |
| | Mentor's sign |

АПСТРАКТ

Став да би употребу фосилних горива требало смањити, као и да би проценат алтернативних, еколошких али и оправданих извора енергије требало повећати, добија на значају све више. Сматра се да обновљиви извори енергије имају мањи утицај на животну средину у односу на традиционалне изворе добијене из фосилних горива због умањеног ефекта стаклене баште. Међутим, већина технолошких решења за добијање обновљиве енергије имају скромну улогу на глобалној сцени услед високих трошкова инсталације, што је последица занемаривања еколошких нуспојава приликом одређивања цене енергије. Усвајањем циљева 20-20-20 током 2007. године Европска Унија је поставила циљеве усмерене ка борби против климатских промена и растуће употребе фосилних горива. У плану за период 2021-2030. постављени су још амбициознији циљеви који таргетирају смањење ефекта стаклене баште од 40 %, даље удео од 32 % за обновљиву енергију и 32.5 % напретка у енергетској ефикасности.

Последњих година хидроенергија добија све већи значај међу доступним обновљивим изворима енергије, имајући виталну улогу у смањењу светске зависности од фосилних горива. Међутим, коришћење хидроенергетског потенцијала укључује изградњу великих и мини хидроелектрана, које нису подједнако прихватљиве опције у многим земљама. Будући да велики хидроенергетски пројекти имају изузетно велике социјалне и економске утицаје, као и утицаје на животну средину, опште је мишљење да су мини хидроелектране прихватљивије решење.

Узимајући у обзир геоморфолошке и хидролошке карактеристике терена, хидроенергетски потенцијал Републике Србије је процењен на 31000 GWh годишње, од којих се технички може искористити 17000 GWh. Постојеће велике хидроелектране користе око 10000 GWh од укупног хидропотенцијала. Остатак од 7000 GWh би се могао искористити изградњом великих (75 %) и мини (25 %) хидроелектрана. Потенцијал малих водотока који одговара инсталацији мини хидроелектрана, достиже еквивалент нафте од 0.4 милиона тона или 3 % укупног потенцијала обновљивих извора у Републици Србији. Већина планина у Р. Србији су релативно богате водом, са рекама стрмих токова у кратким интервалима, што осигурава повољне услове за експлоатацију. Иако су у Републици Србији повољни услови за изградњу мини хидроелектрана, у смислу позиције река, топографије и хидрологије, могућност производње електричне енергије на овај начин није довољно искоришћења. С обзиром на то, веома је значајно анализирати и проучити потенцијална подручја, а затим и повољне локације на одређеним водотоковима где је могуће изградити мини хидроелектране.

У овој докторској дисертацији дат је предлог модела за избор оптималног положаја мини хидроелектрана на основу техничких, економских и еколошких критеријума. Време писања дисертације дешава се у тренутку када се Р. Србија али и земље чланице ЕУ све више окрећу производњи електричне енергије из обновљивих извора енергије. Основни недостатак приликом планирања изградње мини хидроелектрана је одређивање њиховог оптималног положаја. Поред тога што је предложен начин за избор оптималног положаја, развијен је и рачунарски програм чија је основна сврха брзо одређивање оптималног положаја за изградњу мини хидроелектрана на основу претходно наведених критеријума.

КЉУЧНЕ РЕЧИ: обновљиви извори енергије, мини хидроелектране, еколошки, технички и економски критеријуми, оптимална локација – рачунарски програм.

ABSTRACT

The attitude that the use of fossil energy sources should be reduced and that the share of alternative, environmentally friendly and justified energy sources in the global energy balance should increase has gained importance. Renewable energy sources are considered to have a lower impact on the environment than the conventional energy sources from fossil fuels, due to reduced greenhouse gas emissions. However, most renewable energy technologies still play a modest role in the global energy matrix due to high production costs, which is a consequence of neglecting environmental externalities in estimating the cost of energy. By adopting the 20-20-20 targets in 2007, the European Union set goals towards combating climate change and increasing the deployment of energy from RES. These goals have become even more ambitious for the 2021–2030 period, targeting a 40 % cut in greenhouse gas emissions, 32% share for renewable energy and 32.5 % improvement in energy efficiency.

In recent years, hydropower has been gaining an increasing significance among available renewable energy sources, playing a vital role in reducing the world's dependence on fossil fuels. However the utilization of hydropower potential involves the construction of large and small hydropower plants, which are not equally acceptable options in many countries. Since large hydropower projects have major negative social, economic and environmental impacts, general opinion is that small hydropower plants seem to be a more acceptable solution.

Keeping in mind the geomorphological and hydrological characteristics of the terrain, the hydropower potential of the Republic of Serbia is estimated at 31000 GWh per year, out of which 17.000 GWh can be technically exploited. The major active hydropower plants use about 10.000 GWh of the total hydropower potential. The remaining potential, amounting to 7000 GWh, could be used if large (75%) and small (25%) hydropower plants were constructed. The potential of small water courses that could be used for the installation of small hydropower plants reaches 0.4 million tonne oil equivalent or 3% of the total potential of renewable sources in the Republic of Serbia. Most mountains in the Republic of Serbia are rather rich in water, with steep streams at short intervals, which ensures favorable conditions for exploitation. Although the Republic of Serbia has favorable conditions for the construction of mini hydropower plants, in terms of the position of rivers, topography and hydrology, the potential for electric power production is insufficiently exploited. In this respect, it is very important to analyze and explore potential areas and favorable locations in specific watercourses suitable for the construction of small hydropower plants.

In this Ph.D dissertation it was propose a model for selecting the optimal locations for small hydropower plants based on technical, economic and ecological criteria. Its timing is not coincidental, as it appears at the moment when both the Republic of Serbia and the EU Member States are making a strong shift towards the production of electric power from renewable energy sources. The main shortcoming in planning the construction of small hydropower power plants is the model for determining their optimal location. Along with proposing a model for selecting the optimal location, the paper offers a software tool developed during the research, the basic purpose of which is to quickly determine the optimal locations for the construction of small hydro power plants based on the above-mentioned criteria.

KEY WORDS: *renewable energy sources, small hydropower plants, ecological, technical and economic criteria, optimum location software.*

ЛИСТА ОЗНАКА И СКРАЋЕНИЦА

| |
|---|
| RES – Обновљиви извори енергије (Renewable energy sources) |
| ESHA – Европска асоцијација за мини хидроелектране (European small hydropower association) |
| HYDI – Hydro data initiative |
| DTM – Дигитални модел терена (Digital terrain model) |
| LIDAR – Уређај за ласерско скенирање терена (Light detection and ranging) |
| GIS – Географски информациони систем (Geographic information system) |
| DSM – Дигитални модел површине (Digital surface model) |
| ArcGIS – Програм (System software) |
| SWAT2000 – Програм за хидролошко моделирање (Hydrological model) |
| SHPOP – Програм за одрђивање оптималних локација за мини хидроелектране (Small hydro power plant optimum position software) |
| GNSS – Глобални навигациони сателитски систем (Global Navigation Satellite System). |
| MXE – Мини хидроелектране (small hydropower plants) |
| TDLP – Теоретски линеарни хидропотенцијал (theoretical linear hydro potential) |
| МКА – Мултикритеријумска анализа (Multicriteria analysis) |
| MAO – Мултиатрибутивно одлучивање (Multiattributive decision making) |
| MNO – Мултинаменско одлучивање (Multi-purpose decision making) |
| AHP – Аналитички хијерархиски процес (Analytical hierarchical process) |
| C_I – Инвестициона цена (investment cost) (€/kW) |
| C – Пондерисана аритметичка средина (Weighted arithmetic mean) (/) |
| CRF – Фактор опоравка (capital recovery factor) (%) |
| C_{OM} – Трошкови одржавања и експлоатације мини хидроелектране (operating and maintenance cost) |
| GPS – Глобални позициони систем (Globalnog Pozicionog Sistema) |
| IMU – Инерцијалне мерне јединице (Inertial measurement Unit) |
| w, w_i – Тежина i – тог критеријума (Weight of the i criterion) (/) |
| x_i – Вредност i – тог критеријума (Rank value of the i criterion) (/) |
| X, Y, Z – Координате чворова (Coordinates of nodes) (km) |
| A_i – Припадајућа сливна површина (Corresponding basin surfaces) (km ²) |
| q_i – Просечан годишњи специфични отицај (Average specific annual discharges) |
| k_{sr} – Коефицијент корекције за инсталисани протицај (Coefficient of correction of the installed flow) (/) |
| k_{dot} – Коефицијент минимално одрживог протицаја (Minimum sustainable flow coefficient) (/) |
| k_{of} – Коефицијент преливних вода (Overflow coefficient) (/) |
| η_T – Коефицијент ефикасности турбине (Coefficient of useful effect of turbine) (/) |
| η_G – Коефицијент ефикасности генератора (Coefficient of useful effect of generator) (/) |
| R_{of} – Преливне воде (overflow water) |
| R_{dot} – Минимално одрживи протицај (Minimum sustainable flow) |
| l_{max} – Максимална дужина између машинске зграде и водозахвата (Maximum length between intake and power house) (km) |
| PT_{min}, PT – Минимално инсталисана снага мини хидроелектране, инсталисана снага мини хидроелектране (Minimum installed power for the small hydropower plant, installed power for the small hydropower plant) (kW) |
| λ_1 – Коефицијент линијског губитка за велики пад изнад 100 m и дуг цевовод (Line loss; high head – more than 100 m; long pipeline) (/) |
| λ_2 – Коефицијент линијског губитка за средњи пад од 30 - 100 m и кратак цевовод (Line loss; mean head – 30 m to 100 m; short pipeline) (/) |
| λ_3 – Коефицијент линијског губитка за мали пад испод 30 m и кратак цевовод (Line loss; low head – up to 30 m; short pipeline) (/) |
| Q_T – Инсталисани протицај (Installed flow rate) (m ³ /s) |
| Q_{sr} – Средњи годишњи протицај (middle annual flow) (m ³ /s) |
| F – Површина слива (catchment area) (km ²) |
| H_n – Нето пад (net head) (m) |
| H_b – Бруто пад (gross head) (m) |
| P_b – Бруто снага мини хидроелектране (gross power small hydropower plant) (W) |
| D_c – Пречник цевовода (diameter of the pipeline) (m) |
| p – Максимални притисак у цевоводу (max pressure in the pipeline) (N/m ²) |
| P_n – Нето снага мини хидроелектране (net power small hydropower plant) (W) |
| ρ – Густина воде (water density) (kg/m ³) |
| COE – Цена електричне енергије (Unit cost of electricity) (c€/kW) |
| AEP – Годишња производња електричне енергије (Annual electric power production) (GWh/a) |
| L_p – Дужина далековода (Length of the transmission line) (m) |

САДРЖАЈ

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | УВОДНЕ НАПОМЕНЕ | 13 |
| 1.1 | Предмет и проблем истраживања | 13 |
| 1.2 | Циљ истраживања | 14 |
| 1.3 | Хипотезе истраживања | 15 |
| 1.4 | Примењена методологија истраживања..... | 15 |
| 1.5 | Примењивост остварених резултата..... | 15 |
| 1.6 | Подела докторске дисертације по поглављима | 16 |
| 2 | ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ И АКТУЕЛНИХ СТАВОВА У ОБЛАСТИ ИСТРАЖИВАЊА..... | 17 |
| 2.1 | Опште напомене | 17 |
| 2.2 | Предности коришћења мини хидроелектрана..... | 17 |
| 2.3 | Приступ и методологије избора оптималних локација мини хидроелектрана | 18 |
| 3 | МИНИ ХИДРОЕЛЕКТРАНЕ И ЊИХОВА ПРИМЕНА..... | 23 |
| 3.1 | Подела мини хидроелектрана..... | 26 |
| 3.1.1 | Прибранске мини хидроелектране | 27 |
| 3.1.2 | Деривационе мини хидроелектране | 27 |
| 3.1.3 | Комбинована постројења | 27 |
| 3.2 | Теоретске основе пројектовања мини хидроелектрана | 28 |
| 3.2.1 | Подлоге за пројектовање мини хидроелектрана..... | 28 |
| | 3.2.1.1 <i>Топографске подлоге</i> | 29 |
| | 3.2.1.2 <i>Геодетске подлоге</i> | 29 |
| | 3.2.1.3 <i>Хидролошке подлоге</i> | 29 |
| 3.2.2 | Избор локације за изградњу мини хидроелектране..... | 32 |
| | 3.2.2.1 <i>Критеријуми за избор локације за изградњу мини хидроелектрана</i> | 32 |
| | 3.2.2.1.1 <i>Друштвено – економски и социјални критеријуми</i> | 32 |
| | 3.2.2.1.2 <i>Критеријум заштите животне средине</i> | 32 |
| | 3.2.2.1.3 <i>Еколошки критеријум</i> | 33 |
| 3.3 | Хидрауличка постројења у оквиру мини хидроелектране | 33 |
| 3.4 | Технички прорачун – биланс снаге и енергије хидроелектране..... | 33 |
| 3.5 | Хидроенергетски потенцијал | 36 |
| 3.6 | Хидрауличне турбине | 37 |
| 3.6.1 | Класификација хидрауличних турбине | 38 |
| | 3.6.1.1 <i>Реакционе турбине</i> | 38 |
| | 3.6.1.1.1 <i>Франсисова турбина</i> | 38 |
| | 3.6.1.1.2 <i>Капанова турбина</i> | 40 |
| | 3.6.1.2 <i>Акционе турбине</i> | 40 |
| | 3.6.1.2.1 <i>Пелтонова турбина</i> | 40 |
| | 3.6.1.2.2 <i>Банкијева (Cross-flow) турбина</i> | 42 |
| 3.6.2 | Избор типа турбине | 43 |
| 3.7 | Врсте водозавхвата код малих хидроелектрана | 46 |
| 3.7.1 | Чезони захват | 46 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 3.7.2 | Бочни захват | 46 |
| 3.7.3 | Речни захват | 46 |
| 3.7.4 | Прибрански потопљени водозахват | 47 |
| 3.7.5 | Горњи захват | 47 |
| 3.7.6 | Врећасте бране као захват воде за мини хидроелектране..... | 47 |
| 3.8 | Довод воде за мини хидроелектране | 48 |
| 3.8.1 | Прелаз воде испод саобраћајнице | 48 |
| 3.8.2 | Потисни цевовод..... | 48 |
| 3.9 | Економско–финансијски показатељи мини хидроелектране..... | 50 |
| 3.9.1 | Економски показатељи избора турбинског агрегата..... | 50 |
| 3.9.2 | Економско–финансијски показатељи изградње мини хидроелектрана | 51 |
| 3.10 | Полазне основе за пројектовање мини хидроелектрана..... | 53 |
| 4 | ПРИМЕЊЕНА МЕТОДОЛОГИЈА И ФАЗЕ РАДА | 55 |
| 4.1 | Геодетско прикупљање података и израда дигиталног модела терена..... | 55 |
| 4.2 | Дефинисање чворова у географском информационом систему | 63 |
| 4.3 | Хидролошка анализа | 65 |
| 4.3.1 | Средњи годишњи проток за чворове модела | 65 |
| 4.3.2 | Преливне воде за чворове модела | 66 |
| 4.3.3 | Минимални (еколошки) одрживи проток..... | 67 |
| 4.4 | Параметри мини хидроелектране | 68 |
| 4.4.1 | Инсталисани проток | 68 |
| 4.4.2 | Висински пад између водозавата и машинске зграде мини хидроелектране..... | 68 |
| 4.4.3 | Избор типа турбине | 69 |
| 4.5 | Одређивање оптималне локације мини хидроелектране..... | 70 |
| 4.6 | Критеријуми за избор оптималног положаја мини хидроелектране | 71 |
| 4.6.1 | Технички критеријуми | 71 |
| 4.6.2 | Економски критеријуми | 72 |
| 4.6.3 | Еколошки критеријуми | 75 |
| 4.6.4 | Критеријуми за искључење..... | 76 |
| 4.7 | Предлог начина за одређивање оптималног положаја мини хидроелектрана применом пондерисане аритметичке средине | 76 |
| 5 | МУЛТИКРИТЕРИЈУМСКА АНАЛИЗА..... | 77 |
| 5.1 | Општи део | 77 |
| 5.2 | Проблем одлучивања | 79 |
| 5.3 | Математичко моделирање у процесу доношења одлука | 80 |
| 5.4 | Мултикритеријумско одлучивање | 81 |
| 5.4.1 | Одређивање алтернативе..... | 81 |
| 5.4.2 | Избор критеријума..... | 82 |
| 5.4.2.1 | Технички критеријуми..... | 83 |
| 5.4.2.2 | Економски критеријуми..... | 83 |
| 5.4.2.3 | Еколошки критеријуми..... | 84 |
| 5.4.3 | Дефинисање тежинских фактора..... | 84 |
| 5.4.3.1 | Методe рангирања | 85 |
| 5.5 | Методe мултикритеријумског одлучивања..... | 86 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 5.6 | <i>Promethee</i> метода..... | 88 |
| 5.6.1 | GAIA раван..... | 93 |
| 5.7 | <i>SHPOP</i> програм за аутомтско одређивање оптималног положаја мини хидроелектране | 94 |
| 6 | ПРИМЕНА МОДЕЛА МУЛТИКРИТЕРИЈУМСКОГ ОДЛУЧИВАЊА У ПРОЦЕСУ ИЗБОРА ОПТИМАЛНИХ ЛОКАЦИЈА МИНИ ХИДРОЕЛЕКТРАНА..... | 99 |
| 6.1 | Анализа добијених резултата | 100 |
| 6.1.1 | Звоначка река | 100 |
| 6.1.2 | Кутинска река..... | 103 |
| 6.1.3 | Дојкиначка река | 104 |
| 6.1.4 | Каменичка река | 106 |
| 6.1.5 | Мокранска река | 108 |
| 7 | ЗАВРШНЕ НАПОМЕНЕ И ЗАКЉУЧЦИ | 111 |
| 7.1 | Опште напомене | 111 |
| 7.2 | Закључци | 112 |
| 7.3 | Правци будућих истраживања | 113 |
| 8 | ПОПИС ЛИТЕРАТУРЕ И ИЗВОРА..... | 115 |
| 9 | ПРИЛОЗИ..... | 121 |
| 9.1 | Звоначка река | 122 |
| 9.1.1 | Рангирање по годишњој производњи електричне енергије | 122 |
| 9.1.2 | Рангирање по инвестиционој цени (Република Србија) | 125 |
| 9.1.3 | Рангирање по инсталисаном протоку | 128 |
| 9.1.4 | Рангирање по инвестиционој цени (ЕУ)..... | 131 |
| 9.1.5 | Рангирање по цени одржавања и експлоатације (ЕУ)..... | 134 |
| 9.1.6 | Рангирање по односу АЕР и дужине цевовода | 137 |
| 9.1.7 | Рангирање по дужини далековода..... | 140 |
| 9.1.8 | Рангирање по пондерисаној аритметичкој средини | 143 |
| 9.1.9 | Сумарни приказ резултата рангирања | 146 |
| 9.2 | Кутинска река | 150 |
| 9.2.1 | Рангирање по годишњој производњи електричне енергије..... | 150 |
| 9.2.2 | Рангирање по инвестиционој цени (Република Србија) | 153 |
| 9.2.3 | Рангирање по инсталисаном протоку | 156 |
| 9.2.4 | Рангирање по инвестиционој цени (ЕУ)..... | 159 |
| 9.2.5 | Рангирање по цени одржавања и експлоатације (ЕУ)..... | 162 |
| 9.2.6 | Рангирање по односу АЕР и дужине цевовода | 165 |
| 9.2.7 | Рангирање по дужини далековода..... | 168 |
| 9.2.8 | Рангирање по пондерисаној аритметичкој средини | 171 |
| 9.2.9 | Сумарни приказ резултата рангирања | 174 |
| 9.3 | Дојкиначка река | 178 |
| 9.3.1 | Рангирање по годишњој производњи електричне енергије..... | 178 |
| 9.3.2 | Рангирање по инвестиционој цени (Република Србија) | 181 |
| 9.3.3 | Рангирање по инсталисаном протоку | 184 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 9.3.4 | Рангирање по инвестиционој цени (ЕУ)..... | 187 |
| 9.3.5 | Рангирање по цени одржавања и експлоатације (ЕУ)..... | 190 |
| 9.3.6 | Рангирање по односу АЕР и дужине цевовода | 193 |
| 9.3.7 | Рангирање по дужини далековода..... | 196 |
| 9.3.8 | Рангирање по пондерисаној аритметичкој средини | 199 |
| 9.3.9 | Сумарни приказ резултата рангирања | 202 |
| 9.4 | Каменичка река..... | 206 |
| 9.4.1 | Рангирање по годишњој производњи електричне енергије..... | 206 |
| 9.4.2 | Рангирање по инвестиционој цени (Република Србија) | 209 |
| 9.4.3 | Рангирање по инсталисаном протоку | 212 |
| 9.4.4 | Рангирање по инвестиционој цени (ЕУ)..... | 215 |
| 9.4.5 | Рангирање по цени одржавања и експлоатације (ЕУ)..... | 218 |
| 9.4.6 | Рангирање по односу АЕР и дужине цевовода | 221 |
| 9.4.7 | Рангирање по дужини далековода..... | 224 |
| 9.4.8 | Рангирање по пондерисаној аритметичкој средини | 227 |
| 9.4.9 | Сумарни приказ резултата рангирања | 230 |
| 9.5 | Мокранска река..... | 234 |
| 9.5.1 | Рангирање по годишњој производњи електричне енергије..... | 234 |
| 9.5.2 | Рангирање по инвестиционој цени (Република Србија) | 237 |
| 9.5.3 | Рангирање по инсталисаном протоку | 240 |
| 9.5.4 | Рангирање по инвестиционој цени (ЕУ)..... | 243 |
| 9.5.5 | Рангирање по цени одржавања и експлоатације (ЕУ)..... | 246 |
| 9.5.6 | Рангирање по односу АЕР и дужине цевовода | 249 |
| 9.5.7 | Рангирање по дужини далековода..... | 252 |
| 9.5.8 | Рангирање по пондерисаној аритметичкој средини | 255 |
| 9.5.9 | Сумарни приказ резултата рангирања | 258 |

Списак слика:

| | |
|--|----|
| Слика 3.1 Хидрограм и Крива трајања протицаја..... | 32 |
| Слика 3.2 Вертикална Франсисова турбина [34] | 39 |
| Слика 3.3 Радно коло Франсисове турбине [34]..... | 39 |
| Слика 3.4 Капланова турбина [34] | 40 |
| Слика 3.5 Пелтонова турбина [34]..... | 41 |
| Слика 3.6 Банкијева турбина типа Ossberger [34] | 43 |
| Слика 3.7 Подручије примене турбине [34] | 44 |
| Слика 3.8 Зависност степена корисности од промене протока за различите типове турбине [34] | 45 |
| Слика 3.9 Зависност степена корисности од промене снаге за различите типове турбине [34] | 45 |
| Слика 3.10 Цена различитих типова турбина у \$1000 искључујући цену генератора и погона [34, 55] | 51 |
| Слика 3.11 Специфични инвестициони трошкови мини хидроелектрана у функцији бруто пада и инсталисане снаге [34] | 52 |
| Слика 3.12 Алгоритам за индентификацију погодних профила за одређивање потенцијалних локација [61]..... | 53 |
| Слика 4.1 Снимање терена из авиона и 3D модел терена добијен аерофотограметријом [54] | 56 |
| Слика 4.2 Беспилотна летелица [54]..... | 56 |
| Слика 4.3 Систем мобилног лидара | 57 |
| Слика 4.4 Дигитални модели терена резолуције 30m, 5m и 25cm [73] | 58 |
| Слика 4.5 Дигитални модели терена (лево) и дигитални модел површи (десно) [73] | 59 |
| Слика 4.6 Облак тачака [73] | 59 |
| Слика 4.7 Подужни и попречни профил речног тока..... | 60 |
| Слика 4.8 Генерисане изохипсе са еквидистанцом од 1m, 5m и 10m [73] | 60 |
| Слика 4.9 Ситуациони приказ речног тока..... | 61 |
| Слика 4.10 Намена површине..... | 61 |
| Слика 4.11 Дигитални ортофото | 62 |
| Слика 4.12 Дигитализована карта изоленија модула специфичног отицаја [35] | 62 |
| Слика 4.13 14 Карта заштићених природних добара [107] | 63 |
| Слика 4.14 Ситуациони приказ речног тока са уртаним чворовима..... | 64 |
| Слика 4.15 Подела слива на припадајуће сливне површине..... | 64 |
| Слика 4.16 Карта изоленија модула специфичног отицаја..... | 66 |
| Слика 4.17 Губици на цевоводу у функцији протока и пречника цевовода..... | 69 |
| Слика 4.18 Типови турбина у зависности од пада и годишњег протока..... | 69 |
| Слика 4.19 Инвестициони трошкови изградње мини хидроелектране | 73 |
| Слика 4.20 Инвестициони трошкови изградње мини хидроелектране [16] | 74 |
| Слика 4.21 Цена одржавања и експлоатације мини хидроелектране [16] | 75 |
| Слика 5.1 Процес мултикритеријумске анализе у одлучивању о одрживој енергији [118] | 78 |
| Слика 5.2 График функције обичног критеријума [14]..... | 89 |
| Слика 5.3 График функције квази критеријума [14] | 89 |
| Слика 5.4 График функције са линеарном преференцијом [14] | 90 |
| Слика 5.5 График функције са нивоима константне преференције [14] | 90 |
| Слика 5.6 График функције критеријума са линеарном преференцијом и подручијем индиференције [14] | 91 |
| Слика 5.7 График функције Гаусовог критеријума [14] | 91 |
| Слика 5.8 Excel file за аутоматско читавање улазних података | 94 |

| | |
|---|-----|
| Слика 5.9 Графички интерфејс са учитаним улазним подацима | 95 |
| Слика 5.10 Прозор са израчунатим TDLP за сваки чвор појединачно | 95 |
| Слика 5.11 Дефинисање параметера турбине и аутоматски избор врсте турбине..... | 96 |
| Слика 5.12 Цена изградње мини хидроелектране..... | 96 |
| Слика 5.13 Коефицијенти за пондерисану аритметичку средину..... | 97 |
| Слика 5.14 Табеларни приказ резултата прорачуна за критеријум инсталирани протицај..... | 97 |
| Слика 5.15 Графички приказ резултата прорачуна..... | 97 |
| Слика 6.1 Географски положај анализираних водотокова (заокружено црвеном линијом) | 99 |
| Слика 6.2 Положај Звоначке реке са припадајућим степеном заштите животне средине.... | 101 |
| Слика 6.3 Оптималне комбинације чворова за Звоначку реку према техничким (плава боја) и економским критеријумима (црвена боја), као и према пондерисаној аритметичкој средини (црна боја), SHPOP програм | 101 |
| Слика 6.4 GAIA раван за тежине критеријума, Visual Promethee | 102 |
| Слика 6.5 Положај Кутинске реке са припадајућим степеном заштите животне средине... 103 | |
| Слика 6.6 Оптималне комбинације чворова за Кутинску реку према техничким (плава боја) и економским критеријумима (црвена боја), као и према пондерисаној аритметичкој средини (црна боја), SHPOP програм..... | 103 |
| Слика 6.7 GAIA раван за тежине критеријума, Visual Promethee | 104 |
| Слика 6.8 Положај Дојкиначке реке са припадајућим степеном заштите животне средине105 | |
| Слика 6.9 Оптималне комбинације чворова за Дојкиначку реку према техничким (плава боја) и економским критеријумима (црвена боја), као и према пондерисаној аритметичкој средини (црна боја), SHPOP програм..... | 105 |
| Слика 6.10 GAIA раван за тежине критеријума, Visual Promethee | 106 |
| Слика 6.11 Положај Каменичке реке са припадајућим степеном заштите животне средине | 107 |
| Слика 6.12 Оптималне комбинације чворова за Каменичку реку према техничким (плава боја) и економским критеријумима (црвена боја), као и према пондерисаној аритметичкој средини (црна боја), SHPOP програм..... | 107 |
| Слика 6.13 GAIA раван за тежине критеријума, Visual Promethee | 108 |
| Слика 6.14 Положај Мокрањске реке са припадајућим степеном заштите животне средине | 109 |
| Слика 6.15 Оптималне комбинације чворова за Мокранску реку према техничким (плава боја) и економским критеријумима (црвена боја), као и према пондерисаној аритметичкој средини (црна боја), SHPOP програм..... | 109 |
| Слика 6.16 GAIA раван за тежине критеријума, Visual Promethee | 110 |

Списак табела:

| | |
|---|-----|
| Табела 3.1 Највећи произвођачи електричне енергије из хидроелектране [55]..... | 24 |
| Табела 3.2 Број и инсталисана снага изграђених МХЕ у Европи [55] | 24 |
| Табела 3.3 Преостали потенцијал за изградњу МХЕ у Европи [55] | 25 |
| Табела 3.4 Горња граница инсталисане снаге мини хидроелектране [76] | 25 |
| Табела 3.5 Подела хидроелектрана према расположивом паду и снази [64] | 25 |
| Табела 3.6 Зависност типа турбине од висине пада [34] | 43 |
| Табела 3.7 Зависност типа турбине од специфичне брзине [34] | 44 |
| Табела 4.1 Основне карактеристике система Riegl VUX 1 UAV [73] | 57 |
| Табела 4.2 Израчунате вредности средњег годишњег протока за профиле на сливу..... | 66 |
| Табела 5.1 Сатијева скала [96] | 86 |
| Табела 6.1 Општи географски подаци анализираних водотокова..... | 99 |
| Табела 6.2 Улазни подаци за рангирање комбинације чворова..... | 100 |
| Табела 6.3 Оптималне комбинације чворова према свим критеријумима за Звоначку реку..... | 100 |
| Табела 6.4 Оптималне комбинације чворова према свим критеријумима за Кутинску реку ... | 103 |
| Табела 6.5 Оптималне комбинације чворова према свим критеријумима за Дојкиначку реку. | 104 |
| Табела 6.6 Оптималне комбинације чворова према свим критеријумима за Каменичку реку. | 106 |
| Табела 6.7 Оптималне комбинације чворова према свим критеријумима за Мокранску реку. | 108 |

1 УВОДНЕ НАПОМЕНЕ

1.1 Предмет и проблем истраживања

Имајући у виду привредни развој данас и оно што нас очекује у будућности немогуће га је замислити без обезбеђења потребне енергије. Енергија има кључну улогу у развоју једне државе и дефинисању животног стандарда. Услед брзог раста популације и индустрије широм света, потражња за енергијом се нагло повећала. Тренутно се светски енергетски системи већином заснивају на фосилним горивима и у великој мери зависе од њих. Године 2014. конвенционални ресурси енергије као што су угљ, природни гас, нафта и нуклеарна енергија чинили су 80% примарне светске потрошње енергије. Међутим, ови ресурси су знатно количински ограничени, утичу на загађење животне средине и у великој мери нарушавају еколошку равнотежу. Са друге стране, неконвенционални, обновљиви извори енергије као што су ветар, соларна, хидро и геотермална енергија, као и енергија плиме и осеке представљају обимне и неисцрпне изворе енергије који не загађују животну средину. Стога се производња енергије током последњих година усмерава на ове неконвенционалне обновљиве изворе енергије [89]. Потенцијал обновљивих извора енергије препознале су како земље у развоју тако и мање развијене земље. Коришћење обновљивих извора енергије знатно повећава раст у енергетском сектору, због тога је и већина земаља у своју развојну политику укључила различите подстицаје за развој обновљивих извора енергије. У марту 2007. године лидери ЕУ поставили су климатске и енергетске циљеве које би Унија требало да постигне од 2020. године, подстичући Европу да постане енергетски ефикасна економија са ниском емисијом угљен-диоксида. Такозвани циљеви 20-20-20 представљају 20% смањења емисије гасова са ефектом стаклене баште (greenhouse gas – GHG) у ЕУ, у односу на ниво из 1990. године, повећање удела потрошње енергије из обновљивих извора на 20% и 20% побољшања енергетске ефикасности ЕУ. Општи циљ 20-20-20 јесте борба против климатских промена, повећање енергетске сигурности ЕУ, учвршћење конкурентности и обезбеђење ефикасног коришћења енергије [15].

Сваки електроенергетски систем је комплексан, састављен од великог броја међусобно зависних елемената чије узајамно деловање је евидентно од производње до дистрибуције добијене енергије. У том смислу планирање енергетског система и његово функционисање подразумева системски, мултидисциплинарни приступ, који треба да садржи више различитих аспеката, а пре свега: социјални, технички и економски.

До пре неколико година електроенергетски систем обухватао је производњу и дистрибуцију електричне енергије произведене, највећим делом у термоелектранама и великим хидроелектранама. Међутим, у последње време се све више заступа принцип коришћења обновљивих извора енергије, међу којима су и мини хидроелектране као врло активан, исплатив и обновљив извор енергије. Оне су дуго биле коришћене као извор енергије али су запостављене као комерцијални извор енергије због растућег тренда изградње великих и високоефикасних хидроенергетских постројења. Само неколико земаља (нпр. Аустрија, Кина) су користиле мини хидроелектране и успеле да их делимично задрже с обзиром на њихов техничко–технолошки аспект [66]. Тај заокрет у енергетској политици у већини земаља Европе као и у Републици Србији није био пропраћен одговарајућим истраживањима, која би дала потребне подлоге за реалније анализе могуће производње таквих постројења и њихов утицај на окружење.

У том смислу, на основу горе наведеног произилази и предмет овог истраживања који би обухватио израду методологије за анализу хидролошког потенцијала за потребе мини хидроелектрана, као и сам процес планирања и рада мини хидроелектрана

применом савремених математичких модела. У оквиру истраживања утврдиће се скуп критеријума који је неопходно узети у разматрање приликом одлучивања о избору оптималне локације. Надаље, дефинисаће се значајност тих критеријума и исти ће бити инкорпорирани у модел избора оптималних локација мини хидроелектрана.

1.2 Циљ истраживања

Смањење интензитета угљеника у технологијама за производњу електричне енергије данас изгледа као спор и дуготрајан процес упркос значајној примени технологија обновљивих извора енергије на развијеним тржиштима ЕУ, континуирано коришћење угља у земљама у развоју ограничава напредак даље декарбонизације производње енергије. Електрична енергија се данас већином производи из фосилних горива (70%), док 20% долази из обновљивих извора енергије. Зависност од фосилних горива у Европи је у порасту: 2011. године потрошено је 406 милијарди евра на увоз фосилних горива, а у 2012. овај износ порастао је на 545 милијарди евра. Према проценама Европске комисије о утицају и економској користи обновљивих извора енергије, циљ од 27% енергије из обновљивих извора до 2030. године, кроз 20 година (2011–2030.) довео би до уштеде од 190 милијарди евра на увозу фосилних горива, а циљ од 30% енергије из обновљивих извора би, у истом временском периоду, уштедео 450 милијарди евра од трошкова увоза фосилних горива – што је 260 милијарди више за период од 20 година или 13 милијарди евра годишње [15]. Штавише, према извештају Европске комисије о енергетском економском развоју у Европи, захваљујући обновљивим изворима енергије само у 2010. години уштеђено је 30 милијарди евра на увозу горива. Ако овај број упоредимо са укупним трошковима подршке обновљивим изворима енергије од 26 милијарди евра у Европи у истој години, евидентно је да су трошкови подршке обновљивим изворима компензовани уштедама у увозу фосилних горива. Предвиђа се да ће се, на дуге стазе, ситуација вероватно обрнути, у 2050. години 65% електричне енергије биће произведено из обновљивих извора енергије, а 20% из фосилних горива. Према сценарију компаније „Shell“ (Shell), обновљиви извори енергије би до 2050. године могли да снабдевају 50% производње светске енергије. Осим тога, институт „Grinpis“ (Greenpeace) сугерисао је да би до 2100. године могли да имамо енергетски систем који се готово у потпуности заснива на обновљивим изворима енергије, претпостављајући чак и континуирани годишњи раст од 2% у коришћењу енергије.

Република Србија има значајан потенцијал обновљивих извора енергије. Коришћење водног потенцијала представља најважнију алтернативу у односу на енергију добијену из фосилних горива, јер вода је обновљив ресурс, и са аспекта утицаја на животну средину представља најчистији начин коришћења. Водени токови који се користе за изградњу мини хидроелектрана јачине до 10 MW представљају један од најприступачнијих обновљивих потенцијала [76]. Мини хидроелектране су у апсолутној предности у односу на остале видове објеката за производњу електричне енергије, укључујући и хидроелектране инсталисаних снага већих од 10 MW. Један од битних чинилаца рентабилности мини хидроелектрана је и кратак период изградње. Такође, у последње време врло је битан фактор да се изградњом мини хидроелектрана повећава коришћење јефтине и обновљиве – чисте енергије, чиме се смањују потребе за изградњом термоелектрана. Предност мини хидроелектрана, у поређењу са великим, лежи и у једноставном извођењу и коришћењу, ниским трошковима одржавања, непостојању потребе за сталним особљем на објекту, као и могућности функционисања како у друштвеном тако и у приватном сектору. Према [97]. у Републици Србији је у 2005. години било инсталисано 39 малих хидроелектрана са укупном годишњом

производњом од 212 GWh, што је изразито мало у односу на природне могућности. Међутим, код утврђивања редоследа изградње енергетских објеката у Републици Србији до сада се углавном користила методологија заснована на енергетској компоненти. Како је овај процес много сложенији у будућности би требало да се обухвати више различитих параметара међу којима и економски и еколошки аспект, приступачност локације, губитке у преносу и трансформацији енергије итд. На основу горе наведеног намеће се потреба за истраживањем и развијањем модела за избор оптималних локација за изградњу мини хидроелектрана на неком подручју на примеру Републике Србије.

1.3 Хипотезе истраживања

На основу циљева истраживања, очекиваних резултата који доприносе побољшању одређивања оптималних локација за мини хидроелектране, постојеће литературе и актуелних ставова, дефинисане су хипотезе ове дисертације:

- Могуће је развити модел који на основу одређених критеријума на релативно брз начин одређује оптималну локацију мини хидроелектране;
- Могуће је проценити флексибилност модела са аспекта фаворизовања учешћа појединих критеријума на оптималну локацију помоћу тежинских коефицијената;
- Предложени модел може битно да повећа развој и унапређење хидроенергетике, односно развој мини хидроелектрана као еколошки прихватљиве опције.

1.4 Примењена методологија истраживања

У раду су коришћене научне методе истраживања и то: општа статистичка метода, којом је извршено прикупљање, анализа и тумачење хидролошких података. Такође, примењене су и метода моделовања и метода нумеричке симулације. За упоређивање истих или сличних појмова примењивана је компаративна метода. У анализи резултата испитивања коришћене су индукција и дедукција, анализа и синтеза.

1.5 Примењивост остварених резултата

Развој модела за одређивање оптималних локација мини хидроелектрана доприноси остваривању стратешких циљева хидроенергетских пројеката те друштвеној и еколошкој прихватљивости пројекта. Примена датог модела знатно повећава развој хидроенергетике кроз развој мини хидроелектрана као еколошки прихватљиве опције. Модел омогућава:

- Индентификацију повољних локација у зависности од примењених критеријума за предметни водоток;
- Модел без ограничења може да се примени на сваки водоток где је дозвољена изградња мини хидроелектрана;
- Модел је имплементиран у рачунарски програм SHPOP (Small Hydro Power Plant Optimum Position software) помоћу кога се знатно убрзава поступак анализе.

1.6 Подела докторске дисертације по поглављима

Докторска дисертација састоји се од 9 поглавља. У првом поглављу дата су уводна разматрања, циљеви и постављене хипотезе. Наведене су методе које су коришћене и на крају поглавља су сажети основни резултати истраживања.

Друго поглавље даје приказ актуелних ставова и литературе од значаја за истраживање мини хидроелектрана са посебним освртом на актуелне ставове у вези са одређивањем њиховог оптималног положаја.

У трећем поглављу приказане су теоријске основе функционисања мини хидроелектрана, као и њихова подела и примена. У оквиру овога поглавља детаљно су описане предности и мане њиховог коришћења. Такође, дат је и преглед теоријских основа за њихово пројектовање.

Поглавље четири обухвата детаљан приказ методологије која је коришћена са објашњеним фазама рада. Приказана методологија састоји се из седам делова, тј. фаза. У првој фази детаљно је описано геодетско прикупљање података и израда дигиталног модела терена. Друга фаза рада подразумева обраду тих података, односно дефинисање чворова, тј. потенцијалних места за мини хидроелектрану у географском информационом систему. У оквиру треће, четврте и пете фазе, објашњена је хидролошка анализа која је спроведена и на основу које су се добили улазни параметри за рачунарски модел. У шестој фази описани су критеријуми за избор оптималних локација мини хидроелектрана, док је у седмој фази на основу тих критеријума дат предлог начина за њихово одређивање.

У оквиру петог поглавља описана је мултикритеријумска анализа која ће се применити за одређивање оптималних локација мини хидроелектрана. Приказане су методе мултикритеријумског одлучивања, са посебним освртом на методу PROMETHEE, која се користи у докторској дисертацији. Детаљно је описан и програм SHPOP (*Small hydro power plant optimum position software*) који је развијен у оквиру ове докторске дисертације и на основу кога се одређују оптимални положаји за избор локације мини хидроелектрана, а на основу улазних података и критеријума из четвртог поглавља.

У шестом поглављу дат је приказ резултата анализе. Анализа је рађена на пет реалних водотокова и резултати одређени на основу предложеног модела одређени помоћу развијеног софтвера SHPOP упоређени су са добијеним резултатима помоћу методе PROMETHEE.

У седмом поглављу дата су закључна разматрања и смернице будућег истраживања. Осмо поглавље даје приказ коришћене литературе за израду докторске дисертације. У деветом су дати прилози са свеобухватним резултатима.

2 ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ И АКТУЕЛНИХ СТАВОВА У ОБЛАСТИ ИСТРАЖИВАЊА

2.1 Опште напомене

Развој пројеката мини хидроелектрана представља важну компоненту унутар система коришћења и управљања водним ресурсима. Предност ових хидроелектрана је и у томе што оне не узрокују емисију штетних гасова у околину својим радом, а и ниво буке је сведен на најмању могућу меру. Оне се својим дизајном могу уклопити у пејзаж, па се и визуелни утицаји своде на најмању могућу меру. Такође, акумулација коју користе мини хидроелектране не може битно угрозити геолошке карактеристике земљишта, за разлику од великих акумулација. Што се тиче локација ових хидроелектрана, оне су углавном у горњим деловима водотока, што значи да се ради о неприступачним и слабо насељеним подручјима [76].

Планирање интензивнијег коришћења и изградње мини хидроелектрана је, пре свега резултат глобалне тенденције коришћење енергије из обновљивих извора и отварања могућности инвестирања на подручју малих извора енергије. Основне предности добијања енергије из мини хидроелектрана, у односу на друге изворе енергије (ветар, сунце, итд.) јесу:

- много већа ефикасност од било ког другог алтернативног извора енергије,
- висока продуктивност у односу на друге обновљиве изворе енергије,
- представља погодан начин за електрификацију руралних подручја,
- технологија је дуготрајнија са веком трајања и до 50 година и
- сагласност са потражњом (производња је највећа зими када је и потражња највећа).

Такође, 1GWh електричне енергије произведене у малим хидроелектранама уштеди:

- 335 тона угља,
- 220 тона нафте.

2.2 Предности коришћења мини хидроелектрана

Мини хидроелектране представљају једну од најисплативијих технологија за добијање електричне енергије која је разматрана у оквиру програма електрификације руралних области у мање развијеним земљама. Такође представљају будућност развоја хидротехнике у Европи, где су објекти великих размера већ изграђени или би у овом тренутку били еколошки неприхватљиве опције [4]. Према дефиницији предложеној од стране ESHA (European Small Hydropower Association) [26] мале хидроелектране су конструкције са процењеним капацитетом мањим од 10 MW. Њихов капацитет битно зависи од географских карактеристика терена. Ово доказује чињеница да је преко 90% инсталираних мини хидроелектрана смештено у шест држава чланица ЕУ – 27, а то су Италија, Француска, Шпанија, Немачка и Шведска, поред тога, што се географских карактеристика терена тиче, висок хидропотенцијал за изградњу мини хидроелектрана имају Швајцарска и Норвешка, док од новијих чланица ЕУ то су Бугарска, Чешка, Пољска и Румунија. Укупни капацитет малих хидроелектрана у ЕУ-27 достигао је 13.7 GW у просеку током 2010. године, резултирајући годишњом производњом електричне енергије од 50 TWh, што је спречило отпуштање 29 Mt CO₂ у атмосферу [16]. Према карти израђеној од стране HYDI (Hydro Data Initiative) [38], у наредних 10 година инсталирани капацитет ће се повећати за скоро 30 %, достижући 17.3 GW у

2020. години. Међутим, упркос наведеним предностима изградње објеката мини хидроелектрана, и даље постоје бројне баријере које су супростављене развоју оваквих пројеката, како у економски развијеним земљама тако и у земљама у развоју. Због тога је потребно да владе земаља, у оквиру одговарајуће политике и законских аката, раде на промоцији оваквих пројеката [47].

2.3 Приступ и методологије избора оптималних локација мини хидроелектрана

Многи аутори у својим истраживањима бавили су се економском анализом пројеката мини хидроелектрана. Аутори рада [2] развили су емпиријске формуле за процењивање исплативости пројеката мини хидроелектрана. Главна препрека за покретање оваквих пројеката је управо економска оправданост истих. Емпиријске формуле за процену трошкова електромеханичке опреме као и трошкова турбина, добијени су на основу статистичке анализе цена добијених од различитих произвођача. Добијени резултати упоређени су са резултатима добијених коришћењем других методологија и утврђено је да ови резултати пружају реалније процене трошкова. Техника коју су развили се може користити са постојећим методама у циљу доношења ефикаснијих одлука приликом избора локација за мини хидроелектране. Географски информациони систем (GIS), насупрот традиционалном премеру и ручном раду, почиње да се користи и за анализу локације што значи да је могућа прецизнија анализа у почетним фазама планирања изградње мини хидроелектрана. GIS је интегрисани оперативни систем који се састоји из хардвера, софтвера и базе података географског информационог система који се контролише од стране образованог кадра, а који може свеобухватно и систематски да прикупи, складишти, тражи и анализира комплексне просторне информације. Неколико студија су урађене у циљу развоја анализе локација за мини хидроелектране, тако што је спроведено испитивање, управљање и анализа података о простору који су прикупљени даљинским сензорима и GIS. Примењујући савремене технологије, огромна област се може премерити за кратко време. Очекује се употреба истих метода приликом израде нових прописа за развој мини хидроелектрана и тиме ће се побољшати положај потрошача. Многи аутори бавили су се анализом локација за изградњу мини хидроелектрана предлажући методе које се заснивају на коришћењу GIS –а. Тако је *Rojanamon et al.* [85] закључио да су главни проблеми приликом одабира локација за мини хидроелектране, управо приступачност тих локација које се налазе у руралним и планинским подручјима, затим, велика количина потребних података, а као главни проблем недостатак учешћа локалног становништва. Област која је испитивана је басен реке Нан, Тајланд, а истраживање је обухватило четири аспекта: инжењерски, економски, еколошки и социјални. Што се тиче инжењерских, економских и еколошких критеријума, аутори су предложили нову методу која се заснива на коришћењу Географског информационог система (GIS). За социјални критеријум, истраживали су утицај друштвене средине и укључивали јавност у своје истраживање помоћу упитника, на тај начин настојали су да подигну друштвену свест о овом проблему. Међутим, *A. A. Ghadimi et al.* [32] користили су само економски и социјални фактор приликом анализе повољних локација за изградњу мини хидроелектрана. У зависности од производног капацитета, они су хидроелектране поделили у четири категорије:

- Велике хидроелектране, капацитета преко 50 MW;
- Мале хидроелектране, капацитета између 500 kW и 50 MW;
- Мини хидроелектране, капацитета између 200 kW и 500 kW;
- Микрохидроелектране, капацитета мањег од 200 kW.

А у анализи за одређивање повољних локација користили су следеће критеријуме:

- хидроенергетски потенцијал дате локације;
- близина дистрибутивне мреже и потенцијалних претплатника;
- погодност локације за изградњу припадајућих објеката;
- минимални негативни утицај на локалну пољопривреду;
- одрживост протока током читаве године;
- доступност грађевинског материјала.

Испитивана је област Лорестан у Ирану, и аутори су користећи наведене критеријуме сузили избор локација за изградњу мини хидроелектрана са 75 на 10 широм дате провинције. Методологију за проучавање потенцијалних локација за мини хидроелектране у Индији, предложили су *Dudhani S., et al.* [21] они су користили „remote sensing“ податке, тј. слике добијене са индијског сателита за даљинско читавање користили су за идентификацију различитих објеката као што су: водена тела, насеља, покривеност вегетацијом и шумама, покривеност снегом итд. Ова технологија је веома погодна за проучавање недоступних планинских подручја, где се и већина мини хидроелектрана налази. У приказаној анализи нису били укључени фактори хидролошке и економске анализе. *Ioannidou., et al.* у раду [39] фокусирају се на одређивање локација у циљу максимизације хидроенергетског потенцијала притом одржавајући подужну повезаност речног тока на или изнад одређене границе. У овом случају приоритет је очувати екосистем и зато су ограничења укључена у модел који захтева кумулативну пролазност, процењена као битнија ако су повезана са стаништем, а не за саму производњу струје која је већ дефинисана. Да би се дефинисао основни модел, коришћен је низ могућих локација мини хидроелектрана, укључујући и објекте који већ постоје, с обзиром на то да истраживање првенствено истражује утицај човека на речни екосистем. Потенцијал хидроелектране на свакој могућој локацији је претпостављен као независтан од распореда брана, што није у потпуности реално. Студија случаја за Енглеску и Велс је употребљена за илустрацију корисности ове методе. Аутори су прво генерисали речну мрежу, а затим су одређивали вредност протока за сваку могућу локацију мини хидроелектране. Према датом моделу, 14,607 мини хидроелектрана могу бити инсталиране на територији Енглеске и Велса, резултирајући максималним хидроенергетским потенцијалом од 691.19 MW, док истовремено се може постићи пораст доступног станишта од 229% на 11,217 km река. Картирање подручја са високим хидроенергетским потенцијалом на одређеној територији веома је важно за идентификацију погодних локација за развој пројеката обновљивих извора енергије изградњом мини хидроелектрана. *Syr. J. F., et al.* у раду [18] предлажу методологију за анализу хидроенергетског потенцијала широк подручја са аспекта потенцијалних места за изградњу мини хидроелектрана узимајући у обзир топографске и хидролошке карактеристике терена. Методологија је примењена у провинцији New Brunswick, Канада, где се формирањем карата хидроенергетског потенцијала за одређивање локација за изградњу мини хидроелектрана промовише развој енергетског сектора у датој покрајини. Анализа је показала да покрајина New Brunswick површине 71450 km² има добар потенцијал за изградњу мини хидроелектрана. Помоћу ове методологије идентификовано је 696 потенцијалних локација на датој територији. У раду [66] аутори су се фокусирали на одабир алтернативних локација за мини хидроелектране из економских разлога. Фактори битни за селекцију локација били су, укупни бруто енергетски потенцијал, геолошке карактеристике локације, приступне саобраћајнице, растојање од урбаних центара и потрошача, да ли је објекат мултифункционалан, менаџмент, оперативност и одржавање локације, као и тип производње. Процедура коју су предложили је следећа:

- одређивање подручија анализе, тј. броја могућих локација на једном или више сливова;
- прикупљање и класификовање података као што су: геолошке, хидролошке и климатолошке карактеристике датог подручија;
- према задатим циљевима поставити сет критеријума (технички, економски, друштвени, итд.) за квалитативну и квантитативну процену сваке локације. Неопходно је нагласити тежине критеријума током дефинисања;
- користећи неку од техника мултикритеријумске анализе проценити сваку локацију и нумерички је рангирати (од „највишег“ до „најнижег“);
- одређивање параметара потребних за процену економске ефикасности хидроелектране за локације рангиране као „највише“, што подразумева детаљнију анализу, прецизно одређивање цене изградње, дефиницију производње енергије и ефекте одржавања.

У овој студији, аутори су предложили методологију за рангирање локација за изградњу мини хидроелектрана са минималном ценом прикупљања података и техничко-економске анализе. Аутори су спровели мултикритеријумску анализу користећи PROMETHEE методу, критеријуми за рангирање су били капацитет електране, цена изградње, менаџмент и одржавање електране, растојање од потрошача, губици тока, утицај на животну средину. Предложена методологија примењена је на примеру реке Цетине. На основу датих критеријума извршено је рангирање оптималних локација. Такође, стање хидропотенцијала широм Европе описује се путем GIS модела развијених за идентификацију потенцијалних локација за нове мини хидроелектране. Предложени приступ се заснива на подацима о висинској разлици и речној мрежи, који су допуњени хидролошким подацима добијеним из модела за прогнозирање поплава и процену ризика од поплава укључујући и сценарије климатских промена [13]. Истраживање спроведено у раду [94] представља методологију којом се утврђује потенцијал алтернативних локација мини хидроелектрана, узимајући у обзир технички и економски критеријум унутар већег географског подручја. Користећи дигиталне мапе терен (Digital Elevation Maps – DEM) као улазни податак, затим ArcGIS и алгоритам развијен у програм MATLAB, могу се добити листе алтернативних локација за хидроелектране у посматраном подручју. Методологија је примењена за слив реке Сефидбарг у области Нокхан у Ирану. Подручје Нокхан је планински округ са високим хидропотенцијалом. Након GIS анализе и примене алгоритма који је развијен у MATLABU, на датом водотоку предложене су четири локације за изградњу мини хидроелектрана на основу инжењерских критеријума. Након рангирања локација по инжењерским критеријумима, за све локације урађена је економска изводљивост, а затим су и по њој рангиране. У раду [57] аутори су искористили ову методологију за проучавање хидропотенцијала басена реке Копили, Индија. На укупно 107 локација на 9 водотокова применили су алате GIS – а и даљинске сензоре и створили моделе који у ширем смислу користе математичке и статистичке концепте за повезивање одређеног инпута (падавине, температуре) и аутпут модела (протицај). Примена таквог модела је била корисна за процену хидроенергетског потенцијала замрзнутих токова на Хималајима, где је приступ подацима био ограничен, а циљеви су били да се идентификују потенцијалне локације користећи GIS и технологију даљинског сензора. Користећи програм SWAT2000 и GIS за одређивање потенцијалних локација, при том уводећи поредак токова, нагиба и минималне раздаљине од 500 м између суседних локација, утврђена је неопходност примене географског информационог система. Истраживања у овом раду ограничила су се на утицај топографских и хидролошких фактора на избор локације за изградњу мини хидроелектрана. Пример ове методологије је и анализа потенцијалних локација за изградњу мини хидроелектрана [93] где је од утврђених 79 могућих локација са погодном висинском

разликом, већина избачена из селекције услед мање ширине слива који узрокује много мањи крајњи хидроенергетски потенцијал (испод 100 kW). Yi, CS., et al. у [114] спровели су истраживање путем GIS – а за потребе изградње мини хидроелектрана у Кореји. Примењена је мултикритеријумска анализа, при чему су аутори користили два типа критеријума, ограничавајуће и локацијске. Ограничавајуће су користили да би из даље анализе искључили непожељне локације на којима је немогуће градити или би изградња узроковала неку врсту судског спора. Тако да су национални паркови, заштићена водна подручја, пољопривредни објекти и стамбена насеља укључени у ограничавајуће критеријуме. Локацијски критеријуми подразумевају хидролошке, топографске и еколошке факторе и користе се за оцену сваке појединачне локације. У овом раду аутори су се фокусирали на изналажење потенцијалних локација за изградњу мини хидроелектрана пре него селекцију најповољнијих локација. Такорећи, локације одређене радом се могу сматрати алтернативама за коначну одлуку. Иако је број фактора који утичу на повољност локације, као што су економска ефикасност, доступност локације и близина далековода, нису узети у обзир, овај рад је систематизовао целовиту процедуру анализе локације стварајући модел док је прецизност резултата значајно побољшана. Узимајући у обзир геоморфолошке и хидролошке карактеристике терена, хидроенергетски потенцијал Републике Србије је процењен на 31000 GWh годишње, од којих се технички може искористити 17000 GWh [76]. Постојеће велике хидроелектране користе око 10000 GWh од укупног хидропотенцијала. Остатак од 7000 GWh би се могао искористити изградњом великих (75 %) и малих (25 %) хидроелектрана. Потенцијал малих водотока који одговара инсталацији мини хидроелектрана, достиже еквивалент нафте од 0.4 милиона тона или 3 % укупног потенцијала обновљивих извора у Републици Србији. Већина планина у Р. Србији су релативно богате водом, са рекама стрмих токова у кратким интервалима, што осигурава повољне услове за експлоатацију. Иако су у Републици Србији повољни услови за изградњу мини хидроелектрана, у смислу позиције река, топографије и хидрологије, могућност производње електричне енергије на овај начин није довољно искоришћена [43]. С обзиром на то, веома је значајно анализирати и проучити потенцијална подручја, а затим и повољне локације на одређеним водотоковима где је могуће изградити мини хидроелектране.

3 МИНИ ХИДРОЕЛЕКТРАНЕ И ЊИХОВА ПРИМЕНА

Енергија је од суштинског значаја за економски развој једне земље и унапређење квалитета живота. Највећи део енергије у свету данас се углавном производи на начин који неће моћи да се одржи, уколико технологија производње остане иста и уколико се потребе за енергијом повећавају.

Електрична енергија је најплеменитији вид енергије и она може да задовољи већи део енергетских потреба у свету. Основна предност електричне енергије у односу на остале енергенте је могућност производње коришћењем свих видова енергије, од угља, нафте и гаса до обновљивих извора енергије. Повећање производње енергије које је засновано на фосилним горивима значајно доприноси проблемима у вези са животном средином како на глобалном, тако и на локалном нивоу. Сектори енергетике суочавају се са проблемом повећане потражње за енергијом као и регулацијом емисије гасова стаклене баште. Од кључног је значаја да се пронађу одрживе методе производње енергије које ће имати високу ефикасност и широку примену. Следећи ове критеријуме, постоји неколико могућности производње електричне енергије као што су соларна енергија, енергија ветра и мини хидроелектране. [15,87].

Мини хидроелектране су чист, обновљив и поуздан извор енергије и представљају један од најважнијих обновљивих извора из неколико разлога. Може се обновити у природи и за разлику од ветра варијабилност снабдевања енергије у краћем временском периоду је мања и емисија гаса који проузрокује ефекат стаклене баште је најмањи [57]. Значајна предност је и флексибилност у њиховој конструкцији, зато што могу радити у различитим ситуацијама у зависности од хидролошких услова. Такође, подржавају политику управљања водама, помажу у прилагођавању климатских промена кроз контролу поплава и доприносе у спречавању оскудице вода и суша. У Великој Британији влада је поставила циљ смањења штетних гасова за 18% до 2020. године. [15]. Обновљиви извори играју кључну улогу у овом плану у погледу производње енергије. Конкретно, стратегија за обновљиву енергију је поставила правно обавезујући циљ да 15% укупне енергије потиче од обновљивих извора до 2020. године [15]. Према Европском удружењу мини хидроелектрана [24,26] оне тренутно снабдевају довољно електричне енергије за 13 милиона домаћинстава и играју кључну улогу у смањењу гаса који проузрокује ефекат стаклене баште кроз производњу зелене енергије [24,26]. Укупан потенцијал хидроенергије широм света процењен је на 15.955 TWh/годишње. Тренутно, земље попут Кине, Канаде и Сједињених Држава су највећи произвођачи електричне енергије из обновљивих извора, тј. мини хидроелектрана [70].

Мини хидроелектране су данас најзаступљенији извор обновљиве енергије у свету. Искоришћавање хидроенергије за производњу електричне енергије у мини хидроелектранама има следеће карактеристике:

- обновљив извор енергије,
- висок степен искористивости,
- углавном је вода расположива током целе године,
- проверена технологија и дуг век трајања постројења, уз ниске трошкове погона и одржавања,
- примењива решења веома су зависна о карактеристикама локације,
- пграничен број прикладних локација (водотоци),
- одређени водотоци изузетно варирају током године.

У свету је тренутно инсталирано 777 GWe хидроелектрана које годишње испоручују око 3000 TWh електричне енергије. То представља око 20% светске производње

електричне енергије те 88 % производње електричне енергије из обновљивих извора енергије.

Табела 3.1 Највећи произвођачи електричне енергије из хидроелектране [55]

| Држава | Годишња производња (TWh) | Инсталисана снага (GW) | % удео у укупној инсталисаној снази |
|-----------|--------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| Кина | 652,05 | 196,79 | 22,25 |
| Канада | 369,5 | 88,97 | 61,12 |
| Бразил | 363,8 | 69,08 | 85,56 |
| САД | 250,6 | 79,51 | 5,74 |
| Русија | 167,0 | 45,00 | 17,64 |
| Норвешка | 140,5 | 27,52 | 98,25 |
| Индија | 115,6 | 33,60 | 15,80 |
| Венецуела | 86,8 | / | 67,17 |
| Јапан | 69,2 | 27,22 | 7,21 |
| Шведска | 65,5 | 16,20 | 44,34 |

У Европи се производња електричне енергије из обновљивих извора подстиче већ дужи низ година субвенционисаним продајним ценама електричне енергије, порезним олакшицама и сл. Резултат је велики број изграђених објеката и у неким земљама је готово у потпуности искоришћен природни хидропотенцијал, као што је приказано у табели 3.2 и 3.3.

Табела 3.2 Број и инсталисана снага изграђених МХЕ у Европи [55]

| Држава | MW | GWh | Број | MW/електрани |
|--------------|------|------|------|--------------|
| Аустрија | 848 | 4246 | 1100 | 0.76 |
| Белгија | 95 | 385 | 39 | 2.44 |
| Данска | 11 | 30 | 38 | 0.29 |
| Финска | 320 | 1280 | 225 | 1.42 |
| Француска | 1977 | 7100 | 1700 | 1.16 |
| Немачка | 1502 | 6253 | 5625 | 0.27 |
| Грчка | 48 | 160 | 17 | 2.82 |
| Ирска | 32 | 120 | 44 | 0.72 |
| Италија | 2209 | 8320 | 1668 | 1.32 |
| Луксембург | 39 | 195 | 29 | 1.34 |
| Холандија | 30 | 60 | 7 | 4.28 |
| Португал | 280 | 1100 | 60 | 4.67 |
| Шпанија | 1548 | 5390 | 1056 | 1.47 |
| Шведска | 1050 | 4600 | 1615 | 0.65 |
| В. Британија | 160 | 840 | 126 | 1.26 |
| Хрватска | 30 | 120 | 13 | 0.23 |
| Чешка | 250 | 677 | 1136 | 0.22 |
| Норвешка | 941 | 4305 | 547 | 1.72 |
| Пољска | 127 | 705 | 472 | 2.69 |
| Румунија | 44 | 176 | 9 | 4.89 |
| Словачка | 31 | 175 | 180 | 0.17 |
| Словенија | 77 | 270 | 413 | 0.19 |
| Турска | 757 | 3300 | 1109 | 0.68 |

Табела 3.3 Преостали потенцијал за изградњу МХЕ у Европи [55]

| Држава | Економски исплатив потенцијал (GWh/год) | Производња из ХЕ (GWh/god) | Фактор искоришћења (%) |
|------------|---|----------------------------|------------------------|
| Аустрија | 50.000 | 38.000 | 76 |
| Француска | 72.000 | 70.000 | 97 |
| Немачка | 25.000 | 25.000 | 100 |
| Италија | 55.000 | 52.000 | 95 |
| Шпанија | 40.000 | 35.000 | 88 |
| Шведска | 85.000 | 68.000 | 80 |
| Норвешка | 180.000 | 120.000 | 67 |
| Румунија | 30.000 | 16.000 | 53 |
| Швајцарска | 36.000 | 34.000 | 94 |
| Турска | 120.000 | 40.000 | 33 |

Конкретно, што се Републике Србије тиче, узимајући у обзир геоморфолошке и хидролошке карактеристике терена, хидроенергетски потенцијал процењује се на око 31000 GWh годишње [76].

У разним земљама постоје различите дефиниције и класификације мини хидроелектрана. Углавном различити параметри (развијеност индустрије, економски развој земље, расположиви водени ресурси, доступност енергетских сировина, итд.) су кључни у одређивању горње границе инсталисане снаге мале хидроелектране, па сходно томе различите горње граничне вредности су наведене у литератури.

Табела 3.4 Горња граница инсталисане снаге мини хидроелектране [76]

| Држава | Горња граница (MW) |
|---------------------------|--------------------|
| Луксембург | 3 |
| Немачка | 5 |
| Француска | 12 |
| Аустрија | 20 |
| Бразил | 30 |
| Сједињене Америчке Државе | 30 |
| Русија | 30 |
| Кина | 50 |

Из приложене табеле 3.4 може се видети да се горња граница инсталисане снаге мини хидроелектране у земљама ЕУ, креће од 3 до 20 MW, док је у земљама изван ЕУ та граница нешто већа и она се креће у распону од 30-50 MW. Међутим, у Европи се све више прихвата капацитет од 10 MW инсталисане снаге као горња граница, коју је такође подржала и Европска асоцијација малих хидроелектрана [24, 26].

Такође, према расположивом паду и снази имамо поделу која је приказана у табели 3.5.

Табела 3.5 Подела хидроелектрана према расположивом паду и снази [64]

| Тип МХЕ | Снага (Kw) | Мали пад (m) | Средњи пад (m) | Велики пад (m) |
|---------|------------|--------------|----------------|----------------|
| Микро | до 50 | ispod 15 | 15-50 | preko 50 |
| Мини | 50-500 | ispod 20 | 20-100 | preko 100 |
| Мале | 500-5000 | ispod 25 | 25-130 | preko 130 |

Мини хидроелектране могу се поделити [33]

а) Према начину захватања воде:

- проточне, без акумулациског базена,
- акумулацијске, са акумулацијским базеном – браном.

- б) Према повезаности са мрежом и начином рада:
- самосталне електране,
 - електране повезане на мрежу,
 - електране које раде под режимом он-офф,
 - електране у којима ради више јединица,
 - електране које раде по потреби.
- в) Према регулацији протока:
- са протоком који се може подешавати,
 - са сталним протоком.

Сви делови мини хидроелектране могу се поделити у три основне групе:

- а) Грађевински делови (брана, водозахват, доводни канал),
б) Хидротехнички делови (решетке, излазни делови турбина, песколони, затварачи, итд.),
в) Електромашински делови (генератор, трансформатор, итд.).

Да би се подстакла изградња мини хидроелектрана, неопходно је навести њихове предности и недостатке како би се предности искористиле, а недостаци благовремено отклонили или свели на минимум.

Предност примене МХЕ:

- а) Припадају обновљивим изворима енергије (смањена потрошња фосилних горива),
б) Дуг радни век, просечан радни век је 50 година, а постоје објекти са знатно дужим веком трајања,
в) Доприносе бржој електрификацији насеља и објеката који су удаљени од опште енергетске мреже,
г) Осим воде за рад нису потребни други материјали,
д) Раде аутоматизовано без сталне људске посаде.

Недостаци примене МХЕ:

- а) На производњу електричне енергије могу негативно утицати хидролошке прилике,
б) Релативно високи инвестициони трошкови по јединици инсталисане снаге. Уколико је МХЕ мање инсталисане снаге, то је јединична цена по kW инсталисане снаге већа и обрнуто,
в) Велики трошкови израде пројектне документације, као и обезбеђивање сагласности и дозвола за изградњу МХЕ,
г) Експлоатација зависи од водних ресурса, односно количине воде,
д) Код водопривредних решења, предност се даје системима за снабдевање водом, затим системима за наводњавање па тек онда малим ХЕ.

3.1 Подела мини хидроелектрана

Подела мини хидроелектрана је у вези са начином формирања и коришћења расположивог пада за рад постројења. Врста пада условљава избор турбине и положај машинске зграде у којој је смештен агрегат. Према нето паду разликују се три групе хидроелектрана: [34]

- а) Са ниским падом, $H < 30\text{m}$
б) Са средњим падом, $30 < H < 100\text{m}$
в) Са високим падом. $H > 100\text{m}$

Према начину коришћења $Q - H$ параметара и локације постројења у односу на ове параметере, МХЕ се могу поделити на:

- а) Прибранске;
- б) Деривационе;
- в) Комбиноване.

3.1.1 Прибранске мини хидроелектране

Основне карактеристике прибранских мини хидроелектрана су:

- а) Да се инсталирани пад формира изградњом бране за издизање нивоа воде у водотоку;
- б) Да се инсталирани проток обезбеђује из расположиве акумулисане воде;
- в) Да се постројење, односно машинска зграда налази у непосредној близини бране.

Прибранске мини хидроелектране граде се код малих акумулација које се пројектују за потребе наводњавања, снабдевања водом локалног становништва, туризма, итд. Оне се могу градити за мале падове од 1.6 m до неколико десетина метара. Горња граница до које се граде је практично лимитирана висином бране. Денивелација, односно висинска разлика између горње и доње воде, може да утиче на диспозицију постројења.

3.1.2 Деривационе мини хидроелектране

Код деривационих мини хидроелектрана пад се остварује увођењем воде из водотока у бочни канал који има знатно мањи пад од реке. Дужина деривационог канала је по правилу увек мања од дужине водотока, а расположиви пад се одређује $\Delta H = H_{VOD} - H_{KAN}$. Основни објекти деривационог постројења су:

- а) Захват воде у кориту реке;
- б) Таложници са уставама, решеткама и преливом;
- в) Водни канал и цев под притиском;
- г) Водна комора;
- д) Објект за одвод доње воде;
- ђ) Агрегат са хидромеханичком опремом;
- е) Електроопрема са аутоматиком.

Деривационе хидроелектране се граде искључиво код водотока са већим подужним падом корита, и то најмање са 1%. Пад може да буде и мањи ако река много кривуда, па њен исправан ток обезбеђује довољан пад за рад мини хидроелектране. Минимални пад деривационог канала треба да буде у границама (0.5 – 1.0)%. У супротном, врши се интензивно таложење ситнијих фракција наноса. Такође, мали пад захтева велике димензије канала. Деривационе мини хидроелектране према хидрауличним карактеристикама могу бити:

- а) Са слободним течењем (отворен или затворен канал);
- б) Са притиском.

3.1.3 Комбинована постројења

Комбиновано постројење за инсталирани пад користи висину воденог стуба који је формиран изградњом бране и пад који формира деривацију. У зависности да ли

постоји или не акумулациони базен за изравњавање, постоје два основна типа хидроелектрана.

- а) Проточне ХЕ;
- б) Акумулационе ХЕ.

Проточне хидроелектране имају најповољнији режим рада. Раде на тренутни доток воде, Q_i у дијапазону од $(0.3 - 1.0) Q_{inst}$. Уобичајено је да инсталирани протицај проточних мини хидроелектрана, Q_{inst} , буде у границама од $(1.0 - 1.5) Q_{inst}$, што значи да не може бити већи. Основни критеријум за избор инсталисаног протицаја је цена произведеног kWh. При томе треба водити рачуна да се оптимално искористе проточне воде. То значи да је потребно поставити минимално два агрегата, од којих један ради стално, а други само у кишном период године.

Код акумулационих хидроелектрана постоји акумулациони базен за изравњавање регулисања неравномерности дотока. Према степену регулисања се дели на:

- а) ХЕ са дневним регулисањем;
- б) ХЕ са недељним регулисањем;
- в) ХЕ са сезонским регулисањем;
- г) ХЕ са вишегодишњим регулисањем.

За разлику од проточног типа турбине ради у режиму инсталисаног протока, при чему је коефицијент корисног дејства у границама оптималног. С тиме се постиже знатно већи степен искоришћености хидроенергије. Сем тога, произведен kWh се испоручује у вишој тарифној временској зони, у току дана, седмице или сезоне. С тиме се постиже и знатно виша цена испорученог kWh. Може се лако закључити да је, енергетски гледано, реч о много квалитетнијој тзв. вршној енергији. Код великих ХЕ регулисање протицаја путем акумулационог базена је у директној вези са дијаграмом оптерећења у електроенергетском систему. На тај начин се смањује ангажовање снаге термоелектране за покривање врхова оптерећења. За МХЕ интересантна су дневна и седмична регулисања протицаја.

3.2 Теоретске основе пројектовања мини хидроелектрана

Ово поглавље даје сажет увид у подлоге за пројектовање МХЕ, дефинише критеријуме за избор локације за изградњу МХЕ и обухвата анализу хидрауличних постројења као и методе за мерење пројектних параметара за МХЕ, а то су бруто пад постројења и инсталирани протицај.

3.2.1 Подлоге за пројектовање мини хидроелектрана

Да би се одредили основни елементи МХЕ, у вези са инсталисаном снагом, количином произведене енергије, локацијом и могућностима повезивања хидроелектране са општом енергетском мрежом, потребно је прикупити основне податке са терена и рекогносцирањем терена дати полазне параметер о хидролошким, геолошким, геодетским, енергетским, урбанистичким и др. условима. За прву апроксимацију изградње МХЕ неопходно је располагати:

- а) Геодетским снимком терена, положај водозавата и машинске зграде;
- б) Хидролошким анализом;
- в) Основним водопривредним програмима ако се МХЕ гради у склопу неког вишенаменског водопривредног објекта као што су:

- акумулације за потребе туризма;
- акумулације за воду са биолошким минимумом;
- акумулације за снабдевање становништва водом;
- ретензионе преграде у склопу система за заштиту од штетног дејства воде или за заштиту земљишта од ерозије.

После прикупљања основних параметара и оријентационог одређивања Q и H параметра, може се донети одлука о изради подлога и пројектовању, с тим да се уз израду подлоге, а пре пројектовања, обаве неопходна усаглашавања са просторним плановима и водопривредном основом.

3.2.1.1 Топографске подлоге

За претходна истраживања изградње мини хидроелектране могу се користити расположиве топографске мапе 1:100.000, или 1:50.000. ове карте пружају довољно података за одређивање:

- а) Локације мини хидроелектране у односу на насеља и енергетску мрежу;
- б) Величину слива и процену о количини вода за одређивање протока меродавног за рад мини хидроелектране;
- в) Бруто пад;
- г) Тип хидроелектране (акумулациона, прибранска итд.).

3.2.1.2 Геодетске подлоге

За пројектовање, а касније и изградњу мини хидроелектране потребно је имати следеће геодетске подлоге:

- а) Ситуација захвата воде у размери 1:1000 или 1:500;
- б) Ситуација машинске зграде у размери 1:500;
- в) Ситуација изливног објекта, укључујући водоток у размери 1:1000;
- г) Уздужни профил водотока од захвата до излива воде;
- д) Уздужни профил деривационог канала и цевовода;
- ђ) Попречне профиле свих објеката.

У геодетске радове спадају и сви радови око дефинисања бруто инсталисаног пада, на основу кога се касније одређује нето пад прорачуном губитака.

3.2.1.3 Хидролошке подлоге

Циљ је да се утврди инсталисани проток (Q_{inst}) који се може користити за мини електране, општим одређивањем минималних протока, односно протока код којих је вероватноћа појаве 80 – 90% у току месеца.

Минимални проток се углавном утврђује на основу кривих протицања и трајања, мада је њих често тешко одредити директним методама, пошто се у већини случајева не располаже подацима хидрометријских мерења, те се мора прибегавати емпиријским методама. Такође се могу користити критеријуми сличности сливова, што ће помоћи да се генеришу подаци за веће сливове са којима се најчешће располаже, нарочито за дијаграме односа падавина и њиховог трајања и дијаграме односа протока и њиховог трајања. Хидролошка анализа обухвата:

- а) Прикупљање и анализу постојећих података о мерењима;

- б) Анализа режима падавина и одређивање вишегодишњих количина падавина за проучавани слив до профила захвата за мини хидроелектрану;
- в) Основну статистичку обраду и хидролошке анализе протицања за постојећи период рада хидролошких станица у проучаваном регион;
- г) Одређивање средњих месечних и годишњих протока на профилу захвата за постојећи период осматрања;
- д) Анализу и одређивање великих вода разних повратних периода на профиле будућег захвата помоћу детерминистичких метода и одговарајућих максималних падавина;
- ђ) Израда кривих трајања протока.

На основу овако добијених података ради се дијаграм инсталисане снаге. У идеалним условима било би добро имати процене за период од најмање три године уназад за водоток из којег би се узимала вода. На малим водотоковима не мере се системски хидролошке величине, па се на основу симултаних мерења долази до хидролошких законитости за дужи период.

Нарочито су за израду биланса воде малих акумулација потребни тачни подаци о протоку воде, подаци до којих се не може доћи на основу визуелних осматрања, помоћу емпиријских формула или директним мерењима. Визуелна осматрања треба да буду систематична и прецизна, да би се проверила тачност података добијених на терену од мештана и очевидца. Провера се врши и директним мерењем видних трагова. Визуелна осматрања се могу користити за одређивање високих водостаја, разливање вода као и за праћење повлачења воде и дуже задржавање на неком нивоу, затим праћење деформације корита, просецање и формирање нових корита. Нарочито треба прикупити податке о захвату и коришћењу малих вода узводно од места предвиђеног за пројектовање и изградњу мини хидроелектране. Вода из водотока се скоро у свим деоницама малих водотокова користи у вегетационом периоду за наводњавање, тако да се све мале воде задржавају, односно употребљавају пре него што дођу до хидроелектране.

Емпиријске формуле и обрасци који су изведени, а који се користе за хидролошке анализе, представљају помоћне методе за постизање жељеног циља. Изведени обрасци су само математички описи неког збивања, али они не репродукују потпуно тачно природне појаве. Због тога све оно што се рачуна по неком обрасцу треба у хидрологији узети као вредност блиску некој тачној која ће се установити после изградње објекта. Мини хидроелектране се најчешће граде на водотоцима који су недовољно хидролошки испитани, те се у таквим случајевима инсталисани проток одређује емпиријским путем, аналогијом са краткотрајним мерењима. Код већих хидроелектрана, нарочито преко 300 kW инсталисане снаге, неопходно је да се уради детаљна хидролошка анализа и тек на основу тачних података одреди инсталисани проток, инсталисана снага и просечна годишња производња електричне енергије. У зависности од расположивих хидролошких података и мерења постоје два начина формирања кривих трајања.

Уколико је мерно место из система РХМЗ – а близу потенцијалне локације мини хидроелектране крива трајања дневних протицаја ће бити процењена на основу удаљености и разлике у величини слива, и она ће се пренети без редукције. Ово се односи на случајеве када разлика у величини слива мерног места и потенцијалне локације не прелази 10%, а између те две локације нема испуста атмосферских вода неког већег насеља и индустрије.

На предметном водотоку не постоје никакви подаци мерења протицаја у овом случају разматра се проблем одређивања криве трајања дневних протицаја у излазном профилу хидролошки неизученог слива. Под хидролошки неизученим сливом се

подразумева слив за чији излазни профил не постоји континуални низ података мерених протока/водостаја. У овом случају крива трајања протока на неком профилу просторно, геолошки, морфолошки и хидролошки блиског водотока може се одредити принципом транслације средњег годишњег протицаја и трансформацијом облика криве трајања протока са мереног профила. За одређивање везе између вредности средњег годишњег протицаја у неизученом профилу и профилима постојећих хидролошких станица, хидролошких сличних сливова, користиће се метода *Langbein – a. Langbein* метод се користи у Сједињеним Америчким Државама од 1962. године и установљен је у циљу планирања и пројектовања хидролошке мреже. Ово је метод екстраполације података о протицају на излазном профилу слива. Широко је коришћен на територији држава Балканског полуострва, а користи се за изналагање вредности протицаја на неизученим профилима. Метод се базира на успостављању везе између корелације средњег годишњег протицаја са слива који је еквивалентан вредности ефективних падавина и фактора температуре, са функцијом средњих годишњих падавина модификованог температурним фактором. Предност овог метода је у томе што омогућава екстраполацију и одређивање вредности потребних параметара за неистражен слив помоћу познатих података утврђених за истражен слив неке реке. Основне формуле које се користе за одређивање вредности потребних за даљи прорачун су:

$$\frac{Q}{E} = f\left(\frac{P}{E}\right) \quad (3.1)$$

где је :

$E=10^{0.027*T+0.886}$ – фактор који укључује температуру,

T – средња годишња вредност на сливу,

P – средња годишња сума падавина на сливу,

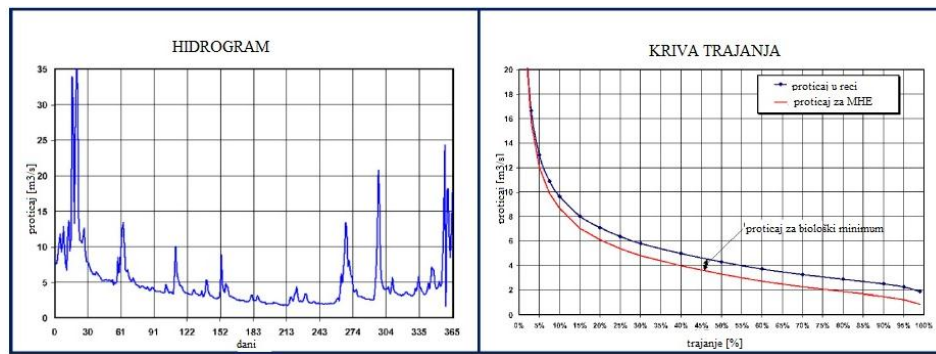
Путем функције P/E се формира дијаграм зависности са кога се одређује вредност Q/E.

Модул специфичног протицаја слива се одређује преко формуле у којој дати коефицијент даје трансформацију добијене годишње ефективне падавине у јединични протицај:

$$q = 0.317 * Q \left[\frac{l}{s * km^2} \right] \quad (3.2)$$

Средњи годишњи проток на излазном профилу слива се одређује као производ специфичног модула протицаја и површине слива:

$$Q_{sr} = q * F \left[\frac{l}{s} \right] \quad (3.3)$$



Слика 3.1 Хидрограм и Крива трајања протицаја

3.2.2 Избор локације за изградњу мини хидроелектране

За сваку локацију посебно потребно је дефинисати низ критеријума који ће квалитативно одредити главне карактеристике појединих потенцијалних локација. Вредновањем појединачно планиране локације морају се обухватити и све могуће вишенаменске карактеристике појединих профила, као што су коришћење воде за наводњавање, водоснабдевање, рибарство. Удаљеност од потрошача је је веома битан фактор који утиче на смањење преносних губитака као и трошкове изградње мреже. Због тога и положај мини хидроелектрана у односу на потрошача може бити важан за вредновање локације. Мале хидроелектране се могу укључити у електродистрибутивну мрежу или служити за потребе локалних потрошача. Погодност за локалну употребу као резервни извор снабдевања може бити посебан критеријум за коришћење локације, нарочито када су у питању индустрија, болнице, хотели јер у таквом случају мини хидроелектране замењују агрегат који се обавезно користи када дође до наглог испада потрошача из електроенергетског система. За сваку локацију потребно је урадити прегледну табелу која омогућава визуелан преглед појединих фактора на основу којих се може дати приоритет појединој локацији.

3.2.2.1 Критеријуми за избор локације за изградњу мини хидроелектрана

3.2.2.1.1 Друштвено – економски и социјални критеријуми

У склопу друштвених и социјалних критеријума дефинишу се услови вредновања анализираних локација по питању запошљавања људи и развоја локалних заједница, што је од посебног значаја када се узме у обзир низак стандард у друштву и слабо развијена рурална подручја.

3.2.2.1.2 Критеријум заштите животне средине

У предложеном моделу вредновања локација ови критеријуми заузимају посебно место. Естетски изглед се такође не сме занемарити, као и могућност развоја туризма и риболова, јер ови критеријуми могу повећати или смањити вредност локације. У прошлости па до данас, за градњу мини хидроелектрана користиле су се локације где се налазе природни слапови, брзаци, а то су и истовремено еколошки заштићена места, па због тога изградња мини хидроелектрана треба бити усклађена са анализом водених ресурса.

3.2.2.1.3 Еколошки критеријум

Обухвата опис флоре и фауне у средини у којој се планира изградња хидроелектране и утицај материјала, типа грађевине и опреме хидроелектране на флору и фауну.

3.3 Хидрауличка постројења у оквиру мини хидроелектране

Да би се расположива потенцијална енергија воде претворила у механички рад, односно у електричну енергију, неопходно је располагати читавим низом уређаја и објеката поред турбине и генератора као главних саставних делова постројења. Такав комплекс уређаја, којима се обезбјеђује одговарајући, рационалан и сигуран рад, представља хидраулично постројење. Елементи хидропостројења изван турбинске зграде представљају спољашњи део постројења. Основни елементи хидропостројења су: захват воде са основним елементима као што су уставе, решетке, бране, таложници, затварачи и сл, затим доводни канал, потисни цевовод, водна комора, машинска зграда, хидрауличне турбине, одводни цевовод и опрема за регулацију.

3.4 Технички прорачун – биланс снаге и енергије хидроелектране

Енергија хидропостројења зависи од пада, тј. од висинске разлике дуж речног корита и од протока воде. При протицању воде у природним токовима појављују се отпори на чије се савлађивање утроши скоро сав расположиви пад. Да би се добио вишак енергије који се може искористити у хидрауличним турбинама, мора се на релативно малом растојању остварити потребан пад. То се постиже на вештачки начин подизањем, брана тј. путем водозаврата и скретањем воденог тока.

Потенцијална енергија воденог тока је дата обрасцем:

$$W = m * g * H [J] \quad (3.4)$$

Снага воденог тока је:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{m * g * H}{t} = \frac{m * \rho * V}{t} * g * H = Q_p * g * H * 10^{-3} [kW] \quad (3.5)$$

Могућа годишња производња електричне енергије је:

$$W = 8760 * P [KWh] \quad (3.6)$$

где су:

$$\rho \left[\frac{kg}{m^3} \right] \quad - \text{густина воде;}$$

$$Q \left[\frac{m^3}{s} \right] \quad - \text{запремински проток воде;}$$

$$H [m] \quad - \text{пад, односно висинска разлика нивоа воде.}$$

Рад, односно снага коју производи турбина на рачун енергије воде, функција је протока и напора. Бруто или теоретска снага се дефинише обрасцем:

$$P_{teo} = \rho * g * H * Q * 10^{-3} [kW] \quad (3.7)$$

Међутим, као и свака трансформација енергије тако ни ова није могућа без неизбежних губитака, који умањују добијену у односу на расположиву енергију. Према месту настанка губици у хидрауличним постројењима се деле на:

- а) Спољашње губитке који обухватају: губитак енергије у доводном и одводном каналу, губитак у цевима, локалне губитке на захвату и сл;
- б) Унутрашње губитке који обухватају: губитак енергије у млазу, губитак енергије у усмеравајућем апарату или претколу, радном колу, излазни губитак;
- в) Механичке губитке енергије.

Због губитака, турбини на располагању не стоји највећи могући пад, већ, део пада који је мањи од расположивог. Разликују се:

- а) Бруто пад - H_b , који представља висинску разлику између горњег нивоа воде у речном кориту и доњег нивоа воде у одводном каналу;
- б) Нето пад - H_n који се добије када се од бруто пада одузму спољашњи губици енергије.

$$H_n = H_b - \sum_{i=1}^m h_{gi} [m] \quad (3.8)$$

при чему је:

$$h_{gi} = \left(\lambda_i * \frac{l_i}{d_i} + \sum_{i=1}^n \xi_i \right) * \frac{v_i^2}{2 * g} \quad (3.9)$$

где су:

$h_{gi} \left[\frac{J}{N}, m \right]$ - специфични губитак енергије за посматрану деоницу

λ_i - коефицијент трења за посматрану деоницу

l_i, d_i - дужина и пречник посматране деонице

$\sum_{i=1}^n \xi_i$ - сума локалних губитака за посматрану деоницу

На основу изнетог, може се дефинисати бруто снага:

$$P_b = \rho * g * H_b * Q [W] \quad (3.10)$$

и нето снага:

$$P_n = \rho * g * H_n * Q [W] \quad (3.11)$$

Пошто вода, као носилац енергије, струји кроз поједине делове турбине, јер је то основни услов за остваривање радног циклуса у турбини, очигледно је да су и даљи

губици неизбежни. Ако се од нето пада, који стоји турбини на располагању, одузму хидраулични губици у млазу, спроводном апарату, радном колу и губитак на излазу, добиће се специфични рад кола. Снага на обиму кола, односно на лопатицама турбине је:

$$P_t = \rho * g * H_t * Q [W] \quad (3.12)$$

На спојници турбо агрегата произведена снага је мања од снаге на обиму кола турбине због механичких отпора трења који се у току рада турбине морају савлађивати. Они умањују произведену снагу са обима кола турбине, те се називају механичким губицима. Следи да је ефективна снага:

$$P_{ef} = \rho * g * H_{ef} * Q [W] \quad (3.13)$$

Односом појединих напора могуће је дефинисати:

- Степен искоришћеног пада:

$$\eta_p = \frac{P_n}{P_b} = \frac{H_n}{H_b} \quad (3.14)$$

- Хидраулични степен искоришћења:

$$\eta_h = \frac{P_t}{P_n} \quad (3.15)$$

Хидраулични степен искоришћења обухвата хидрауличне губитке у турбинским елементима и губитак на излазу.

- Запремински степен искоришћења узима у обзир чињеницу да код турбомашина не постоји апсолутно заптивање простора између радног кола и кућишта турбине, те одређена количина флуида која располаже енергијом промиче кроз те процепе:

$$\eta_v = \frac{Q}{Q_t} \quad (3.16)$$

- Механички степен искоришћења:

$$\eta_m = \frac{P_{ef}}{P_t} \quad (3.17)$$

- Степен искоришћења турбине се дефинише као производ претходна три степена искоришћења:

$$\eta_t = \eta_h * \eta_v * \eta_m \quad (3.18)$$

- Степен искоришћења хидропостројења:

$$\eta_{hp} = \eta_h * \eta_v * \eta_p * \eta_G \quad (3.19)$$

Пошто је одређивање појединих губитака у хидропостројењу доста сложено, узима се приближно да је за практичне прорачуне:

За $H_b > 5\text{m}$ – спољашњи губици износе $\Delta h = (3 - 4) \% H_b$, за $H_b < 5\text{m}$ – спољашњи губици износе $\Delta h = (2 - 3) \% H_b$. На основу тога, следи да је нето пад мањи од бруто пада за $(2 - 4)\%$, односно следи да је:

$$H_n = H_b - (0.02 - 0.04) * H_b \text{ [m]} \quad (3.20)$$

1.1.1 Просечна снага мини хидроелектране

Снага мини хидроелектрана искоришћена је са 85% у односу на укупни годишњи капацитет електране, те је просечна снага:

$$P_{pr} = P_G * \eta_{mhe, god} \text{ [kW]} \quad (3.21)$$

1.1.2 Средња годишња производња електричне енергије

Пошто мини хидроелектране обично не раде у периоду ниске воде, тај период се узима за ремонт постројења. Он обично траје око месец дана, тако да практично мини хидроелектрана ради око једанаест месеци, те се на основу тога може дефинисати средња годишња производња:

$$P_{sr} = P_G * t \text{ [kWh]} \quad (3.22)$$

где је снага генератора:

$$P_G = P_{ef} * \eta_G \text{ [kW]} \quad (3.23)$$

3.5 Хидроенергетски потенцијал

Анализа хидроенергетског потенцијала има за циљ сагледавање локација и деоница концентрације потенцијала, како би се издвојили најпогоднији сектори за хидроенергетско коришћење. У задње време овај потенцијал постао је најинтересантнији, како са аспекта добијања концесија и страних улагања, тако и због чињенице да се ради најчешће о вишенаменским објектима који су еколошки веома прихватљиви. За одређивање технички искористивог потенцијала, уз сагледавање свих аспеката и варијантних могућих решења и разрешења евентуалних различитих интереса осталих корисника воде, потребно је да се на бази постојеће документације дефинише довољно поуздано и технички оствариво решење, уз довољно поуздано одређивање просечне годишње производње из расположивог хидроенергетског потенцијала. Технички и економски потенцијал су динамичке категорије које зависе од тренутка времена у којем се одређују и вреднују, пре свега од техничке концепције коришћења вода, као и од економских и енергетских услова под којим се валоризује добијена енергија. Технички искористив хидроенергетски потенцијал представља онај потенцијал који се добија разрадом одговарајуће техничке документације неопходне за техничку реализацију. Овај потенцијал одређује се на основу документације у којој је дефинисан систем, са главним параметрима од значаја за израчунавање потенцијала

преградних места или деоница водотокова (коте успона, инсталирани проток, снага итд.). Део техничког искористивог хидроенергетског потенцијала чија се експлоатација економски исплати, према енергетским и економским критеријумима у датом временском периоду, представља економски искористив потенцијал за чије одређивање је неопходно користити значајно виши ниво техничке и економске документације.

Избор савременог техничко–технолошког решења појединих мини хидроелектрана, пре свега је везан за рационално искоришћење расположивог обновљивог ресурса и смањење негативног утицаја на животну околину. Ови захтеви су у складу са будућим трендом развоја хидроенергетских постројења, који постављају два основна циља развоја и то: побољшање степена ефикасности постројења и производња чисте „зелене“ енергије, уз истовремено смањење емисије штетних материја, а пре свега GH („green house“) гасова, који доводе до појаве ефекта стаклене баште.

3.6 Хидрауличне турбине

Основна намена хидротурбина је добијање корисне снаге на вратилу турбине, што се постиже претварањем хидрауличне у механичку енергију. Да би се хидраулична енергија трансформисала у механичку, неопходно је обезбедити непосредну интеракцију воде и механичког система, при чему се делови тог система стављају у обртно кретање. Истовремено треба остварити и скретање воде у колу, једином делу турбине, у коме се врши непосредно претварање хидрауличне енергије у механичку. Остали делови турбине, који су такође неопходни, имају задатак стварања услова да се у колу обави што квалитетнија размана енергије, а да при том губици у њима буду минимални. Савремени развој теорије турбомашина заснован је на примени основних једначина механике флуида: једначина континуитета, Ојлерова једначина кретања, Бернулијева једначина (енергетска једначина) као и Ојлерова једначина за турбомашине. Струјање у турбинама од улаза у турбину па до излаза из ње није једноставно. Узроци сложености леже у следећим чињеницама:

- Проточни тракт турбине има геометријски сложену конфигурацију;
- Коло турбине састављено је од коначног броја лопатица причвршћених између дискова или за главчину чинећи завојне канале. Коло се обрће и флуидни делићи у њему, зависно од референтног координатног система имају апсолутно и релативно кретање. Све ове чињенице указују да струјање у лопатичном каналу мора бити нестационарно и просторно;
- Наструјавање лопатица, нарочито у погонским режимима ван оптимума, изазива инерцијално одлепљивање флуида и стварање мртвих зона које су по правилу нестабилне и интерактивно делују на здраво струјање;
- Струјање у сифону иза кола турбине је вихорно. Вода од излаза из обртног кола па до излаза из сифона ротира неком одређеном кружном фреквенцијом. При томе се у оси сифона ствара вртложно језгро које ротира по закону чврстог тела. У одређеним режимима језгро постаје нестационарно, изазивајући при том и озбиљне проблеме у раду турбине.

Егзактан математички опис кретања флуида био би сложен, те је потребно увести одређене претпоставке и упрошћења. Претпоставке које се уводе при моделирању су: да је струјање невискозно, стационарно, осносиметрично (једнодимензионално) и нестишљиво.

3.6.1 Класификација хидрауличних турбине

Функционално важни делови сваке турбине су: делови који доводе воду до обртног кола, обртно коло, делови који одводе воду од обртног кола и помоћни делови (систем подмазивања и регулације). Најважнији елемент турбине, у коме се врши претварања енергије воденог тока у механичку енергију је обртно коло. У зависности од начина претварања струјне енергије у механичку, турбине се могу поделити у две основне групе и то: акцијске и реакцијске.

Акцијске турбине користе само кинетичку енергију млаза, која се ствара у доводном органу турбине – млазнику, док притисна енергија од улаза до излаза из кола остаје практично неизмењена. Овакве турбине називају се још и слободно млазним турбинама.

Код реакцијских турбина, у области обртног кола, у процесу размене рада, мењају се све три компоненте струјне енергије, и то притисна, кинетичка и положајна. Код оваквих турбина притисна енергија на улазу у коло је већа него на излазу из кола, те се због тога називају притисним турбинама. Степен реактивности турбине се дефинише као однос напора који се у радном колу трансформише у кинетичку енергију, према укупном напору који је на располагању турбини. Основна карактеристика реакционих турбина јесте сужавање међулопатичних канала радног кола, што доводи до убрзавања струје флуида у односу на лопатице, односно лопатичне канале, што доводи до појаве силе реакције.

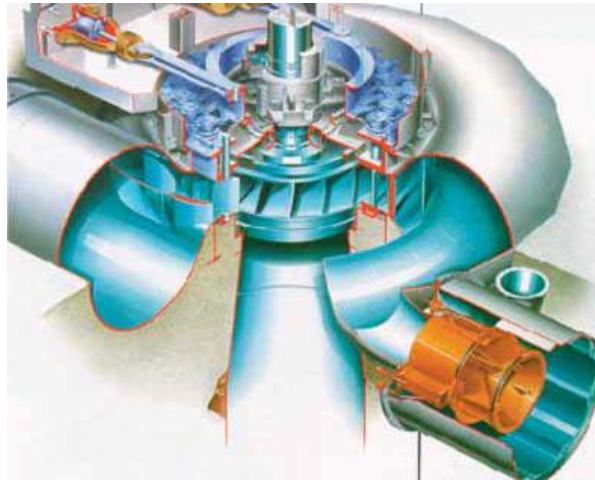
3.6.1.1 Реакционе турбине

У групу реакционих турбина спадају радијалне Франсисове, дијагоналне, аксијалне Капланове и аксијалне цевне турбине. Проточни делови реакционих турбина састоје се од: спирале, статорских лопатица, спроводног односно усмеравајућег апарата, обртног кола и сифона. Вода из цевовода или уводних органа улази у спиралу, која равномерно распоређује воду по обиму статорских лопатица. Задатак статорских лопатица, као и спирале је да створе потребну циркулацију воде пред улазом у спроводни апарат и да турбини дају потребну крутост. Оне прихватају оптерећења од скоро свих виталних делова турбине (генератора, вратила, обртног кола) и преносе га на фундамент турбине. Статорске лопатице су непокретне и хидраулички обликоване како не би стварале велике струјне губитке. По изласку из статорских лопатица, вода се доводи ка спроводном апарату. Он се састоји од венца хидраулички обликованих лопатица и усмерава воду у простор између спроводног апарата (СА) и обртног кола (ОК). Лопатице спроводног апарата су равномерно распоређене и могу се закретати помоћу сервомотора. При повећању отвора спроводног апарата повећава се проток, а тиме и снага турбине. Након спроводног апарата вода улази у обртно коло у коме се врши размена енергије тока воде и механичког система, а помоћу вратила снага се предаје генератору. Из кола вода отиче у сифон који има дифузорски облик тако да велику кинетичку енергију тока воде на излазу из обртног кола рекуперира у притисну енергију. Сифон обезбеђује мањи притисак иза кола (него у случају без њега) и боље искоришћење пада. Специфичну конструкцију реакционих турбина има цевна турбина. Вратило цевне турбине ја хоризонтално. Уместо из спирале, вода из уводних органа, опструјава капсулу, притиче статорским лопатицама и спроводном апарату, а затим и обртном колу. По напуштању кола, вода отиче у сифон.

3.6.1.1.1 Франсисова турбина

То је реакциона радијална, у литератури се често назива и радијално–осна турбина, јер вода у турбину и радно коло улази радијално, а напушта га осно. Ове турбине се

користе за следеће параметре: висину доставе $H_t = 10 - 350m$, односно специфичну брзину (специфична учесталост обртања с обзиром на снагу) $n_p = 30 - 400$. Франсисова турбина приказана је на слици 3.2.



Слика 3.2 Вертикална Франсисова турбина [34]

Према положају вратила, Франсисове турбине могу бити хоризонталне и вертикалне. Вода улази у турбину посредством спирале, која је кружног попречног пресека и има статорске лопатице. Задатак спирале је да доведе воду по читавом обиму спроводног апарата и радног кола. Помоћу дифузора (сифона) вода се одводи у канал доње воде. Сифон (дифузор) обезбјеђује мањи притисак иза кола и боље искоришћење пада. Статорске лопатице су непокретне и хидраулички обликоване, како не би стварале велике струјне губитке. Статорске лопатице се састоје од горњег и доњег прстена и самих лопатица. По изласку из статорских лопатица, вода се доводи ка спроводном апарату. Он се састоји од венца хидраулички обликованих лопатица и усмерава воду у простор измеђе спроводног апарата и радног кола. Лопатице спроводног апарата су равномерно распоређене и могу се закретати помоћу сервомеханизма. Након спроводног апарата, вода улази у обртно коло у коме се врши трансформација кинетичке енергије у рад. Радна кола Франсисових турбина могу да се израде ливењем или у завареној конструкцији. Код радних кола за турбине мање снаге, лопатице радног кола раде се од лима, а затим ливачким поступком стављају се у калуп између венаца радног кола и уливају у једну целину. Међутим, ако су лопатице радног кола профилисане, а то је случај код турбина веће снаге, онда се венци радног кола и лопатица раде ливењем изједна.

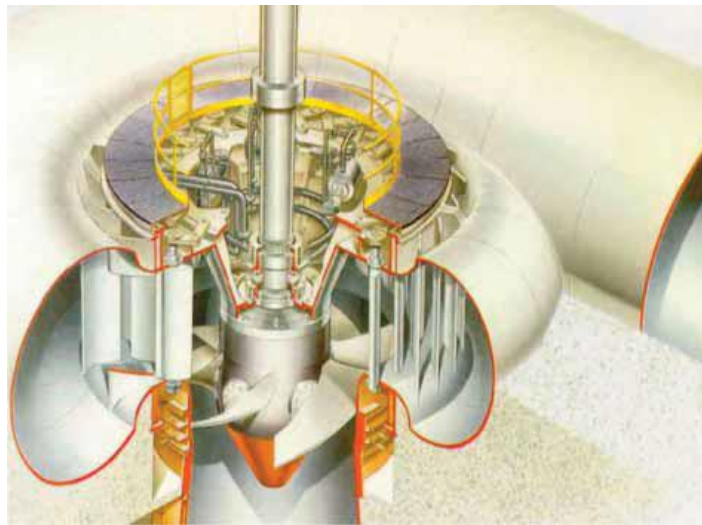


Слика 3.3 Радно коло Франсисове турбине [34]

3.6.1.1.2 Капланова турбина

Капланова турбина и њене варијанте налазе широку примену при градњи мини хидроелектрана. Ова турбина се карактерише тиме да има осни (аксијални) пролаз воде кроз радно коло, док код Франсисових турбина вода улази у радно коло радијално, тј. управо у односу на осу обртања, а излази из радног кола осно тј. паралелно са осом обртања, те се Франсисове турбине често називају и радијално–осне турбине.

Област примене Капланових турбина с обзиром на специфичну брзину $n_p = 200 - 1000$. Користе се за падове од $H_t = 2 - 40m$. Упоредјујући их са Франсисовим турбинама, за исте радне параметре, долази се до закључка да су геометријски параметри и маса мањи код Капланове турбине. Изразита предност Капланове турбине је двојна регулација тј. апликација регулационог органа, како за спроводни апарат, тако и за радно коло, што доводи до веће вредности у регулисању разних радних режима под којима турбина ради. При оваквој регулацији, степен корисности достиже вредност $\eta = 0.88 - 0.92$. На излазу из Капланове турбине, релативно је висока вредност кавитационих коефицијената, што може да доведе до одговарајућих већих инвестиционих трошкова, са аспекта додатног коришћења јединичног рада. С обзиром на кавитацију често је потребно да се лопатице радног кола раде из специјалних антикорозионих челика који нису подложни кавитацији. Постоје варијанте решења Капланове турбине као нпр. Тхоманова турбина, која има покретне лопатице радног кола, али су зато лопатице спроводног апарата непокретне и пропелерна турбина, где су лопатице радног кола чврсто насађене на главчину радног кола, а лопатице спроводног апарата су покретне.



Слика 3.4 Капланова турбине [34]

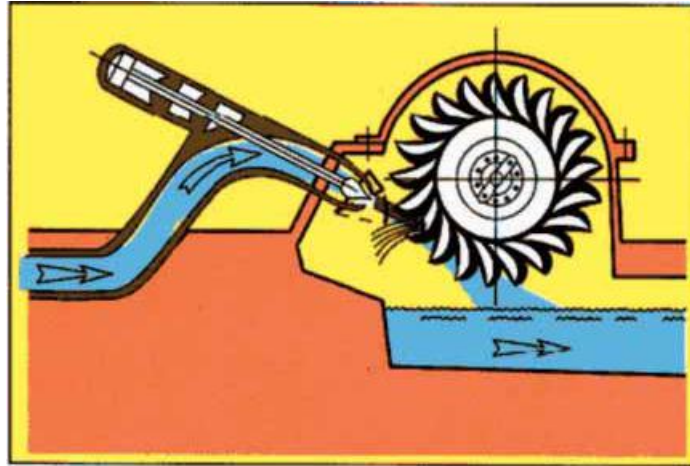
3.6.1.2 Акционе турбине

Хидрауличне турбине чији се принцип рада заснива на акционом дејству струје флуида називају се акционе или импулсне турбине и ту спадају Пелтонове и Банкијеве турбине.

3.6.1.2.1 Пелтонова турбина

Најчешћи случај примене акционе хидрауличне турбине у извођењу мини хидроелектрана је Пелтонова турбина. Предност њене примене лежи у томе што је у

конструктивном и хидрауличном погледу релативно једноставна. Пелтонова турбина приказана је на слици 3.5.



Слика 3.5 Пелтонова турбина [34]

Основни делови Пелтонове турбине су: доводни цевовод, млазник са регулационим копљем, скретач (секач) млаза, радно коло, вратило и оклоп турбине. Вода се цевоводом доводи до млазника. Положај регулационог копља у млазнику регулише проток воде. Копље се помера помоћу сервомеханизма, при чему положај секача млаза прати кретање копља. При смањењу снаге, секач одсеца део млаза до потребног пречника, а копље затим заузима потребан положај. Оштрица секача је увек тик уз обим млаза у стационарном раду. Млаз из млазника наструјава лопатице у којима се врши размена рада, а снага се вратилом преноси до генератора. Оклоп спречава распрскавање воде по околном простору. Зависно од положаја вратила турбине као и од броја млазника који дејствују на коло постоје конструкцијски различите шеме Пелтонових турбина, и то са хоризонталним и вертикалним вратилом, затим турбине са једним или више млазника.

Област примене Пелтонових турбина за мини хидроелектране креће се за висину пада $H_t = 50 - 1300m$, при чему се брзоходност креће у границама $n_p = 10 - 30$. Као што је речено, код ових турбина доводни уређај чини млазница која је кружног облика и из ње истиче вода и удара у лопатицу радног кола, па се каже да је Пелтонова турбина са парцијалним пуњењем, јер се вода не доводи по читавом обиму радног кола. Млаз воде удара тангенцијално на подеони круг лопатице. У млазници се укупно доведени јединични рад трансформише у кинетичку енергију, због чега вода из млазнице излази великом брзином која је једнака:

$$v_i = c_v * \sqrt{2 * g * H_t} \left[\frac{m}{s} \right] \quad (3.24)$$

где је:

c_v – коефицијент брзине (зависи од облика млазнице) и има вредност једнаку $0.95 - 0.973$, при степену корисности млазнице $\eta_{ml} = 0.95 - 0.98$. Излазни пречник млазнице се рачуна по следећем изразу:

$$d_0 = (0.963 - 0.973) * \left(\frac{Q}{\sqrt{g * H_t}} \right)^{\frac{1}{2}} [m] \quad (3.25)$$

Број млазница код Пелтонове турбине за мини хидроелектране $z = 1 - 4$, док за турбине великих снага и савремене конструкције може бити и $z = 6$. Радно коло, као основни елемент сваке турбине, састоји се од главчине и венца, по коме су насађане лопатице. Димензије радног кола и лопатице одређују се на основу пречника d_0 . Величина средњег пречника радног кола зависи од обимне брзине која се може одредити по следећем изразу:

$$u = (0.655 - 0.670) * \sqrt{g * H_t} \left[\frac{m}{s} \right] \quad (3.26)$$

при чему се постиже $\eta_h = 0.9$.

Апсолутна брзина на излазу из радног кола се одређује по следећем обрасцу:

$$v_2 = (0.17 - 0.2) * \sqrt{g * H_t} \left[\frac{m}{s} \right] \quad (3.27)$$

О квалитету Пелтонове турбине одлучују поред степена искоришћења млазнице, и хидраулични губици у радном колу као и однос ободне и апсолутне брзине:

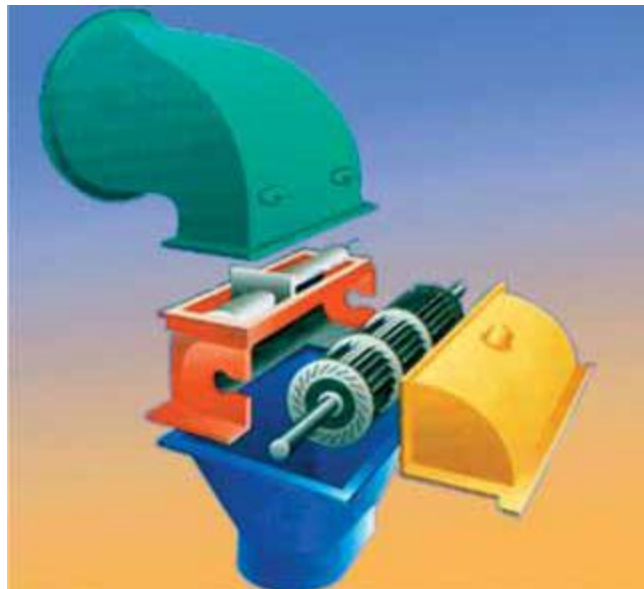
$$\frac{u_1}{v_1} = 0.46 - 0.49 \quad (3.28)$$

У току рада могуће је да турбина у кратком временском интервалу измени своју снагу од 100% до нуле, услед чега се појављује нагли пораст притиска и може да дође до појаве хидрауличког удара. Да би се избегла ова појава, односно нагла промена снаге, али непомерањем регулационе игле, скреће се струја течности, односно млаза, посредством скретача (дефлагматора) млаза. Последњих година широку примену имају Пелтонове турбине са вертикалним вратилом, при чему радно коло има већи број млазница (2–6), а све оне добијају воду из једног доводног цевовода под притиском. При овоме, млазнице потпуно уравнотежују хидрауличне силе тј. избегнута су допунска оптерећења радијалних лежајева.

3.6.1.2.2 Банкијева (Cross-flow) турбина

Специфична врста акцијске турбине је радијална турбина са двојним пролазом воде кроз радно коло, позната као Банкијева турбина. Област примене ових турбина је за висину пада турбине $H_t = 3 - 250 m$. са специфичном брзином која се креће у границама $n_p = 20 - 200$. Снага за коју се ова турбина користи је $P_t = 1 - 1000 kW$. Слободно се може рећи да је ово универзална турбина у области мини хидроелектрана.

Банкијева турбина састоји се од два дела: ротора и млазнице. Посредством доводног ценовода вода се доводи млазницом до периферије радног кола и затим пролази кроз систем лопатица радног кола. Вода пролази кроз систем лопатица два пута, при чему у првом пролазу размени са радним колом око 70% расположиве енергије. Ротор је израђен од два паралелна кружна диска спојена заједно низом закривљених лопатица причвршћених по ивици. За регулацију протока служи регулациона лопатица или клапна. Млазница, чији је попречни пресек правоугаони, усмерава млаз пуном ширином на ротор и улази у ротор под углом од око 160 степени у односу на тангент на периферију ротора. Облик млаза је правоугаон, широк и не много дубок. Вода удара лопатице на ободу ротора, струји преко лопатице, напушта је, пролази кроз празан простор између унутрашњих ивица лопатица у ротору, улази у лопатицу на унутрашњој страни обода лопатице, и излази изван ротора. Пречник кола је практично независан од количине воде, и жељена ширина кола се може дати независно од количине воде. Вода кроз коло протиче два пута с тим што први пут има центрипеталан а кроз други пролаз центрифугалан ток. Први проток кроз радно коло уствари може се сматрати као струјање кроз парцијалну реакцијску турбину док се струјање кроз други део може сматрати као код акцијске турбине. На излазу из радног кола посредством одводног дела – конфузора, вода одлази у одводни канал.



Слика 3.6 Банкијева турбина типа Ossberger [34]

3.6.2 Избор типа турбине

Тип, геометрија и димензије турбине зависе од доступне висине пада, протока кроз турбину, угаоне брзине и цене. Висина пада је први критеријум при избору турбине. Табела 3.6 даје подручја висине пада за различите типове турбина.

Табела 3.6 Зависност типа турбине од висине пада [34]

| Тип турбине | Висина пада у метрима |
|-------------------|-----------------------|
| Каплан | 2 – 40 |
| Банки (crossflow) | 3 – 250 |
| Франсис | 10 – 350 |
| Пелтон | 50 – 1300 |
| Турго | 50 – 250 |

Специфична брзина, је други критеријум за избор турбине која треба да ради при својој оптималној ефикасности. Специфична брзина се дефинише као:

$$n_p = \frac{n * \sqrt{P}}{H^{1.25}} \quad (3.29)$$

где су:

$n[o/min]$ – број обртаја турбине;

$P [kW]$ – излазна снага;

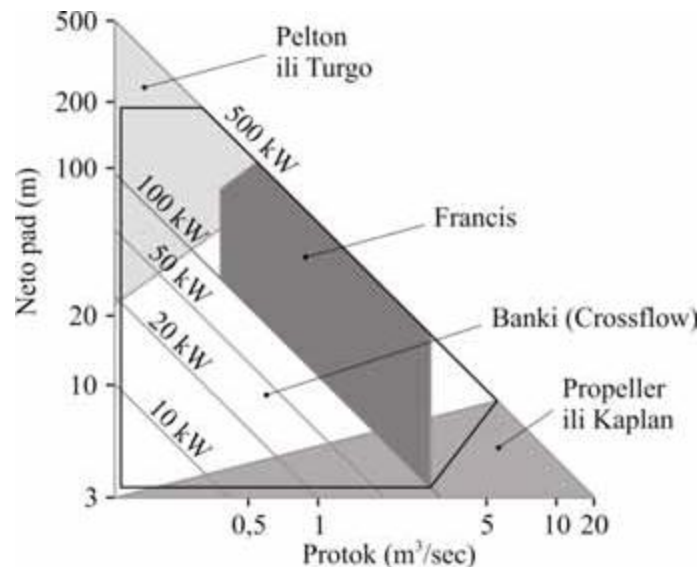
$H [m]$ – висина пада турбине.

Подручје специфичних брзина за примену различитих турбина је дато у табели 3.7.

Табела 3.7 Зависност типа турбине од специфичне брзине [34]

| Тип турбине | Специфична брзина |
|-------------------|-------------------|
| Каплан | 10 – 30 |
| Банки (crossflow) | 20 – 70 |
| Франсис | 20 – 200 |
| Пелтон | 30 – 400 |
| Турго | 200 – 1000 |

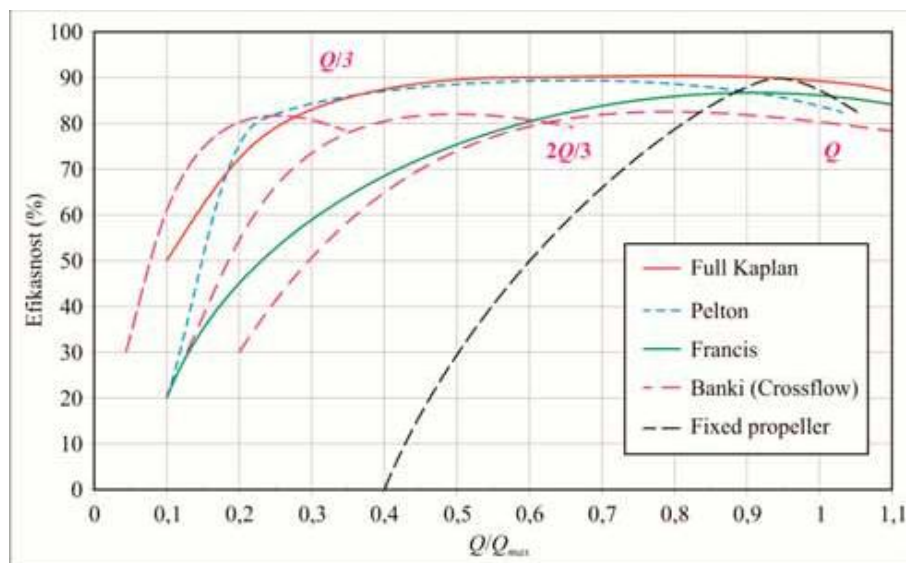
За визуелан преглед подручја примене појединих типова хидрауличних турбина служи следећи дијаграм:



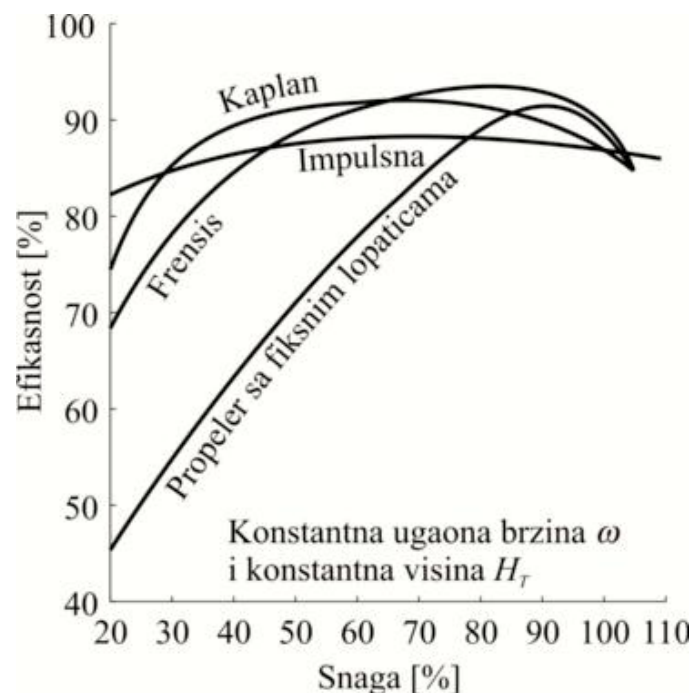
Слика 3.7 Подручје примене турбине [34]

За избор типа турбине за мини хидроелектране предност се даје факторима као што су висина пада и проток у односу на специфичну брзину. Следећи фактор који треба узети у обзир при избору типа турбине су сезонске варијације у висини пада и протоку. Банкијева (Crossflow) турбина је погоднија за рад у условима већих варијација у односу на остале типове турбина. Степен корисности Банкијеве турбине нешто је мањи од степена корисности других врста турбина. На дијаграму промене степена корисности у зависности од релативног протока кроз радно коло $\frac{Q}{Q_{max}}$, уочљиво је да је

степен највећи при релативном протоку $\frac{Q}{Q_{max}} = 0.85$. Када проток падне на половину од максималне вредности, степен корисности се смањи само око 7% у односу на максималну вредност. С обзиром на то да се водостај река у току године мења, то је предност микро и мини Банки турбина јер могу радити са оптималним степеном корисности и при мањим протоцима. Поред тога што поседују широку област примене, Банки турбине имају одличну способност самоиспирања, јер се лопатични канали испирају, при другом пролазу воде кроз њих, од разних нечистоћа које је решетка пропустила (лишће, трава, снег). Како турбина има малу брзину обртања радног кола, врло често се уместо директног спрезања турбине и генератора користи каишни преносник или мултипликатор. Банки турбине мање снаге се често израђују заваривањем, од одговарајућих лимова, а лопатице радног кола од стандардних вучених цеви или се раде од лимова.



Слика 3.8 Зависност степена корисности од промене протока за различите типове турбине [34]



Слика 3.9 Зависност степена корисности од промене снаге за различите типове турбине [34]

3.7 Врсте водозахвата код малих хидроелектрана

У зависности од типа висине бране зависи и њихова диспозиција. Водозхвати се разликују у зависности од тога да ли је у питању бетонска или насута брана. Код бетонских брана малих висина обично се ради о гравитационом типу објекта. Ако не постоји захват воде на брани у виду темељног испуста, онда се оставља у непреливеном делу бране отвор за хватање воде. Отвор за захват воде је једноставан и састоји се од следећих објеката:

- Заштитна решетка;
- Улазне грађевине;
- Табласти затварач са узводне стране;
- Низводни лептирасти или овални затварач.

3.7.1 Чеони захват

Чеони захват има предности у односу на остале захвате, јер својом конструкцијом и положајем у кориту не уводи воду у деривациони канал. Захват чине два до три преградна поља од којих је једно обезбеђено одговарајућим решеткама, најчешће грубом и фином решетком. Кроз решетку вода пролази остављајући нанос и одлази у деривациони канал или таложницу. Захватни део је по правилу обезбеђен једном до две табласте уставе којима се регулише проток воде. Изградњом чеоног захвата сужава се по правилу, протицајни профил за велике воде, што представља велики недостатак, јер се на месту захвата, услед сужавања корита, велике воде могу изливати и плавити околна земљишта. Чеони захват се не примењује код водотока са великом количином наноса, због засипања односно запушавања решетки и њиховог честог чишћења. У сваком случају, кад се примењује овај тип захвата, потребно је обезбедити аутоматско чишћење решетки.

3.7.2 Бочни захват

Ови захвати се израђују на обали у склопу успорне грађевине. Успорни праг подиже ниво, уводи воду у бочни захват и иза прага се таложи нанос. Бочни захват се увек опрема решетком, табластом уставом за регулацију, преливном ивицом за испуштање вишка воде и муљног испуста. На улазу у деривациони канал или таложницу поставља се решетка и табласти затварач. Бочни захвати се углавном граде на релативно малим водотоцима, који најчешће носе ситан нанос, а он се задржава у решеткама. У склопу бочних захвата скоро увек се граде таложници.

3.7.3 Речни захват

Ови захвати се најчешће примењују за захват воде за деривационе мини хидроелектране и могу се изградити са или без успорног прага. При пројектовању речних захвата по правилу се мора решавати велики број проблема од којих су најчешћи:

- Пренос наноса;
- Одстрањивање пливајућих предмета;
- Проблем мржњења и одстрањивања леда.

Речни захват, се по правилу пројектује и гради на местима водотока који има стабилно не само корито него и обале. Уколико корито на месту захвата није стабилно, онда је нормално да се морају предвидети одговарајући радови у циљу стабилизације водотока на месту захвата. Заштита од наноса се мора извести постављањем одговарајућих решетки на месту улаза воде у деривациони канал или цев, као и на улазу воде у таложницу. Код деривационих канала отвореног типа, који се често граде на малим падовима, треба рачунати на то да ће се ситнији материјали, које не садржи таложница, таложити у каналу, па је потребно чешће чишћење довода решетке на улазу, као и код осталих захвата, врло често се запуше пливајућим предметима и наносом, па је, тамо где је то неопходно, потребно пројектовати решетку са аутоматским чишћењем. Највећа опасност за рад речних захвата су пластичне кесе које се бацају у воду.

3.7.4 Прибрански потопљени водозахват

То су цевасти отвори у телу бетонске или армирано бетонске бране. Примењују се само код прибранских хидроелектрана. Отвори су са узводне стране бране конструктивног решења у облику левка конструисаног према хидрауличним условима. Ови водозахвати се опремају фином решетком и табластим затварачем, а мора се предвидети и аерациони отвор. Минимални ниво воде испод којег није дозвољен рад мини хидроелектране се одређује рачунски.

3.7.5 Горњи захват

Уместо доњих захвата воде за мини хидроелектране на водотоцима са великим количинама наноса, нарочито код водотока са великим количинама крупног наноса (камен, шљунак) примењују се горњи захвати, који се, такође, граде у кориту водотока, као што је то случај са чеоним захватом. Код чеоних захвата вода се захвата са дна водотока, а код горњих захвата вода се практично захвата са горњег нивоа на тај начин што се у кориту водотока граде сабирни канали, који скупљају воду без крупног наноса. Горњи отвори сабирних канала заштићени су одговарајућим решеткама преко којих нанос из воде, који не може да упадне у сабирни канал, одлази низводно од захвата. У ову групу захвата спадају и тзв. тиролски захвати на бујичиним водотоцима. Недостаци овог захвата су:

- Већи губици пада у односу на друге;
- Тешко одржавање због запушења решетке;
- У захват упадају ситне фракције наноса.

3.7.6 Врећасте бране као захват воде за мини хидроелектране

Врећасте бране су, у ствари, савремено техничко решење за успоравање воде потребне индустрији, пољопривреди, малим хидроелектранама и за рекреативне сврхе. Основне позитивне карактеристике ових брана су:

- Рад при подизању и спуштању бране је аутоматизован;
- Изградња је економичнија;
- Ниски су трошкови одржавања;
- Дуг им је век трајања;
- Естетски изглед повољан.

Врећасте бране састоје се од:

- Бетонског прага;
- Еластичне гумене масе испуњене водом или ваздухом;
- Грађевинских објеката у водотоку.

Врећаста брана може бити са једним или више поља. Мехурови ових брана пуне се водом или ваздухом. На избор флуида, којим ће се пунити мехур, утиче више параметара, као што су обезбеђење и довод енергије, удаљеност од насеља, намена, климатски услови и сл. Основа врећасте бране је платно од полиестра, са обе стране гумирано специјалном гумом. Гумирано платно се монтира у облику цеви које се учвршћује на бетонском прагу. За подизање и спуштање служи вода или ваздух, а у неким случајевима се користи вода и ваздух заједно. Висина бране зависи од висине нивоа воде у резервоару на обали. Када порасте ниво воде у реци, збир притиска (хидростатички притисак реке плус хидростатички притисак у брани) је већи од хидростатичког притиска у резервоару, па се врећа празни преко сифона, тако да висока вода несметано тече преко испражњене вреће.

3.8 Довод воде за мини хидроелектране

Доводи воде за мини хидроелектране су најчешће гравитациони. Граде се отворени или затворени, а одређење зависи од:

- Топографских услова на терену;
- Геолошких карактеристика материјала кроз који пролази вода;
- Количине воде која се доводи за потребе хидроелектране;
- Транспортних услова материјала за грађење;
- Сеизмичности подручја;
- Потреба за заштиту довода од људског загађења;
- Саобраћајних услова месног становништва;
- Висине инвестиције.

3.8.1 Прелаз воде испод саобраћајнице

При укрштању довода воде са саобраћајницама, неопходно је наћи такво решење које ће најмање утицати на губитак пада и обезбедити несметан саобраћај. Најчешће се прелаз испод саобраћајнице решава изградњом сифона.

3.8.2 Потисни цевовод

За довод воде од захвата или до водне коморе користе се цеви од челика, армираног бетона, азбест цементираног или пластичног материјала. Која ће се од ових цеви употребити зависи од тога да ли се ради о цевима под притиском или са слободним течењем. Одређивање дебљине зида цеви и пречника цевовода добија се као компромис између полазних инвестиционих трошкова за изградњу и хидрауличних губитака у цевоводима који расту са снижавањем пречника цевовода и повећањем брзине струјања флуида у цевима.

Оптимални (економски) пречник цевовода се одређује у функцији протока према формули:

$$D_c = \sqrt{\frac{5.2 * Q}{H_b}} \quad (3.30)$$

где су:

$D_c [m]$ – оптимални пречник цевовода,

Q, H_b – инсталисани проток и пад постројења

Поред овог обрасца, користе се још и обрасци Будшеа (Budsche) који гласе:

$$D_c = (0.052 * Q^3)^{0.14} [m], \text{ за } H_{max} < 100 \text{ m} \quad (3.31)$$

$$D_c = \left(0.052 * Q^3 * \frac{100}{H_{max}}\right)^{0.14} [m], \text{ за } H_{max} \geq 100 \text{ m} \quad (3.32)$$

где је:

$$H_{max} = H_b + \Delta H \quad (3.33)$$

ΔH – висина која одговара повећању притиска за време рада турбине.

Оријентационо се узима да је:

$$\Delta H = 15 - 20 \text{ m за } H_b < 100 \text{ m} \quad (3.34)$$

$$\Delta H = 20 + 0.1 * H_b \text{ за } H_b \geq 100 \text{ m} \quad (3.34)$$

Дебљина зида цеви одређује се према обрасцу:

$$\delta = \frac{p * D_c}{2 * \varphi * \sigma_D} + 2 [mm] \quad (3.34)$$

где је:

$$p \left[\frac{N}{m^2} \right] \text{ – максимални притисак у цевоводу} \quad (3.34)$$

$$D_c, [m] \text{ – оптималан пречник у цевоводу} \quad (3.34)$$

$$\sigma_D \left[\frac{N}{m^2} \right] \text{ – дозвољени напон материјала на затезање} \quad (3.34)$$

$$\varphi = \frac{t - d}{t} \text{ – коефицијент отпорности шави (за заварене шавове } \varphi = 0.85 - 1, \text{ а за заковане се рачуна према формули)} \quad (3.34)$$

t – размак закивака, d – пречник рупе. За мини хидроелектране препоручује се дебљина зида цеви већа од 6 милиметара.

3.9 Економско–финансијски показатељи мини хидроелектране

Поставља се питање, да ли се изградњом мини хидроелектране, на датом речном току, може, интензивно искористити хидроенергетски потенцијал, како са техничког тако и са економског гледишта. Мини хидроелектране се граде на строго одређеном локалитету, где се морају поштовати, између осталог, геолошке и хидролошке карактеристике тока, карактеристике постављене турбине и начин коришћења електричне енергије. Све ове параметре треба ускладити тако да се добије најбоље техничко и економско решење, тј. да цена коштања произведеног kWh енергије буде минимална.

3.9.1 Економски показатељи избора турбинског агрегата

При трансформацији хидрауличне енергије у електричну долази до извесних губитака који имају утицаја на коришћење речног тока. Степен корисности дефинише однос добијене и уложене енергије, и он зависи од губитака у речном кориту, доводним органима, хидрауличних губитака у турбини, запреминских и механичких губитака у турбини, губитака у генератору и трансформатору. Пошто се турбина пројектује за оптимални радни режим, тј. за оптимални проток, а према турбини се бира одговарајућа пратећа хидромашинска опрема, као и електроопрема, то величина турбине у концепцији изградње мини хидроелектране има пресудан утицај у одређивању цене коштања односно економских показатеља. Оптимални проток турбине утиче на техничко-економско разматрање, које узима у обзир и погонске трошкове поред инвестиционих трошкова изградње. Погонски трошкови електране у току једне године нису без утицаја на цену коштања произведеног kWh електричне енергије. У погонске трошкове морају се урачунати трошкови годишњег ремонта који се једном годишње обавезно изводи, као и трошкови амортизације.

Пречник радног кола турбине се може експлицитно изразити као:

$$D = f(n, Q, Y) \quad (3.35)$$

За конкретне типске турбине следи израз:

$$D = k_1 * \left(\frac{Q}{n}\right)^k \quad (3.36)$$

где су:

k_1 – константа за дату турбину,

k_2 – експонат за типске врсте турбина.

С обзиром на преклапање области примене појединих типова турбина, мора се детаљно приступити анализи за избор најповољнијег решења за конкретан случај у хидрауличном погледу, затим у цени пратеће опреме, степену корисности турбине и генератора, склоности ка кавитацији и сл.

С обзиром на мале инсталисане снаге за мини хидроелектране, инвестициони трошкови могу бити релативно високи. Учешће цене коштања турбине у укупној цени коштања мини хидроелектране износи око 30%, што није занемарљива ставка. Цена коштања хидрауличног дела зависи у првом реду од величине машине, а мање од снаге и та цена се дефинише изразом:

$$C_t = k_t * P^p * D^d \quad (3.37)$$

У наредној табели су приказане оријентационе цене хидрауличних генератора.

Слика 3.10 Цена различитих типова турбина у \$1000 искључујући цену генератора и погона [34, 55]

| снага на осовини kW | Банкијеве турбине | Франсис | Пелтон са једним млазником | Пелтон са више млазника | Турго | Пропелер |
|---------------------|-------------------|----------|----------------------------|-------------------------|----------|----------|
| 2 | 1 – 2 | 4 – 6 | 1 – 4 | 1 – 3 | 2 – 4 | 4 – 6 |
| 5 | 2 – 6 | 8 – 6 | 2 – 8 | 2 – 6 | 5 – 8 | 8 – 10 |
| 10 | 2 – 10 | 15 – 20 | 2 – 15 | 2 – 10 | 8 – 14 | 15 – 20 |
| 20 | 3 – 14 | 20 – 30 | 3 – 20 | 3 – 15 | 12 – 20 | 20 – 30 |
| 50 | 5 – 30 | 25 – 70 | 5 – 50 | 5 – 30 | 35 – 50 | 25 – 70 |
| 100 | 30 – 50 | 40 – 100 | 40 – 80 | 15 – 60 | 55 – 80 | 40 – 100 |
| 150 | 50 – 80 | 60 – 120 | 60 – 100 | 30 – 80 | 80 – 100 | 60 – 120 |

3.9.2 Економско–финансијски показатељи изградње мини хидроелектрана

За мини хидроелектране су значајни следећи економско–финансиски показатељи:

- Трошкови изградње;
- Производна цена електричне енергије.

Под трошковима изградње подразумевају се трошкови инвестиција за све објекте од захвата до одвода, укључујући и евентуалне трошкове за поплавно земљиште и приватне поседе и сл. Трошкови изградње зависе од величине хидроелектране и та се зависност може апроксимирати правцем, односно следи да је:

$$I = A + B * Q \quad (3.38)$$

где су:

A, B – константе које зависе од типа хидроелектране, од дужине одвода и довода и од изведбе и величине бране и осталих делова постројења као и од бруто пада. Однос између трошкова изградње и могуће годишње производње електричне енергије назива се специфичном инвестицијом по јединици снаге и означава се као:

$$i = \frac{I}{W} = \frac{A + B * Q}{W} \left[\frac{\text{novčana jedinica}}{kWh} \right] \quad (3.39)$$

Такође се трошкови изградње хидроелектране могу приказати у експлицитној зависности од инсталисане снаге, што се означава као:

$$I = A + B_1 * P_i \quad (3.40)$$

Специфичне инвестиције по јединици инсталисане снаге су:

$$i_p = \frac{A}{P_i} + B \quad (3.41)$$

Ове инвестиције са повећањем инсталисане снаге постају све мање, те поређење хидроелектране с обзиром на специфичне инвестиције нема смисла. Производна цена електричне енергије у хидроелектранама пропорционална је специфичним инвестицијама, јер су и трошкови производње пропорционални инвестицијама. У хидроелектранама практично нема трошкова који зависе од количине произведене

електричне енергије, већ су сви трошкови стални без обзира на количину енергије коју електрана производи.

Производна цена електричне енергије се дефинише као:

$$C_o = \frac{a * I}{W} \quad (3.43)$$

где је:

a – константа (нпр. 0,1) са којом треба помножити инвестиције да се добију годишњи трошкови (амортизације, камате на основна средства итд.),

W [kWh] – могућа годишња производња електричне енергије.

Ако се са $\beta \leq 1$ означи однос између стварне и могуће годишње производње електричне енергије, следи да ће производна цена електричне енергије бити:

$$C = \frac{C_o}{\beta} = \frac{a * I}{\beta * W} \quad (3.44)$$

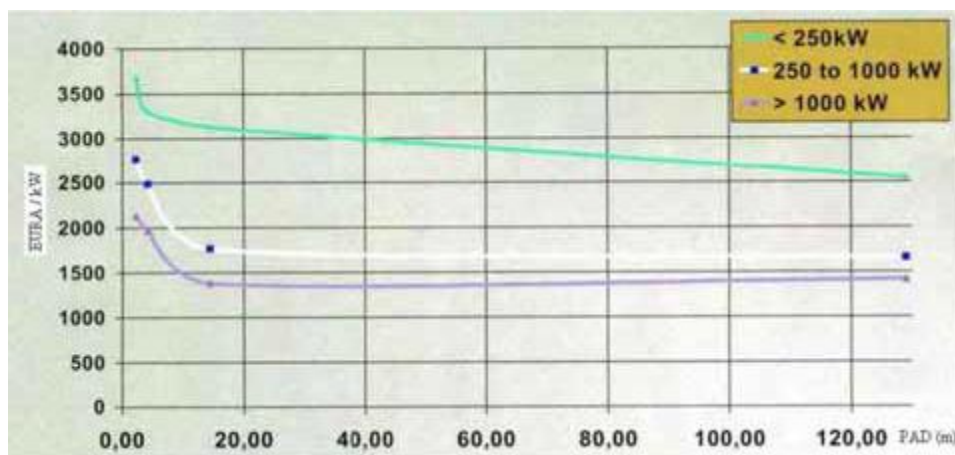
Однос β није константан за цело време рада хидроелектране, он је обично најмањи непосредно након изградње електране, те се повећава са повећањем потрошње.

Специфични инвестициони трошкови по kW инсталисане снаге су прилично високи и крећу се од 1200 до 3500 €/kW. Ови трошкови знатно варирају услед различитих услова на терену. Просечне вредности неких техничких и финансијских параметара потенцијалних мини хидроелектрана су за инвестициону снагу од 3 kW и годишњу производњу електричне од 3,4 GWh, специфичне инвестиције износе 4,6 €/kW, односно 0,91 €/kWh.

Укупна цена мини хидроелектране доминантно зависи од њене снаге и пројектног пада. Њену добру процену даје емпиријски израз:

$$\frac{[\$]}{[kW]} = \frac{3500 \text{ до } 4500}{P_t^{0.3} * H_b^{0.15}} \quad (3.45)$$

Електране са малим падом и великим протоком захтевају већа почетна улагања, јер грађевински радови и турбинска механизација мора поднети већи проток воде. За приближну апроксимациону анализу служи следећи дијаграм.



Слика 3.11 Специфични инвестициони трошкови мини хидроелектрана у функцији бруто пада и инсталисане снаге [34]

3.10 Полазне основе за пројектовање мини хидроелектрана

Студија потенцијалних локација мини хидроелектрана има за циљ да испита:

- Да ли је изградња мини хидроелектрана у одабраном подручју изводљива
- И у којој мери је на датој локацији могуће искористити хидроенергетски потенцијал.

У почетној студији користе се доступне информације и основни кораци, као што је приказано на слици 3.11.



Слика 3.12 Алгоритам за идентификацију погодних профила за одређивање потенцијалних локација [61]

Сваком поступку изградње мини хидроелектране требало би да претходи студија која би обухватила:

- Прикупљање постојећих подлога;
- Обрада прикупљених података, на основу којих се долази до података о:
 - површини слива,
 - називу водотока,
 - минималном и максималном протицају,
 - годишњем протицају,
 - типу постројења.
- Груписање датих локација по инсталисаном протицају и паду. На основу ових параметара све локације се даље деле на четири основна типа (проточни, прибрански, деривациони и комбиновани).

4 ПРИМЕЊЕНА МЕТОДОЛОГИЈА И ФАЗЕ РАДА

У овој докторској дисертацији приказан је проблем избора оптималних локација за изградњу мини хидроелектрана на водотоковима у Републици Србији. Извршена је анализа пет речних токова који се налазе у источном делу Републике Србије и на основу њих формиран модел помоћу кога се брзо и једноставно одређују оптималне локације на датим водотоковима. Представљени модел може се применити на било ком водотоку у свету.

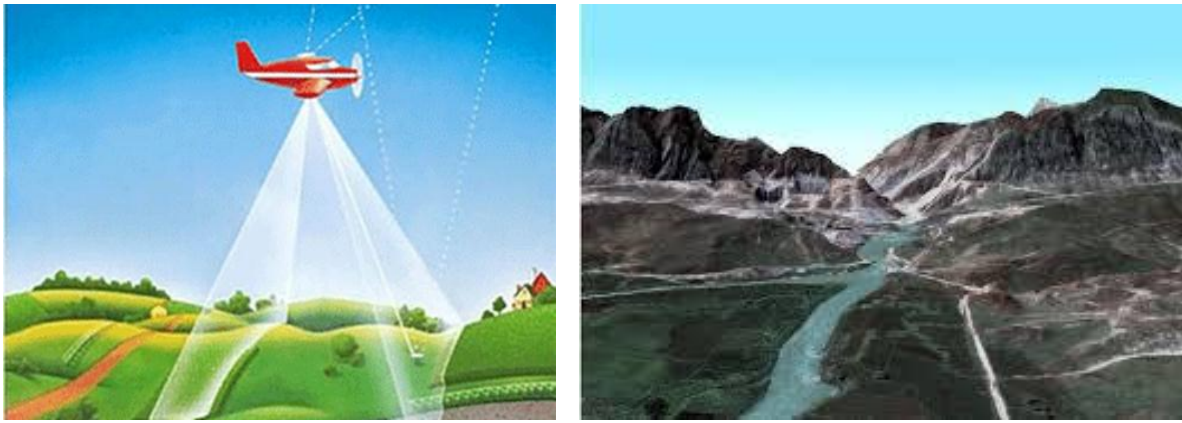
У наредним поглављима приказане су процедуре и методе одређивања основних величина које дефинишу енергетски потенцијал, начин прикупљања података као и опис критеријума за одабир локација мини хидроелектрана.

4.1 Геодетско прикупљање података и израда дигиталног модела терена

У првој фази дисертације неопходно је формирати дигитални модел терена (DMT). Обезбеђење подлога неопходних за хидротехничке анализе, представља један од најозбиљнијих задатака за инжењера. Са правом се може констатовати да од степена квалитета подлога битно зависи и квалитет целокупног истраживања. У циљу решавања практичних проблема у многим гранама инжењерске делатности, јавља се потреба за мерењем и обрадом мерених података да би се што више приближили стварном приказу просторног окружења. Конвенционални начин израде геодетских и топографских подлога односио се углавном на катастарске и катастарско–топографске планове. Развојем технологије ласерског скенирања обезбедили су се услови за примену 3D мерења тачака веома високе густине [73].

За потребе ове докторске дисертације неопходно је формирати DMT од података добијених традиционалним поступком и од података базираним на географском информационом систему (GIS). У нашим условима DMT се може добити:

- Класичним геодетским мерењима (прецизна тахиметрија).
- Дигитализацијом постојећих геодетских подлога, односно скидањем изохипси са карти одређених размера и њихово уношење у софтверски систем за прикупљање, складиштење и рад са просторним подацима географски лоцираним на Земљи или у простору.
- Сателитским снимцима који могу бити резолуције и до 30 центиметара. У већини случајева ти снимци су направљени са вештачких сателита који се налазе на огромној удаљености од земље, те се због тога не могу искористити за прављење DMT–а, неопходног за потребе хидролошке анализе. На квалитет снимка значајно утичу временске неприлике и највећи недостатак јесте немогућност сателита да продре кроз објекте на Земљи (шума и остала вегетација) и да нам да податке тачака на самом тлу;
- Аерофотограмметријом која омогућује добијање информација о објектима на површини Земље процесом мерења са фотографских снимака израђених камерама постављеним на летелицу (слика 4.1 лево). Такође, примењује се и стереофотограмметрија, она представља снимање подручја са два снимка који чине стерео пар и омогућује формирање 3D модела терена са карактеристикама индентичним оригиналу посматраном у природи (слика 4.1 десно).



Слика 4.1 Снимање терена из авиона и 3D модел терена добијен аерофотограметријом [54]

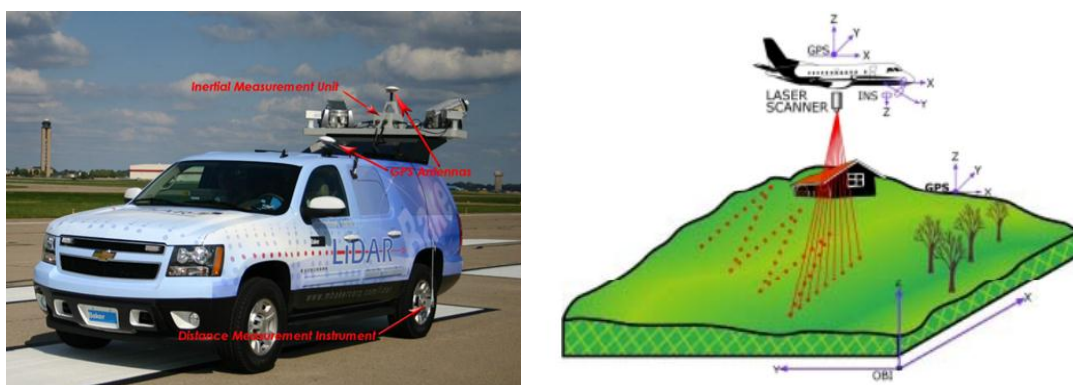
- UAV технологијом. Брз развој прецизних GPS –а, технологије жироскопа и савремене технике прикупљања и обраде података, као и експанзија нискобуџетних платформи са аматерским или професионалним камерама и системима неопходним за навигацију са високом прецизношћу донели су UAV технологију. То је беспилотна летелица (слика 4.2), она је веома флексибилна, лансира се руком и поседује аутономан систем полетања и слетања. Аутопилот ради на принципу вештачке интелигенције анализирањем података IMU (Inertial measurement Unit) i GNSS (Global Navigation Satellite System). Омогућује нам снимање неприступачних терена и представља економичнију варијанту у односу на конвенционална геодетска снимања. Висина лета летелице је могућа од 50 до 1000 m услед чега варира и просторна резолуција (од 2 cm по пикселу). Као финални продукт добијају се ортофото планови високе резолуције, тродимензионални облак тачака и могућност креирања видео записа. Тачност овако добијених геодетских подлога је задовољавајућа.



Слика 4.2 Беспилотна летелица [54]

- Најсавременија метода за добијање дигиталног модела терена јесте LIDAR технологија (Light Detection and Ranging) – ласерско скенирање терена из ваздуха или возила у покрету. Помоћу ове технологије формираће се дигитални модел терена за потребе овог истраживања. Ова технологија је једна од најважнијих технологија за прикупљање просторних података у последњих неколико деценија. Главна предност ове технологије лежи у директном прикупљању 3D просторних података са изузетно великом тачношћу. Тачност је обезбеђена центиметарском (у неким случајевима и милиметарском) прецизношћу ласерског скенера као и веома прецизног одређивања положаја и

оријентације платформе и сензора коришћењем интегрисаног GPS и IMU система. За разлику од традиционалне фотограметриске методе, LIDAR технологија директно прикупља облак тачака велике густине који је захваљујући систему за директно геореференцирање дефинисан у простору са високом тачношћу па је могуће користити га у прелиминарним анализама без претходне обраде. Ова технологија се базира на прикупљању три различита сета података. Позиција сензора се одређује применом GPS-а, користећи фазна мерења у режиму релативне кинематике, употребом IMU (инерцијалне мерне јединице), одређује се оријентација. Последња компонента је ласерски скенер који емитује 36000 тачака у секунди. Ласер шаље инфрацрвени зрак према земљи и рефлектује се до сензора односно, скенер емитује импулсе са високом фреквенцијом и рефлектује се од површи назад до инструмента. Премер LIDAR-ом се врши из покрета и систем се може монтирати на возило или на летелицу (слика 4.3).



Слика 4.3 Систем мобилног LIDAR-а

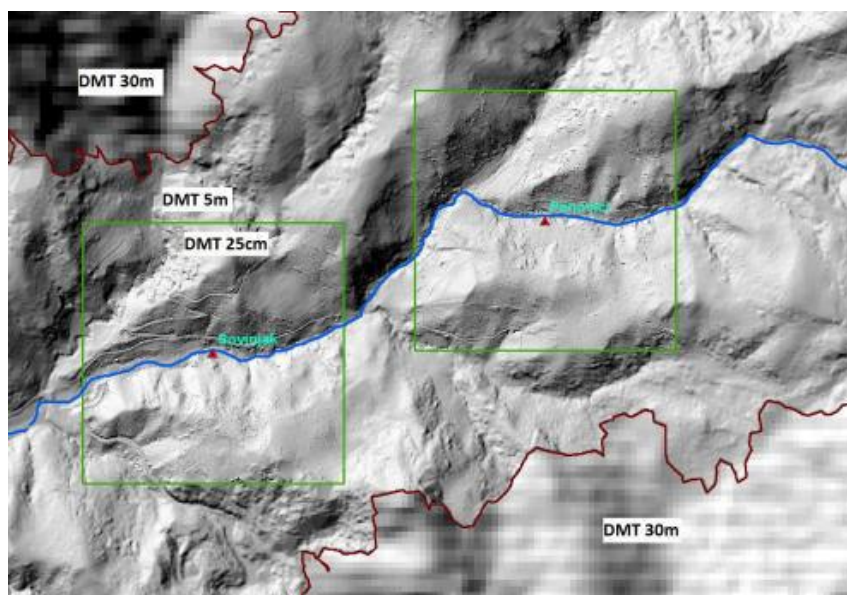
Систем тежи свега 4 килограма и дизајниран је тако да може да задовољи све захтеве корисника, да буде једноставан и практичан за употребу. Опционо може садржати и камере па се као производ може добити и дигитални ортофото. У питању је мултипулсни ласерски систем који максимум својих могућности достиже управо на истраживањима овог типа, када је неопходно добити квалитетна мерења и испод вегетације. Компанија „Riegl“ има јединствен алгоритам за процесирање повратних ласерских сигнала па је тако лимит што се тиче броја истих одређен брзином којом уређај региструје тачке и може ићи до 15. Различитим процедурама ће се аутоматски филтрирати и класификовати снимљене тачке у циљу добијања „Ground“ модела, односно дигиталног модела терена. Карактеристике овог уређаја дате су у табели у наставку.

Табела 4.1 Основне карактеристике система Riegl VUX 1 UAV [73]

| | |
|--|-----------------------------|
| Механизам скенирања | Ротационо огледало |
| Видно поље | Максимално 330° |
| Угаоно кретање | Линеарно |
| Брзина скенирања | 10 – 200 ротација у секунди |
| Угаони померај | 0.006 – 1.5° |
| Број пулсева у секунди | 50000 – 550000 |
| Максимални домет при просечним атмосферским условима | 920 m |
| Минимални домет | 3 m |
| Тачност | 10 mm |
| Прецизност | 5 mm |
| Резолуција регистрованог интензитета | 16 bit |
| Интерна меморија | 240 GBSSD |

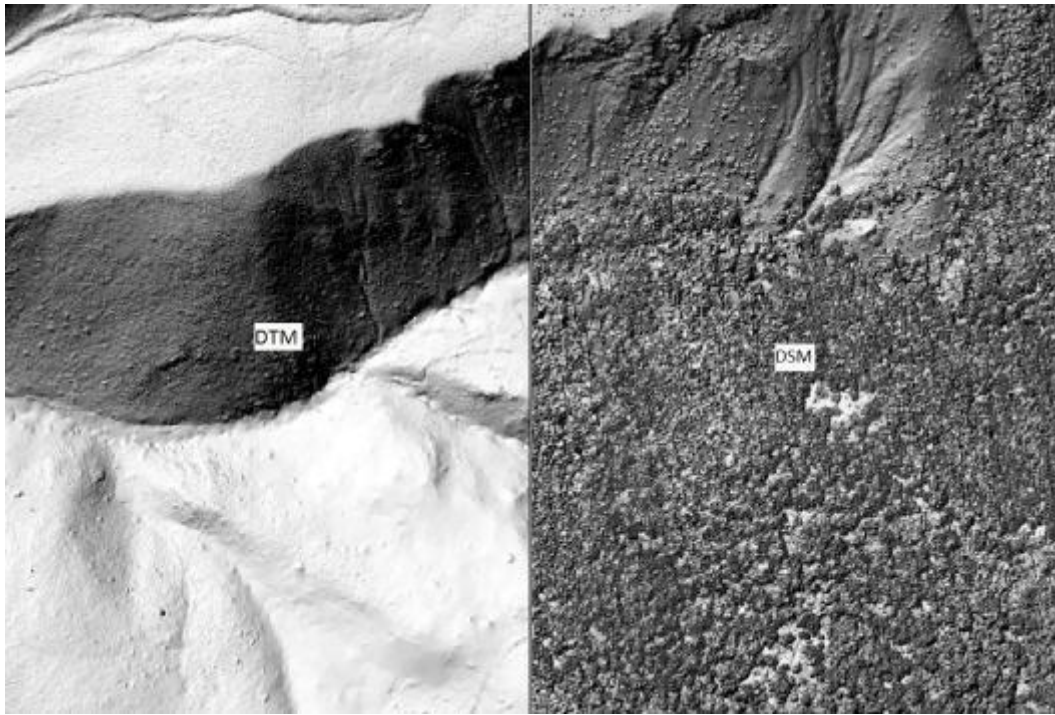
Ова технологија снимања показала се као брза и ефикасна метода прикупљања података на основу којих се могу израдити готово све топографске подлоге које се по правилу израђују коришћењем конвенционалних метода снимања. Излазни подаци које ће ова технологија обезбедити у комбинацији са подацима преузетих из надлежних институција јесу:

- Дигитални модел терена (DMT) – користиће се за рачунање хидролошких, општих и осталих података као што су запремина акумулације, површине слива, висинске разлике и падови између тачака дуж речног тока, координате и коте локација бране/уставе, и др. Модел терена биће генерисан у следећим резолуцијама: 25 cm за потенцијалне локације МХЕ, 1 m за подручје речних долина, 5 m за подручје коридора реке, 10 m за подручје целог слива (слика 4.4).



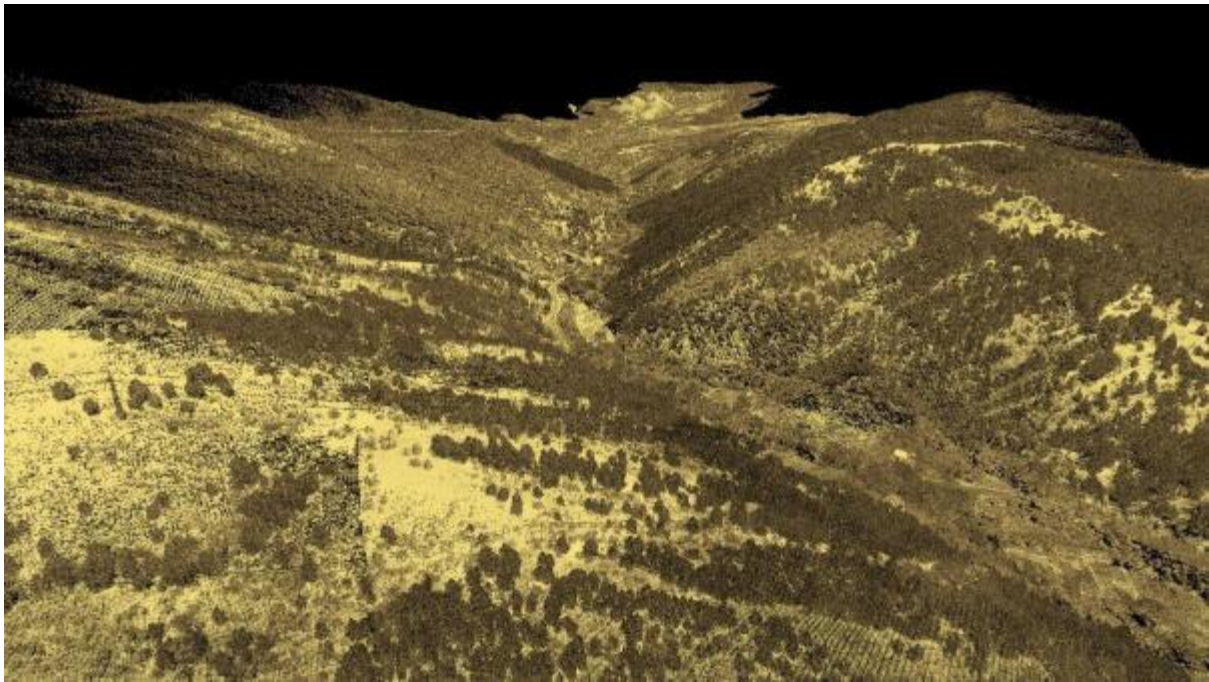
Слика 4.4 Дигитални модели терена резолуције 30m, 5m и 25cm [73]

- Дигитални модел површи (DSM) – користиће се за индентификацију вегетације и свих вештачких творевина на земљи као и за добијање информација о њима (слика 4.5).



Слика 4.5 Дигитални модели терена (лево) и дигитални модел површи (десно) [73]

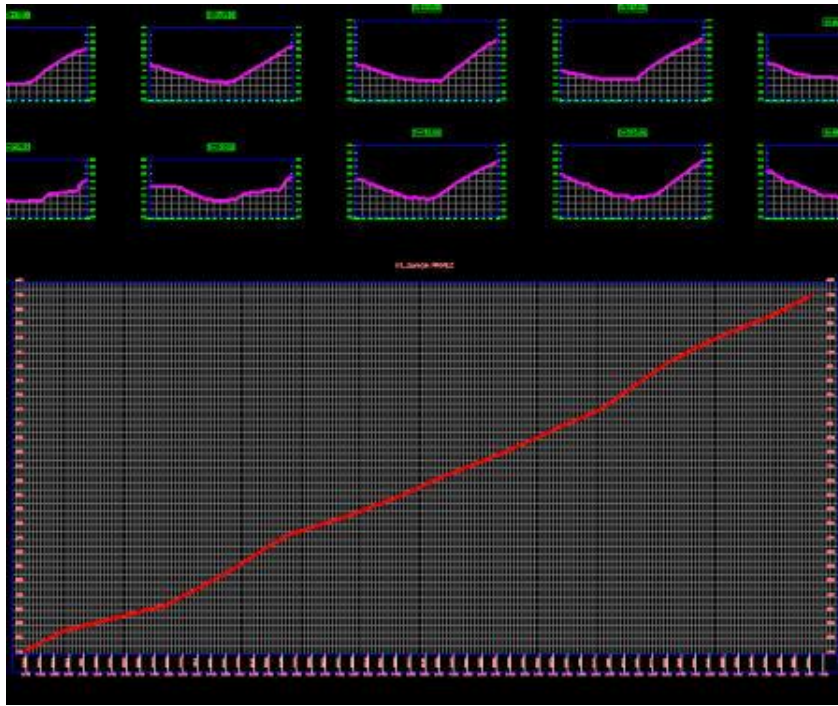
- Облак тачака – користиће се као основ за добијање свих топографских подлога али и за визуелизацију снимљених локација (слика 4.6).



Слика 4.6 Облак тачака [73]

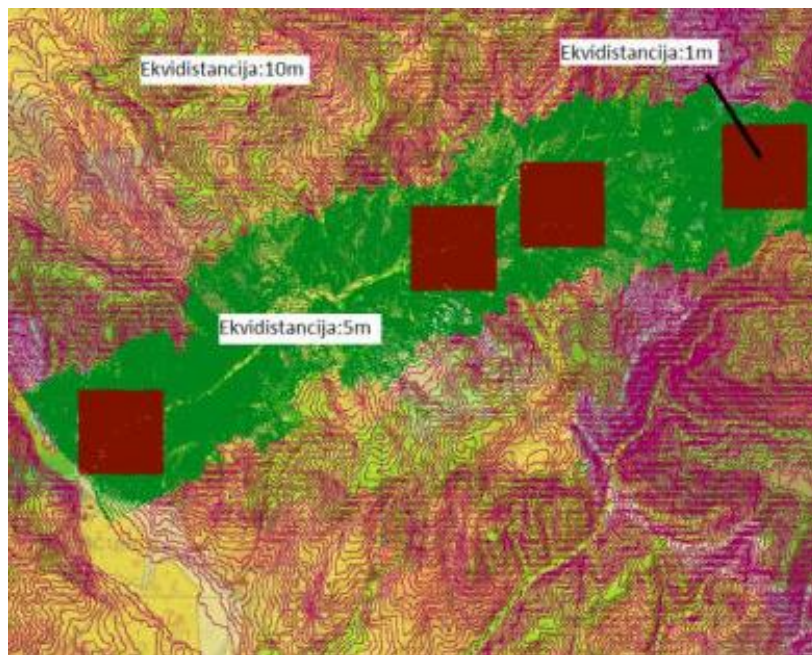
Поред дигиталног модела терена који представља полазну тачку за све хидролошке анализе, у оквиру анализе речног тока на располагању су и следећи подаци.

- Попречни и подужни профили – профили на било којој локацији и било које густине у стандардном AutoCAD окружењу пружају увид у конфигурацију терена (слика 4.7).



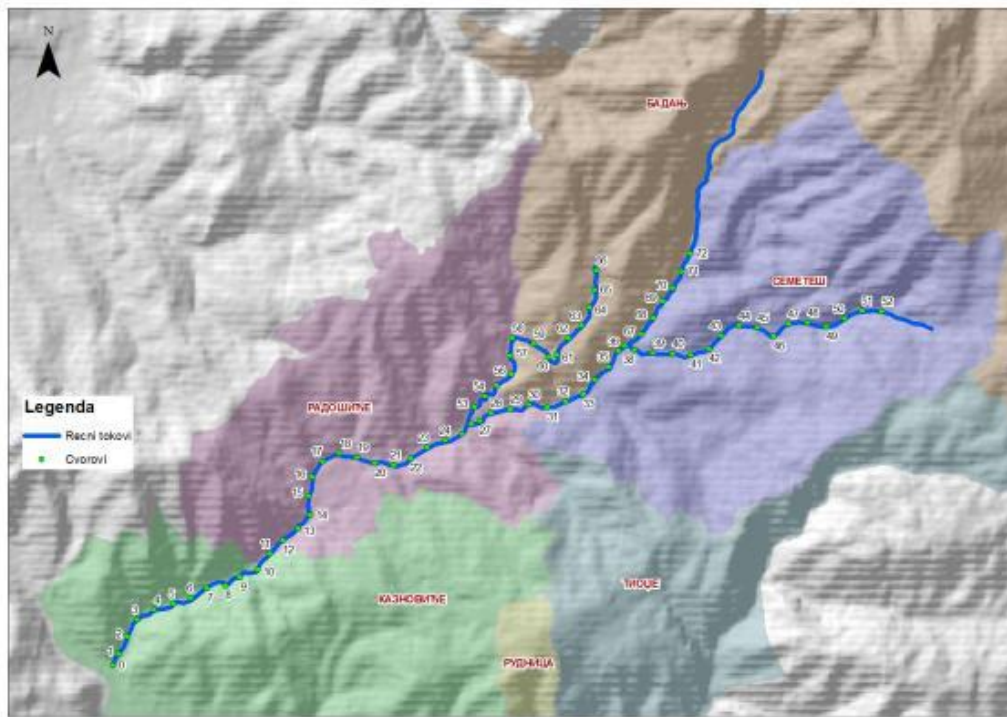
Слика 4.7 Подужни и попречни профил речног тока

- Изохипсе – изохипсе су генерисане са две еквидистанце и то: 1m за подручје речних долина, 5m за подручје целог слива (слика 4.8).



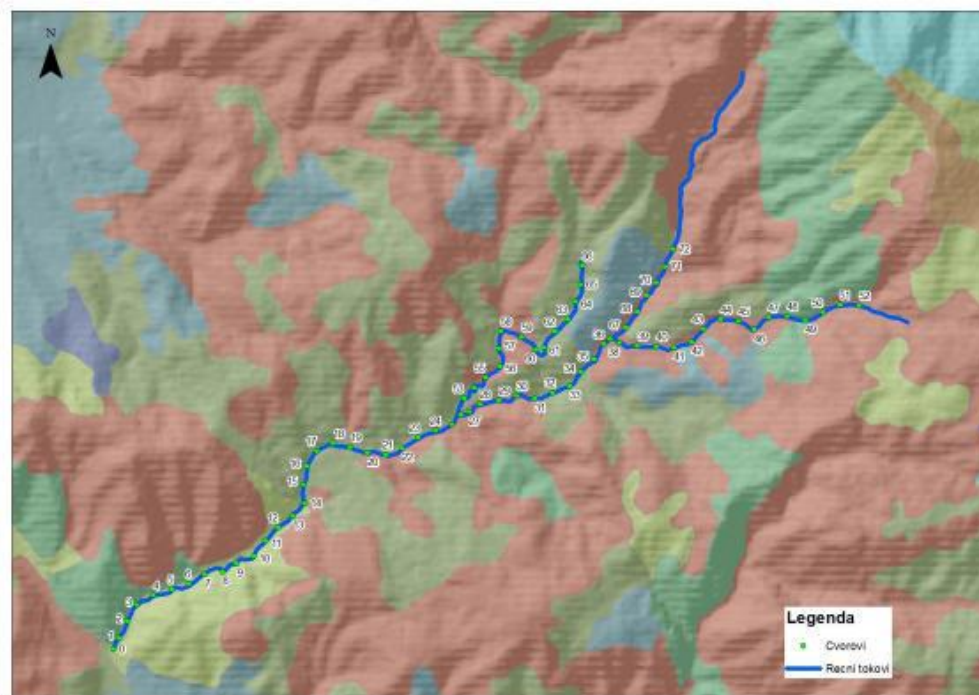
Слика 4.8 Генерисане изохипсе са еквидистанцом од 1m, 5m и 10m [73]

- Речни токови – речни токови у CAD и GIS формат служе за добијање корисних информација о нпр. близини насеља, градова, дужинама појединих деоница речних токова, итд. (слика 4.9).



Слика 4.9 Ситуациони приказ речног тока

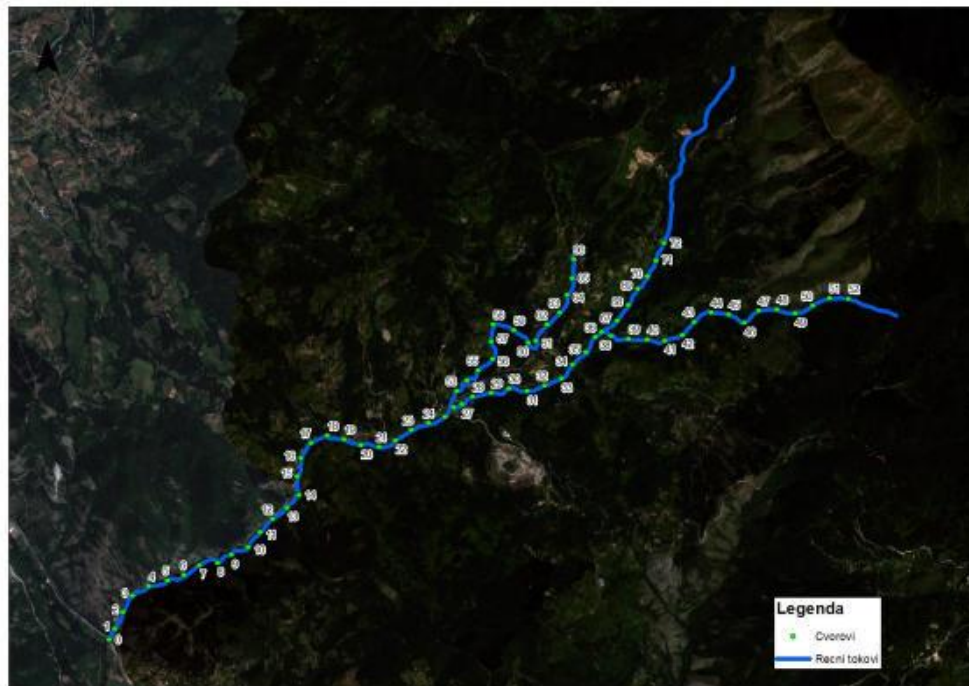
- Намена површине – дигитална карта основног земљишног покривача уз GIS алате као што су пресек, унија, разлика и сл. У комбинацији са другим типовима података омогућава информације од интереса за економске и еколошке анализе. (слика 4.10).



Слика 4.10 Намена површине

- Дигитални ортофото – ортофото план из 2015/2016. године добијен из сателитских снимака користиће се за визуелну анализу предметних локација и

векторизација свих потребних просторних ентитета који могу имати утицај на локацију МХЕ. (слика 4.11).



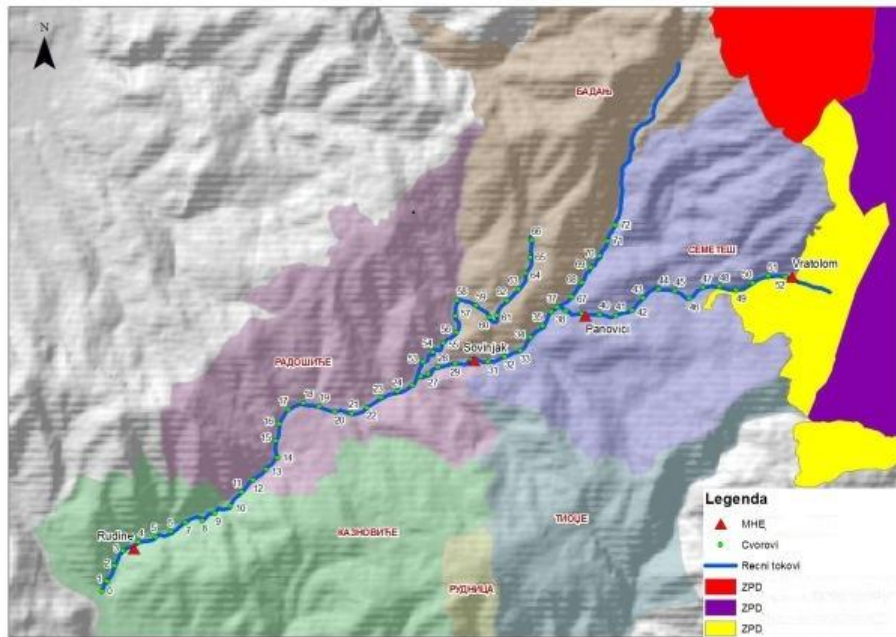
Слика 4.11 Дигитални ортофото

- Изолиније специфичног отицаја – ажурирана карта изолинија специфичног отицаја користиће се за рачунање просечног годишњег отицања у анализираним чворовима и изабраним локацијама мини хидроелектрана (слика 4.12).



Слика 4.12 Дигитализована карта изолинија модула специфичног отицаја [35]

- Карта заштићених природних добара – у комбинацији са GIS алатима и другим подлогама користиће се за постављање критеријума за елиминацију појединих локација из даље анализе због законских регулатива (слика 4.13).



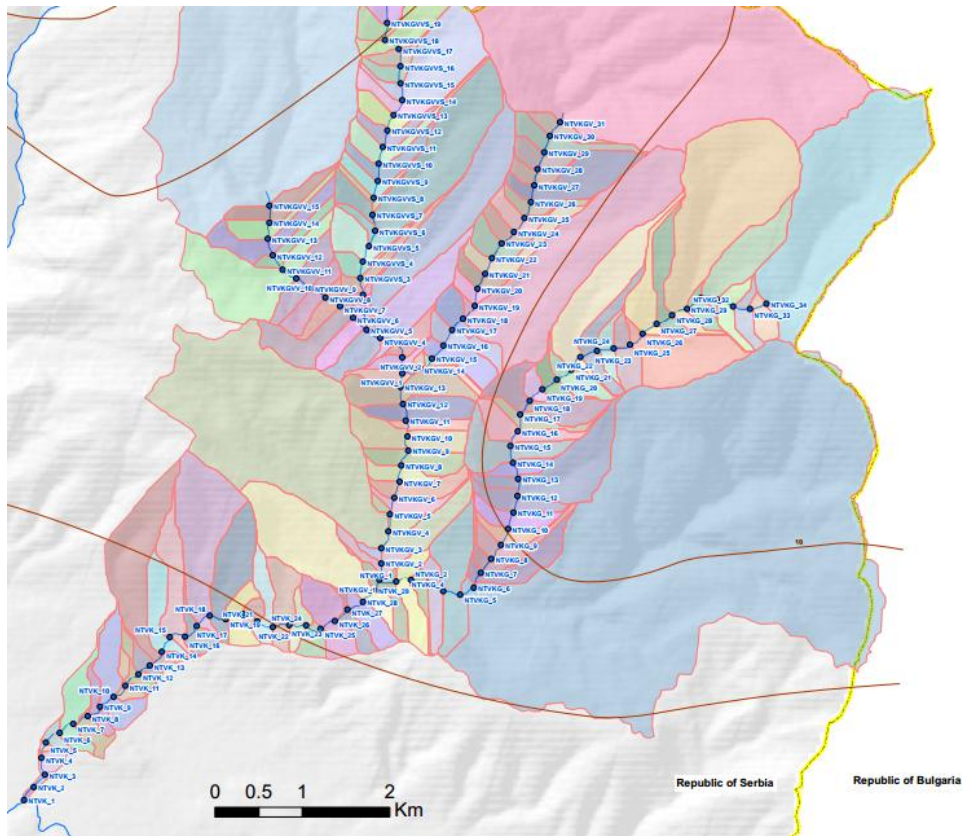
Слика 4.13 14 Карта заштићених природних добара [107]

4.2 Дефинисање чворова у географском информационом систему

Након формирања дигиталног модела терена сваки речни ток се дели на засебне делове дефинисањем чворова у географском информационом систему. Сваки чвор представља потенцијално место за водозахват или машинску зграду мини хидроелектране. Чворови модела анализираних сливова у овој дисертацији постављени су на следећим местима:

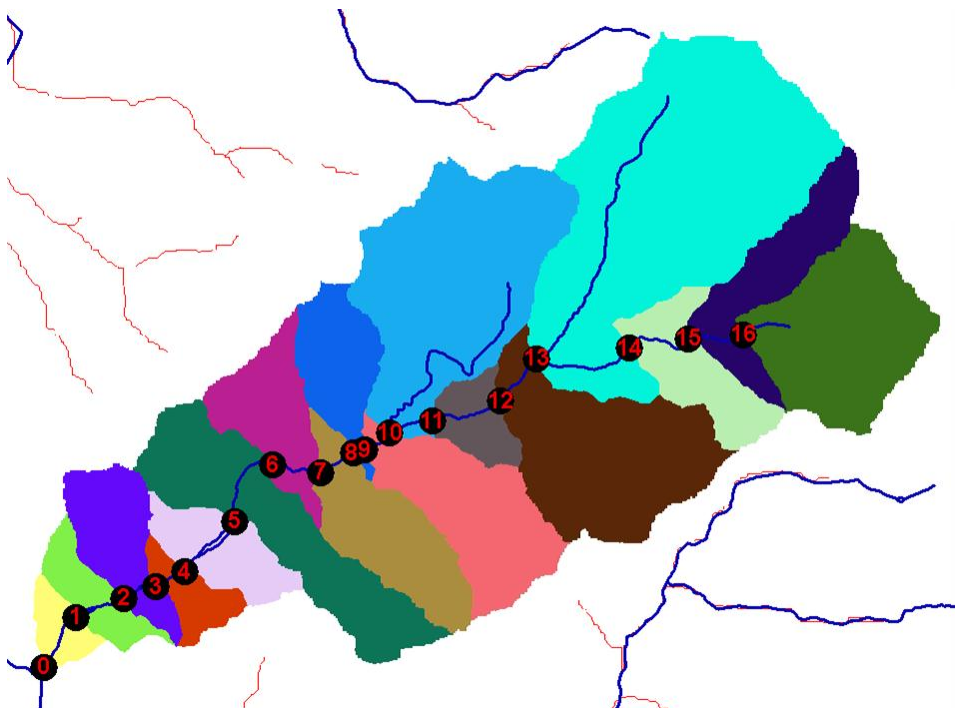
- Низводно од ушћа две или више река;
- На обележеним мерним станицама;
- На местима захватања или испуштања воде која могу имати утицај на производњу МХЕ;
- На значајним морфолошким променама терена.

У циљу што бољег сагледавања речног тока, чворови модела се постављају дуж речног тока на максималном растојању од 200 m. У моделу су дефинисана одређена ограничења. Најузводнији чвор модела речног тока одређује се као најузводнији чвор модела код којег инсталирана снага постављене МХЕ, при дужини деривације од највише 4 km, није мања од 100 kW. На тај начин биће одређени чворови на сливу који не задовољавају задате почетне услове, тј. ограничења су да је снага произведене електричне енергије већа од 100 kW и деривација не дужа од 4 km (Слика 4.14).



Слика 4.14 Ситуациони приказ речног тока са уртаним чворовима

Сваки постављени чвор на дигиталном моделу терена има свој одговарајући, тј. припадајући слив (слика 4.15). Површина сливног подручја одређује се у GIS моделу, при чему је важно да су све парцијалне сливне површине које одговарају неком чвору јасно дефинисане. Осим тога, положај сваког чвора се дефинише преко координата x, y, z и за сваки чвор дефинише се одговарајуће вредност специфичног отицаја.



Слика 4.15 Подела слива на припадајуће сливне површине

4.3 Хидролошка анализа

Анализа целокупне проблематике развоја и реализације пројеката мини хидроелектрана указује на то да у том процесу постоје и одређене препреке. Препреке произилазе, пре свега, из непрецизности и недостатка појединих закона, недостатка финансијских средстава, и недостатка релевантних информација и кординације међу носиоцима одговорности. Једна од практичних сметњи која се до сада показала као прилично велики проблем, јесте и недовољна изученост водотокова на којима се планирају мини хидроелектране.

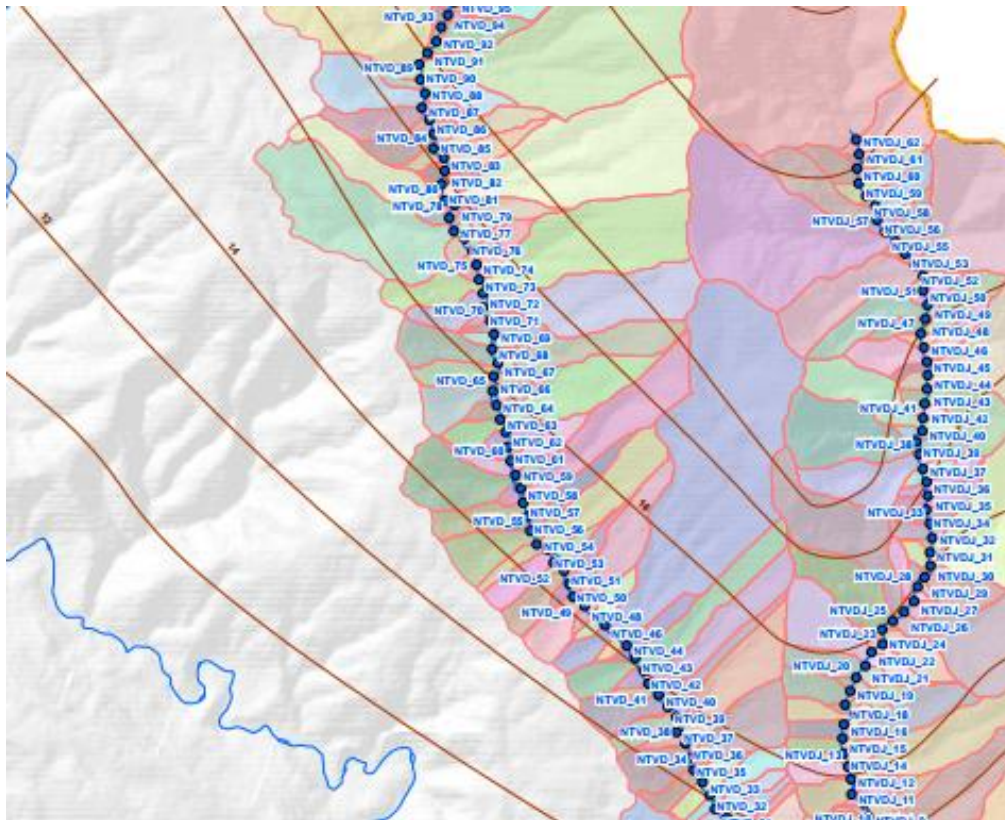
Елементи водотока на којима се гради мини хидроелектрана су подложни сталним променама у погледу водостаја, количине и брзине воде, падова итд. Хидролошка анализа представља важну подлогу за правилно димензионисање и одређивање локације мини хидроелектране. На бази хидролошке анализе дефинисаће се следећи подаци:

- Природни годишњи отицај за одређену површину слива (генерисано за сваки задати чвор);
- Средњи годишњи проток за све задате чворове;
- Минимални одрживи проток на локацијама свих задатих чворова;
- Процена преливних, односно вишкова протока који се не могу прерадити у мини хидроелектрани када је проток већи од инсталисаног протока мини хидроелектране;
- Инсталисани проток за сваки чвор.

Наведени подаци биће коришћени као улазни подаци за рачунски модел, чијом применом ће се за сваки произвољан пар чворних тачака модела, срачунати годишња производња и процена инвестиционе вредности мини хидроелектране.

4.3.1 Средњи годишњи проток за чворове модела

Са хидролошког и водопривредног аспекта најважнија компонента хидролошког биланса је проток. На проток слива утичу две групе фактора: климатски фактори (падавине, испаравање и др.) и физичко–географски фактори у које спадају карактеристике слива односно водотока. Хидролошка анализа за одређивање протока доста је компликована с обзиром да се ради о мини хидроелектранама имајући у виду да се углавном ради о хидролошки неизученим сливовима. У овом случају потребно је одредити средњи годишњи проток Q_{sr} [m^3/s] за све чворове модела. Средњи годишњи проток за све чворове на сливу одредиће се на основу карте Републике Србије са изоленијама просечног годишњег специфичног отицаја q_i [$l/s/km^2$] (слика 4.12). За сваку потенцијалну локацију, која се дефинише на основу дигиталног модела терена одредиће се површина узводног дела слива A_i [km^2] (слика 4.15). На основу површине и специфичног отицаја одредиће се средњи годишњи протицај Q_{sr} [m^3/s] за сваки чвор. Вредност средњег годишњег протицаја одредиће се као сума производа вредности модула изоленије специфичног отицаја и површине слива између две суседне изоленије (слика 4.16).



Слика 4.16 Карта изолинија модула специфичног отицаја

Наведеном методом одређују се вредности средњег годишњег протицаја Q_{sr} [m^3/s] за све чворове (односно потенцијалне профиле мини хидроелектране) на моделу према обрасцу (пример дат у табели 4.2):

$$Q_{sr} = q_i * A_i \quad (4.1)$$

Табела 4.2 Израчунате вредности средњег годишњег протока за профиле на сливу

| Чвор | q_i [$l/s/km^2$] | A_i [km^2] | Тачка X [м] | Тачка Y [м] | Тачка Z [м] | Q_{sr} [l/s] |
|------|----------------------|------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------|
| 0 | 6.304 | 32.829 | 471056.614 | 4791438.42 | 403.548 | 206.956 |
| 1 | 6.333 | 32.422 | 471397.261 | 4791969.59 | 421.610 | 205.326 |
| 2 | 6.382 | 31.758 | 471905.474 | 4792167.49 | 439.412 | 202.673 |
| 3 | 6.468 | 30.585 | 472245.552 | 4792288.75 | 450.602 | 197.821 |

4.3.2 Преливне воде за чворове модела

Преливне воде R_{of} [m^3/s] представљају део протока који се не може прерадити у електрани, односно проток који се прелива преко захвата када су протоци у реци већи од инсталисаног протока Q_i [m^3/s] мини хидроелектране. Количине ових вода и протока варирају у зависности од морфолошких и хидролошких карактеристика слива. На бази досадашњег искуства може да се усвоји да воде које ће се преливати преко захвата обично чине 15 – 20% средњег годишњег протока [22,86]. У овој докторској дисертацији усвојена је вредност 20 % ($k_{of} = 0.2$) средњег годишњег протока:

$$R_{of} = k_{of} * Q_{sr} \quad (4.2)$$

где је:

Q_{sr} – средњи годишњи проток,

k_{of} – коефицијент корекције.

4.3.3 Минимални (еколошки) одрживи проток

Минимални (еколошки) одрживи проток R_{dot} [m^3/s] је онај проток који се мора увек обезбедити у речном кориту низводно од водозахвата, како би се створили услови за нормалан опстанак и развој биоценоза у реци као биотопа. Овај проток, којим се управља наменским испуштањем одговарајуће количине воде из акумулације, представља еколошку категорију [22]. Још шира дефиниција би била да је минимално одрживи проток динамизам количне, квалитета и расподеле воде у реци током времена који је неопходан да би се обезбедио опстанак и развој акватичних система, али и неометан живот људи у насељима реке низводно од објекта. Од препоручених еколошких протока најчешће су биле коришћене две величине [22]:

- 10 % средњег годишњег протока, дефинисане као „слаб или минималан проток“, који је на доњој граници прихватљивости квалитета станишта;
- 20 – 40 % средњег годишњег протока, која представља „добар статус“ воденог огледала.

У овој докторској дисертацији усвојена је вредност 20 % ($k_{dot} = 0.2$) средњег годишњег протока:

$$R_{dot} = k_{dot} * Q_{sr} \quad (4.3)$$

где је:

Q_{sr} – средњи годишњи проток,

k_{dot} – коефицијент корекције.

4.1.1 Средњи употребљиви проток

За електране са средњим и великим падом средњи употребљив проток $Q_{u,sr}$ [m^3/s] за производњу електричне енергије одређује се помоћу обрасца:

$$Q_{u,sr} = Q_{sr} - R_{of} - R_{dot} \quad (4.4)$$

4.1.2 Теоретски линеарни хидропотенцијал

Теоретски линеарни хидропотенцијал TDLP [GWh/a] израчунава се у моделу између два суседна чвора:

$$TDLP \left(\frac{GWh}{a} \right) = 1000 \left(\frac{kg}{m^3} \right) * 9.81 \left(\frac{m}{s^2} \right) * Q_{sr} \left(\frac{m^3}{s} \right) * h_G (m) * \frac{8760 \left(\frac{h}{a} \right)}{10^9 \left(\frac{W}{GW} \right)} \quad (4.5)$$

следи да је:

$$TDLP \left(\frac{GWh}{a} \right) = 0.0859356 * Q_{sr} \left(\frac{m^3}{s} \right) * h_G (m) \quad (4.5)$$

Укупни TDLP се одређује преко суме резултата свих претходно одређених TDLP – а чворова.

4.4 Параметри мини хидроелектране

На основу података из ArcGIS модела и резултата хидролошке анализе, дефинисаће се следећи параметри сваке анализиране локације, односно чворова модела:

- Инсталисани проток (Q_T [m^3/s]);
- Нето пад електране (h_n [m]);
- Тип турбине.

4.4.1 Инсталисани проток

Инсталисани протицај Q_T [m^3/s] представља максимални протицај који мини хидроелектрана може да користи у нормалном погону имајући у виду пропусну моћ постројења. Инсталисани протицај одређује се према обрасцу:

$$Q_T = Q_{sr} * k_{sr} \quad (4.6)$$

где је:

Q_{sr} – средњи годишњи проток,

k_{sr} – коефицијент корекције.

Вредност коефицијента корекције k_{sr} инсталисаног протока одређује се на бази карактеристика изграђених мини хидроелектрана и на основу података из постојећег Катастра мини хидроелектрана за Републику Србију. Предложена вредност $k_{sr} = 1.5$ представља веома добру меру за иницијалну оцену параметара деривационих мини хидроелектрана у Републици Србији. [86].

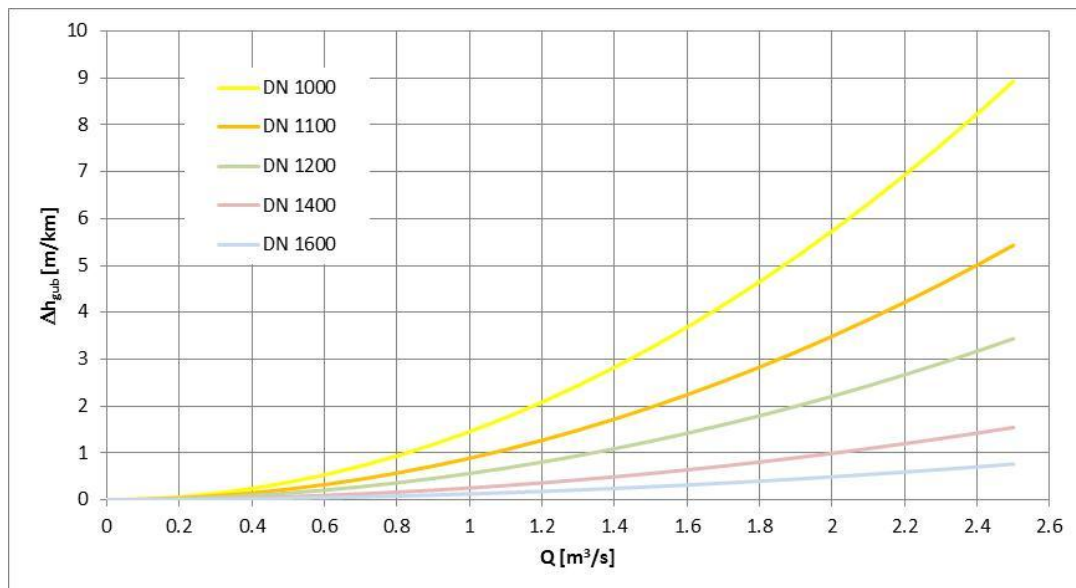
4.4.2 Висински пад између водозавхата и машинске зграде мини хидроелектране

Бруто пад h_G [m] за електране са малим, средњим или великим падом одређује се одузимањем геодетске висине водозавхата z_1 [m] од геодетске висине машинске зграде z_2 [m]:

$$h_G = z_1 - z_2 \quad (4.7)$$

Нето пад h_N [m] за мини хидроелектрану умањује се у односу на бруто пад h_G [m] за вредност губитака пада λ_1 [%], λ_2 [%] и λ_3 [%] који зависе од протока и пречника ценовода (слика 4.17):

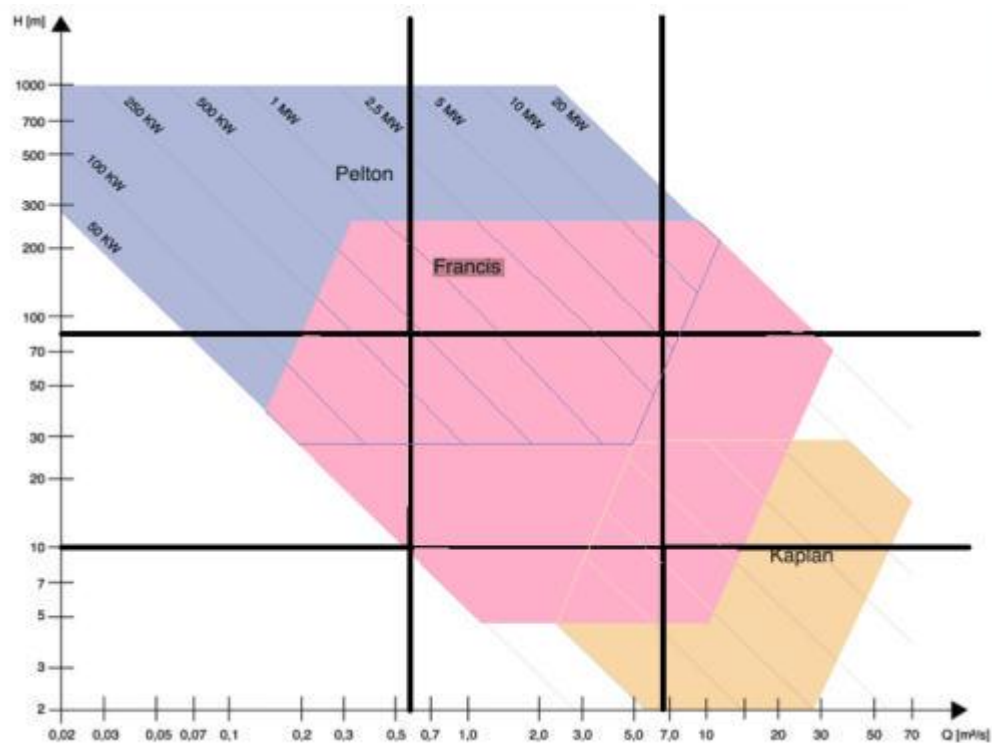
- $h_N = h_G * \lambda_1$ (велики пад, дуг ценовод);
- $h_N = h_G * \lambda_2$ (средњи пад, кратак ценовод);
- $h_N = h_G * \lambda_3$ (мали пад, прибранско постројење).



Слика 4.17 Губици на цевоводу у функцији протока и пречника цевовода

4.4.3 Избор типа турбине

Избор типа турбине зависи од захтева за постизањем највеће ефикасности, односно највеће искоришћености расположивог протока и пада, уз најмање инвестиционе трошкове. Пелтонова турбина се примењује за велике падове и мале протоке ($h_N \geq 85$ m), док је Капланова турбина примењива за мале падове и веће протицаје ($h_N \leq 20$ m). Франсисова турбина примењује се за средњи распон протока и падова ($20 \text{ m} \leq h_N \leq 85$ m). Подручије примене појединих типова турбине код малих хидроелектрана приказано је на слици 4.19 [55].



Слика 4.18 Типови турбина у зависности од пада и годишњег протока

4.5 Одређивање оптималне локације мини хидроелектране

Након дефинисања чворова на дигиталном моделу терена и претходно извршених хидролошких анализа за сваки чвор, одређује се оптимална локација мини хидроелектрана. Анализа локација врши се за сваки речни ток посебно применом програма SHPOP (Small Hydro Power Plants Optimum Position software), који је развијен у оквиру ове докторске дисертације у програмском језику JAVA. За сваки речни ток одређују се оптималне комбинације чворова мини хидроелектране на основу критеријума који су у наредном поглављу детаљно описани. Као што је претходно описано сваки речни чвор у дигиталном моделу терена представља потенцијално место водозавхвата или машинске зграде. Да би се одредио оптималан положај за мини хидроелектрану анализира се свака могућа комбинација чворова у водотоку. За сваку појединачну комбинацију чворова одређују се следеће величине:

- Инсталисани капацитет турбине P_T (kW), према обрасцу:

$$P_T = \gamma_w * \eta_T * Q_T * h_N \quad (4.8)$$

где је:

$\gamma_w = 9.81 \left[\frac{kN}{m^3} \right]$ – запреминска тежина воде;

$\eta_T = 0.9$ – коефицијент корисног дејства турбине;

$Q_T \left[\frac{m^3}{s} \right]$ – инсталисани проток;

$h_n [m]$ – нето пад.

- Инсталисани капацитет генератора P_E (kW), према обрасцу:

$$P_E = \gamma_w * \eta_T * \eta_G * Q_u * h_N \quad (4.9)$$

где је:

$\gamma_w = 9.81 \left[\frac{kN}{m^3} \right]$ – запреминска тежина воде;

$\eta_T = 0.9$ – коефицијент корисног дејства турбине;

$\eta_G = 0.92$ – коефицијент корисног дејства генератора;

$Q_T \left[\frac{m^3}{s} \right]$ – инсталисани проток;

$h_n [m]$ – нето пад.

- Средњи капацитет електричне енергије P_M (GWh/a), према обрасцу:

$$P_M = \gamma_w * \eta_T * \eta_G * Q_{u,sr} * h_N \quad (4.10)$$

где је:

$\gamma_w = 9.81 \left[\frac{kN}{m^3} \right]$ – запреминска тежина воде;

$\eta_T = 0.9$ – коефицијент корисног дејства турбине;

$\eta_G = 0.92$ – коефицијент корисног дејства генератора;

$Q_{u,sr} \left[\frac{m^3}{s} \right]$ – средњи употребљиви проток;

$h_n [m]$ – нето пад.

- Годишња производња електричне енергије АЕР (GWh/a), према обрасцу,

$$AEP = P_M * \frac{8760}{1000^2} \quad (4.11)$$

На основу података одређених за сваку могућу комбинацију чворова у оквиру једног слива врши се рангирање комбинација на основу критеријума који су описани у наредном поглављу.

4.6 Критеријуми за избор оптималног положаја мини хидроелектране

Да би се анализирали све предности и недостаци сваке локације, постоје различити аспекти тј. критеријуми који се морају узети у обзир. Приликом анализе критеријума треба одабрати оне који на било који начин могу утицати на доношење финалне одлуке о избору оптималне локације. Свака могућа комбинација чворова у оквиру једног слива рангирана је по сваком критеријуму појединачно. Начин рангирања зависи од врсте критеријума. Сви критеријуми су подељени у три основне групе:

- Технички;
- Економско–социјални;
- Еколошки.

4.6.1 Технички критеријуми

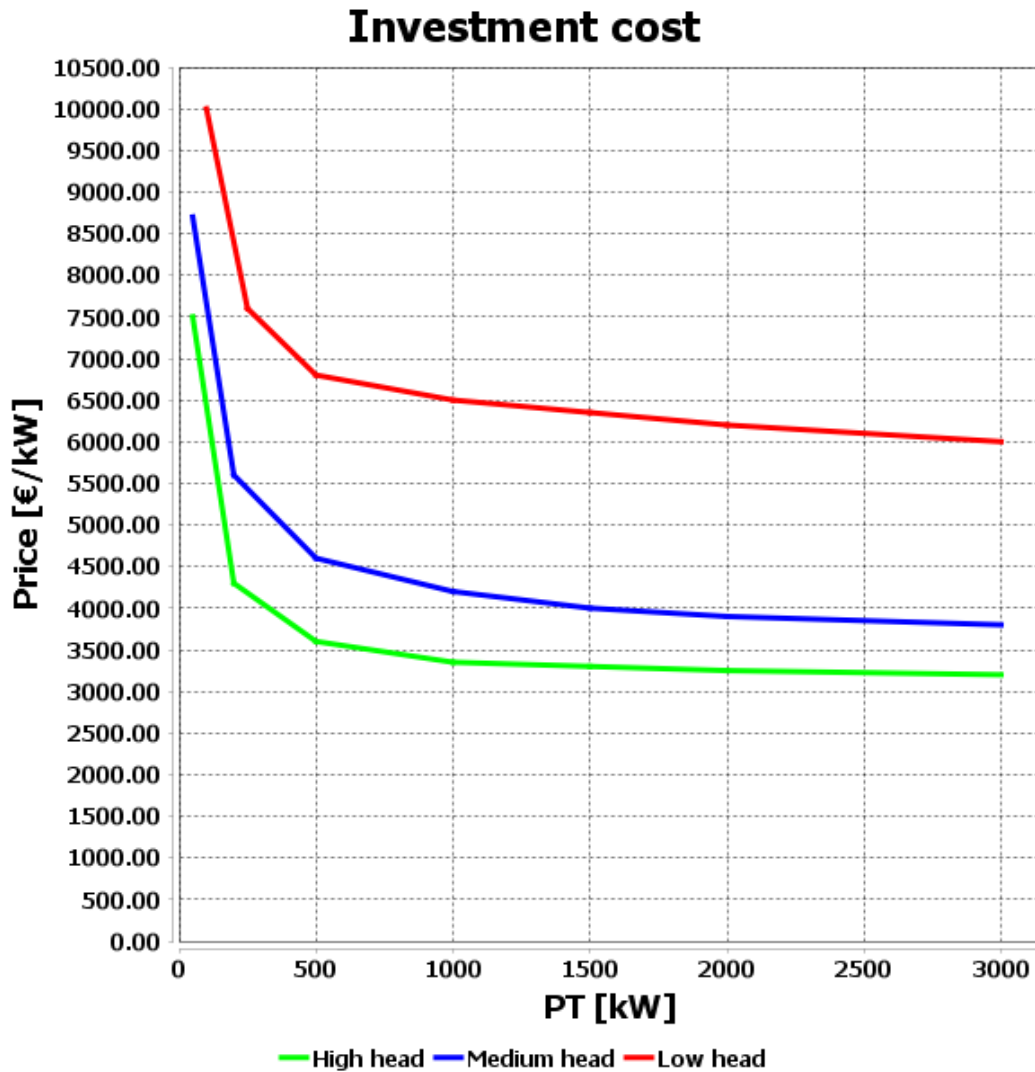
- Инсталирани проток $Q_T (m^3/s)$ – основни фактор који утиче на капацитет хидроелектране. Квантитативни критеријум. Комбинације чворова се рангирају од комбинације са највећим ка комбинацији са најмањим инсталираним протоком [100,117].
- Предвиђена годишња производња електричне енергије АЕР [GWh/a] – критеријум који указује на укупну годишњу производњу електричне енергије [100]. Велика годишња производња електричне енергије значи високи хидроенергетски потенцијал датог подручја, тј. локације. На основу тога, комбинације чворова се рангирају од комбинације са највећом ка комбинацији са најмањом предвиђеном годишњом производњом електричне енергије. Овај критеријум је еквивалентан са критеријумом по коме се рангирају комбинације чворова према инсталисаној снази мини хидроелектране $P_T [kW]$.
- Дужина до електричне мреже $l [km]$ - пренос са места производње електричне енергије у дистрибутивни центар електричне енергије. Ова дужина значајно утиче на губитак електричне енергије током преноса из производње електричне енергије до дистрибутивног центра електричне енергије. Уколико је ова дужина краћа, губици електричне енергије током преноса су мањи, па се на основу тога комбинације чворова рангирају од комбинације са најмањом ка комбинацији са највећом дужином до дистрибутивног центра [100,117].
- Однос АЕР–а [GWh/a] и дужине цевовода $L [m]$ - однос АЕР–а и дужине цевовода представља меру употребе дела реке у смислу индентификације

најкраћег дела реке са највећим АЕР–ом. Циљ овог критеријума је да се одреде делови реке који су стрми и имају висок енергетски потенцијал. Однос АЕР–а и дужине цевовода се израчунава упоређивањем АЕР комбинације чворова са растојањем између водозавхата и машинске зграде (тј. дужином цевовода). Комбинације чворова се рангирају од комбинације са највећим ка комбинацији са најмањим односом између АЕР–а и дужине цевовода.

4.6.2 Економски критеријуми

Величина инвестиције по kW произведене електричне енергије је најзначајнији показатељ потенцијала и исплативости мини хидроелектране. Укупни инвестициони трошкови деле се на трошкове грађевинских радова (40 – 70 %), трошкове хидромеханичке опреме (1 – 2 %), трошкове електромашинске опреме (20 – 40 %), трошкове прикључења на електроенергетски систем (< 20 %) и остале трошкове (административне, откупне, пројектне, надзорне 5 – 10 %) [59]. У овој докторској дисертацији примењена су два начина за процену инвестиционих трошкова.

Први начин за процену инвестиционих трошкова заснован је на вредности инвестиционих трошкова изграђених мини хидроелектрана у Републици Србији. Модел укључује трошкове за мини хидроелектране са малим, средњим и великим падом и све повезане трошкове (водозахват, цевовод, електромашинска опрема, турбине, машинска зграда, као и вредност свих радова на извођењу и монтажи објекта, пројектовање, административни трошкови. С обзиром на специфичност цене изградње мини хидроелектране у зависности од инсталисане снаге, типа електране, пада и услова за изградњу, за различите типове електране биће дефинисане криве специфичних трошкова изградње. Као главни улазни подаци за дефинисање тих кривих користили су се подаци о трошковима изградње мини хидроелектране чија је градња у току или су већ изграђене и пуштене у рад. Пројектантски радови и административни трошкови су узети преко процентуалног учешћа у укупним трошковима. Зависност између инвестиционих трошкова и инсталисане снаге мини хидроелектране приказана је на слици 4.19.



Слика 4.19 Инвестициони трошкови изградње мини хидроелектране

Други начин за процену инвестиционих трошкова предложио је *Carapellucci R, et.al.* у раду [16]. Укупне инвестиционе трошкове поделио је у три основне групе (трошкови електромеханичке опреме, трошкови грађевинских радова и трошкови инжењеринга и администрације). На основу студије спроведене у 27 земаља ЕУ [38] просечни инвестициони трошкови по јединици инсталисане снаге мини хидроелектране одређују се на основу образаца (слика 4.20):

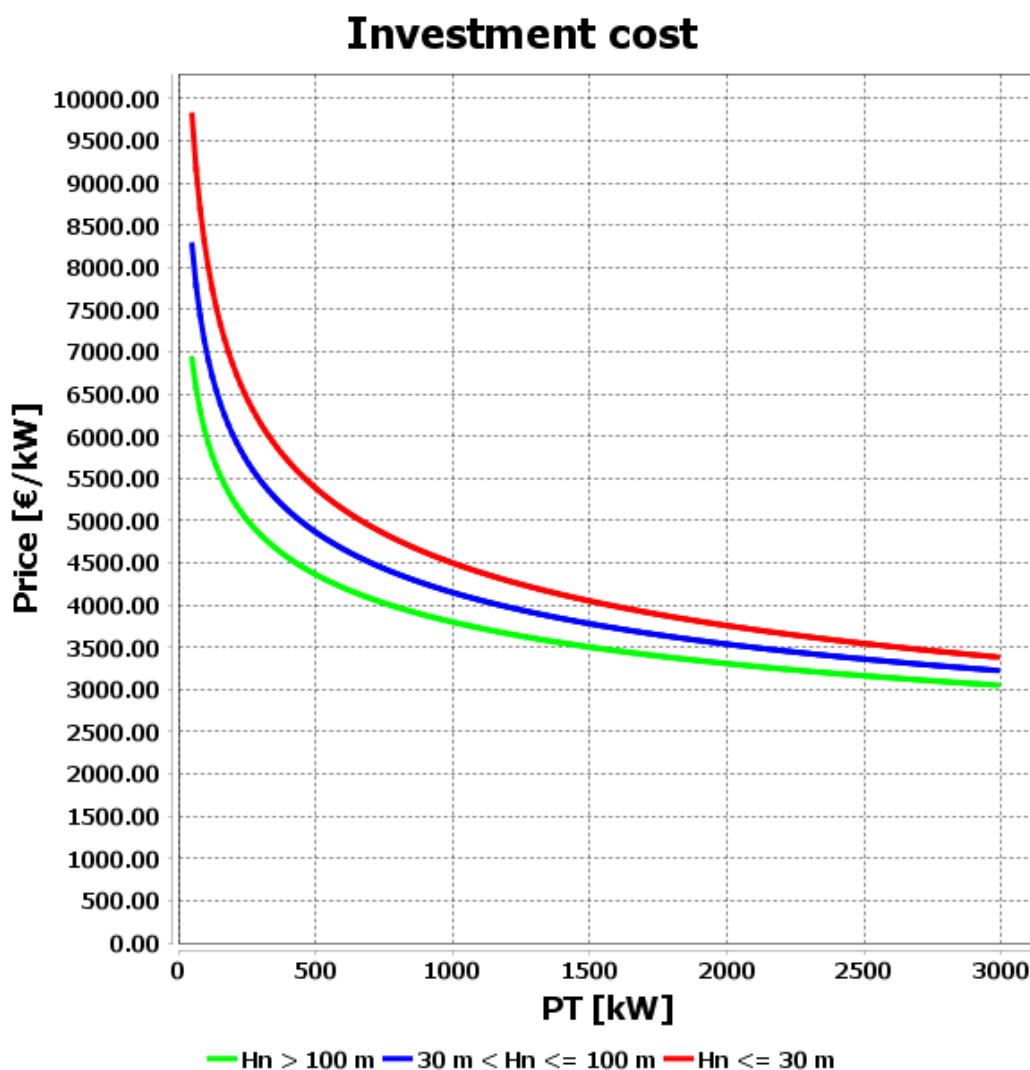
$$C_1 = \begin{cases} 4500 * P_n^{-0.26} & h_n < 30m \\ 4150 * P_n^{-0.23} & 30 < h_n < 100m \\ 3800 * P_n^{-0.2} & h_n > 100m \end{cases} \quad (4.12)$$

где је:

C_1 [€/kW] – инвестициони трошкови;

P_n [kW] – инсталисана снага;

h_n [m] – нето пад.



Слика 4.20 Инвестициони трошкови изградње мини хидроелектране [16]

Такође, поред процене инвестиционих трошкова, *Carapellucci* је извршио и процену инвестиционих трошкова заједно са трошковима одржавања и експлоатације мини хидроелектране за период од 30 година експлоатације. Цена произведене електричне енергије одређује се према обрасцу [16]:

$$COE = \frac{C_1 * CRF + C_{OM}}{AEP} \quad (4.13)$$

где је:

AEP [GWh] – годишња производња електричне енергије;

COE [c€/kWh] – цена електричне енергије;

CRF – фактор опоравка уз претпоставку дисконтне стопе од 5% и животног века електране од 30 година;

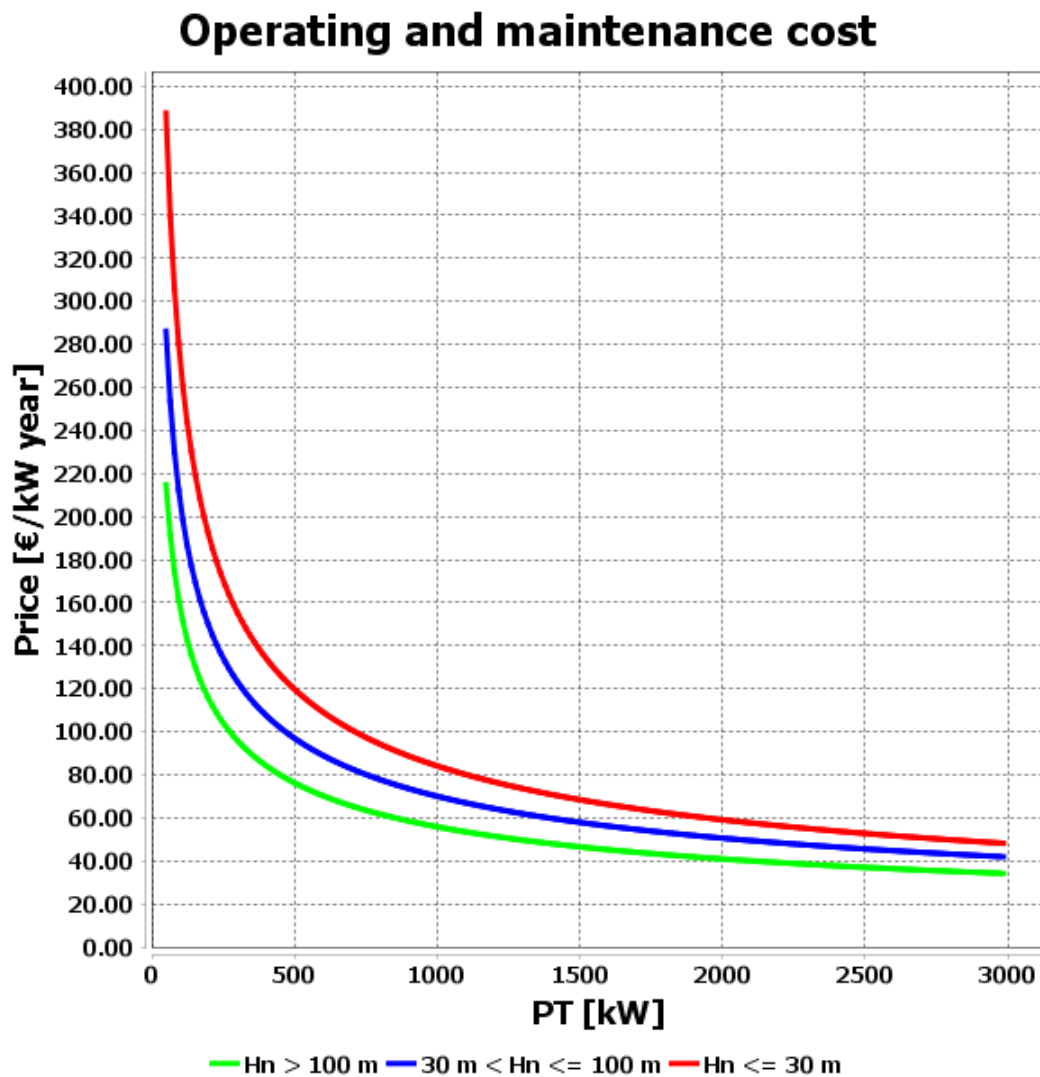
C_{OM} – трошкови одржавања и експлоатације мини хидроелектране, при чему се они одређују на основу следећег обрасца (слика 4.21):

$$C_{OM} = \begin{cases} 84.1 * P_n^{-0.51} & h_n < 30m \\ 70 * P_n^{-0.47} & 30 < h_n < 100m \\ 55.8 * P_n^{-0.45} & h_n > 100m \end{cases} \quad (4.14)$$

где је:

P_n [kW] – инсталисана снага;

h_n [m] – нето пад.



Слика 4.21 Цена одржавања и експлоатације мини хидроелектране [16]

4.6.3 Еколошки критеријуми

Режим заштите је скуп мера којим се одређује начин и степен заштите и коришћења заштићеног природног добра. На заштићеном подручју успостављају се режими заштите I, II и III степена: [107]

- Режим заштите I степена – предметни водоток или део водотока се налази у заштићеном подручју;
- Режим заштите II степена - предметни водоток или део водотока се налази у непосредној близини заштићеног подручја;

- Режим заштите III степена – предметни водоток се налази изван заштићеног подручја.

Комбинација чворова спада у онај режим заштите животне средине који одговара највишем степену заштите сваког чвора појединачно посматраног у посматраној комбинацији. Комбинације чворова се рангирају од оних које спадају у режим III степена ка оним комбинацијама које спадају у режим I степена заштите. Комбинације чворова у којима бар један чвор припада I степену заштите искључују се из даљег разматрања.

4.6.4 Критеријуми за искључење

За све комбинације чворова које не испуњавају следеће услове: $l[\text{km}] \leq l_{\text{max}} [\text{km}]$, $P_T [\text{kW}] \geq P_{T,\text{min}} [\text{kW}]$, искључују се из даљег разматрања. У овој докторској дисертацији усвојене су следеће вредности:

- $l_{\text{max}}=4 [\text{km}]$ – максимално растојање између машинске зграде и водозахвата;
- $P_{T,\text{min}}=100 [\text{kW}]$ – минимална произведена снага.

4.7 Предлог начина за одређивање оптималног положаја мини хидроелектрана применом пондерисане аритметичке средине

За сваку појединачну комбинацију чворова претходно описани критеријуми (технички, економски и еколошки) могу да се комбинују применом пондерисане аритметичке средине C по формули:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n w_i * x_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (4.15)$$

где је:

w_i – тежински удео i – тог критеријума;

x_i – вредност ранга i – тог критеријума.

Након одређивања пондерисаних аритметичких средина, за сваку комбинацију чворова појединачно, спроводи се рангирање свих комбинација унутар посматраног слива. Оптимална комбинација чворова, тј. оптималан положај за изградњу мини хидроелектране, је са најмањом вредности пондерисане аритметичке средине. У овој докторској дисертацији су сви критеријуми анализирани са истим учешћем у пондерисаној аритметичкој средини.

5 МУЛТИКРИТЕРИЈУМСКА АНАЛИЗА

5.1 Општи део

Мултикритеријумска анализа (МКА) је облик интегрисане евалуације одрживости система. То је оперативна евалуација и приступ подршке у одлучивању који је погодан за адресирање комплексних проблема који су окарактерисани конфликтним циљевима, различитим облицима података и вишеструким интересима. Методе могу да обезбеде решења за проблеме енергетског менаџмента који су тренутно у порасту.

Традиционални једнокритеријумски приступ је најчешће усмерен ка изналажењу најефикасније опције по ниској цени. Растућа еколошка свест је 1980-их година модификовала систем једнокритеријумског одлучивања. Тренутно је фокус усмерен ка глобалној заштити животне средине и увођењу мултикритеријумске анализе у енергетске системе. Методе мултикритеријумске анализе се примењују у социјалним, економским, пољопривредним, индустријским, еколошким и биолошким системима као додацима енергетских система. У односу на једнокритеријумски приступ, предност метода мултикритеријумске анализе је примена више критеријума за добијање компромисног резултата одлучивања.

Проблем мултикритеријумске анализе се, у општем случају, представља путем матрице одлучивања. Фаза у којој се модел изграђује представља процес у ком се посматра комплексна слика ситуације и изналази суштина проблема. Матрица одлучивања садржи елементе: x_{ij} – учинак j – тог критеријума i – те алтернативе, w_j – тежински удео j – тог критеријума, n – број критеријума, m – број алтернативе [118].

| | | | | |
|-------------|-------|-------|-----|-------|
| Критеријум | C_1 | C_2 | ... | C_n |
| Тежине | w_1 | w_2 | ... | w_n |
| Алтернативе | | | | |

$$X = \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_n \end{matrix} \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & x_{mn} \end{pmatrix} \quad (5.1)$$

Може се закључити да проблем одлучивања укључује алтернативе, критеријуме, тежинске уделе критеријума и резултате процене.

Одговарајући процес одлучивања обично укључује четири основне фазе:

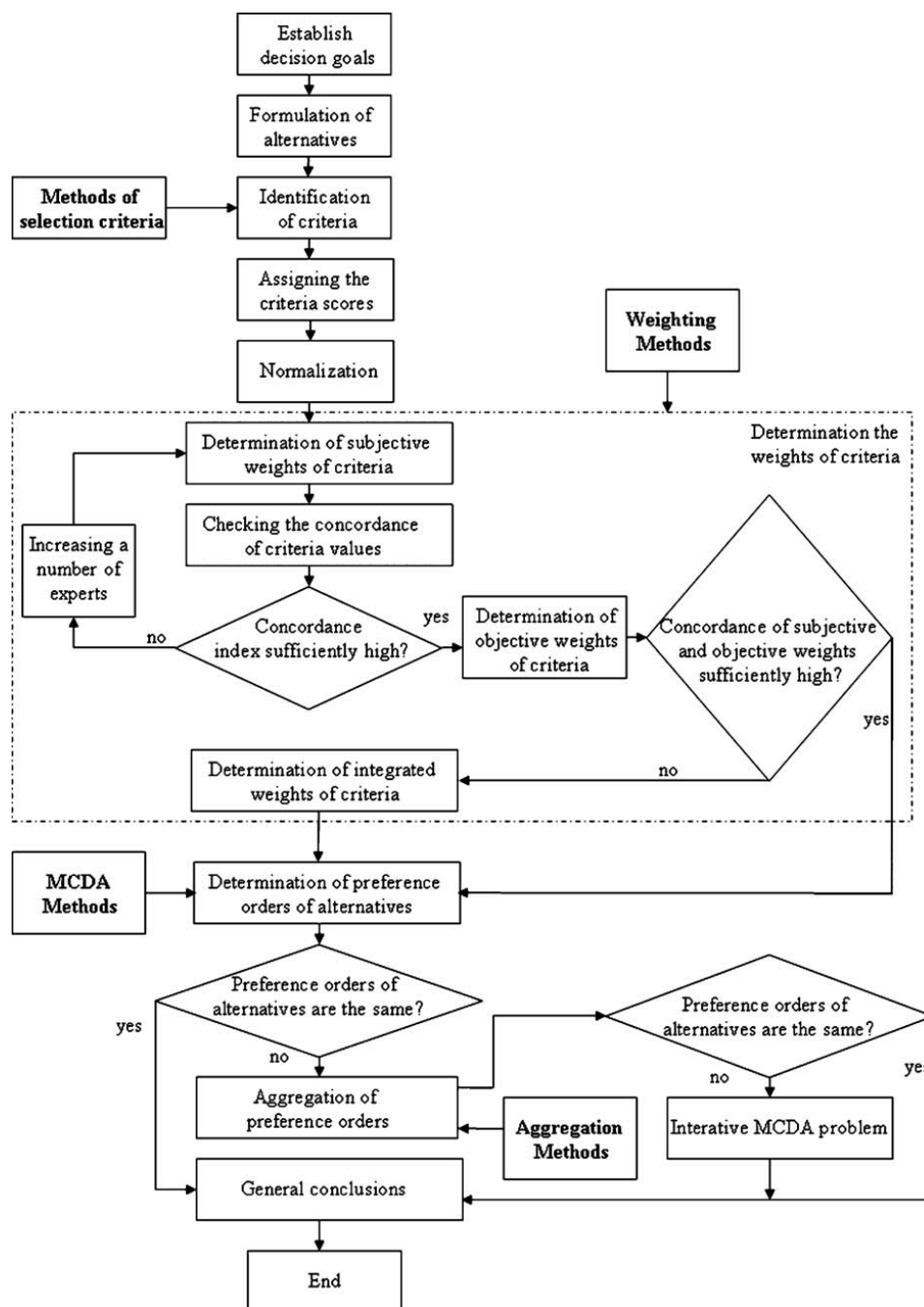
- Формулација алтернатива и избор критеријума;
- Одређивање тежина критеријума;
- Евалуација;
- Завршно сакупљање и обрада.

Припремни корак је формулисање алтернатива према низу одабраних критеријума, као и нормализација првобитних информација о критеријумима у мултикритеријумској анализи. Даље се прихватљиве алтернативе оцењују путем тежина критеријума. Ако се нивои алтернатива добијених путем различитих метода мултикритеријумске анализе поклапају, процес одлучивања је завршен. У супротном, резултати се поново генеришу и бира се најбоља алтернатива [118].

Методе мултикритеријумске анализе које су до сада развијене могу бити универзалне или специфичне за одређене проблеме одлучивања. Свакако, полазна тачка је квалитетнији процес доношења одлука. Методе мултикритеријумске анализе које се

користе, се разликују у зависности од области одлучивања. Мултикритеријумска анализа у области енергетике између осталих обухвата и управљање заштитом животне средине, процесе планирања енергетских пројеката [118] и примену обновљивих извора енергије.

Процесом мултикритеријумске анализе неће се добити најбоље решење с обзиром на то да не постоји идеално решење проблема мултикритеријумског одлучивања, тј. решење које је најбоље истовремено из свих тачака гледишта. Мултикритеријумско одлучивање се фокусира на тзв. „компромисна” решења која узимају у обзир преференције свих доносилаца одлука правећи уступке између критеријума [85].



Слика 5.1 Процес мултикритеријумске анализе у одлучивању о одрживој енергији [118]

Мултикритеријумска анализа је тренутно широко примењена у области енергетског планирања. Хобс и Мејер дефинишу енергетско планирање као „селекцију производње

струје и извора енергетске ефикасности у циљу задовољења енергетских захтева потрошача током више деценија”. О значају развоја ове области говори и сама чињеница да су Уједињене Нације (УН) прогласиле деценију 2014-2024. „Деценијом одрживе енергије за све”, првенствено ради „осигурања доступности приступачној, поузданој, одрживој и модерној енергији за све”, с обзиром на то да су се одрживи и обновљиви извори енергије доказали као делотворни код земаља у развоју. Енергетско планирање се процењује на основу техничких, економских, социјалних, еколошких и институционалних индикатора употребом МКА модела. У контексту држава у развоју [56] представља укупно 39 индикатора учинка (технички, економски, социјални, еколошки и институционални) који могу бити употребљени приликом ефикасног пројектовања система електрификације. Енергетске шеме и њихова структура може да варира у зависности од одређене демографије (централизована, децентрализована, самостална или умрежена структура) [56].

5.2 Проблем одлучивања

Одлучивање, као основни процес планирања, представља избор оптималног смера деловања између више алтернатива. Ово је процес изналажења већег броја алтернативних путева за решавање одређеног проблема доношењем одлуке. Одлучивање је структурално и методолошки одређен поступак за који различити аутори дају разне дефиниције и процедуре.

Доносилац одлуке је сваки чинилац који има надлежност одлучивања, те сноси целокупну одговорност за донешену одлуку. Доносилац одлуке може бити појединац или група људи. У доношењу једноставних, рутинских одлука готово се и не размишља. На пример, о затварању врата стана приликом уласка или подизању слушалице када телефон зазвони и не размишљамо као о одлукама, а оне то јесу јер садрже „избор”. Овакве једноставне рутинске одлуке називају се програмираним јер приликом њиховог доношења о њима и не размишљамо. Остале врсте одлука, оне сложеније, називају се непрограмираним јер нису познате, тешке су и не доносе се по устаљеном поступку. За доношење одлуке није важан укупан број алтернатива. Одлука се може донети чак и у случајевима с тачно једном алтернативом, али и у случајевима када се не изврши избор између алтернатива. Међутим, док у једноставнијим проблемима за доношење одлуке треба направити релативно једноставне анализе у релативно кратком временском року, сложенији проблеми захтевају претходно спровођење одговарајућих припрема и активности. У тим случајевима одлука се доноси у процесу одлучивања. Процес одлучивања је низ међусобно повезаних и условљених радњи које се сукцесивно одвијају тежећи крајњем циљу – доношењу одређене одлуке. *Oldkorn* [75] дефинише поступак одлучивања кроз следеће фазе:

- Идентификација проблема;
- Откривање чињеница и узрока;
- Разрада могућих решења;
- Избор алтернативе;
- Доношење одлука;
- Анализа последица решења.

Са развојем информационих технологија, развијао се и поступак одлучивања, те Нот у раду [37] на следећи начин дефинише фазе процеса одлучивања:

- Дефинисање проблема и одређених кључних параметара;
- Утврђивање критеријума одлучивања – фазе креирања модела;

- Формулисање функционалних веза између утврђених критеријума;
- Генерисање алтернативе – фаза решавања модела;
- Избор акције у складу са постављеним критеријумима – фазе примене решења.

Сматра се да постоје два различита приступа процесу доношења одлука. Класични (рационални) подразумева да доносиоци одлука у процесу одлучивања испољавају следеће карактеристике: потпуна рационалност, савршено познавање проблема, јасно дефинисани циљеви, јасан преглед алтернатива и тражење прихватљивог решења. Други приступ је бихејвиористички по којем доносилац одлуке решава проблеме на које наилази на мање идеализован начин, често уз компромис, понекад и после низа неуспеха, а некад и не размишља о дугорочним плановима.

5.3 Математичко моделирање у процесу доношења одлука

Математички модел реалног система обухвата скуп математичких релација (аналитичке формуле, (не)једнакости, логички оператори итд.) које описују функционисање одређеног система. Уопштено говорећи, математички модел је уређена тројка (M, U, f) где је M математички модел у ужем смислу, U је скуп услова (ограничења), а f је критеријумска функција (или ти функција циља) [37, 51]. Приликом стварања математичког модела потребно је проћи кроз следеће фазе:

- Дефинисање циљева;
- Планирање истраживања;
- Формулисање проблема;
- Стварање математичког модела;
- Избор методе решавања;
- Програмирање и испитивање;
- Прикупљање података;
- Вредновање добијених резултата;
- Имплементација добијених резултата.

Наведене фазе покривају укупно седам фаза процеса на основу којих се доноси одлука. Међутим, успех резултата одлуке не зависи искључиво од модела, већ и од начина спровођења одлуке. Посебно је битан процес анализирања у циљу доношења неке одлуке о истом или неком другом проблему, а које је условљено променама једног или више параметара који су важни за функционисање система [60].

Карактеристике математичког модела су следеће [37]:

- Модел не може да замени доносиоца одлуке, већ служи као помоћно средство при доношењу одлука;
- Модел не даје нове податке о проблему одлучивања, а креира се у циљу разумевања проблема одлучивања на основу датих информација;
- Математички модел није апроксимација реалног система.

„За математички модел уско су везане и методе оптимизације. Формално се оптимизација своди на одређивање екстрема критеријумске функције применом различитих метода чији избор зависи од врсте релација које се појављују у математичком моделу у ужем смислу, критеријумске функције и постављених услова“ [37].

Циљно програмирање је дефинисано вишеструким циљевима, док је линеарно програмирање дефинисано само једним циљем. У скорије време, дошло је до широке употребе циљног програмирања приликом енергетског пројектовања. Луција и Андрес

представили су процедуре циљног програмирања за решавање проблема редовног одржавања термалних генератора, путем економског критеријума и критеријума поузданости, тако оптимизујући трошкове система и систем изравнавања термалних резерви.

5.4 Мултикритеријумско одлучивање

Нагли развој информационих система и рачунарске технике уводи на велика врата мултикритеријумско одлучивање тј. доношење одлука у присуству већег броја критеријума који су најчешће међусобно конфликтни. Мултикритеријумско одлучивање (МКО) је комплексан процес чије су примене у решавању проблема врло разнолике. Према томе, примена МКО је веома широка и обухвата области математике, менаџмента, информатике, психологије, економије и друштвених наука.

Традиционално једнокритеријумско одлучивање које се базира на максимизацији или минимизацији одређеног елемента и даље је корисно за одлучивање унутар мањих система. Тренутни сценарио енергетског планирања има вишеструке циљеве, док постојање критеријума додатно отежава рад одрживих система. Зато су адекватном систему планирања неопходни политички, социјални, економски и еколошки аспекти да би се могао остварити одрживи развој. Будући да је савршено пројектовање предвођено вишеструким критеријумима, добар доносилац одлуке у одређеним ситуацијама мора посматрати параметре као што су технички и економски, а који у исто време могу бити и компромисни критеријуми.

Задатак мултикритеријумског одлучивања подразумева рангирање алтернатива (a_1, a_2, \dots, a_j) са задатим скупом критеријумских функција (f_1, f_2, \dots, f_n) по којима ће се вршити вредновање, као и са утврђеним вредностима и-те критеријумске функције f_{ij} за сваку j – ту варијанту, $i=1, \dots, n; j=1, \dots, j$.

Метода практично нема ограничења у погледу броја разматраних алтернатива и броја критеријума по којима се врши вредновање и рангирање. Ако се ради о ограничењима, она се односе на обиман посао за припрему неопходне улазне критеријумске матрице која квантификује вредности и-те функције за j -ту алтернативу ($i=1, \dots, n; j=1, \dots, j$) [22].

$$f = \|f_{ij}\|_{n \times j}$$

„У проблему одлучивања, тј. проблему избора између две или више алтернатива, постоје циљеви који се желе постићи том одлуком, критеријуми којима се мери постизање тих циљева, тежине тих критеријума које одражавају њихову важност и алтернативна решења проблема“ [85]. Дакле, процес мултикритеријумског одлучивања се састоји из неколико фаза мултикритеријумске анализе. Прва фаза је формулисање алтернатива и критеријума. Затим се додељују тежине критеријумима, чиме се исказује релативни значај сваког критеријума. Алтернативе се на крају рангирају према одабраној методи мултикритеријумске анализе и врши се одлучивање.

5.4.1 Одређивање алтернативе

Одређивање низа алтернатива је први корак мултикритеријумске анализе. *Ковачић* у раду [51] је дефинисао скуп алтернатива на следећи начин: Скуп алтернатива A је основни скуп објеката, одлука, кандидата, итд. који се проучавају у току процеса одлучивања. Обично се задаје или исписивањем тачно свих елемената скупа A (у случајевима када је A коначан скуп са довољно мало елемената за такав испис) или задавањем једног или више својстава које задовољавају сви елементи скупа A (у

случајевима када је А или бесконачан или коначан скуп, али превелик број елемената да би се сви исписивали).

Доносилац одлуке на основу процене услова, захтева и циљева утврђује алтернативе које омогућавају успешно одлучивање. „Акција, алтернатива или опција је оно што доносиоцу одлуке стоји на располагању, као могућност избора приликом доношења одлуке“ [85].

Могући сценарији (алтернативе) се приказују путем модела у који се након приказа, уводе и критеријуми са својим тежинама, не би ли се на што бржи и лакши начин дошло до одлуке. Ако би се у скупу алтернатива једна издвајала као успешнија од осталих, проблем одлучивања би имао једноставно решење. Међутим, најчешће се дешава да алтернативне ситуације имају различиту прихватљивост исхода, те се проблем компликује и неопходно је применити неку од метода мултикритеријумске анализе.

Избор скупа алтернатива не зависи од самог проблема или елемената процеса одлучивања, већ зависи и од циља одлучивања, структуре одабране функције система и примењене методе мултикритеријумског одлучивања [37, 51].

5.4.2 Избор критеријума

„Задатке вишекритеријумске оптимализације у случајевима када се разматрају важне одлуке као што су одлуке у вези са капиталним улагањима, карактерише релативно велики број критеријума, не два или три него десет или више. Што је број критеријума већи, задаци анализе су сложенији и тежи. У одлучивању учествује већи број појединаца или група и сви они фаворизују своје системе вредности, односно критеријуме који најбоље осликавају интересе групе којој припадају” [85].

Принципи који се користе приликом одабира оних који су најбитнији за дати проблем у енергетским процесима су следећи: [118]

- Системски принцип - систем критеријума треба отворено да одражава основне карактеристике енергетских система;
- Принцип постојаности - систем критеријума треба да буде у складу са постављеним циљем;
- Принцип независности - сваки критеријум треба да одражава учинак алтернатива из различитих аспеката;
- Принцип мерења - мерење критеријума мора бити омогућено, у квалитативном или квантитативном смислу;
- Принцип упоредивости - упоредивост критеријума мора бити омогућена да би се могло доћи до најрационалнијег решења проблема.

Енергетски проблеми који се решавају мултикритеријумском анализом укључују енергетско планирање и селекцију, измештање извора енергије, експлоатацију енергетских извора, закон о енергији, менаџмент енергетске изградње, транспорт енергетских система и друге [118]. Развој и селекција критеријума захтева параметре повезане са поузданости, прикладности, практичности и ограничењима мерења. Према [85] критеријуми се групишу ради ефикаснијег анализирања одлуке и добијања погодног решења. Уобичајене групе критеријума су: економски, технички, технолошки, социјални и еколошки.

5.4.2.1 Технички критеријуми

Приликом избора и процене коришћења одређеног дела или целог водотока, користе се критеријуми: бруто и нето расположиви пад, могућа инсталисана снага и годишња производња. Даље, ефикасност водотока која се односи на количину корисне енергије која се може добити. Коефицијент ефикасности који се користи за процену енергетских система представља однос излазне и улазне енергије [118] *Ver* је доказао да је пораст ефикасности конзистентан са ниским трошковима инсталације и високом поузданости електране.

Такође је потребно анализирати и локацију са аспекта могућности повезивања на електроенергетску мрежу (централизована, децентрализована, самостална или умрежена структура). Са гледишта повезивања хидроенергетског објекта са електроенергетском (најчешће дистрибутивном) мрежом, неповољне су оне локације код којих је прикључење сложеније и код којих се захтевају већа улагања у енергетску инфраструктуру (изградња нових дистрибутивних водова одређеног, што вишег напонског нивоа – 10, 20, 30 kW)”[62].

Поузданост енергетског система може се дефинисати као могућност система да изврши пројектоване вредности, отпорност на пад система, способност система да изврши задату функцију при предвиђеним околностима у одређеном временском року и на крају, способност система да доживи „безбедан пад” (слом без катастрофалних последица). Квалитет опреме, одржавање, пројектовање система и начин оперативности имају највећи утицај на поузданост система. Овај критеријум се може изразити квалитативно или квантитативно (нпр. време инсталације) [118].

5.4.2.2 Економски критеријуми

Економска одрживост се односи на оне стратегије које су фокусиране на ефикасно и одговорно коришћење ресурса [47]. Економска димензија одрживости је битна зато што су трошкови снабдевања електричном енергијом главни фактор који утиче на продор на тржиште. Осим тога, економски критеријуми дају увид и целокупан економски и социјални утицај, нпр. стварање нових радних места и предузећа.

Инвестициони трошкови представљају све трошкове везане за: куповину опреме, инсталацију технологије, изградњу путева и повезивања на државну мрежу, инжењерске услуге, као и за неподвижене грађевинске радове. Трошкови који нису укључени се односе на радну снагу и одржавање опреме. Инвеститори морају размотрити инвестиционе трошкове и бенефит. Овај критеријум се увек користи приликом процене енергетских система [118].

Оперативни и трошкови одржавања се састоје из два дела. Један део су оперативни трошкови: плате радника, новац утрошен на производе и услуге потребне за рад енергетског система. Други део представљају средства утрошена на одржавање која служе продужењу експлоатационог века система, с обзиром на то да су мања од финансијске штете услед пада енергетског система. На тај начин се повећава кредибилитет и индекс сигурности енергетског система. Оперативни и трошкови одржавања представљају други највише коришћен критеријум [118].

Еквивалентни годишњи трошкови енергетског пројекта је годишњи трошак поседовања и управљања имовином током њеног експлоатационог века. Овај критеријум се најчешће користи за велика улагања када је потребно упоредити пројекте са различитим експлоатационим веком [118].

5.4.2.3 Еколошки критеријуми

Обновљиви извори енергије су погодни у смислу заштите животне средине кроз смањење емисије угљен-диоксида и смога, као и кроз спречавање даљег глобалног загревања. Изградња хидроенергетских објеката не доприноси емисији штетних гасова, међутим незанемарљиво утиче на животну средину на друге начине.

Грађевински утицаји подразумевају изградњу објекта, промену тока реке, постављање водозавата и прављење акумулација.

Употреба земљишта за изградњу сваког енергетског система изазива велики проблем у смислу процене енергетских система. Животна средина је директно под утицајем, те се овај критеријум може сврстати и у групу социјалних критеријума. Квалитет живота је под утицајем, с обзиром на то да земљиште употребљено за изградњу енергетског система може бити искоришћено за изградњу јавних површина. Изградњом се дестабилизује флора и фауна, другим речима, целокупни екосистем, те је овај критеријум неопходно узети у обзир приликом процеса одлучивања [118].

Загађење буком омета баланс живота екосистема. Хронична изложеност овој врсти загађења може довести до губитка слуха. Овај критеријум се такође може посматрати као еколошки али и као социјални критеријуми [118].

5.4.3 Дефинисање тежинских фактора

Доносилац одлуке указује на приоритет одређеног фактора тако што му додељује релативни значај, тј. тежину, а у циљу рангирања алтернатива и оптимализације одлучивања. Одабраним критеријумима се одређују тежински удели на основу историјских података или претходне анализе, који се константно морају ажурирати и допуњавати у свакој мултикритеријумској анализи. Одабир критеријума приликом селекције алтернатива захтева укључивање експерата, заједнице у којој се извршава енергетска изградња, институција, невладиних организација, итд. [56].

Приступ одређивању тежинских фактора може бити директан или индиректан. Директни приступ предвиђа да се приоритети или тежине фактора одреде на основу информација добијених од инвеститора, заједнице или на основу анкете. Индиректна метода издваја све могуће критеријуме на компоненте и додељује тежине на основу искуства, односно, на основу претходних проблема сличне природе.

Методе које се користе за процену важности критеријума бира доносилац одлуке, међутим постоји и објективни приступ одређивању тежина критеријума, где се анализира матрица одлучивања и разматрају се вредности варијанти у односу на скуп критеријума како би се дошло до вредности тежина свих критеријума.

Принцип додељивања тежина критеријумима једног скупа је следећи:

$$0 \leq w_j \leq 1;$$

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1;$$

где је:

w_j – тежина j – тог критеријума.

Према [118], методе за одређивање тежина критеријума у енергетским системима, деле се на методе једнаких коефицијената и методе рангирања. Методе рангирања се даље

деле на субјективне (SMART, SWING, SIMOS, АНП, метода парцијално парног поређења) и објективне (метода ентропије, TOPSIS, вертикална и хоризонтална метода), а могу се користити и комбинације ових метода.

5.4.3.1 Методе рангирања

Као што је претходно наведено, методе рангирања могу бити субјективне, објективне или комбинација те две. Субјективне методе се заснивају на одлуци експерата који дају своје мишљење о тежинама критеријума, што значи да тежине могу бити додељене само квалитативно. Са друге стране, објективне методе укључују математичке моделе базиране на анализи почетних података.

Аналитички хијерархијски процес (АНП) је субјективна метода која се најчешће користи приликом додељивања тежина критеријумима за решавање енергетских проблема. Састоји се од формирања хијерархије одлучивања, поређења у паровима, одређивања вектора споствених вредности и одређивања конзистентности. Према [96] ова метода се заснива на следећим аксиомима:

- Аксиом реципрочности: ако је елемент А n – пута значајнији од елемента Б, тада је елемент Б $1/n$ – пута значајнији од елемента А.
- Аксиом хомогености: елементи поређења не би требало да се разликују у великој мери. Поређење има смисла једино ако су елементи упоредиви.
- Аксиом очекивања: свака промена у структури хијерархије захтева поновно рачунање приоритета у новој хијерархији.
- Аксиом зависности: дозвољава се поређење између група елемената једног нивоа у односу на елемент вишег нивоа, односно, поређења на нижем нивоу не зависе од приоритета или тежина на нижем нивоу хијерархије.

Поређењем критеријума у паровима се добијају тежински фактори критеријума. За ово се може искористити Сатијева скала поређења која се састоји од 5 степени и 4 међустепена интензитета.

Табела 5.1 Сатијева скала [96]

| Значај | Дефиниција | Објашњење |
|---------|----------------------------|--|
| 1 | Исти значај | Два елемента су истог значења у односу на постављени циљ |
| 3 | Слаба доминантност | Незнатно се фаворизује један елемент у односу на други на основу искуства или расуђивања |
| 5 | Јака доминантност | Знатно се фаворизује један елемент у односу на други на основу искуства или расуђивања |
| 7 | Демонстрирана доминантност | Доминантност једног елемента у односу на други је потврђена у пракси |
| 9 | Апсолутна доминантност | Доминантност највишег степена једног елемента у односу на други |
| 2,4,6,8 | Међувредност | Потребан је компромис |

Резултати поређења се постављају у матрицу поређења A :

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mm} \end{bmatrix} \quad (5.2)$$

При чему су основна својства матрице A :

$$a_{ii}=1; a_{ji}=1/a_{ij}; \det A \neq 0$$

Наредни корак је одређивање вектора сопствених вредности матрице поређења на основу ког сваки критеријум добија тежински удео којим се дефинише његова релативна вредност у односу на посматрани циљ.

Конзистентност се одређује да би се утврдила доследност доносиоца одлуке. Уколико коначна вредност конзистентности (СР) прелази 0.1, цео процес је потребно поновити. Коначна конзистентност се добија путем коефицијента конзистентности (СІ) и случајног индекса (RІ).

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (5.3)$$

$$CI = \frac{(\alpha_{max} - n)}{n - 1} \quad (5.4)$$

Ова метода узима у обзир и квалитативне критеријуме, док остале обично посматрају само квантитативне. Предност представља могућност провере конзистентности резонувања доносиоца одлуке током целог процеса. На тај начин се утврђује исправност тежинских вредности критеријума.

5.5 Методе мултикритеријумског одлучивања

Методе мултикритеријумског одлучивања су грана уопштене класификације модела оперативних истраживања који су погодни за адресирање комплексних проблема који се одликују ниским степеном вероватноће, конфликтним циљевима и различитим облицима података. Користе се за примену научних метода и модела за постављање реалне ситуације.

Приликом коришћења метода мултикритеријумског одлучивања, доносилац одлуке мора имати на уму да не постоји савршено решење и да се одлука доноси на основу субјективног суда или различитих критеријума [83].

Већина метода мултикритеријумског одлучивања се дели на мултиатрибутивно одлучивање (МАО) и мултинаменско одлучивање (МНО). Ове методологије деле заједничке карактеристике конфликтних критеријума, немерљиве јединице и тешкоће приликом пројектовања, односно одређивања алтернатива. Мултинаменско одлучивање се користи у процени континуалних алтернатива за које су ограничења предефинисана у облику вектора варијабле одлучивања. Сет циљних функција су оптимизоване на основу ограничења, при том потирући неке од циљева. Мултиатрибутивно одлучивање покрива инхерентне карактеристике, што доводи до разматрања мањег броја алтернатива, па одређивање приоритета као и евалуација постају тежи. Ова метода је развијена ради селекције дискретних алтернатива, док метода МНО више одговара решавању проблема планирања, када постоји теоретски бесконачан број континуалних алтернатива. Код методе мултинаменског одлучивања, алтернативе нису детерминисане, већ је сет функција циљева оптимизован према сету ограничења. Крајњи резултати се одређују поређењем разних алтернатива узимајући у обзир сваки разматрани атрибут, а усваја се најефикасније решење.

Према [56] одређени проблем се може решавати на основу различитих методологија у зависности од функције коју је потребно дефинисати. Сваки метод и модел има своје мане и ограничења. Неки од модела који се користе приликом мултикритеријумског одлучивања су следећи:

- Модели за мерење вредности (Value measurement models) - користе се као допуна код метода као што су МАУТ, АНР, модел тежинских сума и модел тежинских производа. Служе за рангирање енергетских технологија;
- Модели циљева, аспирација и референтних нивоа (Goal, aspiration and reference level models) - укључују циљно програмирање (СР) као мање субјективни процес. TOPSIS је један од метода СР, а често се СР користи у комбинацији са АНР;
- Методе мултикритеријумског рангирања (Оутранкинг Метходс) - су префериране од стране доносиоца одлука због ширег виђења проблема, чиме се могу практично укључити у процес сви захтеви и сумње. Ове методе укључују моделе ELECTRE и PROMETHEE за енергетско планирање. Доказано је да ELECTRE III одговара потреби за поузданим планирањем, те да је емпиријски и изводљив приступ приликом планирање дистрибуције електричне енергије.

Рољић у [85] сматра да је основни циљ ових метода МКО одређивање приоритета између појединих алтернатива или критеријума, где учествује већи број доносиоца одлуке, где је присутан већи број критеријума и у вишеструким временским периодима и дели методе мултикритеријумског одлучивања на три групе:

- Методе америчке школе МКО, на бази функције корисности (нпр. АНР) које различите критеријуме (атрибуте, тачке гледишта) агрегирају у један глобални критеријум, који зовемо функција корисности. Ове методе елиминирају неупоредивост између варијанти;
- Методе европске (француске) школе МКО, на бази рангирања односа (нпр. ELECTRE, PROMETHEE, које узимају у обзир неупоредивост између варијанти);
- Интерактивне методе МКО (нпр. STEM).

5.6 *Promethee* метода

Метода *PROMETHEE I* (парцијално рангирање) и *PROMETHEE II* (комплетно рангирање) развио је *J.P Brans* [14] и први пут представио 1982. године. Касније, *J.P. Brans* и *B. Marešal* су развили *PROMETHEE III* и *PROMETHEE IV* методе. Исти аутори су 1988. године предложили и визуелну интерактивну модулацију *GAIA*, која представља графичку интерпретацију *PROMETHEE* методе, а 1992. и 1995. године предложили су још два додатка - *PROMETHEE V* и *PROMETHEE VI*. Методе *PROMETHEE* спадају у најпознатије и најчешће коришћене методе вишекритеријумског рангирања. Евидентне су бројне успешне примене ове методе у банкарству, инвестицијама, медицини, хемији, туризму и код избора/рангирања локација, индустријских грана и слично [85]. *PROMETHEE* методе се базирају на упоређивању алтернатива кроз сваки критеријум како би се утврдио приоритет једне алтернативе у односу на другу.

„Метода *PROMETHEE* настала је зато што су се методе мултикритеријумског одлучивања могле користити само за квантитативне податке и због тога се нису могле добро примењивати у случајевима где постоје квалитативне информације (као што се догађа у реалним ситуацијама или приликом одабира пројекта)”. [66]

Метода *PROMETHEE* је прилагођена решавању проблема планирања и рада малих и мини хидроелектрана због своје флексибилности која омогућава доносиоцу одлуке да конкретно изрази своје преференције, а стабилни резултати се могу добити путем анализе осетљивости [66].

Метода *PROMETHEE* полази од матрице одлучивања у којој се N број алтернатива $A=[a_1, a_2, \dots, a_n]$ пореди по P критеријума $C=[c_1, c_2, \dots, c_p]$ поређења. Алтернативе се пореде по паровима за сваки критеријум посебно. На основу девијације $d_j(a, b)$, односно разлике у вредновању алтернативе a_1 у односу на алтернативу a_2 одређује се преференција (прихватљивост) изражена бројем из интервала $(0,1)$. Преференција алтернативе a_1 у односу на алтернативу a_2 по критеријуму c_j одређује се преко функције преференције $P_j(a_1, a_2)$, која представља преференцију као функцију девијације између алтернативе a_1 и a_2 по одређеном критеријуму:

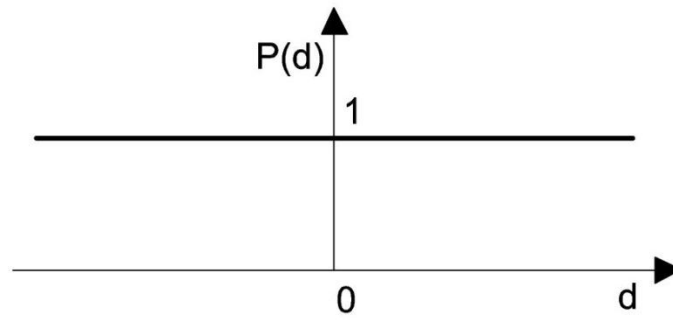
$$P_j(a_1, a_2) = F_j[d_j(a_1, a_2)] = F_j[c_j(a_1) - c_j(a_2)] \quad (5.5)$$

где је F_j функција девијације која осигурава $0 \leq P_j(a_1, a_2) \leq 1$. Дефинисано је 6 типова функција преференције за критеријуме:

Тип 1. Обичан критеријум

Обичан критеријум се користи за квалитативне критеријуме, за скале са малим разликама у вредностима, да/не скале или скале са 5 вредности.

$$P_j(a, b) = \begin{cases} 0, & d(a_1, a_2) \leq 0 \\ 1, & d(a_1, a_2) > 0 \end{cases} \quad (5.6)$$

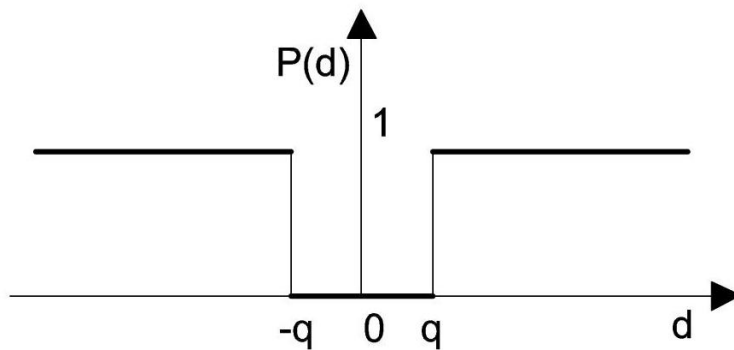


Слика 5.2 График функције обичног критеријума [14]

У овом случају постоји индиференција између алтернатива a_1 и a_2 само уколико је $c_j(a_1) = c_j(a_2)$. У супротном, постоји строга преференција за алтернативу која има највећу вредност.

Тип 2. Квази-критеријум

$$P_j(a, b) = \begin{cases} 0, & d(a_1, a_2) \leq q \\ 1, & d(a_1, a_2) > q \end{cases} \quad (5.7)$$



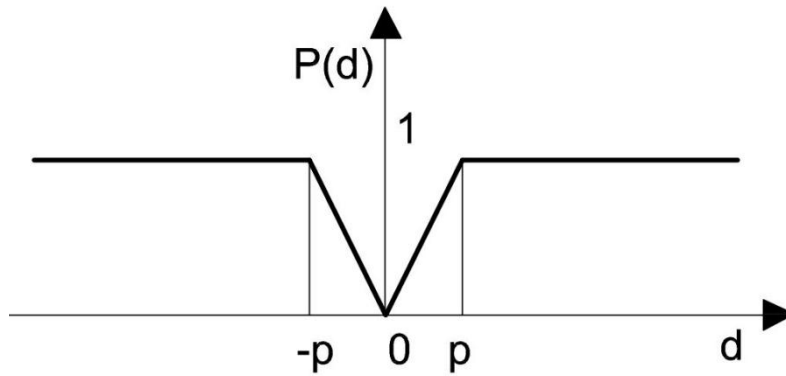
Слика 5.3 График функције квази критеријума [14]

Овде индиференција између алтернатива a_1 и a_2 постоји све док разлика између њихових вредности не пређе вредност q . Након тога се ради о строгој преференцији, а доносилац одлуке одређује вредност q . Ова функција се ређе користи приликом мултикритеријумског одлучивања.

Тип 3. Критеријум са линеарном преференцијом

Критеријум са линеарном преференцијом се користи за квантитативне критеријуме као што је утврђивање цене, снаге, итд.

$$P_j(a, b) = \begin{cases} \frac{d(a_1, a_2)}{p}, & d(a_1, a_2) \leq q \\ 1, & d(a_1, a_2) > q \end{cases} \quad (5.8)$$



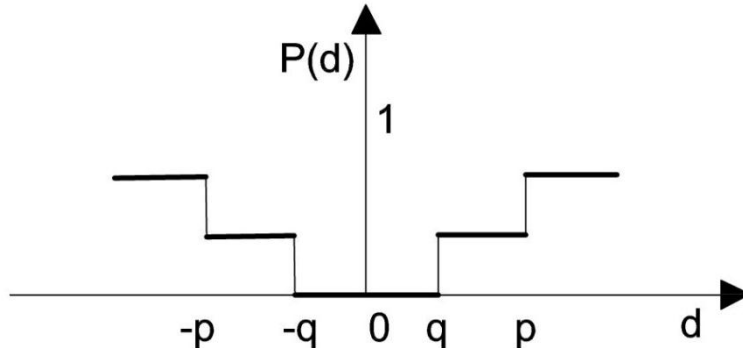
Слика 5.4 График функције са линеарном преференцијом [14]

Преференција линеарно расте све док девијација не достигне вредност q , након чега настаје строга преференција.

Тип 4. Критеријум са нивоима константне преференције

Критеријум са нивоима константне преференције се користи за квалитативне критеријуме, уколико је потребно направити разлику између малих и великих девијација.

$$P_j(a, b) = \begin{cases} 0, & d(a_1, a_2) \leq q \\ \frac{1}{2}, & q < d(a_1, a_2) \leq q + p \\ 1, & d(a_1, a_2) > q + p \end{cases} \quad (5.9)$$

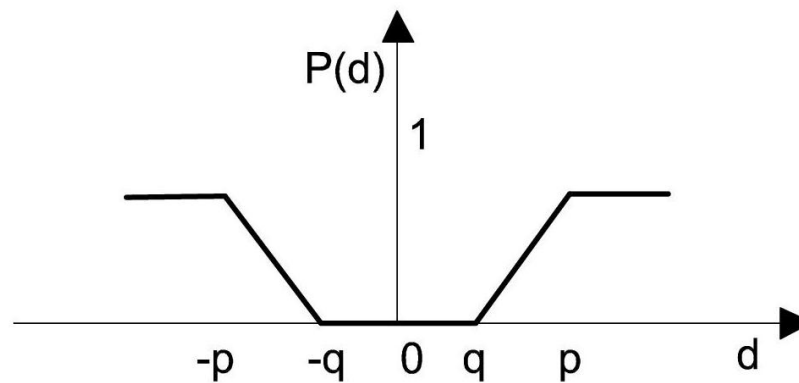


Слика 5.5 График функције са нивоима константне преференције [14]

У овом случају су алтернативе a_1 и a_2 индиферентне све док девијација између $c_j(a_1)$ и $c_j(a_2)$ не достигне вредност q . У интервалу између q и $q+p$, преференција је слаба ($1/2$), а након овог интервал преференције постаје стриктан.

Тип 5. Критеријум са линеарном преференцијом и подручјем индиференције:

$$P_j(a, b) = \begin{cases} 0, & d(a_1, a_2) \leq q \\ \frac{d(a_1, a_2) - q}{p - q}, & q < d(a_1, a_2) \leq p \\ 1, & d(a_1, a_2) > p \end{cases} \quad (5.10)$$

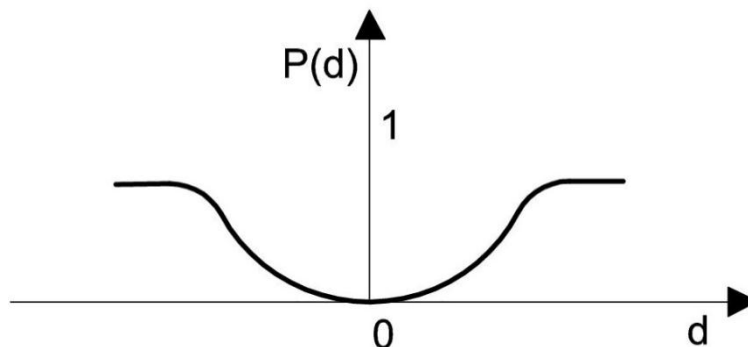


Слика 5.6 График функције критеријума са линеарном преференцијом и подручјем индиференције [14]

У овом случају, доносилац одлуке сматра да су алтернативе a_1 и a_2 индиферентне све док девијација између $c_j(a_1)$ и $c_j(a_2)$ не достигне вредност q . Након тога, преференција расте линеарно све док девијација не достигне вредност p .

Тип 6. Гаусов критеријум

$$P_j(a, b) = \begin{cases} 0, & d(a_1, a_2) \leq 0 \\ 1 - e^{-\frac{d(a_1, a_2)^2}{2\sigma^2}}, & d(a_1, a_2) > 0 \end{cases} \quad (5.11)$$



Слика 5.7 График функције Гаусовог критеријума [14]

Потребно је одредити параметар нормалне дистрибуције. Осим функције преференције, треба одредити тежине критеријума w_j тако да оне представљају приоритете критеријума за одређени проблем. Ова функција се ретко користи приликом мултикритеријумског одлучивања.

Одређивање функције преференције се врши тако што се пореде све комбинације алтернатива за сваки критеријум. Функција преференције се бира у односу на природу самог критеријума који се посматра. Сваком критеријуму се придружује функција преференције која одређује каква је природа поређења пара алтернатива. $P(a_1, a_2)$ представља преференцију алтернативе a_1 у односу на алтернативу a_2 , може се рећи следеће:

- $P(a_1, a_2) = 0$ – алтернатива a_1 се не преферира у односу на алтернативу a_2 , али обрнут случај није искључен;
- $P(a_1, a_2) \approx 0$ – алтернатива a_1 има слабу преференцију у односу на алтернативу a_2 ;
- $P(a_1, a_2) \approx 1$ – алтернатива a_1 има јаку преференцију у односу на алтернативу a_2 ;
- $P(a_1, a_2) = 1$ – алтернатива a_1 се потпуно преферира у односу на алтернативу a_2 .

Да би се одредио степен преференције једне алтернативе у односу на другу, рачуна се индекс преференције P за сваки пар алтернатива:

$$P(a_1, a_2) = \frac{\sum_{j=1}^P P_j(a_1, a_2) w_j}{\sum_{j=1}^P w_j} \quad (5.12)$$

Индекс преференције има вредност у интервалу од 0 до 1. Између две алтернативе постоје два лука који имају вредности $P(a_1, a_2)$ и $P(a_2, a_1)$. Свака алтернатива је усмерена према $(N-1)$ других алтернатива.

Токови PROMETHEE методе могу бити улазни и излазни. Излазни ток је збир вредности излазних лукова и показује доминацију једне алтернативе у односу на друге (што је ϕ^+ веће, алтернатива је боља):

$$\phi^+(a_1) = \frac{1}{N-1} \sum_{b \in A} \Pi(a_1, b) \text{ – позитиван ток}$$

Улазни ток је збир вредности улазних лукова и показује доминацију других алтернатива у односу на дату (што је ϕ^- мање, то је дата алтернатива боља):

$$\phi^-(a_1) = \frac{1}{N-1} \sum_{b \in A} \Pi(b, a_1) \text{ – негативни ток}$$

Парцијално поређење (PROMETHEE I)

Парцијални поредак алтернатива добија се на основу улазних и излазних токова. Што је већи излазни ток, дата алтернатива је боља и доминира у односу на остале алтернативе. Са друге стране, што је улазни ток мањи, дата алтернатива доминира у односу на остале. Могуће је да неке алтернативе нису компарабилне и тада је потребно извршити потпуну компарацију алтернатива.

Правила приликом рангирања су следеће:

- Алтернативе a_1 је супериорнија у односу на алтернативе a_2 , ако је:

$$\begin{aligned} \phi^+(a_1) &> \phi^+(a_2) \text{ и } \phi^-(a_1) < \phi^-(a_2); \\ \phi^+(a_1) &= \phi^+(a_2) \text{ и } \phi^-(a_1) < \phi^-(a_2); \\ \phi^+(a_1) &> \phi^+(a_2) \text{ и } \phi^-(a_1) = \phi^-(a_2); \end{aligned}$$
- Алтернатива a_1 је индиферентна у односу на алтернативе a_2 , ако је:

$$\phi^+(a_1) = \phi^+(a_2) \text{ и } \phi^-(a_1) < \phi^-(a_2)$$
- Алтернативе нису упоредиве у свим осталим случајевима.

Потпуно рангирање (PROMETHEE II)

Потпуно рангирање чини све алтернативе компарабилним, мада је могуће добити алтернативе са једнаким преференцијама. Све алтернативе скупа A се рангирају. Након одређивања поретка алтернатива, израчунава се нето ток:

$$\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a)$$

- Глобална релација преференције a_1 у односу на a_2 :

$$\phi(a_1) > \phi(a_2);$$
- Глобална релација еквиваленције:

$$\phi(a_1) = \phi(a_2).$$

Нека су w : $(w_1, w_2, w_3, \dots, w_k)$ тежине додељене сваком критеријуму. Вектор w се може представити у R^k простору. Тако је пројекција алтернатива a_i на вектор w једнака $(a_i, w) = a \sum w_j \cdot \gamma_j (a_{ij}) = \gamma_i$, и представља нето ток (проток) алтернативе a_i .

PROMETHEE II обезбеђује комплетно рангирање алтернатива у складу са њиховим протоком. Вектор w се може посматрати као оса за одлучивање, чија се пројекција P у GAIA равни назива „PROMETHEE оса за одлучивање“. У случају да је P кратка, оса нема велики утицај на снагу процеса одлучивања јер постоји велика конфликтност између критеријума и алтернатива. Уколико је оса одлучивања дуга, доносилац одлуке се усмерава ка избору алтернатива које су лоциране што даље у правцу осе.

5.6.1 GAIA раван

GAIA (Geometrical Analysis for Interactive Aid) раван представља алат за анализу диференције критеријума и њиховог конфликтног карактера, односно даје геометријски приказ резултата PROMETHEE методе.

С обзиром на то да је пожељно формирати геометријски приказ који је лако разумљив, проблем МКО се приказује дводимензионално. За сваку алтернативу (a_i) и критеријум j се дефинише једнокритеријумски ток који се у контексту PROMETHEE методе представља вектором α_i .

$$\phi_j(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \{P_j(a, x) - P_j(x, a)\}, \text{ за } -1 \leq \phi_j(a) \leq 1$$

$$\sum_{j=1}^k W_j \phi_j(a) = \Phi(a)$$

$$\sum_{x \in A} \Phi_j(a) = 0$$

$$\alpha_i = (\Phi_1(a_i) \dots \Phi_j(a_i) \dots \Phi_k(a_i))$$

$$\begin{bmatrix} \Phi_1(a_1) & \dots & \Phi_j(a_1) & \dots & \Phi_k(a_1) \\ \Phi_1(a_2) & \dots & \Phi_j(a_2) & \dots & \Phi_k(a_2) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \Phi_1(a_n) & \dots & \Phi_j(a_n) & \dots & \Phi_k(a_n) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \dots \\ \alpha_n \end{bmatrix}$$

Свака алтернатива a_i која је представљена редом α_i матрице Φ , може бити представљена тачком A_i у простору P^k чије су координате елементи вектора α_i . Центар тежина свих тачака A_i лежи у исходишту, будући да важи $\sum_{a \in A} \Phi_j(a) = 0$. С обзиром на то да је немогуће приказати k -димензионални простор, свака алтернатива одређена тачком A_i у простору P^k , пројектује се на GAIA раван, као и јединични вектори који представљају критеријуме. Интерпретација проблема и његово решавање је омогућено прегледом GAIA равни где су видљиве све алтернативе и критеријуми.

Критеријуми и алтернативе у GAIA равни се представљају на следећи начин. Ако је C_j пројекција вектора критеријума c_j , дужина и оријентација ове пројекције ће дати информације о међусобним односима између различитих критеријума. Посматраће се четири одлике датих пројекција у GAIA равни:

- Диференцирање критеријума – ако критеријум c_j изразито диференцира алтернативе, пројекција C_j ће имати већу дужину. Дакле, дужина пројекције одређује како одређени критеријум диференцира алтернативе;

- Сличност критеријума – ако два критеријума имају велику позитивну коваријансу, значи да изражавају исте преференције. Скаларни производ ових вектора ће бити позитиван и велик, што значи да су осе одлучивања приближно исто оријентисане са истим правцем;
- Независност критеријума – коваријанса критеријума ће бити изразито ниска, скоро једнака нули уколико су ти критеријуми међусобно независни, те ће и скаларни производ бити близу нуле (ортогонални вектори);
- Конфликтност критеријума – негативна коваријанса ће се јавити у случају да су посматрани критеријуми конфликтни (осе су у супротним смеровима).

Као и критеријуми, свака алтернатива има своју пројекцију у *GAIA* равни. Ако је та пројекција усмерена у правцу неког посебног критеријума, то значи да представља добру алтернативу у односу на тај критеријум. Уколико су вектори слични, алтернативе ће бити сличне за доносиоца одлуке. Тако се могу лако идентификовати и кластери сличних алтернатива унутар *GAIA* равни. Са друге стране, неслагање између алтернатива се може лако уочити. Неупоредивост алтернатива настаје када се јави изразита различитост профила, те се јављају потешкоће приком поређења. Ова појава је најчешћа у случајевима када су алтернативе усмерене ка различитим групама критеријума.

5.7 *SHPOP* програм за аутоматско одређивање оптималног положаја мини хидроелектране

Технички, економски и еколошки критеријуми, као и примена пондерисане аритметичке средине (поглавље 4) за одређивање оптималног положаја мини хидроелектрана имплементирани су у рачунарски програм *SHPOP* (eng. “*Small Hydro Power Plants Optimum Position software*”). Програм је написан у језику *JAVA* (*NetBeans 8.2 IDE*).

Рад са програмом се састоји из неколико фаза:

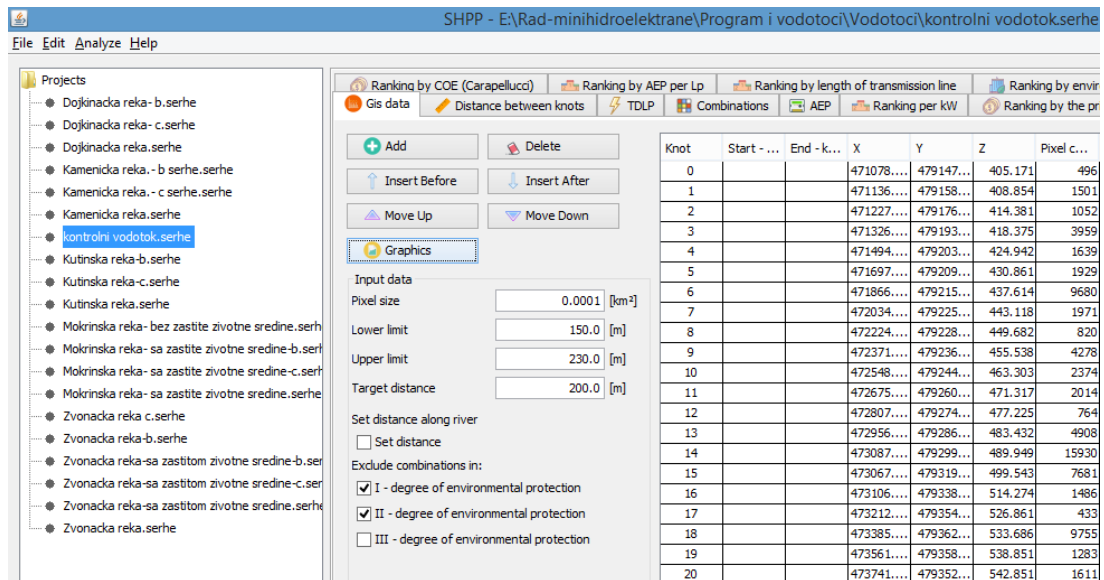
- Унос улазних података

Улазни подаци (*GIS*) се могу унети на два начина. Први начин је директно уношење података: бројеви чворова, координате чворова, број пиксела за сваку одговарајућу сливну површину чворова, површину једног пиксела, и вредност просечног годишњег специфичног отицаја за сваку сливну површину појединачно. Други начин уношења *GIS* података подразумева формирање *Excel file*-а (слика 5.8), који се затим може аутоматски учитати у програм.

| Knot | X | Y | Z | PixelCount_Basin | q [l/s/km ²] |
|------|------------|------------|--------|------------------|--------------------------|
| 0 | 7647913.50 | 4780591.38 | 687.46 | 336 | 19.29 |
| 1 | 7647911.81 | 4780782.09 | 695.34 | 1528 | 19.29 |
| 2 | 7647903.92 | 4780971.48 | 696.64 | 1127 | 19.31 |
| 3 | 7647966.11 | 4781151.38 | 698.17 | 1872 | 19.31 |
| 4 | 7648051.79 | 4781329.37 | 698.39 | 2607 | 19.33 |
| 5 | 7648012.84 | 4781522.34 | 701.55 | 2845 | 19.35 |
| 6 | 7648022.84 | 4781712.14 | 707.47 | 2917 | 19.37 |
| 7 | 7648135.35 | 4781860.75 | 707.78 | 1446 | 19.39 |
| 8 | 7648325.57 | 4781851.46 | 708.84 | 1299 | 19.40 |
| 9 | 7648476.83 | 4781961.46 | 716.93 | 1260 | 19.41 |
| 10 | 7648660.44 | 4782019.86 | 717.44 | 6632 | 19.42 |
| 11 | 7648751.17 | 4782180.01 | 719.10 | 586 | 19.47 |
| 12 | 7648750.81 | 4782375.38 | 723.12 | 1803 | 19.47 |
| 13 | 7648782.12 | 4782571.47 | 724.77 | 8485 | 19.49 |
| 14 | 7648901.87 | 4782720.49 | 727.20 | 585 | 19.55 |
| 15 | 7648982.84 | 4782895.36 | 728.62 | 8704 | 19.55 |
| 16 | 7649013.64 | 4783090.86 | 735.34 | 1654 | 19.62 |

Слика 5.8 *Excel file* за аутоматско читавање улазних података

У првој колони *excel file*-а, уписују се чворови који представљају потенцијално место водозахвата и машинске зграде (поглавље 4), чворови се уписују у растућем низу, од 0 до n, зависно од дужине водотока и растојања између чворова, затим у другој и трећој колони се дефинишу почетни и завршни чворови притока. Четврта, пета и шеста колона су координате датих чворова, и на крају са карте изолинија очитане вредности специфичног годишњег отицаја. Пример графичког интерфејса са учитаним улазним подацима за анализу водотока приказан је на слици 5.9.



Слика 5.9 Графички интерфејс са учитаним улазним подацима

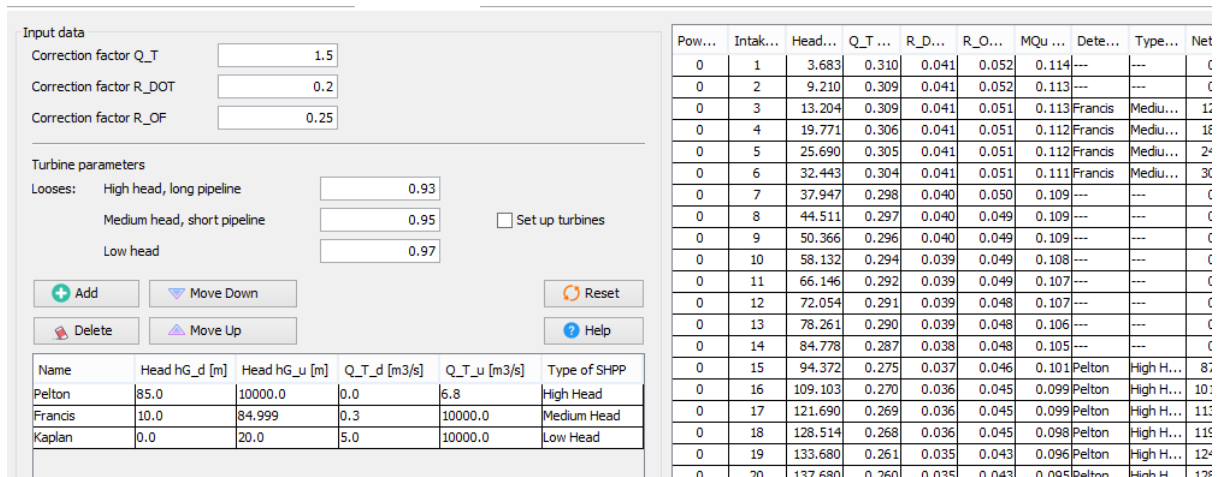
- За сваки чвор се дефинише којој зони заштите животне средине припада

Уколико се чворови налазе у I или II зони заштите животне средине, ти чворови се аутоматски избацују из даље анализе. Након уношења улазних података, програм аутоматски рачуна теоретски линеарни хидропотенцијала (*TDLP*) за сваки чвор посебно (слика 5.10).

| River section/K... | | Gross head [m] | TDLP [GWh/a] |
|--------------------|----|----------------|--------------|
| 0 | 1 | 7.882 | 1.79399 |
| 1 | 2 | 1.292 | 0.29381 |
| 2 | 3 | 1.538 | 0.34976 |
| 3 | 4 | 0.218 | 0.04948 |
| 4 | 5 | 3.161 | 0.71779 |
| 5 | 6 | 5.922 | 1.34343 |
| 6 | 7 | 0.302 | 0.06834 |
| 7 | 8 | 1.061 | 0.24035 |
| 8 | 9 | 8.096 | 1.83286 |
| 9 | 10 | 0.505 | 0.11427 |
| 10 | 11 | 1.660 | 0.37466 |
| 11 | 12 | 4.020 | 0.90721 |
| 12 | 13 | 1.649 | 0.37190 |
| 13 | 14 | 2.431 | 0.54661 |
| 14 | 15 | 1.421 | 0.31939 |
| 15 | 16 | 6.717 | 1.50489 |
| 16 | 17 | 1.304 | 0.29191 |
| 17 | 18 | 3.274 | 0.73058 |
| 18 | 19 | 0.755 | 0.17185 |
| 19 | 20 | 3.124 | 0.41643 |
| 20 | 21 | 0.691 | 0.09198 |
| 21 | 22 | 5.397 | 0.71742 |
| 22 | 23 | 1.835 | 0.24309 |

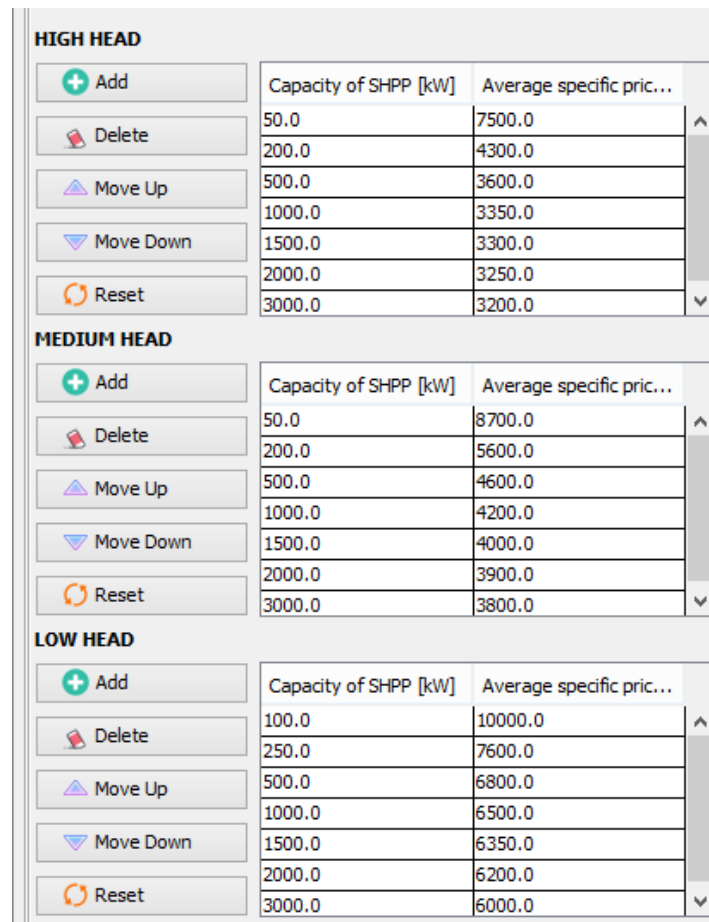
Слика 5.10 Прозор са израчунатим *TDLP* за сваки чвор појединачно

- Дефинисање параметара за избор типова турбина (слика.бр.5.11.)



Слика 5.11 Дефинисање параметера турбине и аутоматски избор врсте турбине

- Улазни подаци за дефинисање цена изградње мини хидроелектрана приказани су на слици 5.12, такође, у софтверу су имплементирани обрасци за дефинисање цене изградње, употребе и одржавања према [16].



Слика 5.12 Цена изградње мини хидроелектране

- Унос коефицијената за пондерисану аритметичку средину

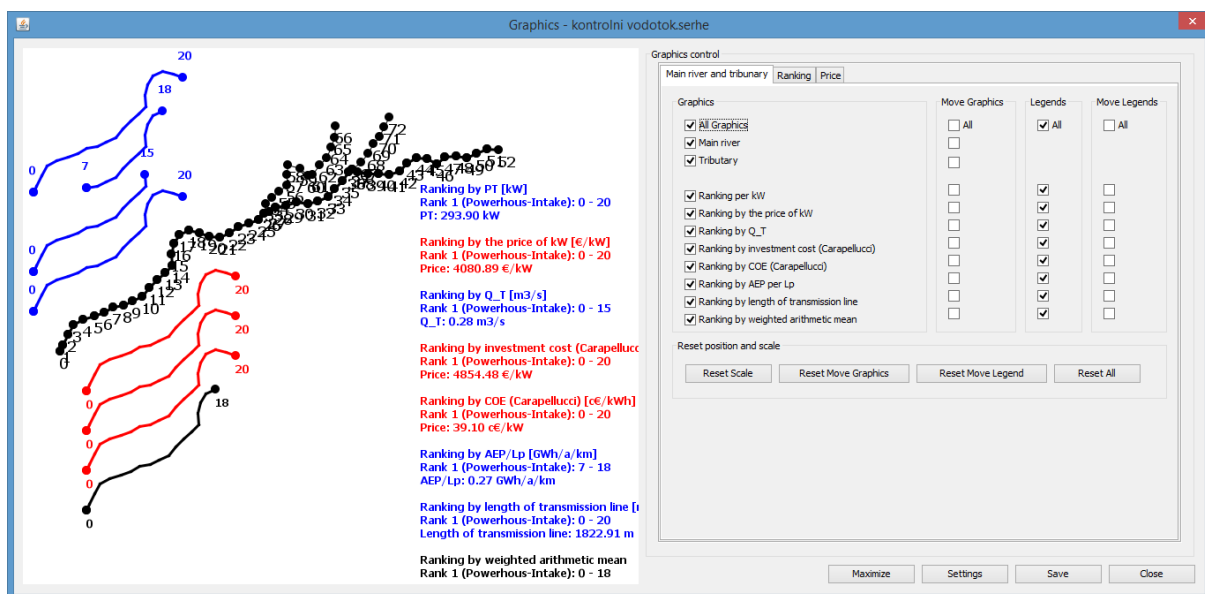
| Rank | Combination knots | Weighted arithmetic mean | |
|------|-------------------|--------------------------|---------|
| 1 | 0 | 19 | 110.875 |
| 2 | 0 | 16 | 125.125 |
| 3 | 0 | 18 | 125.625 |
| 4 | 0 | 17 | 128.000 |
| 5 | 1 | 19 | 129.500 |
| 6 | 2 | 19 | 133.375 |
| 7 | 4 | 19 | 135.625 |
| 8 | 3 | 19 | 137.375 |
| 9 | 1 | 18 | 146.125 |
| 10 | 2 | 18 | 150.500 |
| 11 | 0 | 15 | 150.875 |
| 12 | 4 | 18 | 156.000 |
| 13 | 0 | 14 | 157.750 |
| 14 | 3 | 18 | 158.000 |
| 15 | 1 | 17 | 160.125 |
| 16 | 5 | 19 | 160.250 |
| 17 | 1 | 16 | 161.875 |
| 18 | 2 | 17 | 168.875 |
| 19 | 2 | 16 | 176.250 |
| 20 | 3 | 17 | 185.875 |
| 21 | 0 | 13 | 186.625 |

Слика 5.13 Коефицијенти за пондерисану аритметичку средину

- Излазни резултати анализа могу да се прикажу у текстуалном (слика 5.14) и графичком облику (слика 5.15).

| Rank | Combination knots | Q_T [m3/s] | |
|------|-------------------|------------|--------|
| 1 | 0 | 19 | 3.9708 |
| 2 | 1 | 19 | 3.9708 |
| 3 | 2 | 19 | 3.9708 |
| 4 | 3 | 19 | 3.9708 |
| 5 | 4 | 19 | 3.9708 |
| 6 | 5 | 19 | 3.9708 |
| 7 | 6 | 19 | 3.9708 |
| 8 | 7 | 19 | 3.9708 |
| 9 | 8 | 19 | 3.9708 |
| 10 | 9 | 19 | 3.9708 |
| 11 | 10 | 19 | 3.9708 |
| 12 | 11 | 19 | 3.9708 |
| 13 | 12 | 19 | 3.9708 |
| 14 | 13 | 19 | 3.9708 |
| 15 | 14 | 19 | 3.9708 |
| 16 | 15 | 19 | 3.9708 |
| 17 | 0 | 3 | 3.9694 |
| 18 | 0 | 4 | 3.9669 |
| 19 | 0 | 5 | 3.9634 |
| 20 | 0 | 6 | 3.9594 |

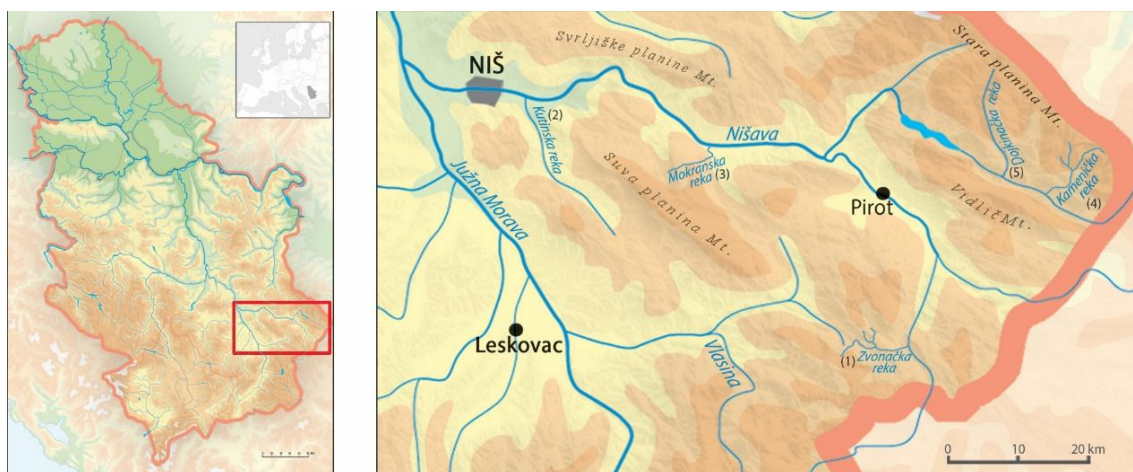
Слика 5.14 Табеларни приказ резултата прорачуна за критеријум инсталисани протоциј



Слика 5.15 Графички приказ резултата прорачуна

6 ПРИМЕНА МОДЕЛА МУЛТИКРИТЕРИЈУМСКОГ ОДЛУЧИВАЊА У ПРОЦЕСУ ИЗБОРА ОПТИМАЛНИХ ЛОКАЦИЈА МИНИ ХИДРОЕЛЕКТРАНА

У претходном делу рада углавном су коришћене методе које се заснивају на прегледу, селекцији и проучавању релевантне литературе из области истраживања. У овом делу докторске дисертације коришћене су методе анализе и синтезе. Истраживање је обављено на сливу реке Нишаве која се налази у југоисточном делу Републике Србије. Са аспекта критеријума описаних у поглављу 4, и на основу предложеног модела анализирано је пет водотокова на предметном сливу (Звоначка река, Кутинска, Дојкиначка, Каменичка и Мокранска). За обраду података, коришћен је софтверски алат Visual Promethee и рачунарски програм *SHPOP* (eng. *Small Hydro Power Plants Optimum Position software*) који је написан у језику *JAVA* (*NetBeans 8.2 IDE*) за аутоматско одређивање оптималних локација мини хидроелектрана. Географски положај анализираних водотокова као и опште географске карактеристике приказани су на слици 6.1 и у табели 6.1.



Слика 6.1 Географски положај анализираних водотокова (заокружено црвеном линијом)

Табела 6.1 Општи географски подаци анализираних водотокова

| Назив водотока | Општина | Слив | Површина слива [km ²] | Дужина водотока [km] | Степен заштите животне средине | | |
|----------------|--------------|--------|--------------------------------------|-------------------------|--------------------------------|----|------|
| | | | | | I | II | III |
| / | / | / | [km ²] | [km] | I | II | III |
| Звоначка | Бабушница | Нишава | 76 | 15 | | | |
| Кутинска | Гацин Хан | | 232 | 40 | / | / | 100% |
| Дојкиначка | Пирот | | 137 | 26 | 100% | / | / |
| Каменичка | Димитровград | | 64 | 24 | 100% | / | / |
| Мокранска | Бела Паланка | | 127 | 18 | | | |

Иако се Каменичка и Дојкиначка река комплетно налазе у I степену заштите животне средине, што би са аспекта еколошког критеријума значило да се не могу користити за изградњу мини хидроелектрана, ипак су анализирани не узимајући у обзир овај критеријум.

6.1 Анализа добијених резултата

За све претходно описане сликове у GIS моделу дефинисане су координате X , Y и Z чворова, припадајуће сливне површине A_i и просечни специфични годишњи отицаји q_i . Улазни параметри за анализу сливова дати су у табели 6.2.

Табела 6.2 Улазни подаци за рангирање комбинације чворова

| Параметар | Бредност |
|----------------------|----------|
| k_{sr} | 1.5 |
| k_{dot} | 0.2 |
| k_{of} | 0.2 |
| η_T | 0.9 |
| η_G | 0.92 |
| l_{max} | 4 [km] |
| $P_{T,min}$ | 100 [kW] |
| | 0.93 |
| | 0.95 |
| | 0.97 |
| w-за све критеријуме | 1.0 |

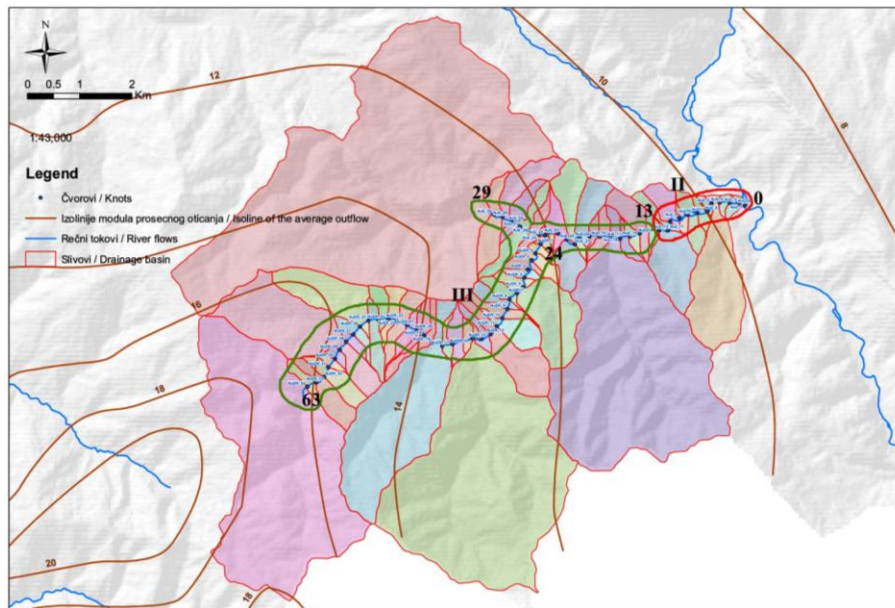
6.1.1 Звоначка река

Применом програма *Visual Promethee* и *SHPOP* програма аутоматски су одређене све могуће комбинације чворова за сваки анализирани слив појединачно, а оптималне комбинације чворова према свим претходно описаним критеријумима приказане су у табели 6.3. Први чвор оптималне комбинације дефинише положај машинске зграде, а други чвор дефинише положај водозахвата.

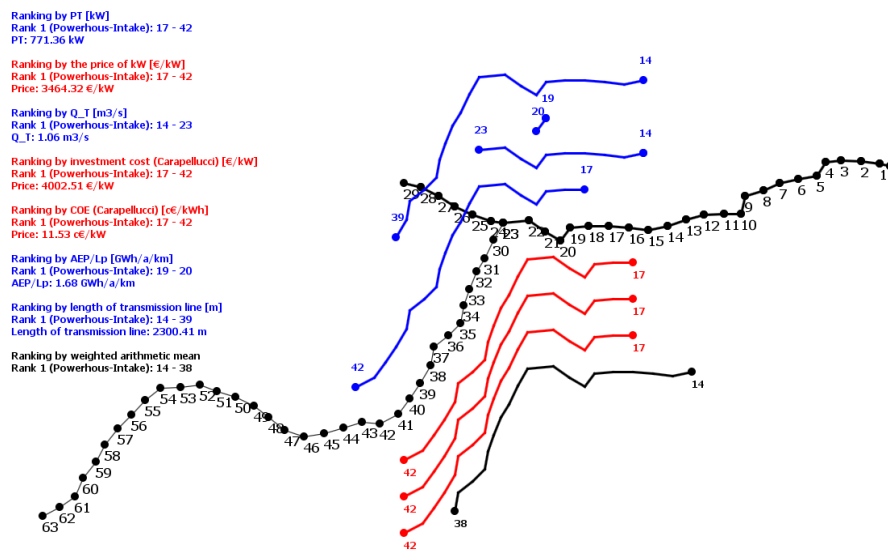
Табела 6.3 Оптималне комбинације чворова према свим критеријумима за Звоначку реку

| Назив водотока | Q_T | АЕР | L | АЕР/L | инв.цена | инв.цена (Carapellu cci) | инв+одр (Carapellu cci) | Пондериса на средина | PROMET HEE |
|----------------|-------|-------|-------|-------|----------|--------------------------|-------------------------|----------------------|------------|
| Звоначка | 14-23 | 17-42 | 14-39 | 19-20 | 17-42 | 17-42 | 17-42 | 14-38 | 17-42 |

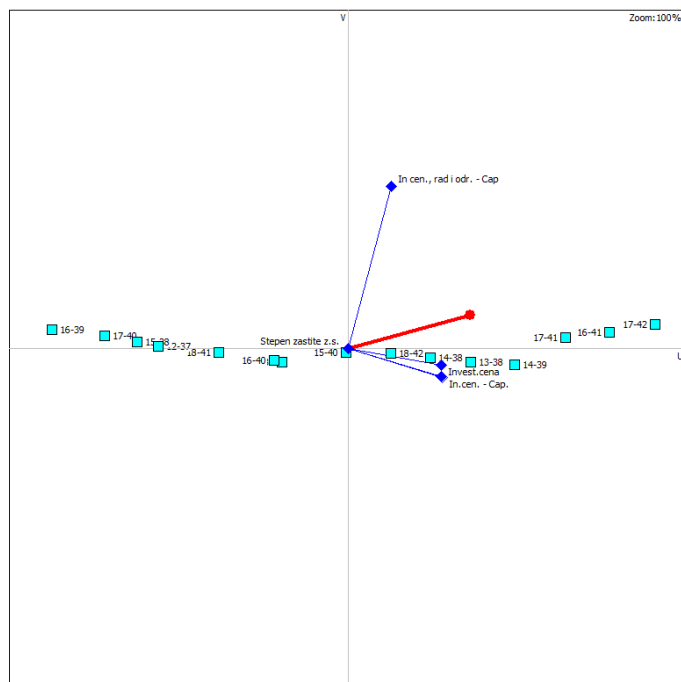
На слици 6.2 приказан је положај слива Звоначке реке, са припадајућим сливним површинама за сваки чвор појединачно, као и припадност степену заштите животне средине. Чворови од 14 – 63 спадају у III степен заштите животне средине, док чворови од 0 – 13 спадају у II степен заштите животне средине. Чворови који су у II степену заштите налазе се у непосредној близини специјалног резервата природе СРП „Јерма“, предметни део водотока није узет у разматрање у даљој анализи. На сликама 6.3 и 6.4 графички су приказане оптималне комбинације чворова добијених применом програма *SHPOP* и *Visual Promethee*.



Слика 6.2 Положај Звоначке реке са припадајућим степеном заштите животне средине



Слика 6.3 Оптималне комбинације чворова за Звоначку реку према техничким (плава боја) и економским критеријумима (црвена боја), као и према пондерисаној аритметичкој средини (црна боја), SHPOP програм



Слика 6.4 GAIA раван за тежине критеријума, Visual Promethee

У GAIA равни (слика 6.4) сваки критеријум је представљен осама које пролазе из центра равни. Оријентација оса је битна да би се закључило колико су блиски критеријуми који се разматрају.

Из приказа се види да су критеријуми снага, инвестициона цена и инвестициона цена – *Carapellucci* међусобно блиски, тј. то су критеријуми са сличним преференцијама (осе су им орјентисане у приближно истом правцу). Овакав положај оса може да се објасни на основу саме поставке проблема одлучивања. Инвестиционе цене су у директној зависности од инсталисане снаге мини хидроелектране.

Критеријум инвестициона цена, рад и одржавање није повезан са осталим критеријумима у погледу преференције.

GAIA раван, такође омогућава доносиоцу одлуке да разликује профиле алтернатива, да посматра поједине алтернативе из угла појединих критеријума, као и да идентификује алтернативе које су сличне као и оне које имају екстремно различите профиле.

Са дијаграма се види да је кластер алтернатива 17 – 42, 17 – 41, 16 – 41, 14 – 39, 13 – 38, 14 – 38, и 18- 42, је добар по критеријумима инсталисана снага, инвестициона цена и инвестициона цена – *Carapellucci*.

Кластер алтернатива 16 – 39, 17 – 40, 15 – 38, 12 – 37, 18 – 41, 16 – 40 и 15 – 10 су некада добре или лоше по свим критеријумима.

Такође, битно је напоменути да је дужина оса које представљају критеријуме независна од тежине критеријума, али указује на значај критеријума у зависности од начина на који се разликују алтернативе. Дужина осе за доношење одлука (црвена линија) је дугачка (уколико је оса за доношење одлука дугачка Promethee оса има јаку моћ и показује да је то добра алтернатива и да треба одабрати комбинацију у том правцу), што у овом случају указује да су најбоље решење комбинације 17 – 42, 16 – 41 и 17 – 41.

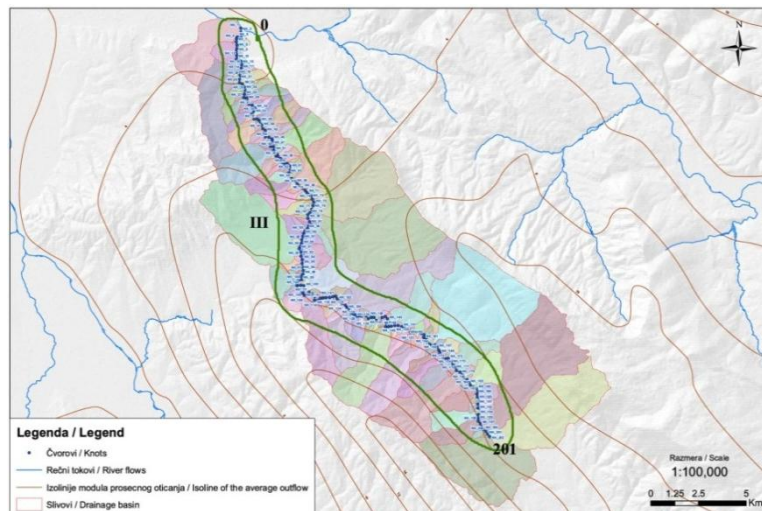
6.1.2 Кутинска река

У табели 6.4 приказане су оптималне комбинације чворова према свим појединачно описаним критеријумима, као и оптимална комбинација по пондерисаној аритметичкој средини и методи *PROMETHEE*.

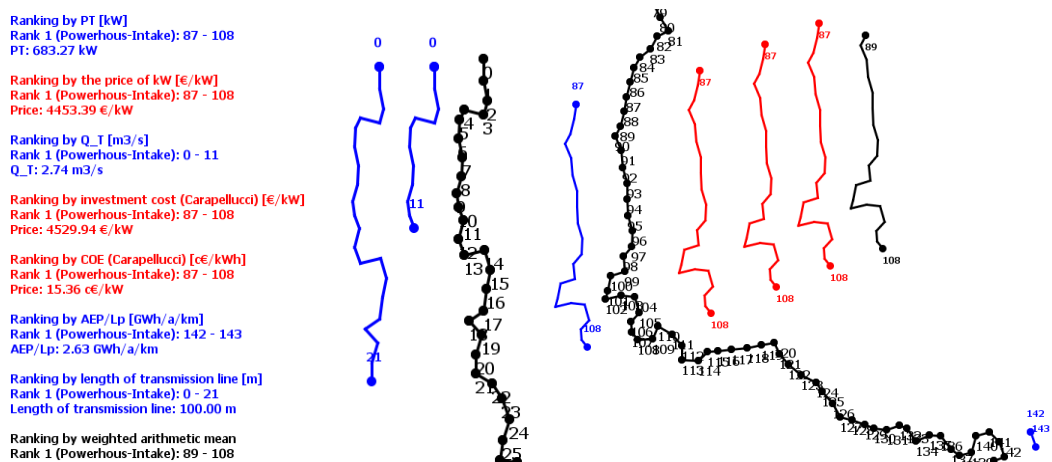
Табела 6.4 Оптималне комбинације чворова према свим критеријумима за Кутинску реку

| Назив водотока | Q _T | AEP | L | AEP/L | инв.цена | инв.цена (Carapellucci) | инв+одр (Carapellucci) | Пондерисана средина | PROMETHEE |
|----------------|----------------|--------|------|---------|----------|-------------------------|------------------------|---------------------|-----------|
| Кутинска | 0 -11 | 87-108 | 0-21 | 142-143 | 87-108 | 87-108 | 87-108 | 89-108 | 87-108 |

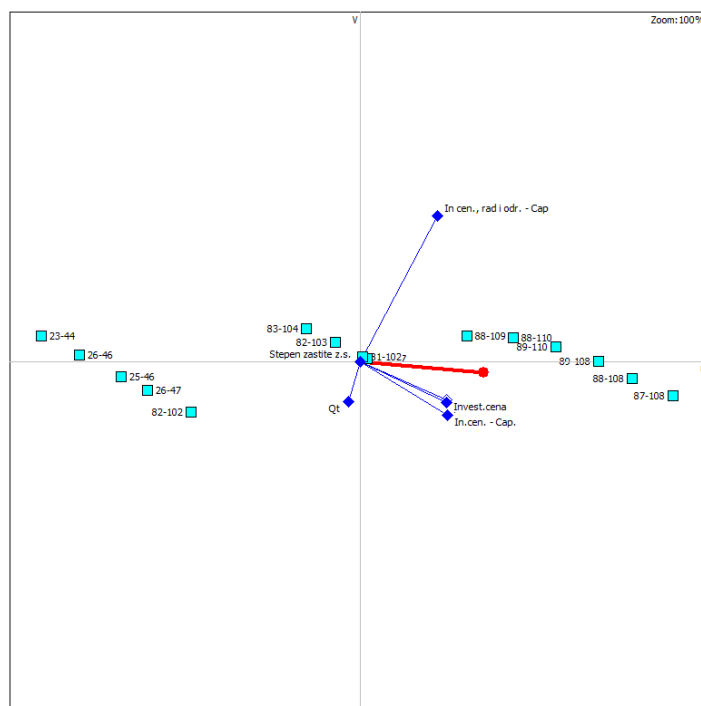
На слици 6.5 приказан је положај слива Кутинске реке, са припадајућим сливним површинама за сваки чвор појединачно, као и припадност степену заштите животне средине. Кутинска река читавом својом дужином налази се у III степену заштите животне средине, па је сходно томе на читавој дужини Кутинске реке дозвољена изградња мини хидроелектрана.



Слика 6.5 Положај Кутинске реке са припадајућим степеном заштите животне средине



Слика 6.6 Оптималне комбинације чворова за Кутинску реку према техничким (плава боја) и економским критеријумима (црвена боја), као и према пондерисаној аритметичкој средини (црна боја), *SHPOP* програм



Слика 6.7 GAIA раван за тежине критеријума, Visual Promethee

Са слике 6.7. може се закључити да је најбоље рангирана комбинација 87 – 108, то је најбоље рангирана комбинација по критеријумима: снага, инвестициона цена, инвестициона цена – Carapellucci и цена инвестиције, рада и одржавања – Carapellucci, односно оса за доношење одлука је дугачка, што значи да Promethee оса има јаку моћ и позива да се одабере комбинација што је више могуће у том правцу.

Кластер сличних комбинација је кластер: 87 – 108, 88 – 108, 89 – 108, то су добре комбинације по критеријумима инвестициона цена и инвестициона цена – Carapellucci. Критеријуми инвестициона цена и инвестициона цена – Carapellucci су у односу на критеријум инсталисани проток и инвестициона цена, рад и одржавање ортогонални критеријуми (нису повезани у погледу преференције).

Супротни су критеријуми инсталисани проток и инвестициона цена, рад и одржавање – Carapellucci.

6.1.3 Дојкиначка река

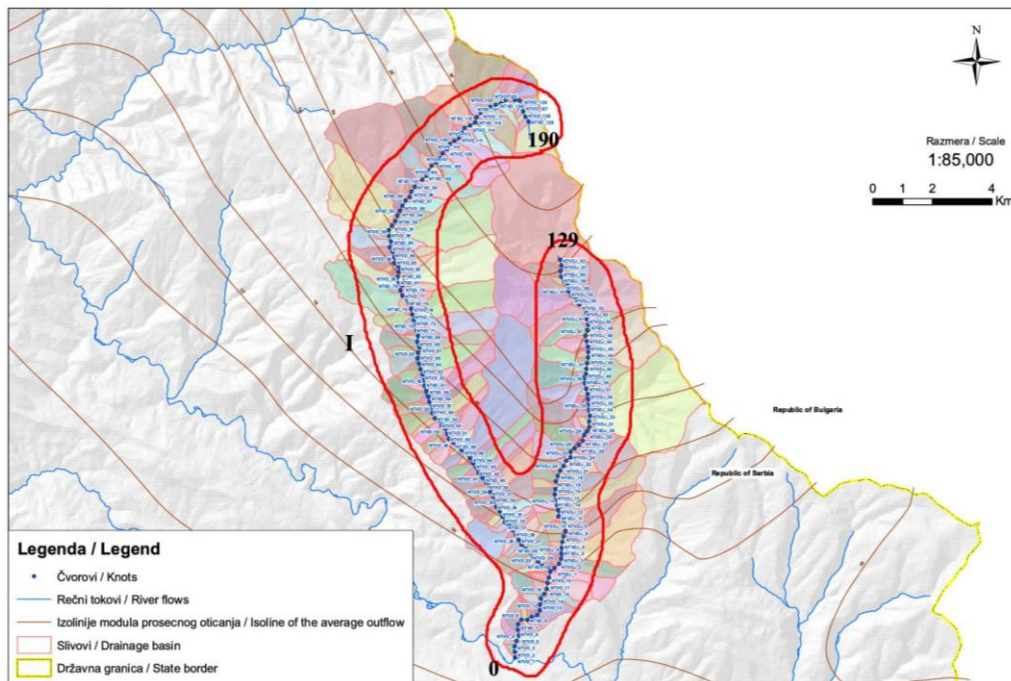
У табели 6.5 приказане су оптималне комбинације чворова према свим појединачно описаним критеријумима, као и оптимална комбинација по пондерисаној аритметичкој средини и методи PROMETHEE.

Табела 6.5 Оптималне комбинације чворова према свим критеријумима за Дојкиначку реку

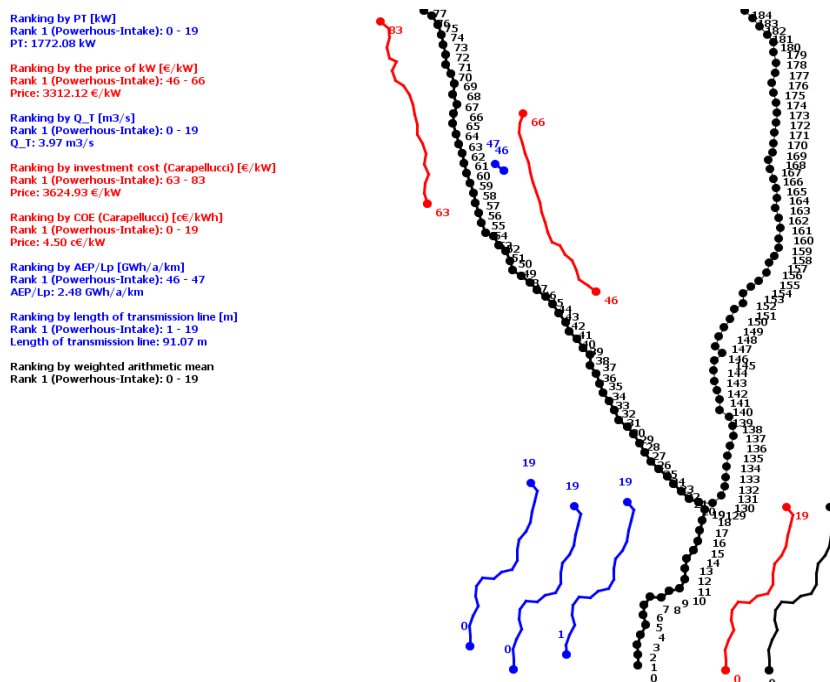
| Назив водотока | Qt | AEP | L | AEP/L | инв.цена | инв.цена (Carapellucci) | инв+одр (Carapellucci) | Пондерисана средина | PROMETHEE |
|----------------|------|------|------|-------|----------|-------------------------|------------------------|---------------------|-----------|
| Дојкиначка | 0-19 | 0-19 | 1-19 | 46-47 | 46-66 | 63-83 | 0-19 | 0-19 | 0-19 |

На слици 6.8 приказан је положај слива Дојкиначке реке, са припадајућим сливним површинама за сваки чвор појединачно, као и припадност степену заштите животне средине. Дојкиначка река читавом својом дужином налази се у I степену заштите животне средине, тј. налази се у националном парку „Стара планина”. Узимајући у

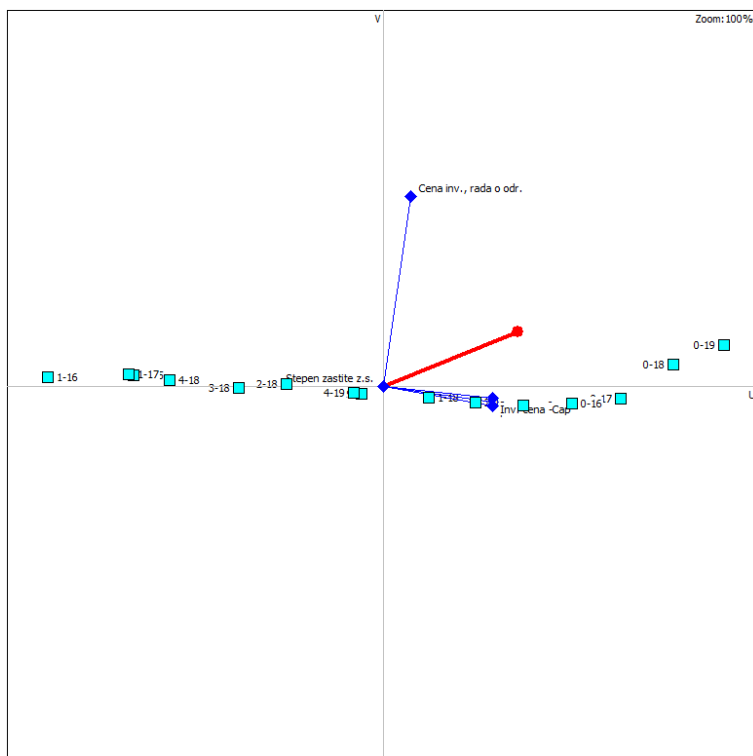
обзир еколошки критеријум, може се закључити да на предметном водотоку није дозвољена изградња мини хидроелектрана. Анализа одређивања оптималних локација извршена је за дати водоток изузимајући овај критеријум.



Слика 6.8 Положај Дојкиначке реке са припадајућим степеном заштите животне средине



Слика 6.9 Оптималне комбинације чворова за Дојкиначку реку према техничким (плава боја) и економским критеријумима (црвена боја), као и према пондерисаној аритметичкој средини (црна боја), SHPOP програм



Слика 6.10 GAIA раван за тежине критеријума, Visual Promethee

Са слике 6.10 се може закључити да је кластер алтернатива 0 – 19, 0 – 18, 0 – 17, 0 – 16, 1 – 19, 2 – 19, и 1 – 18 сличан и да су ово комбинације добре по готово свим критеријумима одлучивања. Оса за доношење одлука је дугачка, што значи да Promethee оса има јаку моћ и позива да се одабере комбинација што је више могуће у том правцу. Најбоља комбинација по свим критеријумима је на највећој удаљености у односу на осу одлучивања а то је комбинација 0 – 19.

Алтернативе 1 – 16, 1 – 17, 0 – 15, 4 – 18, 3 – 18, 2 – 18, 4 – 19, и 3 – 19 су никада добре или лоше по свим критеријумима.

Критеријум инвестициона цена, рад и одржавање није повезан са осталим критеријумима у погледу преференције.

6.1.4 Каменичка река

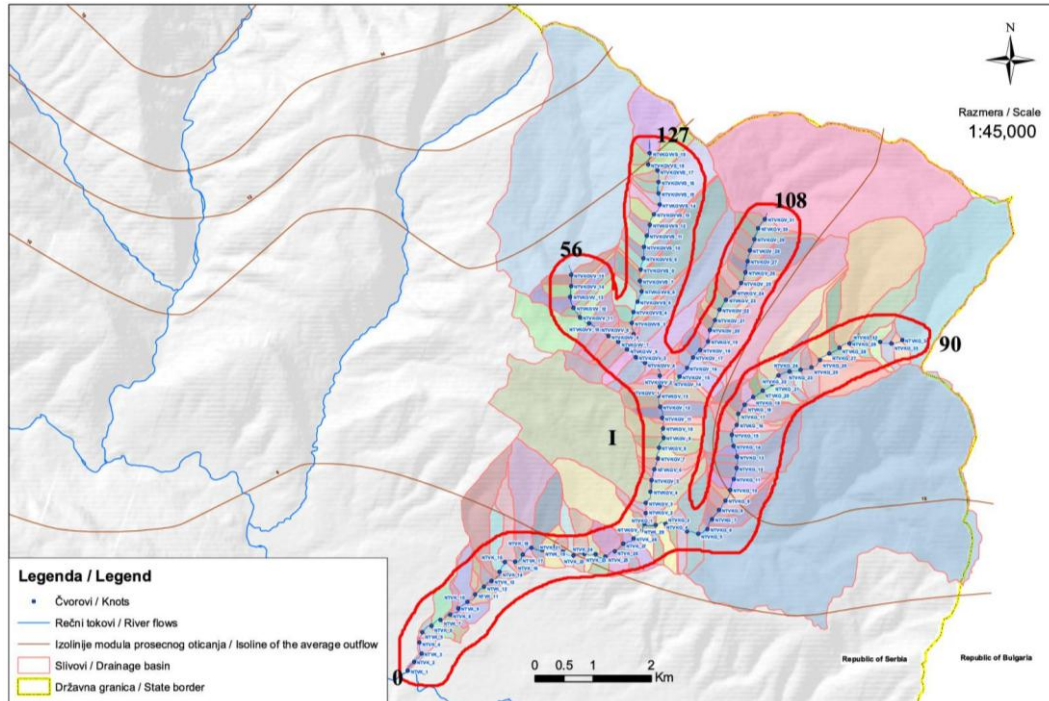
У табели 6.6 приказане су оптималне комбинације чворова према свим појединачно описаним критеријумима, као и оптимална комбинација по пондерисаној аритметичкој средини и методи PROMETHEE.

Табела 6.6 Оптималне комбинације чворова према свим критеријумима за Каменичку реку

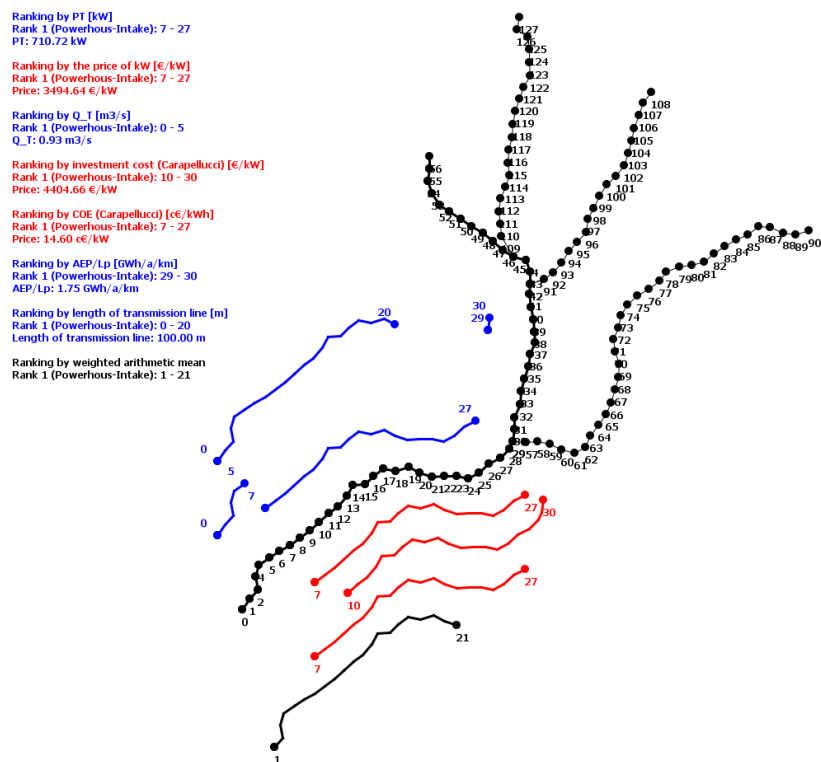
| Назив водотока | Q_T | АЕР | L | АЕР/L | инв.цена | инв.цена (Carapell usci) | инв+одр (Carapell usci) | Пондерисана средина | PROMETHEE |
|----------------|-------|------|------|-------|----------|--------------------------|-------------------------|---------------------|-----------|
| Каменичка | 0-5 | 7-27 | 0-20 | 29-30 | 7-27 | 10-30 | 7-27 | 1-21 | 7-27 |

На слици 6.11 приказан је положај слива Каменичке реке, са припадајућим сливним површинама за сваки чвор појединачно, као и припадност степену заштите животне средине. Каменичка река читавом својом дужином налази се у I степену заштите животне средине, тј. налази се у националном парку „Стара планина”. Као и у

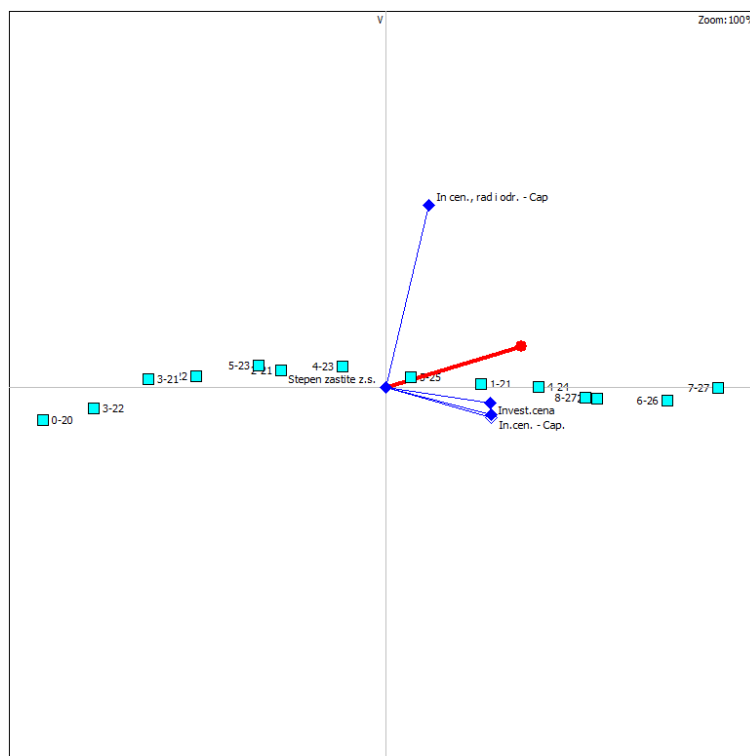
претходном случају, узимајући у обзир еколошки критеријум, може се закључити да на предметном водотоку није дозвољена изградња мини хидроелектрана. Анализа одређивања оптималних локација извршена је за дати водоток изузимајући овај критеријум.



Слика 6.11 Положај Каменичке реке са припадајућим степеном заштите животне средине



Слика 6.12 Оптималне комбинације чворова за Каменичку реку према техничким (плава боја) и економским критеријумима (црвена боја), као и према пондерисаној аритметичкој средини (црна боја), SHPOP програм



Слика 6.13 GAIA раван за тежине критеријума, Visual Promethee

Са слике 6.13. се може закључити да је најбоље рангирана комбинација 7 – 27, која је и најудаљенија у односу на осу одлучивања. Ова комбинација је најбоље рангирана по критеријумима снага, инвестициона цена, инвестициона цена – Carapellucci и цена инвестиције, рада и одржавања, док је по критеријуму инсталисани проток најлошије рангирана комбинација.

Кластер сличних алтернатива је: 6 – 26, 3 – 23, 8 – 27, 4 – 24 и 1 – 21.

Комбинације: 6 – 26, 3 – 23, 8 – 27, 4 – 24, и 1 – 21 су добро рангиране по критеријумима инвестициона цена и инвестициона цена – Carapellucci.

Комбинације: 0 – 21, 3 – 22, 3 – 21, 2 – 22, 5 – 23, и 2 – 21 су никада добре или лоше по свим критеријумима.

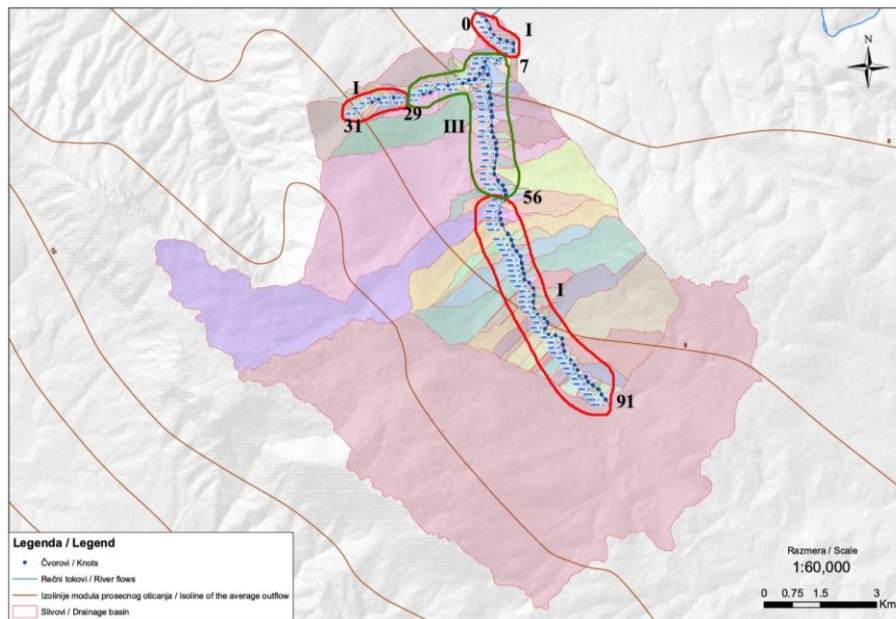
6.1.5 Мокранска река

У табели 6.7 приказане су оптималне комбинације чворова према свим појединачно описаним критеријумима, као и оптимална комбинација по пондерисаној аритметичкој средини и методи *PROMETHEE*.

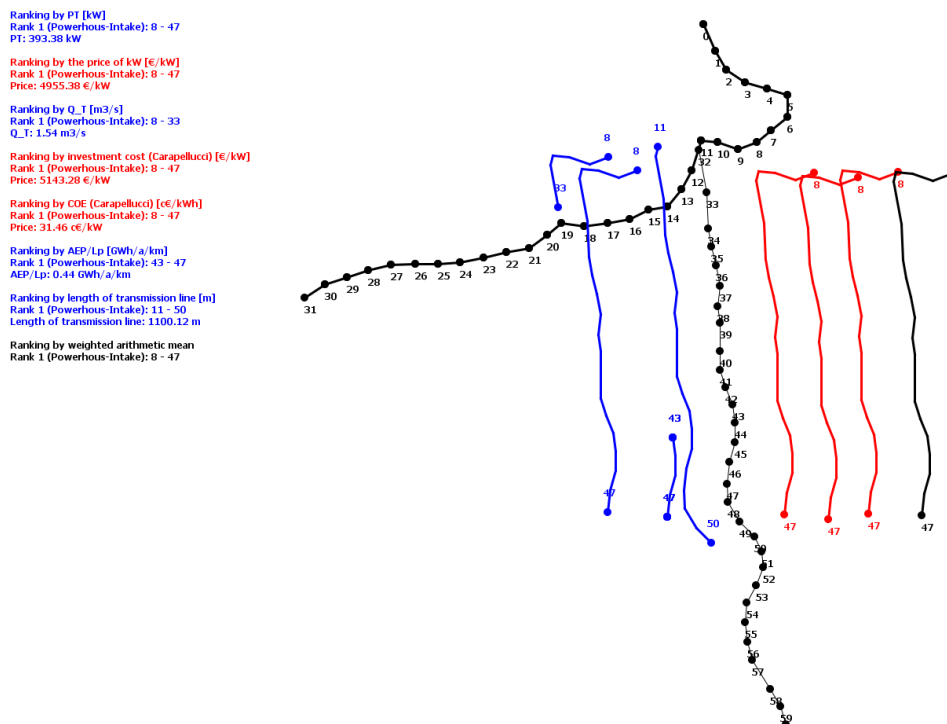
Табела 6.7 Оптималне комбинације чворова према свим критеријумима за Мокранску реку

| Назив водотока | Q_T | АЕР | L | АЕР/L | инв.цена | инв.цена (Carapellucci) | инв+одр (Carapellucci) | Пондерисана средина | PROMETHEE |
|----------------|-------|------|-------|-------|----------|-------------------------|------------------------|---------------------|-----------|
| Мокранска | 8-33 | 8-47 | 11-50 | 43-47 | 8-47 | 8-47 | 8-47 | 8-44 | 8-47 |

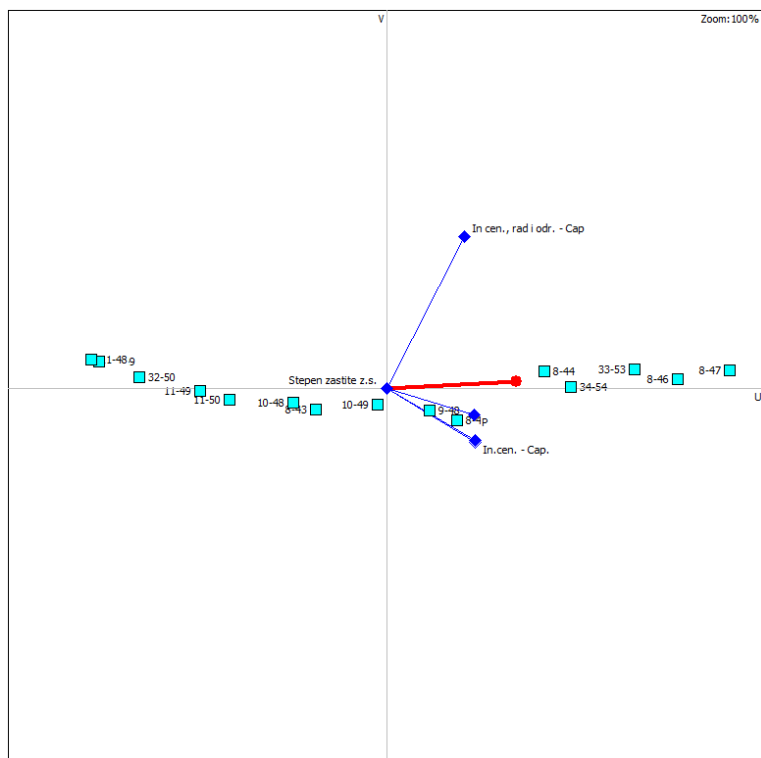
На слици 6.14 приказан је положај слива Мокранске реке, са припадајућим сливним површинама за сваки чвор појединачно, као и припадност степену заштите животне средине. Мокранска река налази се у I и III степену заштите животне средине. Чворови: 0 – 7, 29 – 31, и 56 – 91 налазе се у I степену жаштите, док преостали део водотока припада III степену заштите. Чворови који се налазе у I степену заштите животне средине делом се налазе у насељу Бела Паланка, а делом у националном парку „Стара планина”.



Слика 6.14 Положај Мокрањске реке са припадајућим степеном заштите животне средине



Слика 6.15 Оптималне комбинације чворова за Мокранску реку према техничким (плава боја) и економским критеријумима (црвена боја), као и према пондерисаној аритметичкој средини (црна боја), SHPOP програм



Слика 6.16 GAIA раван за тежине критеријума, Visual Promethee

Са слике 6.16. види се да је оса за доношење одлука дугачка, што значи да Promethee оса има јаку моћ и позива да се одабере комбинација у том правцу.

Најбоље рангирано решење је комбинација 8 – 47, то је најбоље рангирана комбинација по свим критеријумима осим по критеријуму инсталисани протицај. По критеријуму инсталисани протицај најбоље рангирана комбинација је 8 – 43.

Кластер сличних комбинација је: 8 – 47, 8 – 46, 33 – 53, 34 – 54, 8 – 44.

Комбинације: 32 – 50, 11 – 49, 11 – 50, 10 – 48, 10 – 49, су никада добре или лоше по свим критеријумима.

7 ЗАВРШНЕ НАПОМЕНЕ И ЗАКЉУЧЦИ

7.1 Опште напомене

Основни концепт економике природних ресурса јесте концепт одрживости. Уколико се не поштује овај концепт, долази до неефикасног привредног развоја тј. погоршања односа између потреба човечанства и ограничености ресурса. Због тога, један од битних корака за глобалну сигурност представља развој и унапређење хидроенергетике, односно развој мини хидроелектрана као еколошки прихватљиве опције. Међутим, њихов развој нуди и бројне изазове и притиске од самог процеса планирања до крајње дистрибуције добијене енергије. То доводи до закључка да је потребно изградити интегрални приступ коришћењу енергије малих водотокова. Међутим, како мини хидроелектране имају велике предности у односу на необновљиве изворе енергије, тако и њихов развој нуди и бројне изазове од стране група за заштиту животне средине као и од стране друштвене заједнице и инвеститора. Према томе, планирање развоја мини хидроелектрана треба да обухвати велики број параметара, односно критеријума. У приказаном моделу за одређивање оптималног положаја мини хидроелектрана обухваћен је еколошки критеријум и истовремено технички и економски критеријуми.

Примена модела подразумева да се у првој фази на основу еколошког критеријума, утврђују делови разматраног водотока на којима је дозвољена изградња мини хидроелектрана. Након тога, на основу техничких и економских критеријума применом пондерисане аритметичке средине одређује се оптимални положај за изградњу мини хидроелектране.

Флексибилност модела са аспекта фаворизовања учешћа појединих критеријума на оптимални положај обезбеђује се помоћу тежинских коефицијената који могу да се задају за сваки примењени технички и економски критеријум појединачно.

Модел може да се примени без ограничења на сваки водоток на коме је могућа изградња мини хидроелектрана и имплементиран је у рачунарски софтвер *SHPOP (Small Hydro Power Plant Optimum Position software)*.

Инвестициони трошкови изградње, одржавања и експлоатације мини хидроелектрана, зависе од инсталисане снаге и висинског пада између водозавхвата и машинске зграде. Трошкови су подељени у зависности од расположивог пада у три категорије, односно мини хидроелектране са малим падом (пад мањи од 30 m), са средњим падом (пад од 30 – 100 m) и великим падом (пад изнад 100 m). При истој инсталисаној снази највећи трошкови су код мини хидроелектрана са малим падом. Поређењем инвестиционих трошкова за изградњу мини хидроелектрана у Републици Србији и у Европској Унији закључује се да су за исту инсталисану снагу при расположивом малом и средњем паду трошкови приближно исти. За разлику од овога при великом расположивом паду, трошкови изградње у Републици Србији су за приближно 20 – 40% већи од трошкова у Европској Унији, при чему се мања разлика јавља при мањим инсталисаним снагама.

Развијени модел за одређивање оптималног положаја примењен је на пет водотокова у југоисточном делу Републике Србије, који припадају сливу реке Нишаве, а то су: Звоначка, Кутинска, Дојкиначка, Каменичка и Мокранска река.

7.2 Закључци

На основу резултата анализа закључује се:

- Да дуж Каменичког и Дојкиначког водотока није дозвољена изградња мини хидроелектрана, јер у потпуности припадају I степену заштите, тј. налазе се у Националном парку „Стара планина“;
- Да оптимални положаји (комбинације чворова) мини хидроелектрана, уопште, варирају у зависности од врсте примењеног критеријума;
- Да су оптимални положаји одређени применом економских критеријума груписани у једној зони за сваки водоток појединачно и одговарају оптималном положају одређеном на основу техничког критеријума према инсталисаној снази. Ово је последица директне зависности инвестиционе цене изградње, употребе и одржавања са инсталисаном снагом;
- Да оптимални положаји одређени само на основу техничких критеријума варирају за сваки водоток појединачно посматран;
- Да оптимални положаји одређени применом пондерисане аритметичке средине, тј. разматрајући истовремено све техничке и економске критеријуме, у свим разматраним случајевима одговарају оптималним положајима одређеним на основу економских критеријума појединачно;
- Да су оптималне комбинације чворова за Звоначку реку према развијеном моделу 14 – 38, а према PROMETHEE методи 17 – 42. Цена изградње, одржавања и експлоатације (период од 30 година) за комбинацију 14 – 38 износи 12.5 с€/kWh, а за комбинацију 17 – 42 износи 11.9. Разлика између ове две цене није већа од приближно 4.8 % у односу на цену комбинације чворова одређених према развијеном моделу. Произведена електрична енергија у току експлоатационог период од 30 година за комбинацију 14 – 38 износи 2.13 GWh/a а за комбинацију 17 – 42 је 2.22 GWh/a. Разлика у произведеној електричној енергији не прелази приближно 4.2% у односу на произведену електричну енергију одређену из комбинације чворова одређених према развијеном моделу. С обзиром на претходно приказане разлике у цени изградње, одржавања и експлоатације, као и разлике у укупној произведеној електричној енергији, између ове две комбинације чворова закључује се да су оптималне комбинације одређене према развијеном моделу и PROMETHEE методи међусобно блиске;
- Да су оптималне комбинације чворова за Кутинску реку према развијеном моделу 89 – 108, а према PROMETHEE методи 87 – 108. Цена изградње, одржавања и експлоатације (период од 30 година) за комбинацију 89 – 108 износи 15.7 с€/kWh, а за комбинацију 87 – 108 износи 15.4 с€/kWh . Разлика између ове две цене није већа од приближно 1.9 % у односу на цену комбинације чворова одређених према развијеном моделу. Произведена електрична енергија у току експлоатационог период од 30 година за комбинацију 89 – 108 износи 1.98 GWh/a а за комбинацију 87 – 108 је 2.019 GWh/a. Разлика у произведеној електричној енергији не прелази приближно 1.96% у односу на произведену електричну енергију одређену из комбинације чворова одређених према развијеном моделу. Слично као и код Звоначке реке, може да се закључи да су оптималне комбинације одређене према развијеном моделу и PROMETHEE методи међусобно блиске;
- Да су оптималне комбинације чворова за Мокранску реку према развијеном моделу 8 – 47, исте као и према PROMETHEE методи;
- Да се оптималне комбинације одређене према развијеном моделу и PROMETHEE методи међусобно разликују, али се те разлике у економском и

техничком смислу могу сматрати малима (објашњено у претходне три ставке), па се закључује да обе методе дају блиске оптималне комбинације чворова.

7.3 Правци будућих истраживања

Будућа истраживања могу да се поделе у два правца. Први правац би се односио на утврђивање удела појединих типова критеријума на оптимално решење, тј. сви економски критеријуми би се класификовали у једну групу, а технички у другу, при чему би сви критеријуми у једној групи имали исти тежински коефицијент. Затим би се утврдио удео сваког критеријума појединачно на оптимално решење преко варирања његових тежинских коефицијената. Предложени модел упоредио би се са другим поступцима за оптимизацију, тј. ти поступци би се инкорпорилари у софтвер SHPOP са циљем поређења и утврђивања ефикасности и тачности резултата.

Други правац истраживања односио би се на унапређење модела у виду хидролошких подлога, а све са циљем добијања што тачнијих излазних података. У предложеном моделу за избор оптималних локација МХЕ, хидролошка анализа заснива се на коришћењу стандардног хидролошког модела (падавине – отицај). Имајући у виду да су стандардни хидролошки модели базирани на грубим апроксимацијама падавине – отицај, где се до хидрограма отицаја углавном долази применом синтетичких јединичних хидрограма, побољшање улазних хидролошких података ишло би у правцу формирања дводимензионалних хидролошких модела, базираним на савременим нумеричким поступцима као што је нпр. Lattice–Boldzmann метода која је оптимизирана за захтевне моделе струјања у погледу рачунарских ресурса.

8 ПОПИС ЛИТЕРАТУРЕ И ИЗВОРА

- [1] Adhau S., Economic Analysis and Application of Small Micro/Hydro Power Plants, Department of Electrical Engineering Y.C.C.E, Hingna Road, Wanadongri, Nagpur University Nagpur, India
- [2] Aggidis G.A., Luchinskaya E., Rothschild R., Howard D.C.: The costs of small-scale hydro power production: Impact on the development of existing potential, Renewable energy, Vol.35, pp. 2632-2638.
- [3] Ahlborg H., Sjöstedt M.: Small-scale hydropower in Africa: Socio-technical designs for renewable energy in Tanzanian villages, Energy Research & Social Science, Vol. 5, pp. 20-33, 2015.
- [4] Alonso – Tristan C., et al.: Small hydropower plants in Spain: A case study, Renewable and Sustainable Energy Reviews 15, pp 2729 – 2735, 2011.
- [5] Avramović T., Živanić J., Mogućnost izgradnje male hidroelektrane na jezeru Ćelije kod Kruševca.
- [6] Avramović T., Mogućnost izgradnje male hidroelektrane na jezeru Ćelije kod Kruševca, Fakultet tehničkih nauka, Čačak, 2015.
- [7] Babel M., Dinh N.C., Mullick A.R., Nanduri U., Operation of a hydropower system considering environmental flow requirements: A case study in La Nga river basin, Vietnam, Journal of Hydro-environment Research 6, pp 63 – 73, 2012.
- [8] Bayazit Y., Bakış R., Koç C.: An investigation of small scale hydro power plants using the geographic information system, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 67, pp. 289-294, 2017.
- [9] Barelli L., Liucci L., Ottaviano D., Valigi D., Mini-hydro: A design approach in case of torrential rivers, Energy 58, pp 695 – 706, 2013.
- [10] Basso S., Botter G., Streamflow variability and optimal capacity of run – of – river hydropower plants, Water Resources Research 10, 2012.
- [11] Benkovic S., Makojevic N., Jednak S., Possibilities for development of the Electric Power Industry of Serbia through private source financing of small hydropower plants, Renewable Energy 50, pp 1053 – 1059, 2013.
- [12] Benisek M., Mesarvic M., Energy potentials of small water currents in Serbia, energy, economy, ecology, Serbian Economists Association, Belgrade, 2005.
- [13] Bódis K., Monforti K., Szabó S.: Could Europe have more mini hydro sites? A suitability analysis based on continentally harmonized geographical and hydrological data, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 37, pp. 794-808, 2014.
- [14] Brans J.P., Promethee methods, Centrum voor Statistiek en Operationeel Onderzoek Vrije Universiteit Brussel, Pleinlaan 2, B-1050 Brussels, Belgium.
- [15] Brnabić A., Turković M., Putokaz za razvoj obnovljivih izvora energije u Srbiji i okruženju: razmatranje energetske politike u oblast obnovljivih izvora energije, Centar za međunarodnu saradnju i održivi razvoj (CIRSD), 2015.
- [16] Carapellucci R., et al.: Techno-economic evaluation of small-hydro power plants: Modelling and characterisation of the Abruzzo region in Italy, Renewable Energy 75, pp 398-406, 2015.
- [17] Carroll G., Rieves K., Lee R., Cherry S., Evaluation of potential hydropower sites throughout the United States, In: Proceedings of the ESRI international user conference, San Diego, CA, USA, 2004.
- [18] Cyr JF., Landry M., Gagnon Y.: Methodology for the large-scale assessment of small hydroelectric potential: Application to the Province of New Brunswick (Canada), Renewable Energy 36, pp 2940-2950, 2011.

- [19] Dražić J., Dunjić D., Mučenski V., Peško I., Multi – criteria analysis of variation solutions for the pipeline route by applying the promethee method, Tehnički vjesnik 23, pp 599 – 610, 2016.
- [20] Dudhani S, Sinha AK, Inamdar SS. Assessment of small hydropower potential using remote sensing data for sustainable development in India. Energy Policy, Vol. 34, pp. 3195-3205, 2006.
- [21] Đorđević B., Dašić T.: Garantovani protoci nizvodno od hidroelektrana, Elektroprivreda, Beograd, 2007.
- [22] Đorđević B., Hidroenergetsko korišćenje voda, Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, 2001.
- [23] Economical, technical and environmental study for development of micro hydropower plants in Lorestan province, Research project report, Bakhtar Regional Electric Company, Iran, 2010.
- [24] European Small Hydropower Association (ESHA): Current status of Small Hydropower development in the EU-27; 2011. Available from: <http://www.streammap.esha.be>
- [25] Elliott T, Chen K, Swanekamp R. Standard handbook of power plant engineering, McGraw-Hill, 1997.
- [26] European Small Hydropower Association (ESHA), Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant, 2004.
- [27] Felix J., Dubas A., Use of GIS to identify potential sites for small hydroelectric plants: general concepts and example of application, In: Proceedings of the international conference HIDROENERGIA 2010, Switzerland, 2010.
- [28] Forouzbakhsh F., Hosseini S.M.H., Vakilian M., An approach to the investment analysis of small and medium hydro-power plants, Energy Policy 35, pp 1013 – 1024, 2007.
- [29] Gagliano A., Tina G.M., Nocera F., Patania F.: Technical and Economic Perspective for Repowering of Micro Hydro Power Plants: A Case Study of an Early XX Century Power Plant, Energy Procedia, Vol. 62, pp. 512-521, 2014.
- [30] Gagnon L., van de Vate J.F.: Greenhouse gas emissions from hydropower: The state of research in 1996, Energy Policy 25, pp 7-13, 1997.
- [31] Garegnani G., Sacchelli S., Balest J., Zambelli P.: GIS-based approach for assessing the energy potential and the financial feasibility of run-off-river hydro-power in Alpine valleys, Applied Energy, Vol. 216, pp. 709-723, 2018.
- [32] Ghadimi A.A., Razavi F., Mohammadian B.: Determining optimum location and capacity for micro hydropower plants in Lorestan province in Iran, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 15, pp. 4125-4131, 2011.
- [33] Generalne smjernice za koncesiona područja za korišćenje vodotoka za izgradnju malih hidroelektrana, <http://www.oieres.me/uploads/archive/generalne%20smjernice%20za%20mhe%202010-09.pdf>
- [34] Gvero P., Vasković S., Obnovljivi izvori energije i održivi razvoj lokalnih zajednica, Banja Luka, 2016.
- [35] Hidrometeorološki zavod Republike Srbije (<http://www.hidmet.gov.rs/>)
- [36] Hoffken J., A closer look at small hydropower projects in India: Social acceptability of two storage-based projects in Karnataka, Renewable and Sustainable Energy Reviews 34, pp 155 – 166, 2014.
- [37] Hot I., Upravljanje izradom generalnih projekata u oblasti infrastrukture primenom višekriterijumske analize, Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, 2014.
- [38] HYDI (Hydro Data Initiative) of European small hydropower association, <http://streammap.esha.be>

- [39] Ioannidou C., O'Hanley J.R.: Eco-friendly location of small hydropower, *European Journal of Operational Research* 264, pp 907–918, 2018.
- [40] Izgradnja složene građevine male hidroelektrane Curak 1 i Curak 2, Elaborat zaštite okoliša za postupak ocjene o potrebi procjene uticaja zahvata na okoliš, Zagreb, 2015.
- [41] Jansen T., Estimation of the potential for small power plants in Norway, report no. 19, Norwegian water resources and energy directorate, Oslo, Norway, 2004.
- [42] Jovanović M., Afgan N., Radovanović P., Stevanović V., Sustainable development of the Belgrade energy system, *Energy* 34, pp 532 – 539, 2009.
- [43] Jovanović B., Parović M., Condition and development of small hydro power plants in Serbia, 2009.
- [44] Jovanović B., Parović M.: State and development of small hydropower plants in Serbia, Belgrade: Jefferson Institute, 2009.
- [45] Jovanović B., Parović M., State and development of small hydropower plants in Serbia, Jefferson Institute, Belgrade, 2009 [in Serbian].
- [46] Kaldellis JK. The contribution of small hydro power stations to the electricity generation in Greece: technical and economic considerations. *Energy Policy*, Vol. 35, pp. 2187-2196, 2006.
- [47] Kan R., Small Hydro Power in India: Is it a sustainable business, *Applied Energy* 152, pp 207 – 216, 2015.
- [48] Kasamba C., Ndomba P.M., Kucel S.B., Uamusse M., Analysis of Flow Estimation Methods for Small Hydropower Schemes in Bua River, *Energy and Power Engineering* 7, pp 55 – 62, 2015.
- [49] Katastar malih hidroelektrana u Republici Srbiji, Energoprojekt – Hidroinženjering, Beograd, 1991.
- [50] Kengne-Signe E.B., Bogno B., Aillerie M., Hamandjoda O.: Performance in Feasibility Studies of Micro Hydro Power Plants. *New Software Development and Application Cases in Cameroon*, *Energy Procedia*, Vol. 157, pp. 1391-1403, 2019.
- [51] Kovačić B., Višekriterijumsko odlučivanje u prometu, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2004.
- [52] Kozar Arnela., Livnjak Edina., Potencijal i aspekti ekonomičnosti malih hidroelektrana u Bosni i Hercegovini, Infoteh, Jahorina, 2015.
- [53] Kozar A., Livnjak E., Male hidroelektrane u Bosni i Hercegovini – rizici implementacije i aspekti sigurnosti, Infoteh, Jahorina, 2015.
- [54] Kolaković S., Model upravljanja poplavama na ravničarskim rekama na primeru Dunava kroz Srbiju, Doktorska disertacija, Novi Sad, 2017.
- [55] Krejči M.: Project financed by the European Union (IPA): Increasing knowledge and information on Renewables, Small hydropower plants, 2013.
- [56] Kumar A., Sah B., Singh A., Deng Y., He X., Kumar P., Bansal R.C., A review of multi criteria decision making (MCDM) towards sustainable renewable energy development, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 69, pp 596 – 609, 2017.
- [57] Kusre B.C., Baruah D.C., Bordoloi P.K., Patra S.C.: Assessment of hydropower potential using GIS and hydrological modeling technique in Kopili River basin in Assam (India), *Applied Energy* 87, pp 298-309, 2010.
- [58] Lee H., Chang C., Comparative analysis of MCDM methods for ranking renewable energy sources in Taiwan, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 92, pp 883 – 896, 2018.
- [59] Livnjak E., Kozak A.: Male hidroelektrane u Bosni i Hercegovini – rizici implementacije i aspekti sigurnosti, Infoteh – Jahorina Vol. 14, pp.859-863, 2015.
- [60] Marinković G., Prilog razvoju metodologije optimizacije radova I tačnosti u projektima komasacije., FTN, Novi Sad., 2015.

- [61] Manual for Feasibility study on micro/small hydropower development, Department of Economic Affairs, Royal Government of Bhutan, Japan International Cooperation Agency, 2010.
- [62] Milovanović Z., Knežević D., Milašinović A., Dumonjić – Milovanović S., Optimizacija izbora koncepcije postrojenja male hidroelektrane na unaprijed utvrđenoj makrolokaciji metodom višekriterijalnog rangiranja – MHE Sućeska instalisane snage 2*1, 015 MW, Tehnički institut Bijeljina, 2011.
- [63] Milovanović Z., Milovanović – Dumonjić S., Algoritam postupka optimizacije izbora lokacije novih termoenergetskih postrojenja (TEP) i energetska efikasnost, Banja Luka, 2015.
- [64] Milojević M., Marković N., Radojević S., Mitrović Č., Ekskvizicija I tretman izmerenih parametara vodotokova u predprojektu mini hidroelektrana, Institut za istraživanja i projektovanja u privredi, Beograd, 2009.
- [65] Ministry of Mining., Energy of Republic of Serbia, Survey of SHPs in Serbia, Available from: <http://mhe.mre.gov.rs/>.
- [66] Mladineo N., Margeta J., Brans J.P., Marechal B.: Multicriteria ranking of alternative locations for small scale hydro plants, European Journal of Operational Research 31, pp 215-222, 1987.
- [67] Mishra S., Singal S.K., Khatod D.K., Optimal installation of small hydropower plant – A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews 15, pp 3862 – 3869, 2011.
- [68] Mitrović R., Uperedna analiza varijantnih rešenja hidroenergetskog iskorišćenja gornjeg dela reke Morače, Vodoprivreda, pp 79 – 86, 2009.
- [69] Monk R., Joyce S., Homenuke M., Hydropower assessment model: identify hydroelectric sites using geographic information systems, In: Proceedings of the small hydro conference, Vancouver, Canada, 2009.
- [70] Munir M.M., Shakir A.S., Khan N.M., Optimal Sizing of Low Head Hydropower Plant – A Case Study of Hydropower Project at Head of UCC (Lower) at Bambanwala, Pak. J. Engg. & Appl. Sci 16, pp 73 – 83, 2015.
- [71] Niadas I., Mentzelopoulos G., Probabilistic Flow Duration Curves for Small Hydro Plant Design and Performance Evaluation, Water Resour Manage 22, pp 509 – 523, 2008.
- [72] Nikolić M., Hidrološki aspekti određivanja instalisane snage malih hidroelektrana, IV Jugoslovensko savjetovanje 'Energetsko iskorišćavanje malih vodotoka i izgradnja malih hidroelektrana', Zbornik radova, Aranđelovac, pp 52-64, 1984.
- [73] Ninkov T., Bulatović V., Sušić Z., Vasić D.: Modern technologies of digital terrain modeling and orthophoto plans, Workshop in the realisation of the project: Sustainable development of a research center in Banat region and Danube flow area through scientific research and environmental simulation tools to assess and evaluate potential threats, Zrenjanin, R. Serbia, 9-10. Jun, 2014.
- [74] Nogueira Vilanova M.R., Perrella Balestieri J.A., Hydropower recovery in water supply systems: Models and case study, Energy Conversion and Management 84, pp 414 – 426, 2014.
- [75] Oldcorn R., Management, London 1996.
- [76] Panić M., et al.: Small hydropower plants in Serbia: Hydropower potential, current state and perspectives, Renewable and Sustainable Energy Reviews 23, pp 341 – 349, 2013.
- [77] Preliminarna hidrološka analiza oticaja rijeke Lještanice u profilu 1007 mnm i proračun bruto energetskog potencijala, zavod za hidrometeorologiju i seizmologiju, Crna Gora, 2015.
- [78] Procjena ekološki prihvatljivog protoka za rijeke Trebižat i Vrbanja, Projekat finansiran od strane Norveškog ministarstva spoljnjih poslova, 2009.

- [79] Prohaska S., Hidrologija – I deo, hidro – meteorologija, hidrometrija i vodni režim, Rudarsko – geološki fakultet Beograd, Beograd, 2003.
- [80] Prohaska S., Hidrologija kroz teoriju i praksu, Univerzitet u Beogradu, Beograd, 2002.
- [81] Protected natural resources of R. Serbia, <http://serbia.gdi.net/zzps/>
- [82] Ramos H., Guidelines for design of small hydropower plants, 2000.
- [83] Ribeiro F., Ferreira P., Araujo M., Evaluating future scenarios for the power generation sector using a Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) tool: The Portuguese case, Energy 52, pp 126 – 136, 2013.
- [84] Rojanamon P., Chaisomphob T., Bureekul T.: Application of geographical information system to site selection of small run-of-river hydropower project by considering engineering/economic/environmental criteria and social impact, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 13, pp. 2336-2348, 2009.
- [85] Roljic L., Landika M., Miklic Đ., Optimizacija, simulacija, metode, pretraživanja I teorija igara u ekonomiji i menadžmentu, Časopis za ekonomiju i tržišne komunikacije, pp. 123 – 141, 2013.
- [86] Ristić B: Hidroelektrane, JP Elektroprivreda Srbije, Beograd, 1997.
- [87] Sachin M., Singal S.K., Khatod D.K., Optimal installation of small hydropowerplant – A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews 15, pp 3862 – 3869, 2011.
- [88] Sachdev H.S., Akella A.K., Kumar N., Analysis and evaluation of small hydropower plants: A bibliographical survey, Renewable and Sustainable Energy Reviews 51, pp 1013 – 1022, 2015.
- [89] Singh V.K., Singal S.K., Operation of hydro power plants-a review, Renewable and Sustainable Energy Reviews 69, pp 610 – 619, 2017.
- [90] Simeunović M., Živanić J., Idejni projekat male hidroelektrane.
- [91] Shobayo D.I., Adejumbi I.A., Awokola O.S., Akinwale A.T., An assessment of the small hydro potential of Opeki River, southwestern Nigeria, Science Journal of Energy Engineering 2, pp 25 – 31, 2014.
- [92] Sen A., Suleymanoglu B., Soyacan M.: Unsupervised extraction of urban features from airborne lidar data by using self-organizing maps, Journal Survey Review, ISSN: 0039-6265 (Print) 1752-2706 (Online), 2018.
- [93] Setiawan D.: Potential Sites Screening for Mini Hydro Power Plant Development in Kapuas Hulu, West Kalimantan: a GIS approach, Energy Procedia, Vol. 65, pp. 76-82, 2015.
- [94] Serpoush B., Khanian M., Shamsai A.: Hydropower plant site spotting using geographic information system and a MATLAB based algorithm, Journal of Cleaner Production, Vol. 152, pp. 7-16, 2017.
- [95] Sekulć G., Đorđević B., Istraživanje neravnomernosti vodnih režima kao bitan preduslov za realizaciju malih hidroelektrana, na primeru Crne Gore, Vodoprivreda 46, pp 267 – 272, 2014.
- [96] Srđević B., Jandrić Z., Analitički hijerarhiski proces u strateškom gazdovanju šumama, studija rađena za J.P Srbijašume, Šumsko gazdinstvo, Novi Sad, 2000.
- [97] Stevović S., The importance and purpose of small hydropower plants and small accumulations, Vodoprivreda 37, pp 216 – 218, 2005. 2005.
- [98] Stevović S., Značaj i namena malih hidroelektrana i malih akumulacija, Vodoprivreda 37, pp 299 – 304, 2005.
- [99] Streimikiene D., Prioritizing sustainable electricity production technologies: MCDM approach, Renewable and Sustainable Energy Reviews 16, pp 3302 – 3311, 2012.
- [100] Supriyasilp T., Pongput K., Boonyasirikul T., Hydropower development priority using MCDM method, Energy Policy 37, pp 1866 – 1875, 2009.
- [101] Supriyasilp T., Pongput K., Boonyasirikul T., Hydropower development priority using MCDM method, Energy Policy 37, pp 1866 – 1875, 2009.

- [102] Tehnička i ekonomska analiza za hidroelektrane na rijeci Morači, 2009.
- [103] Tesic M., Kiss F., Zavargo Z., Renewable energy policy in the Republic of Serbia, Renewable and Sustainable Energy Reviews 15, pp 752 – 758, 2011.
- [104] Theocharis T., Efpraxia M., Mathioudakis V.: Sustainable siting procedure of small hydroelectric plants: The Greek experience, Energy policy, Vol. 35, pp. 2946-2959, 2007.
- [105] The Jaroslav Černi Institute, Development of Water Resources, Activities and Results, pp 70–1, 80–1, 2010 – 2011., [in Serbian].
- [106] Topalović T., Milišić V., Plavšić J., Hidrološko modeliranje sliva rijeke Vrbas za izradu vodno – energetske studije, 16. savetovanje SDHI i SDH, Donji Milanovac, pp 675 – 689, 2012.
- [107] Uredba o režimima zaštite ("Sl. glasnik RS", br. 31/2012) (http://www.zzps.rs/novo/kontent/stranicy/zastita_prirode_o_zasticenim_podrucjima/uredba_rezimi_zastite.pdf).
- [108] Vujošević I., Eksploatacija i planiranje elektroenergetskih sistema, Podgorica, 2005.
- [109] Zaidi A., Khan M., Identifying high potential locations for run-of-the-river hydroelectric power plants using GIS and digital elevation models, Renewable and Sustainable Energy Reviews 89, pp 106 – 116, 2018.
- [110] Zelenakova M., Fijako R., Diaconu D.C., Remenakova I., Environmental Impact of Small Hydro Power Plant—A Case Study, Environments 5, 2018.
- [111] Zema D.A., Nicotra A., Tamburino V., Zimbone S.M., A simple method to evaluate the technical and economic feasibility of micro hydro power plants in existing irrigation systems, Renewable Energy 85, pp 498 – 506, 2016.
- [112] Žugaj R., Velike vode malih slivova, Zagreb, 2010.
- [113] Žugaj R., Utvrđivanje krivulje trajanja protoka za vodene tokove za koje nema hidroloških podloga, Zbornik radova, Jugoslovenski simpozijum o inženjerskoj hidrologiji, Split, 1983.
- [114] Yi CS., Lee JH., Shim MP.: Site location analysis for small hydropower using geo-spatial information system, Renewable Energy 35, pp 852–861, 2010.
- [115] Yousuf I., Ghumman A.R., Hashmi H.N., Optimally Sizing Small Hydropower Project Under Future Projected Flows, KSCE Journal of Civil Engineering, pp 1 – 15.
- [116] Working Group., Consideration of hydropower potential of Pirot municipality, Hydropower potential – small hydropower plants (SHPs) to 10 MW, Pirot, 2006 [in Serbian]. Available from: (http://www.pirot.rs/downloads/strategije/mhe_pirot.pdf).
- [117] Waisurasingha C., Chindaprasirt P., Sri - Amporn W., Chuangcham S., The Utilization of Geographic Information Systems and Multi-Criteria Decision Making with Local Community Participation for Selection of Site for Micro Hydropower Project: A Case Study of Chi River Basin, Thailand, Asian Conference on Remote Sensing, 2012.
- [118] Wang J.J., Jing Y.Y., Zhang C.F., Zhao J.H., Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making, Renewable and Sustainable Energy Reviews 13, pp 2263 – 2278, 2009.

9 ПРИЛОЗИ

9.1 Звоначка река

9.1.1 Рангирање по годишњој производњи електричне енергије

| Rank | Kombinacije | | PT [kW] | AEP [GWh/a] |
|------|-------------|----|---------|-------------|
| 1 | 17 | 42 | 771,362 | 2,279 |
| 2 | 16 | 41 | 760,176 | 2,246 |
| 3 | 17 | 41 | 750,863 | 2,219 |
| 4 | 14 | 39 | 729,768 | 2,156 |
| 5 | 14 | 38 | 722,246 | 2,134 |
| 6 | 18 | 42 | 719,202 | 2,125 |
| 7 | 15 | 40 | 713,899 | 2,110 |
| 8 | 15 | 39 | 701,410 | 2,073 |
| 9 | 16 | 40 | 701,008 | 2,072 |
| 10 | 18 | 41 | 697,761 | 2,062 |
| 11 | 15 | 38 | 693,028 | 2,048 |
| 12 | 17 | 40 | 691,824 | 2,044 |
| 13 | 16 | 39 | 688,382 | 2,034 |
| 14 | 19 | 42 | 683,434 | 2,020 |
| 15 | 16 | 38 | 679,606 | 2,008 |
| 16 | 17 | 39 | 679,101 | 2,007 |
| 17 | 17 | 38 | 670,043 | 1,980 |
| 18 | 19 | 41 | 661,348 | 1,954 |
| 19 | 14 | 37 | 639,604 | 1,890 |
| 20 | 18 | 40 | 639,457 | 1,890 |
| 21 | 18 | 39 | 626,177 | 1,850 |
| 22 | 20 | 42 | 616,847 | 1,823 |
| 23 | 21 | 42 | 616,112 | 1,821 |
| 24 | 18 | 38 | 615,516 | 1,819 |
| 25 | 15 | 37 | 610,010 | 1,803 |
| 26 | 22 | 42 | 603,792 | 1,784 |
| 27 | 19 | 40 | 603,547 | 1,784 |
| 28 | 16 | 37 | 596,415 | 1,762 |
| 29 | 20 | 41 | 593,559 | 1,754 |
| 30 | 21 | 41 | 592,811 | 1,752 |
| 31 | 19 | 39 | 589,887 | 1,743 |
| 32 | 17 | 37 | 586,729 | 1,734 |
| 33 | 22 | 41 | 580,269 | 1,715 |
| 34 | 19 | 38 | 578,125 | 1,708 |
| 35 | 34 | 54 | 569,538 | 1,683 |
| 36 | 23 | 42 | 568,321 | 1,679 |
| 37 | 35 | 54 | 549,587 | 1,624 |
| 38 | 33 | 53 | 548,942 | 1,622 |
| 39 | 34 | 53 | 546,736 | 1,616 |
| 40 | 23 | 41 | 544,157 | 1,608 |
| 41 | 14 | 36 | 542,120 | 1,602 |
| 42 | 32 | 52 | 541,591 | 1,600 |
| 43 | 20 | 40 | 536,696 | 1,586 |

| Rank | Kombinacije | | PT [kW] | AEP [GWh/a] |
|------|-------------|----|---------|-------------|
| 44 | 21 | 40 | 535,958 | 1,584 |
| 45 | 18 | 37 | 531,500 | 1,571 |
| 46 | 35 | 53 | 527,384 | 1,558 |
| 47 | 22 | 40 | 523,589 | 1,547 |
| 48 | 21 | 46 | 522,525 | 1,544 |
| 49 | 20 | 39 | 522,326 | 1,543 |
| 50 | 21 | 39 | 521,580 | 1,541 |
| 51 | 18 | 43 | 520,030 | 1,537 |
| 52 | 30 | 42 | 518,825 | 1,533 |
| 53 | 35 | 55 | 518,275 | 1,532 |
| 54 | 33 | 52 | 514,145 | 1,519 |
| 55 | 22 | 46 | 513,692 | 1,518 |
| 56 | 19 | 44 | 513,330 | 1,517 |
| 57 | 15 | 36 | 512,691 | 1,515 |
| 58 | 36 | 54 | 512,649 | 1,515 |
| 59 | 34 | 52 | 511,912 | 1,513 |
| 60 | 22 | 39 | 509,080 | 1,504 |
| 61 | 20 | 38 | 508,516 | 1,503 |
| 62 | 21 | 38 | 507,748 | 1,500 |
| 63 | 16 | 36 | 499,171 | 1,475 |
| 64 | 19 | 43 | 495,544 | 1,464 |
| 65 | 22 | 38 | 494,869 | 1,462 |
| 66 | 30 | 41 | 493,768 | 1,459 |
| 67 | 19 | 37 | 493,629 | 1,459 |
| 68 | 35 | 52 | 492,328 | 1,455 |
| 69 | 36 | 53 | 491,558 | 1,453 |
| 70 | 17 | 36 | 489,539 | 1,447 |
| 71 | 31 | 51 | 488,311 | 1,443 |
| 72 | 23 | 46 | 488,259 | 1,443 |
| 73 | 23 | 40 | 487,977 | 1,442 |
| 74 | 36 | 55 | 484,772 | 1,433 |
| 75 | 36 | 56 | 483,441 | 1,429 |
| 76 | 32 | 51 | 482,025 | 1,424 |
| 77 | 37 | 57 | 480,582 | 1,420 |
| 78 | 20 | 45 | 473,161 | 1,398 |
| 79 | 23 | 39 | 473,090 | 1,398 |
| 80 | 21 | 45 | 472,656 | 1,397 |
| 81 | 30 | 50 | 471,752 | 1,394 |
| 82 | 31 | 42 | 469,974 | 1,389 |
| 83 | 23 | 38 | 467,633 | 1,382 |
| 84 | 20 | 44 | 467,438 | 1,381 |
| 85 | 21 | 44 | 466,932 | 1,380 |
| 86 | 22 | 45 | 464,188 | 1,372 |
| 87 | 14 | 35 | 463,563 | 1,370 |
| 88 | 37 | 54 | 461,623 | 1,364 |
| 89 | 14 | 34 | 459,078 | 1,357 |

| Rank | Kombinacije | | PT [kW] | AEP [GWh/a] |
|------|-------------|-----------|---------|-------------|
| 90 | 32 | 42 | 458,748 | 1,356 |
| 91 | 22 | 44 | 458,441 | 1,355 |
| 92 | 36 | 52 | 456,072 | 1,348 |
| 93 | 33 | 51 | 454,654 | 1,344 |
| 94 | 31 | 41 | 453,584 | 1,340 |
| 95 | 30 | 46 | 452,771 | 1,338 |
| 96 | 34 | 51 | 452,427 | 1,337 |
| 97 | 14 | 33 | 450,468 | 1,331 |
| 98 | 20 | 43 | 449,960 | 1,330 |
| 99 | 21 | 43 | 449,457 | 1,328 |
| 100 | 30 | 40 | 447,710 | 1,323 |

9.1.2 Рангирање по инвестиционој цени (Република Србија)

| Rank | Kombinacije | | Cost [€/kW] |
|------|-------------|----|-------------|
| 1 | 17 | 42 | 3464,319 |
| 2 | 16 | 41 | 3469,912 |
| 3 | 17 | 41 | 3474,568 |
| 4 | 14 | 39 | 3485,116 |
| 5 | 14 | 38 | 3488,877 |
| 6 | 18 | 42 | 3490,399 |
| 7 | 15 | 40 | 3493,051 |
| 8 | 15 | 39 | 3499,295 |
| 9 | 16 | 40 | 3499,496 |
| 10 | 18 | 41 | 3501,119 |
| 11 | 15 | 38 | 3503,486 |
| 12 | 17 | 40 | 3504,088 |
| 13 | 16 | 39 | 3505,809 |
| 14 | 19 | 42 | 3508,283 |
| 15 | 16 | 38 | 3510,197 |
| 16 | 17 | 39 | 3510,450 |
| 17 | 17 | 38 | 3514,978 |
| 18 | 19 | 41 | 3519,326 |
| 19 | 14 | 37 | 3530,198 |
| 20 | 18 | 40 | 3530,272 |
| 21 | 18 | 39 | 3536,911 |
| 22 | 20 | 42 | 3541,577 |
| 23 | 21 | 42 | 3541,944 |
| 24 | 18 | 38 | 3542,242 |
| 25 | 15 | 37 | 3544,995 |
| 26 | 22 | 42 | 3548,104 |
| 27 | 19 | 40 | 3548,226 |
| 28 | 16 | 37 | 3551,792 |
| 29 | 20 | 41 | 3553,220 |
| 30 | 21 | 41 | 3553,595 |
| 31 | 19 | 39 | 3555,057 |
| 32 | 17 | 37 | 3556,635 |
| 33 | 22 | 41 | 3559,866 |
| 34 | 19 | 38 | 3560,938 |
| 35 | 34 | 54 | 3565,231 |
| 36 | 23 | 42 | 3565,840 |
| 37 | 35 | 54 | 3575,207 |
| 38 | 33 | 53 | 3575,529 |
| 39 | 34 | 53 | 3576,632 |
| 40 | 23 | 41 | 3577,921 |
| 41 | 14 | 36 | 3578,940 |
| 42 | 32 | 52 | 3579,205 |
| 43 | 20 | 40 | 3581,652 |
| 44 | 21 | 40 | 3582,021 |
| 45 | 18 | 37 | 3584,250 |

| Rank | Kombinacije | | Cost [€/kW] |
|------|-------------|----|-------------|
| 46 | 35 | 53 | 3586,308 |
| 47 | 22 | 40 | 3588,205 |
| 48 | 21 | 46 | 3588,737 |
| 49 | 20 | 39 | 3588,837 |
| 50 | 21 | 39 | 3589,210 |
| 51 | 18 | 43 | 3589,985 |
| 52 | 30 | 42 | 3590,587 |
| 53 | 35 | 55 | 3590,862 |
| 54 | 33 | 52 | 3592,928 |
| 55 | 22 | 46 | 3593,154 |
| 56 | 19 | 44 | 3593,335 |
| 57 | 15 | 36 | 3593,655 |
| 58 | 36 | 54 | 3593,675 |
| 59 | 34 | 52 | 3594,044 |
| 60 | 22 | 39 | 3595,460 |
| 61 | 20 | 38 | 3595,742 |
| 62 | 21 | 38 | 3596,126 |
| 63 | 16 | 36 | 3601,933 |
| 64 | 19 | 43 | 3610,397 |
| 65 | 22 | 38 | 3611,973 |
| 66 | 30 | 41 | 3614,541 |
| 67 | 19 | 37 | 3614,867 |
| 68 | 35 | 52 | 3617,901 |
| 69 | 36 | 53 | 3619,698 |
| 70 | 17 | 36 | 3624,408 |
| 71 | 31 | 51 | 3627,274 |
| 72 | 23 | 46 | 3627,396 |
| 73 | 23 | 40 | 3628,053 |
| 74 | 36 | 55 | 3635,531 |
| 75 | 36 | 56 | 3638,638 |
| 76 | 32 | 51 | 3641,941 |
| 77 | 37 | 57 | 3645,309 |
| 78 | 20 | 45 | 3662,625 |
| 79 | 23 | 39 | 3662,791 |
| 80 | 21 | 45 | 3663,803 |
| 81 | 30 | 50 | 3665,913 |
| 82 | 31 | 42 | 3670,061 |
| 83 | 20 | 44 | 3675,977 |
| 84 | 21 | 44 | 3677,160 |
| 85 | 22 | 45 | 3683,561 |
| 86 | 14 | 35 | 3685,020 |
| 87 | 37 | 54 | 3689,546 |
| 88 | 32 | 42 | 3696,256 |
| 89 | 22 | 44 | 3696,971 |
| 90 | 36 | 52 | 3702,499 |
| 91 | 33 | 51 | 3705,808 |
| 92 | 30 | 46 | 3710,202 |

| Rank | Kombinacije | | Cost [€/kW] |
|-------------|--------------------|-----------|--------------------|
| 93 | 34 | 51 | 3711,004 |
| 94 | 20 | 43 | 3716,760 |
| 95 | 21 | 43 | 3717,934 |
| 96 | 23 | 49 | 3722,874 |
| 97 | 31 | 50 | 3730,169 |
| 98 | 37 | 53 | 3735,177 |
| 99 | 22 | 43 | 3737,613 |
| 100 | 22 | 47 | 3738,500 |

9.1.3 Рангирање по инсталисаном протоку

| Rank | Kombinacije | | Q_T [m ³ /s] |
|------|-------------|----|-------------------------|
| 1 | 14 | 23 | 1,061 |
| 2 | 15 | 23 | 1,061 |
| 3 | 16 | 23 | 1,061 |
| 4 | 17 | 23 | 1,061 |
| 5 | 18 | 23 | 1,061 |
| 6 | 19 | 23 | 1,061 |
| 7 | 14 | 22 | 1,060 |
| 8 | 15 | 22 | 1,060 |
| 9 | 16 | 22 | 1,060 |
| 10 | 17 | 22 | 1,060 |
| 11 | 18 | 22 | 1,060 |
| 12 | 19 | 22 | 1,060 |
| 13 | 14 | 20 | 1,053 |
| 14 | 15 | 20 | 1,053 |
| 15 | 16 | 20 | 1,053 |
| 16 | 17 | 20 | 1,053 |
| 17 | 18 | 20 | 1,053 |
| 18 | 19 | 20 | 1,053 |
| 19 | 14 | 21 | 1,045 |
| 20 | 15 | 21 | 1,045 |
| 21 | 16 | 21 | 1,045 |
| 22 | 17 | 21 | 1,045 |
| 23 | 18 | 21 | 1,045 |
| 24 | 19 | 21 | 1,045 |
| 25 | 14 | 19 | 1,031 |
| 26 | 15 | 19 | 1,031 |
| 27 | 16 | 19 | 1,031 |
| 28 | 17 | 19 | 1,031 |
| 29 | 14 | 18 | 1,023 |
| 30 | 15 | 18 | 1,023 |
| 31 | 16 | 18 | 1,023 |
| 32 | 14 | 34 | 0,682 |
| 33 | 15 | 34 | 0,682 |
| 34 | 16 | 34 | 0,682 |
| 35 | 17 | 34 | 0,682 |
| 36 | 18 | 34 | 0,682 |
| 37 | 19 | 34 | 0,682 |
| 38 | 20 | 34 | 0,682 |
| 39 | 21 | 34 | 0,682 |
| 40 | 22 | 34 | 0,682 |
| 41 | 23 | 34 | 0,682 |
| 42 | 30 | 34 | 0,682 |
| 43 | 14 | 32 | 0,677 |
| 44 | 15 | 32 | 0,677 |
| 45 | 16 | 32 | 0,677 |

| Rank | Kombinacije | | Q_T [m ³ /s] |
|------|-------------|----|-------------------------|
| 46 | 17 | 32 | 0,677 |
| 47 | 18 | 32 | 0,677 |
| 48 | 19 | 32 | 0,677 |
| 49 | 20 | 32 | 0,677 |
| 50 | 21 | 32 | 0,677 |
| 51 | 22 | 32 | 0,677 |
| 52 | 23 | 32 | 0,677 |
| 53 | 14 | 33 | 0,675 |
| 54 | 15 | 33 | 0,675 |
| 55 | 16 | 33 | 0,675 |
| 56 | 17 | 33 | 0,675 |
| 57 | 18 | 33 | 0,675 |
| 58 | 19 | 33 | 0,675 |
| 59 | 20 | 33 | 0,675 |
| 60 | 21 | 33 | 0,675 |
| 61 | 22 | 33 | 0,675 |
| 62 | 23 | 33 | 0,675 |
| 63 | 30 | 33 | 0,675 |
| 64 | 14 | 37 | 0,667 |
| 65 | 15 | 37 | 0,667 |
| 66 | 16 | 37 | 0,667 |
| 67 | 17 | 37 | 0,667 |
| 68 | 18 | 37 | 0,667 |
| 69 | 19 | 37 | 0,667 |
| 70 | 20 | 37 | 0,667 |
| 71 | 21 | 37 | 0,667 |
| 72 | 22 | 37 | 0,667 |
| 73 | 23 | 37 | 0,667 |
| 74 | 30 | 37 | 0,667 |
| 75 | 31 | 37 | 0,667 |
| 76 | 32 | 37 | 0,667 |
| 77 | 33 | 37 | 0,667 |
| 78 | 34 | 37 | 0,667 |
| 79 | 35 | 37 | 0,667 |
| 80 | 14 | 30 | 0,665 |
| 81 | 15 | 30 | 0,665 |
| 82 | 16 | 30 | 0,665 |
| 83 | 17 | 30 | 0,665 |
| 84 | 18 | 30 | 0,665 |
| 85 | 19 | 30 | 0,665 |
| 86 | 20 | 30 | 0,665 |
| 87 | 21 | 30 | 0,665 |
| 88 | 14 | 36 | 0,663 |
| 89 | 15 | 36 | 0,663 |
| 90 | 16 | 36 | 0,663 |
| 91 | 17 | 36 | 0,663 |
| 92 | 18 | 36 | 0,663 |

| Rank | Kombinacije | | Q_T [m³/s] |
|-------------|--------------------|-----------|------------------------------|
| 93 | 19 | 36 | 0,663 |
| 94 | 20 | 36 | 0,663 |
| 95 | 21 | 36 | 0,663 |
| 96 | 22 | 36 | 0,663 |
| 97 | 23 | 36 | 0,663 |
| 98 | 30 | 36 | 0,663 |
| 99 | 31 | 36 | 0,663 |
| 100 | 32 | 36 | 0,663 |

9.1.4 Рангирање по инвестиционој цени (ЕУ)

| Rank | Kombinacije | | Cost [€/kW] (Investment cost Carapellucci) |
|------|-------------|----|--|
| 1 | 17 | 42 | 4002,506 |
| 2 | 16 | 41 | 4014,216 |
| 3 | 17 | 41 | 4024,125 |
| 4 | 14 | 39 | 4047,125 |
| 5 | 14 | 38 | 4055,520 |
| 6 | 18 | 42 | 4058,948 |
| 7 | 15 | 40 | 4064,960 |
| 8 | 15 | 39 | 4079,334 |
| 9 | 16 | 40 | 4079,801 |
| 10 | 18 | 41 | 4083,591 |
| 11 | 15 | 38 | 4089,154 |
| 12 | 17 | 40 | 4090,575 |
| 13 | 16 | 39 | 4094,658 |
| 14 | 19 | 42 | 4100,571 |
| 15 | 16 | 38 | 4105,180 |
| 16 | 17 | 39 | 4105,790 |
| 17 | 17 | 38 | 4116,831 |
| 18 | 19 | 41 | 4127,600 |
| 19 | 14 | 37 | 4155,290 |
| 20 | 18 | 40 | 4155,481 |
| 21 | 18 | 39 | 4172,959 |
| 22 | 20 | 42 | 4185,507 |
| 23 | 21 | 42 | 4186,506 |
| 24 | 18 | 38 | 4187,316 |
| 25 | 15 | 37 | 4194,848 |
| 26 | 22 | 42 | 4203,452 |
| 27 | 19 | 40 | 4203,793 |
| 28 | 16 | 37 | 4213,799 |
| 29 | 20 | 41 | 4217,847 |
| 30 | 21 | 41 | 4218,911 |
| 31 | 19 | 39 | 4223,086 |
| 32 | 22 | 41 | 4236,993 |
| 33 | 34 | 54 | 4252,840 |
| 34 | 23 | 42 | 4254,660 |
| 35 | 35 | 54 | 4283,279 |
| 36 | 33 | 53 | 4284,284 |
| 37 | 34 | 53 | 4287,737 |
| 38 | 32 | 52 | 4295,852 |
| 39 | 35 | 53 | 4318,751 |
| 40 | 21 | 46 | 4326,754 |
| 41 | 18 | 43 | 4330,898 |
| 42 | 35 | 55 | 4333,827 |
| 43 | 33 | 52 | 4340,767 |
| 44 | 22 | 46 | 4341,532 |

| Rank | Kombinacije | | Cost [€/kW] (Investment cost Carapellucci) |
|------|-------------|----|--|
| 45 | 19 | 44 | 4342,144 |
| 46 | 36 | 54 | 4343,297 |
| 47 | 34 | 52 | 4344,547 |
| 48 | 19 | 43 | 4372,876 |
| 49 | 35 | 52 | 4378,573 |
| 50 | 36 | 53 | 4379,945 |
| 51 | 31 | 51 | 4385,754 |
| 52 | 23 | 46 | 4385,848 |
| 53 | 36 | 55 | 4392,138 |
| 54 | 36 | 56 | 4394,555 |
| 55 | 32 | 51 | 4397,133 |
| 56 | 37 | 57 | 4399,771 |
| 57 | 20 | 45 | 4413,487 |
| 58 | 21 | 45 | 4414,430 |
| 59 | 30 | 50 | 4416,120 |
| 60 | 20 | 44 | 4424,241 |
| 61 | 21 | 44 | 4425,200 |
| 62 | 22 | 45 | 4430,419 |
| 63 | 37 | 54 | 4435,331 |
| 64 | 22 | 44 | 4441,472 |
| 65 | 36 | 52 | 4446,077 |
| 66 | 33 | 51 | 4448,847 |
| 67 | 30 | 46 | 4452,541 |
| 68 | 34 | 51 | 4453,218 |
| 69 | 20 | 43 | 4458,090 |
| 70 | 21 | 43 | 4459,087 |
| 71 | 23 | 49 | 4463,300 |
| 72 | 31 | 50 | 4469,565 |
| 73 | 37 | 53 | 4473,897 |
| 74 | 22 | 43 | 4476,013 |
| 75 | 22 | 47 | 4476,786 |
| 76 | 23 | 45 | 4478,483 |
| 77 | 37 | 55 | 4481,169 |
| 78 | 37 | 56 | 4482,251 |
| 79 | 32 | 50 | 4482,410 |
| 80 | 23 | 48 | 4486,394 |
| 81 | 38 | 57 | 4488,943 |
| 82 | 23 | 44 | 4490,419 |
| 83 | 35 | 51 | 4492,694 |
| 84 | 23 | 47 | 4519,152 |
| 85 | 39 | 57 | 4520,538 |
| 86 | 30 | 49 | 4521,195 |
| 87 | 31 | 46 | 4524,822 |
| 88 | 23 | 43 | 4527,000 |
| 89 | 38 | 54 | 4537,464 |
| 90 | 33 | 50 | 4541,059 |

| Rank | Kombinacije | | Cost [€/kW] (Investment cost Carapellucci) |
|-------------|--------------------|-----------|---|
| 91 | 32 | 46 | 4542,464 |
| 92 | 40 | 57 | 4543,389 |
| 93 | 30 | 48 | 4545,788 |
| 94 | 34 | 50 | 4546,037 |
| 95 | 37 | 52 | 4550,732 |
| 96 | 30 | 45 | 4551,176 |
| 97 | 43 | 63 | 4554,440 |
| 98 | 30 | 44 | 4564,543 |
| 99 | 36 | 51 | 4571,754 |
| 100 | 44 | 63 | 4573,837 |

9.1.5 Рангирање по цени одржавања и експлоатације (ЕУ)

| Rank | Kombinacije | | PT [kW] | Cost [c€/kWh] (COE Carapellucci) |
|------|-------------|----|---------|----------------------------------|
| 1 | 17 | 42 | 771,362 | 11,531 |
| 2 | 16 | 41 | 760,176 | 11,745 |
| 3 | 17 | 41 | 750,863 | 11,929 |
| 4 | 14 | 39 | 729,768 | 12,365 |
| 5 | 14 | 38 | 722,246 | 12,528 |
| 6 | 18 | 42 | 719,202 | 12,595 |
| 7 | 15 | 40 | 713,899 | 12,713 |
| 8 | 15 | 39 | 701,410 | 12,999 |
| 9 | 16 | 40 | 701,008 | 13,008 |
| 10 | 18 | 41 | 697,761 | 13,084 |
| 11 | 15 | 38 | 693,028 | 13,197 |
| 12 | 17 | 40 | 691,824 | 13,226 |
| 13 | 16 | 39 | 688,382 | 13,310 |
| 14 | 19 | 42 | 683,434 | 13,431 |
| 15 | 16 | 38 | 679,606 | 13,527 |
| 16 | 17 | 39 | 679,101 | 13,539 |
| 17 | 17 | 38 | 670,043 | 13,771 |
| 18 | 19 | 41 | 661,348 | 13,999 |
| 19 | 14 | 37 | 639,604 | 14,602 |
| 20 | 18 | 40 | 639,457 | 14,607 |
| 21 | 18 | 39 | 626,177 | 14,999 |
| 22 | 20 | 42 | 616,847 | 15,286 |
| 23 | 21 | 42 | 616,112 | 15,309 |
| 24 | 18 | 38 | 615,516 | 15,327 |
| 25 | 15 | 37 | 610,010 | 15,502 |
| 26 | 22 | 42 | 603,792 | 15,704 |
| 27 | 19 | 40 | 603,547 | 15,712 |
| 28 | 16 | 37 | 596,415 | 15,950 |
| 29 | 20 | 41 | 593,559 | 16,047 |
| 30 | 21 | 41 | 592,811 | 16,072 |
| 31 | 19 | 39 | 589,887 | 16,173 |
| 32 | 22 | 41 | 580,269 | 16,512 |
| 33 | 34 | 54 | 569,538 | 16,906 |
| 34 | 23 | 42 | 568,321 | 16,952 |
| 35 | 35 | 54 | 549,587 | 17,685 |
| 36 | 33 | 53 | 548,942 | 17,711 |
| 37 | 34 | 53 | 546,736 | 17,802 |
| 38 | 32 | 52 | 541,591 | 18,016 |
| 39 | 35 | 53 | 527,384 | 18,631 |
| 40 | 17 | 37 | 586,729 | 18,716 |
| 41 | 21 | 46 | 522,525 | 18,850 |
| 42 | 18 | 43 | 520,030 | 18,965 |
| 43 | 35 | 55 | 518,275 | 19,046 |
| 44 | 19 | 38 | 578,125 | 19,078 |

| Rank | Kombinacije | | PT [kW] | Cost [c€/kWh] (COE Carapellucci) |
|------|-------------|----|---------|----------------------------------|
| 45 | 33 | 52 | 514,145 | 19,240 |
| 46 | 22 | 46 | 513,692 | 19,261 |
| 47 | 19 | 44 | 513,330 | 19,278 |
| 48 | 36 | 54 | 512,649 | 19,311 |
| 49 | 34 | 52 | 511,912 | 19,346 |
| 50 | 19 | 43 | 495,544 | 20,157 |
| 51 | 35 | 52 | 492,328 | 20,324 |
| 52 | 36 | 53 | 491,558 | 20,364 |
| 53 | 31 | 51 | 488,311 | 20,536 |
| 54 | 23 | 46 | 488,259 | 20,539 |
| 55 | 23 | 41 | 544,157 | 20,637 |
| 56 | 36 | 55 | 484,772 | 20,726 |
| 57 | 14 | 36 | 542,120 | 20,738 |
| 58 | 36 | 56 | 483,441 | 20,798 |
| 59 | 32 | 51 | 482,025 | 20,875 |
| 60 | 37 | 57 | 480,582 | 20,955 |
| 61 | 20 | 40 | 536,696 | 21,010 |
| 62 | 21 | 40 | 535,958 | 21,048 |
| 63 | 18 | 37 | 531,500 | 21,277 |
| 64 | 20 | 45 | 473,161 | 21,371 |
| 65 | 21 | 45 | 472,656 | 21,400 |
| 66 | 30 | 50 | 471,752 | 21,452 |
| 67 | 22 | 40 | 523,589 | 21,695 |
| 68 | 20 | 44 | 467,438 | 21,703 |
| 69 | 21 | 44 | 466,932 | 21,733 |
| 70 | 20 | 39 | 522,326 | 21,763 |
| 71 | 21 | 39 | 521,580 | 21,804 |
| 72 | 22 | 45 | 464,188 | 21,895 |
| 73 | 30 | 42 | 518,825 | 21,954 |
| 74 | 37 | 54 | 461,623 | 22,050 |
| 75 | 22 | 44 | 458,441 | 22,243 |
| 76 | 15 | 36 | 512,691 | 22,296 |
| 77 | 36 | 52 | 456,072 | 22,390 |
| 78 | 33 | 51 | 454,654 | 22,478 |
| 79 | 22 | 39 | 509,080 | 22,501 |
| 80 | 20 | 38 | 508,516 | 22,534 |
| 81 | 21 | 38 | 507,748 | 22,578 |
| 82 | 30 | 46 | 452,771 | 22,597 |
| 83 | 34 | 51 | 452,427 | 22,618 |
| 84 | 20 | 43 | 449,960 | 22,775 |
| 85 | 21 | 43 | 449,457 | 22,808 |
| 86 | 23 | 49 | 447,340 | 22,944 |
| 87 | 16 | 36 | 499,171 | 23,083 |
| 88 | 31 | 50 | 444,213 | 23,149 |
| 89 | 37 | 53 | 442,067 | 23,292 |
| 90 | 22 | 38 | 494,869 | 23,344 |

| Rank | Kombinacije | | PT [kW] | Cost [c€/kWh] (COE Carapellucci) |
|------|-------------|-----------|---------|----------------------------------|
| 91 | 22 | 43 | 441,023 | 23,361 |
| 92 | 22 | 47 | 440,643 | 23,387 |
| 93 | 30 | 41 | 493,768 | 23,411 |
| 94 | 19 | 37 | 493,629 | 23,420 |
| 95 | 23 | 45 | 439,808 | 23,443 |
| 96 | 37 | 55 | 438,492 | 23,532 |
| 97 | 37 | 56 | 437,963 | 23,568 |
| 98 | 32 | 50 | 437,885 | 23,574 |
| 99 | 17 | 36 | 489,539 | 23,674 |
| 100 | 23 | 48 | 435,944 | 23,707 |

9.1.6 Рангирање по односу АЕР и дужине цевовода

| Rank | Kombinacije | | AEP/Lp [GWh/a/km] |
|------|-------------|----|-------------------|
| 1 | 19 | 20 | 1,679 |
| 2 | 36 | 38 | 1,389 |
| 3 | 17 | 20 | 1,299 |
| 4 | 18 | 20 | 1,291 |
| 5 | 35 | 38 | 1,265 |
| 6 | 35 | 37 | 1,229 |
| 7 | 34 | 38 | 1,087 |
| 8 | 17 | 19 | 1,086 |
| 9 | 36 | 39 | 1,043 |
| 10 | 16 | 20 | 1,032 |
| 11 | 35 | 39 | 1,030 |
| 12 | 34 | 37 | 1,005 |
| 13 | 17 | 21 | 0,972 |
| 14 | 34 | 39 | 0,931 |
| 15 | 15 | 20 | 0,890 |
| 16 | 37 | 39 | 0,882 |
| 17 | 33 | 38 | 0,882 |
| 18 | 35 | 40 | 0,875 |
| 19 | 35 | 41 | 0,864 |
| 20 | 32 | 38 | 0,863 |
| 21 | 18 | 21 | 0,860 |
| 22 | 14 | 20 | 0,859 |
| 23 | 17 | 22 | 0,851 |
| 24 | 36 | 40 | 0,849 |
| 25 | 19 | 21 | 0,843 |
| 26 | 36 | 41 | 0,838 |
| 27 | 16 | 21 | 0,823 |
| 28 | 17 | 23 | 0,823 |
| 29 | 34 | 40 | 0,817 |
| 30 | 34 | 41 | 0,817 |
| 31 | 35 | 42 | 0,800 |
| 32 | 16 | 19 | 0,799 |
| 33 | 50 | 52 | 0,796 |
| 34 | 31 | 38 | 0,795 |
| 35 | 49 | 52 | 0,794 |
| 36 | 30 | 38 | 0,791 |
| 37 | 23 | 38 | 0,790 |
| 38 | 34 | 36 | 0,790 |
| 39 | 33 | 39 | 0,786 |
| 40 | 23 | 31 | 0,781 |
| 41 | 32 | 39 | 0,780 |
| 42 | 32 | 37 | 0,772 |
| 43 | 36 | 42 | 0,771 |
| 44 | 33 | 37 | 0,770 |
| 45 | 34 | 42 | 0,766 |

| Rank | Kombinacije | | AEP/Lp [GWh/a/km] |
|------|-------------|----|-------------------|
| 46 | 16 | 18 | 0,751 |
| 47 | 49 | 51 | 0,749 |
| 48 | 16 | 22 | 0,748 |
| 49 | 51 | 53 | 0,743 |
| 50 | 49 | 53 | 0,743 |
| 51 | 16 | 23 | 0,742 |
| 52 | 15 | 21 | 0,739 |
| 53 | 14 | 21 | 0,734 |
| 54 | 18 | 22 | 0,733 |
| 55 | 22 | 38 | 0,730 |
| 56 | 30 | 39 | 0,730 |
| 57 | 50 | 53 | 0,730 |
| 58 | 31 | 39 | 0,728 |
| 59 | 18 | 23 | 0,728 |
| 60 | 32 | 41 | 0,725 |
| 61 | 23 | 37 | 0,725 |
| 62 | 33 | 41 | 0,722 |
| 63 | 23 | 39 | 0,717 |
| 64 | 30 | 37 | 0,715 |
| 65 | 32 | 40 | 0,713 |
| 66 | 33 | 40 | 0,709 |
| 67 | 37 | 41 | 0,705 |
| 68 | 31 | 37 | 0,703 |
| 69 | 14 | 23 | 0,693 |
| 70 | 15 | 23 | 0,691 |
| 71 | 14 | 22 | 0,691 |
| 72 | 15 | 22 | 0,688 |
| 73 | 31 | 41 | 0,688 |
| 74 | 33 | 42 | 0,687 |
| 75 | 22 | 37 | 0,685 |
| 76 | 19 | 23 | 0,685 |
| 77 | 23 | 33 | 0,685 |
| 78 | 23 | 41 | 0,685 |
| 79 | 22 | 39 | 0,683 |
| 80 | 37 | 40 | 0,682 |
| 81 | 21 | 38 | 0,681 |
| 82 | 14 | 19 | 0,681 |
| 83 | 30 | 41 | 0,679 |
| 84 | 30 | 40 | 0,679 |
| 85 | 15 | 19 | 0,679 |
| 86 | 32 | 42 | 0,678 |
| 87 | 19 | 22 | 0,674 |
| 88 | 31 | 40 | 0,672 |
| 89 | 23 | 40 | 0,671 |
| 90 | 17 | 38 | 0,659 |
| 91 | 23 | 42 | 0,659 |
| 92 | 22 | 41 | 0,659 |

| Rank | Kombinacije | | AEP/Lp [GWh/a/km] |
|-------------|--------------------|-----------|--------------------------|
| 93 | 19 | 38 | 0,656 |
| 94 | 37 | 42 | 0,656 |
| 95 | 30 | 42 | 0,653 |
| 96 | 22 | 31 | 0,650 |
| 97 | 18 | 38 | 0,649 |
| 98 | 23 | 32 | 0,648 |
| 99 | 31 | 42 | 0,646 |
| 100 | 22 | 40 | 0,644 |

9.1.7 Рангирање по дужини далековода

| Rank | Kombinacije | | Dužina dalekovoda [m] |
|------|-------------|----|-----------------------|
| 1 | 14 | 39 | 2300,412 |
| 2 | 14 | 38 | 2300,412 |
| 3 | 14 | 37 | 2300,412 |
| 4 | 14 | 36 | 2300,412 |
| 5 | 14 | 35 | 2300,412 |
| 6 | 14 | 34 | 2300,412 |
| 7 | 14 | 33 | 2300,412 |
| 8 | 14 | 23 | 2300,412 |
| 9 | 14 | 32 | 2300,412 |
| 10 | 14 | 31 | 2300,412 |
| 11 | 14 | 22 | 2300,412 |
| 12 | 14 | 20 | 2300,412 |
| 13 | 14 | 21 | 2300,412 |
| 14 | 14 | 30 | 2300,412 |
| 15 | 14 | 29 | 2300,412 |
| 16 | 14 | 19 | 2300,412 |
| 17 | 14 | 28 | 2300,412 |
| 18 | 14 | 27 | 2300,412 |
| 19 | 14 | 26 | 2300,412 |
| 20 | 14 | 25 | 2300,412 |
| 21 | 14 | 24 | 2300,412 |
| 22 | 14 | 18 | 2300,412 |
| 23 | 15 | 40 | 2496,049 |
| 24 | 15 | 39 | 2496,049 |
| 25 | 15 | 38 | 2496,049 |
| 26 | 15 | 37 | 2496,049 |
| 27 | 15 | 36 | 2496,049 |
| 28 | 15 | 35 | 2496,049 |
| 29 | 15 | 34 | 2496,049 |
| 30 | 15 | 33 | 2496,049 |
| 31 | 15 | 23 | 2496,049 |
| 32 | 15 | 32 | 2496,049 |
| 33 | 15 | 31 | 2496,049 |
| 34 | 15 | 22 | 2496,049 |
| 35 | 15 | 20 | 2496,049 |
| 36 | 15 | 21 | 2496,049 |
| 37 | 15 | 30 | 2496,049 |
| 38 | 15 | 29 | 2496,049 |
| 39 | 15 | 28 | 2496,049 |
| 40 | 15 | 27 | 2496,049 |
| 41 | 15 | 19 | 2496,049 |
| 42 | 15 | 26 | 2496,049 |
| 43 | 15 | 25 | 2496,049 |
| 44 | 15 | 24 | 2496,049 |

| Rank | Kombinacije | | Dužina dalekovoda [m] |
|------|-------------|----|-----------------------|
| 45 | 15 | 18 | 2496,049 |
| 46 | 16 | 41 | 2675,832 |
| 47 | 16 | 40 | 2675,832 |
| 48 | 16 | 39 | 2675,832 |
| 49 | 16 | 38 | 2675,832 |
| 50 | 16 | 37 | 2675,832 |
| 51 | 16 | 36 | 2675,832 |
| 52 | 16 | 35 | 2675,832 |
| 53 | 16 | 34 | 2675,832 |
| 54 | 16 | 33 | 2675,832 |
| 55 | 16 | 23 | 2675,832 |
| 56 | 16 | 32 | 2675,832 |
| 57 | 16 | 31 | 2675,832 |
| 58 | 16 | 22 | 2675,832 |
| 59 | 16 | 30 | 2675,832 |
| 60 | 16 | 20 | 2675,832 |
| 61 | 16 | 21 | 2675,832 |
| 62 | 16 | 29 | 2675,832 |
| 63 | 16 | 28 | 2675,832 |
| 64 | 16 | 27 | 2675,832 |
| 65 | 16 | 26 | 2675,832 |
| 66 | 16 | 19 | 2675,832 |
| 67 | 16 | 25 | 2675,832 |
| 68 | 16 | 24 | 2675,832 |
| 69 | 16 | 18 | 2675,832 |
| 70 | 17 | 42 | 2860,322 |
| 71 | 17 | 41 | 2860,322 |
| 72 | 17 | 40 | 2860,322 |
| 73 | 17 | 39 | 2860,322 |
| 74 | 17 | 38 | 2860,322 |
| 75 | 17 | 37 | 2860,322 |
| 76 | 17 | 36 | 2860,322 |
| 77 | 17 | 35 | 2860,322 |
| 78 | 17 | 34 | 2860,322 |
| 79 | 17 | 33 | 2860,322 |
| 80 | 17 | 23 | 2860,322 |
| 81 | 17 | 32 | 2860,322 |
| 82 | 17 | 31 | 2860,322 |
| 83 | 17 | 22 | 2860,322 |
| 84 | 17 | 30 | 2860,322 |
| 85 | 17 | 20 | 2860,322 |
| 86 | 17 | 21 | 2860,322 |
| 87 | 17 | 29 | 2860,322 |
| 88 | 17 | 28 | 2860,322 |
| 89 | 17 | 27 | 2860,322 |
| 90 | 17 | 26 | 2860,322 |

| Rank | Kombinacije | | Dužina dalekovoda [m] |
|-------------|--------------------|-----------|----------------------------------|
| 91 | 17 | 25 | 2860,322 |
| 92 | 17 | 19 | 2860,322 |
| 93 | 17 | 24 | 2860,322 |
| 94 | 18 | 42 | 3053,038 |
| 95 | 18 | 41 | 3053,038 |
| 96 | 18 | 40 | 3053,038 |
| 97 | 18 | 39 | 3053,038 |
| 98 | 18 | 38 | 3053,038 |
| 99 | 18 | 37 | 3053,038 |
| 100 | 18 | 43 | 3053,038 |

9.1.8 Рангирање по пондерисаној аритметичкој средини

| Rank | Kombinacije | | Ponderisana aritmetička sredina |
|------|-------------|----|---------------------------------|
| 1 | 14 | 38 | 33,75 |
| 2 | 14 | 37 | 37,75 |
| 3 | 15 | 38 | 38,875 |
| 4 | 14 | 39 | 41,125 |
| 5 | 16 | 41 | 41,5 |
| 6 | 16 | 38 | 41,5 |
| 7 | 17 | 41 | 43,125 |
| 8 | 15 | 37 | 43,25 |
| 9 | 17 | 38 | 43,625 |
| 10 | 15 | 39 | 45,625 |
| 11 | 16 | 37 | 46,125 |
| 12 | 15 | 40 | 48,875 |
| 13 | 16 | 39 | 49 |
| 14 | 17 | 42 | 49,75 |
| 15 | 18 | 41 | 50,375 |
| 16 | 17 | 39 | 51 |
| 17 | 18 | 38 | 51,125 |
| 18 | 16 | 40 | 51,375 |
| 19 | 17 | 40 | 53,5 |
| 20 | 18 | 42 | 56,375 |
| 21 | 19 | 41 | 57 |
| 22 | 18 | 39 | 57,75 |
| 23 | 18 | 40 | 61,625 |
| 24 | 19 | 42 | 62,875 |
| 25 | 17 | 37 | 63,375 |
| 26 | 19 | 39 | 65,375 |
| 27 | 21 | 41 | 67,375 |
| 28 | 19 | 40 | 67,625 |
| 29 | 20 | 41 | 68,5 |
| 30 | 22 | 41 | 68,5 |
| 31 | 21 | 42 | 71,375 |
| 32 | 20 | 42 | 72,25 |
| 33 | 22 | 42 | 72,875 |
| 34 | 19 | 38 | 75,125 |
| 35 | 14 | 36 | 77,5 |
| 36 | 23 | 42 | 78,25 |
| 37 | 18 | 37 | 79,375 |
| 38 | 15 | 36 | 88,5 |
| 39 | 23 | 41 | 92,125 |
| 40 | 16 | 36 | 93,875 |
| 41 | 19 | 37 | 95 |
| 42 | 21 | 38 | 97 |
| 43 | 17 | 36 | 97,625 |
| 44 | 20 | 38 | 97,875 |

| Rank | Kombinacije | | Ponderisana aritmetička sredina |
|-------------|--------------------|----|--|
| 45 | 22 | 38 | 99 |
| 46 | 21 | 39 | 99,75 |
| 47 | 21 | 40 | 100,125 |
| 48 | 20 | 39 | 100,5 |
| 49 | 20 | 40 | 101,5 |
| 50 | 22 | 40 | 101,875 |
| 51 | 22 | 39 | 103,625 |
| 52 | 18 | 43 | 107,75 |
| 53 | 21 | 46 | 108 |
| 54 | 22 | 46 | 109,75 |
| 55 | 14 | 23 | 110,125 |
| 56 | 19 | 44 | 110,375 |
| 57 | 30 | 42 | 110,5 |
| 58 | 30 | 41 | 111 |
| 59 | 14 | 35 | 111,75 |
| 60 | 23 | 39 | 114,5 |
| 61 | 19 | 43 | 115,25 |
| 62 | 23 | 46 | 116,125 |
| 63 | 23 | 40 | 117,125 |
| 64 | 14 | 34 | 124,375 |
| 65 | 21 | 44 | 126,25 |
| 66 | 14 | 33 | 126,375 |
| 67 | 20 | 44 | 126,625 |
| 68 | 22 | 44 | 127 |
| 69 | 34 | 54 | 127,25 |
| 70 | 35 | 54 | 128,875 |
| 71 | 21 | 45 | 129 |
| 72 | 31 | 42 | 129 |
| 73 | 20 | 45 | 129,125 |
| 74 | 30 | 46 | 131 |
| 75 | 22 | 45 | 131,625 |
| 76 | 15 | 23 | 132,5 |
| 77 | 32 | 42 | 133,25 |
| 78 | 23 | 38 | 134,125 |
| 79 | 21 | 43 | 134,5 |
| 80 | 22 | 43 | 135,25 |
| 81 | 20 | 43 | 136,125 |
| 82 | 14 | 22 | 137,75 |
| 83 | 32 | 52 | 138,25 |
| 84 | 23 | 44 | 138,25 |
| 85 | 15 | 34 | 139,5 |
| 86 | 15 | 33 | 140,5 |
| 87 | 36 | 54 | 141,375 |
| 88 | 23 | 45 | 141,375 |
| 89 | 18 | 36 | 142,25 |
| 90 | 34 | 53 | 142,875 |

| Rank | Kombinacije | | Ponderisana aritmetička sredina |
|-------------|--------------------|-----------|--|
| 91 | 33 | 53 | 144,375 |
| 92 | 14 | 20 | 144,625 |
| 93 | 23 | 43 | 145 |
| 94 | 33 | 52 | 145,375 |
| 95 | 21 | 37 | 145,375 |
| 96 | 16 | 34 | 145,375 |
| 97 | 16 | 23 | 145,5 |
| 98 | 34 | 52 | 145,625 |
| 99 | 35 | 53 | 145,875 |
| 100 | 15 | 35 | 145,875 |

9.1.9 Сумарни приказ резултата рангирања

| Rank | Kombinacija | | kW | price of kW | Q_T | Inestment cost (Carapellucci) | COE (Carapellucci) | AEP / Lp | Dužina dalekovoda | Ponderisana aritmetička sredina |
|------|-------------|----|----|-------------|-----|-------------------------------|--------------------|----------|-------------------|---------------------------------|
| 1 | 17 | 42 | 1 | 1 | 194 | 1 | 1 | 129 | 70 | 14 |
| 2 | 16 | 41 | 2 | 2 | 142 | 2 | 2 | 135 | 46 | 5 |
| 3 | 17 | 41 | 3 | 3 | 143 | 3 | 3 | 118 | 71 | 7 |
| 4 | 14 | 39 | 4 | 4 | 159 | 4 | 4 | 152 | 1 | 4 |
| 5 | 14 | 38 | 5 | 5 | 113 | 5 | 5 | 134 | 2 | 1 |
| 6 | 18 | 42 | 6 | 6 | 195 | 6 | 6 | 137 | 94 | 20 |
| 7 | 15 | 40 | 7 | 7 | 177 | 7 | 7 | 162 | 23 | 12 |
| 8 | 15 | 39 | 8 | 8 | 160 | 8 | 8 | 148 | 24 | 10 |
| 9 | 16 | 40 | 9 | 9 | 178 | 9 | 9 | 149 | 47 | 18 |
| 10 | 18 | 41 | 10 | 10 | 144 | 10 | 10 | 123 | 95 | 15 |
| 11 | 15 | 38 | 11 | 11 | 114 | 11 | 11 | 127 | 25 | 3 |
| 12 | 17 | 40 | 12 | 12 | 179 | 12 | 12 | 128 | 72 | 19 |
| 13 | 16 | 39 | 13 | 13 | 161 | 13 | 13 | 130 | 48 | 13 |
| 14 | 19 | 42 | 14 | 14 | 196 | 14 | 14 | 132 | 118 | 24 |
| 15 | 16 | 38 | 15 | 15 | 115 | 15 | 15 | 107 | 49 | 6 |
| 16 | 17 | 39 | 16 | 16 | 162 | 16 | 16 | 108 | 73 | 16 |
| 17 | 17 | 38 | 17 | 17 | 116 | 17 | 17 | 90 | 74 | 9 |
| 18 | 19 | 41 | 18 | 18 | 145 | 18 | 18 | 119 | 119 | 21 |
| 19 | 14 | 37 | 19 | 19 | 64 | 19 | 19 | 158 | 3 | 2 |
| 20 | 18 | 40 | 20 | 20 | 180 | 20 | 20 | 136 | 96 | 23 |
| 21 | 18 | 39 | 21 | 21 | 163 | 21 | 21 | 117 | 97 | 22 |
| 22 | 20 | 42 | 22 | 22 | 197 | 22 | 22 | 151 | 141 | 32 |
| 23 | 21 | 42 | 23 | 23 | 198 | 23 | 23 | 122 | 158 | 31 |
| 24 | 18 | 38 | 24 | 24 | 117 | 24 | 24 | 97 | 98 | 17 |
| 25 | 15 | 37 | 25 | 25 | 65 | 25 | 25 | 154 | 26 | 8 |
| 26 | 22 | 42 | 26 | 26 | 199 | 26 | 26 | 103 | 176 | 33 |

| Rank | Kombinacija | | kW | price of kW | Q_T | Inestment cost (Carapellucci) | COE (Carapellucci) | AEP / Lp | Dužina dalekovoda | Ponderisana aritmetička sredina |
|------|-------------|-----------|----|-------------|-----|-------------------------------|--------------------|----------|-------------------|---------------------------------|
| 27 | 19 | 40 | 27 | 27 | 181 | 27 | 27 | 131 | 120 | 28 |
| 28 | 16 | 37 | 28 | 28 | 66 | 28 | 28 | 140 | 50 | 11 |
| 29 | 20 | 41 | 29 | 29 | 146 | 29 | 29 | 143 | 142 | 29 |
| 30 | 21 | 41 | 30 | 30 | 147 | 30 | 30 | 112 | 159 | 27 |
| 31 | 19 | 39 | 31 | 31 | 164 | 31 | 31 | 113 | 121 | 26 |
| 32 | 17 | 37 | 32 | 32 | 67 | 145 | 40 | 115 | 75 | 25 |
| 33 | 22 | 41 | 33 | 33 | 148 | 32 | 32 | 92 | 177 | 30 |
| 34 | 19 | 38 | 34 | 34 | 118 | 155 | 44 | 93 | 122 | 34 |
| 35 | 34 | 54 | 35 | 35 | 309 | 33 | 33 | 289 | 283 | 69 |
| 36 | 23 | 42 | 36 | 36 | 200 | 34 | 34 | 91 | 194 | 36 |
| 37 | 35 | 54 | 37 | 37 | 310 | 35 | 35 | 274 | 302 | 70 |
| 38 | 33 | 53 | 38 | 38 | 425 | 36 | 36 | 316 | 265 | 91 |
| 39 | 34 | 53 | 39 | 39 | 426 | 37 | 37 | 280 | 284 | 90 |
| 40 | 23 | 41 | 40 | 40 | 149 | 179 | 55 | 78 | 195 | 39 |
| 41 | 14 | 36 | 41 | 41 | 88 | 182 | 57 | 206 | 4 | 35 |
| 42 | 32 | 52 | 42 | 42 | 373 | 38 | 38 | 324 | 248 | 83 |
| 43 | 20 | 40 | 43 | 43 | 182 | 186 | 61 | 153 | 143 | 49 |
| 44 | 21 | 40 | 44 | 44 | 183 | 187 | 62 | 120 | 160 | 47 |
| 45 | 18 | 37 | 45 | 45 | 68 | 188 | 63 | 126 | 99 | 37 |
| 46 | 35 | 53 | 46 | 46 | 427 | 39 | 39 | 266 | 303 | 99 |
| 47 | 22 | 40 | 47 | 47 | 184 | 191 | 67 | 100 | 178 | 50 |
| 48 | 21 | 46 | 48 | 48 | 211 | 40 | 41 | 314 | 161 | 53 |
| 49 | 20 | 39 | 49 | 49 | 165 | 193 | 70 | 133 | 144 | 48 |
| 50 | 21 | 39 | 50 | 50 | 166 | 196 | 71 | 102 | 162 | 46 |
| 51 | 18 | 43 | 51 | 51 | 257 | 41 | 42 | 319 | 100 | 52 |
| 52 | 30 | 42 | 52 | 52 | 201 | 197 | 73 | 95 | 213 | 57 |
| 53 | 35 | 55 | 53 | 53 | 460 | 42 | 43 | 344 | 304 | 128 |
| 54 | 33 | 52 | 54 | 54 | 374 | 43 | 45 | 326 | 266 | 94 |

| Rank | Kombinacija | | kW | price of kW | Q_T | Inestment cost (Carapellucci) | COE (Carapellucci) | AEP / Lp | Dužina dalekovoda | Ponderisana aritmetička sredina |
|------|-------------|----|----|-------------|-----|-------------------------------|--------------------|----------|-------------------|---------------------------------|
| 55 | 22 | 46 | 55 | 55 | 212 | 44 | 46 | 286 | 179 | 54 |
| 56 | 19 | 44 | 56 | 56 | 226 | 45 | 47 | 329 | 123 | 56 |
| 57 | 15 | 36 | 57 | 57 | 89 | 200 | 76 | 201 | 27 | 38 |
| 58 | 36 | 54 | 58 | 58 | 311 | 46 | 48 | 288 | 321 | 87 |
| 59 | 34 | 52 | 59 | 59 | 375 | 47 | 49 | 290 | 285 | 98 |
| 60 | 22 | 39 | 60 | 60 | 167 | 203 | 79 | 79 | 180 | 51 |
| 61 | 20 | 38 | 61 | 61 | 119 | 205 | 80 | 111 | 145 | 44 |
| 62 | 21 | 38 | 62 | 62 | 120 | 206 | 81 | 81 | 163 | 42 |
| 63 | 16 | 36 | 63 | 63 | 90 | 212 | 87 | 184 | 51 | 40 |
| 64 | 19 | 43 | 64 | 64 | 258 | 48 | 50 | 313 | 124 | 61 |
| 65 | 22 | 38 | 65 | 65 | 121 | 214 | 90 | 55 | 181 | 45 |
| 66 | 30 | 41 | 66 | 66 | 150 | 215 | 93 | 83 | 214 | 58 |
| 67 | 19 | 37 | 67 | 67 | 69 | 216 | 94 | 121 | 125 | 41 |
| 68 | 35 | 52 | 68 | 68 | 376 | 49 | 51 | 273 | 305 | 104 |
| 69 | 36 | 53 | 69 | 69 | 428 | 50 | 52 | 275 | 322 | 123 |
| 70 | 17 | 36 | 70 | 70 | 91 | 217 | 99 | 157 | 76 | 43 |
| 71 | 31 | 51 | 71 | 71 | 406 | 51 | 53 | 370 | 231 | 120 |
| 72 | 23 | 46 | 72 | 72 | 213 | 52 | 54 | 269 | 196 | 62 |
| 73 | 23 | 40 | 73 | 73 | 185 | 218 | 101 | 89 | 197 | 63 |
| 74 | 36 | 55 | 74 | 74 | 461 | 53 | 56 | 352 | 323 | 143 |
| 75 | 36 | 56 | 75 | 75 | 477 | 54 | 58 | 382 | 324 | 157 |
| 76 | 32 | 51 | 76 | 76 | 407 | 55 | 59 | 356 | 249 | 124 |
| 77 | 37 | 57 | 77 | 77 | 444 | 56 | 60 | 386 | 340 | 154 |
| 78 | 20 | 45 | 78 | 78 | 242 | 57 | 64 | 367 | 146 | 73 |
| 79 | 23 | 39 | 79 | 79 | 168 | 223 | 105 | 63 | 198 | 60 |
| 80 | 21 | 45 | 80 | 80 | 243 | 58 | 65 | 341 | 164 | 71 |
| 81 | 30 | 50 | 81 | 81 | 356 | 59 | 66 | 389 | 215 | 116 |
| 82 | 31 | 42 | 82 | 82 | 202 | 225 | 109 | 99 | 232 | 72 |

| Rank | Kombinacija | | kW | price of kW | Q_T | Inestment cost (Carapellucci) | COE (Carapellucci) | AEP / Lp | Dužina dalekovoda | Ponderisana aritmetička sredina |
|------|-------------|-----------|-----|-------------|-----|-------------------------------|--------------------|----------|-------------------|---------------------------------|
| 83 | 23 | 38 | 83 | 293 | 122 | 226 | 112 | 37 | 199 | 78 |
| 84 | 20 | 44 | 84 | 83 | 227 | 60 | 68 | 343 | 147 | 67 |
| 85 | 21 | 44 | 85 | 84 | 228 | 61 | 69 | 317 | 165 | 65 |
| 86 | 22 | 45 | 86 | 85 | 244 | 62 | 72 | 321 | 182 | 75 |
| 87 | 14 | 35 | 87 | 86 | 130 | 227 | 113 | 245 | 5 | 59 |
| 88 | 37 | 54 | 88 | 87 | 312 | 63 | 74 | 322 | 341 | 125 |
| 89 | 14 | 34 | 89 | 294 | 32 | 228 | 118 | 227 | 6 | 64 |
| 90 | 32 | 42 | 90 | 88 | 203 | 229 | 119 | 86 | 250 | 77 |
| 91 | 22 | 44 | 91 | 89 | 229 | 64 | 75 | 284 | 183 | 68 |
| 92 | 36 | 52 | 92 | 90 | 377 | 65 | 77 | 287 | 325 | 129 |
| 93 | 33 | 51 | 93 | 91 | 408 | 66 | 78 | 359 | 267 | 138 |
| 94 | 31 | 41 | 94 | 295 | 151 | 232 | 125 | 73 | 233 | 110 |
| 95 | 30 | 46 | 95 | 92 | 214 | 67 | 82 | 281 | 216 | 74 |
| 96 | 34 | 51 | 96 | 93 | 409 | 68 | 83 | 334 | 286 | 139 |
| 97 | 14 | 33 | 97 | 296 | 53 | 235 | 126 | 196 | 7 | 66 |
| 98 | 20 | 43 | 98 | 94 | 259 | 69 | 84 | 336 | 148 | 81 |
| 99 | 21 | 43 | 99 | 95 | 260 | 70 | 85 | 300 | 166 | 79 |
| 100 | 30 | 40 | 100 | 297 | 186 | 236 | 128 | 84 | 217 | 119 |

9.2 Кутинска река

9.2.1 Рангирање по годишњој производњи електричне енергије

| Rank | Kombinacije | | PT [kW] | AEP [GWh/a] |
|------|-------------|------------|---------|-------------|
| 1 | 87 | 108 | 683,268 | 2,019 |
| 2 | 88 | 108 | 674,571 | 1,993 |
| 3 | 89 | 108 | 672,449 | 1,987 |
| 4 | 93 | 114 | 665,797 | 1,967 |
| 5 | 89 | 110 | 659,401 | 1,949 |
| 6 | 90 | 111 | 655,083 | 1,936 |
| 7 | 99 | 120 | 653,604 | 1,931 |
| 8 | 98 | 119 | 652,657 | 1,929 |
| 9 | 88 | 109 | 651,391 | 1,925 |
| 10 | 94 | 115 | 650,115 | 1,921 |
| 11 | 89 | 109 | 649,356 | 1,919 |
| 12 | 94 | 114 | 649,065 | 1,918 |
| 13 | 97 | 118 | 647,871 | 1,914 |
| 14 | 99 | 119 | 647,129 | 1,912 |
| 15 | 98 | 118 | 645,033 | 1,906 |
| 16 | 86 | 107 | 642,144 | 1,898 |
| 17 | 96 | 117 | 640,079 | 1,891 |
| 18 | 99 | 118 | 639,502 | 1,890 |
| 19 | 97 | 117 | 633,527 | 1,872 |
| 20 | 95 | 116 | 631,224 | 1,865 |
| 21 | 96 | 116 | 631,155 | 1,865 |
| 22 | 98 | 117 | 630,687 | 1,864 |
| 23 | 92 | 113 | 629,043 | 1,859 |
| 24 | 99 | 117 | 625,151 | 1,847 |
| 25 | 97 | 116 | 624,597 | 1,846 |
| 26 | 93 | 113 | 622,496 | 1,839 |
| 27 | 98 | 116 | 621,755 | 1,837 |
| 28 | 99 | 116 | 616,214 | 1,821 |
| 29 | 100 | 121 | 613,841 | 1,814 |
| 30 | 95 | 115 | 612,782 | 1,811 |
| 31 | 96 | 115 | 612,712 | 1,811 |
| 32 | 95 | 114 | 611,710 | 1,808 |
| 33 | 96 | 114 | 611,641 | 1,807 |
| 34 | 100 | 120 | 611,435 | 1,807 |
| 35 | 81 | 102 | 606,893 | 1,793 |
| 36 | 82 | 103 | 606,713 | 1,793 |
| 37 | 97 | 115 | 606,150 | 1,791 |
| 38 | 94 | 113 | 605,752 | 1,790 |
| 39 | 83 | 104 | 605,745 | 1,790 |
| 40 | 104 | 125 | 605,383 | 1,789 |
| 41 | 97 | 114 | 605,075 | 1,788 |
| 42 | 100 | 119 | 604,858 | 1,787 |
| 43 | 82 | 102 | 604,806 | 1,787 |
| 44 | 103 | 124 | 603,927 | 1,785 |

| Rank | Kombinacije | | PT [kW] | AEP [GWh/a] |
|------|-------------|------------|---------|-------------|
| 45 | 83 | 103 | 603,616 | 1,784 |
| 46 | 84 | 104 | 603,538 | 1,783 |
| 47 | 98 | 115 | 603,305 | 1,783 |
| 48 | 85 | 104 | 602,251 | 1,780 |
| 49 | 98 | 114 | 602,229 | 1,780 |
| 50 | 83 | 102 | 601,708 | 1,778 |
| 51 | 104 | 124 | 601,535 | 1,778 |
| 52 | 84 | 103 | 601,407 | 1,777 |
| 53 | 105 | 125 | 601,339 | 1,777 |
| 54 | 85 | 103 | 600,119 | 1,773 |
| 55 | 84 | 102 | 599,498 | 1,772 |
| 56 | 106 | 125 | 599,385 | 1,771 |
| 57 | 85 | 102 | 598,210 | 1,768 |
| 58 | 99 | 115 | 597,760 | 1,766 |
| 59 | 105 | 124 | 597,480 | 1,766 |
| 60 | 85 | 106 | 597,260 | 1,765 |
| 61 | 100 | 118 | 597,206 | 1,765 |
| 62 | 99 | 114 | 596,681 | 1,763 |
| 63 | 84 | 105 | 596,660 | 1,763 |
| 64 | 106 | 124 | 595,520 | 1,760 |
| 65 | 85 | 105 | 595,397 | 1,759 |
| 66 | 81 | 101 | 594,834 | 1,758 |
| 67 | 82 | 101 | 592,744 | 1,752 |
| 68 | 86 | 104 | 590,583 | 1,745 |
| 69 | 83 | 101 | 589,641 | 1,742 |
| 70 | 86 | 103 | 588,442 | 1,739 |
| 71 | 84 | 101 | 587,428 | 1,736 |
| 72 | 86 | 102 | 586,530 | 1,733 |
| 73 | 85 | 101 | 586,138 | 1,732 |
| 74 | 86 | 106 | 585,813 | 1,731 |
| 75 | 86 | 105 | 583,946 | 1,726 |
| 76 | 90 | 108 | 583,526 | 1,724 |
| 77 | 100 | 117 | 582,821 | 1,722 |
| 78 | 86 | 101 | 574,441 | 1,697 |
| 79 | 90 | 110 | 574,131 | 1,697 |
| 80 | 100 | 116 | 573,847 | 1,696 |
| 81 | 87 | 107 | 569,892 | 1,684 |
| 82 | 95 | 113 | 568,373 | 1,680 |
| 83 | 96 | 113 | 568,304 | 1,679 |
| 84 | 90 | 109 | 564,063 | 1,667 |
| 85 | 91 | 112 | 562,258 | 1,661 |
| 86 | 97 | 113 | 561,733 | 1,660 |
| 87 | 88 | 107 | 561,188 | 1,658 |
| 88 | 102 | 123 | 560,320 | 1,656 |
| 89 | 106 | 127 | 559,797 | 1,654 |
| 90 | 89 | 107 | 559,064 | 1,652 |
| 91 | 98 | 113 | 558,885 | 1,652 |
| 92 | 103 | 123 | 558,419 | 1,650 |

| Rank | Kombinacije | | PT [kW] | AEP [GWh/a] |
|------|-------------|------------|---------|-------------|
| 93 | 104 | 123 | 556,025 | 1,643 |
| 94 | 92 | 112 | 555,579 | 1,642 |
| 95 | 100 | 115 | 555,362 | 1,641 |
| 96 | 100 | 114 | 554,259 | 1,638 |
| 97 | 99 | 113 | 553,333 | 1,635 |
| 98 | 105 | 123 | 551,967 | 1,631 |
| 99 | 106 | 123 | 550,005 | 1,625 |
| 100 | 105 | 126 | 549,457 | 1,624 |

9.2.2 Рангирање по инвестиционој цени (Република Србија)

| Rank | Kombinacije | | Cost [€/kW] |
|------|-------------|-----|-------------|
| 1 | 87 | 108 | 4453,385 |
| 2 | 88 | 108 | 4460,343 |
| 3 | 89 | 108 | 4462,041 |
| 4 | 93 | 114 | 4467,362 |
| 5 | 89 | 110 | 4472,479 |
| 6 | 90 | 111 | 4475,934 |
| 7 | 99 | 120 | 4477,117 |
| 8 | 98 | 119 | 4477,874 |
| 9 | 88 | 109 | 4478,887 |
| 10 | 94 | 115 | 4479,908 |
| 11 | 89 | 109 | 4480,515 |
| 12 | 94 | 114 | 4480,748 |
| 13 | 97 | 118 | 4481,703 |
| 14 | 99 | 119 | 4482,297 |
| 15 | 98 | 118 | 4483,974 |
| 16 | 86 | 107 | 4486,285 |
| 17 | 96 | 117 | 4487,937 |
| 18 | 99 | 118 | 4488,399 |
| 19 | 97 | 117 | 4493,178 |
| 20 | 95 | 116 | 4495,021 |
| 21 | 96 | 116 | 4495,076 |
| 22 | 98 | 117 | 4495,450 |
| 23 | 92 | 113 | 4496,766 |
| 24 | 99 | 117 | 4499,879 |
| 25 | 97 | 116 | 4500,322 |
| 26 | 93 | 113 | 4502,003 |
| 27 | 98 | 116 | 4502,596 |
| 28 | 99 | 116 | 4507,029 |
| 29 | 100 | 121 | 4508,927 |
| 30 | 95 | 115 | 4509,775 |
| 31 | 96 | 115 | 4509,830 |
| 32 | 95 | 114 | 4510,632 |
| 33 | 96 | 114 | 4510,687 |
| 34 | 100 | 120 | 4510,852 |
| 35 | 81 | 102 | 4514,485 |
| 36 | 82 | 103 | 4514,629 |
| 37 | 97 | 115 | 4515,080 |
| 38 | 94 | 113 | 4515,398 |
| 39 | 83 | 104 | 4515,404 |
| 40 | 104 | 125 | 4515,694 |
| 41 | 97 | 114 | 4515,940 |
| 42 | 100 | 119 | 4516,114 |
| 43 | 82 | 102 | 4516,155 |
| 44 | 103 | 124 | 4516,858 |
| 45 | 83 | 103 | 4517,107 |
| 46 | 84 | 104 | 4517,170 |
| 47 | 98 | 115 | 4517,356 |

| Rank | Kombinacije | | Cost [€/kW] |
|------|-------------|------------|-------------|
| 48 | 85 | 104 | 4518,199 |
| 49 | 98 | 114 | 4518,217 |
| 50 | 83 | 102 | 4518,634 |
| 51 | 104 | 124 | 4518,772 |
| 52 | 84 | 103 | 4518,875 |
| 53 | 105 | 125 | 4518,928 |
| 54 | 85 | 103 | 4519,905 |
| 55 | 84 | 102 | 4520,402 |
| 56 | 106 | 125 | 4520,492 |
| 57 | 85 | 102 | 4521,432 |
| 58 | 99 | 115 | 4521,792 |
| 59 | 105 | 124 | 4522,016 |
| 60 | 85 | 106 | 4522,192 |
| 61 | 100 | 118 | 4522,235 |
| 62 | 99 | 114 | 4522,655 |
| 63 | 84 | 105 | 4522,672 |
| 64 | 106 | 124 | 4523,584 |
| 65 | 85 | 105 | 4523,682 |
| 66 | 81 | 101 | 4524,133 |
| 67 | 82 | 101 | 4525,805 |
| 68 | 86 | 104 | 4527,533 |
| 69 | 83 | 101 | 4528,288 |
| 70 | 86 | 103 | 4529,246 |
| 71 | 84 | 101 | 4530,058 |
| 72 | 86 | 102 | 4530,776 |
| 73 | 85 | 101 | 4531,090 |
| 74 | 86 | 106 | 4531,350 |
| 75 | 86 | 105 | 4532,843 |
| 76 | 90 | 108 | 4533,179 |
| 77 | 100 | 117 | 4533,743 |
| 78 | 86 | 101 | 4540,447 |
| 79 | 90 | 110 | 4540,695 |
| 80 | 100 | 116 | 4540,922 |
| 81 | 87 | 107 | 4544,087 |
| 82 | 95 | 113 | 4545,302 |
| 83 | 96 | 113 | 4545,357 |
| 84 | 90 | 109 | 4548,750 |
| 85 | 91 | 112 | 4550,193 |
| 86 | 97 | 113 | 4550,613 |
| 87 | 88 | 107 | 4551,050 |
| 88 | 102 | 123 | 4551,744 |
| 89 | 106 | 127 | 4552,163 |
| 90 | 89 | 107 | 4552,748 |
| 91 | 98 | 113 | 4552,892 |
| 92 | 103 | 123 | 4553,265 |
| 93 | 104 | 123 | 4555,180 |
| 94 | 92 | 112 | 4555,536 |
| 95 | 100 | 115 | 4555,710 |
| 96 | 100 | 114 | 4556,592 |

| Rank | Kombinacije | | Cost [€/kW] |
|------|-------------|------------|-------------|
| 97 | 99 | 113 | 4557,333 |
| 98 | 105 | 123 | 4558,426 |
| 99 | 106 | 123 | 4559,996 |
| 100 | 105 | 126 | 4560,434 |

9.2.3 Рангирање по инсталисаном протоку

| Rank | Kombinacije | | Q_T [m ³ /s] |
|------|-------------|----|-------------------------|
| 1 | 0 | 11 | 2,742 |
| 2 | 0 | 12 | 2,741 |
| 3 | 1 | 12 | 2,741 |
| 4 | 0 | 13 | 2,741 |
| 5 | 1 | 13 | 2,741 |
| 6 | 0 | 14 | 2,693 |
| 7 | 1 | 14 | 2,693 |
| 8 | 0 | 15 | 2,692 |
| 9 | 1 | 15 | 2,692 |
| 10 | 2 | 15 | 2,692 |
| 11 | 0 | 16 | 2,691 |
| 12 | 1 | 16 | 2,691 |
| 13 | 2 | 16 | 2,691 |
| 14 | 0 | 17 | 2,691 |
| 15 | 1 | 17 | 2,691 |
| 16 | 2 | 17 | 2,691 |
| 17 | 0 | 18 | 2,690 |
| 18 | 1 | 18 | 2,690 |
| 19 | 2 | 18 | 2,690 |
| 20 | 3 | 18 | 2,690 |
| 21 | 0 | 19 | 2,690 |
| 22 | 1 | 19 | 2,690 |
| 23 | 2 | 19 | 2,690 |
| 24 | 3 | 19 | 2,690 |
| 25 | 4 | 19 | 2,690 |
| 26 | 0 | 20 | 2,685 |
| 27 | 1 | 20 | 2,685 |
| 28 | 2 | 20 | 2,685 |
| 29 | 3 | 20 | 2,685 |
| 30 | 4 | 20 | 2,685 |
| 31 | 5 | 20 | 2,685 |
| 32 | 0 | 21 | 2,684 |
| 33 | 1 | 21 | 2,684 |
| 34 | 2 | 21 | 2,684 |
| 35 | 3 | 21 | 2,684 |
| 36 | 4 | 21 | 2,684 |
| 37 | 5 | 21 | 2,684 |
| 38 | 1 | 22 | 2,684 |
| 39 | 2 | 22 | 2,684 |
| 40 | 3 | 22 | 2,684 |
| 41 | 4 | 22 | 2,684 |
| 42 | 5 | 22 | 2,684 |
| 43 | 2 | 23 | 2,684 |
| 44 | 3 | 23 | 2,684 |
| 45 | 4 | 23 | 2,684 |
| 46 | 5 | 23 | 2,684 |
| 47 | 6 | 23 | 2,684 |

| Rank | Kombinacije | | Q _T [m ³ /s] |
|------|-------------|----|------------------------------------|
| 48 | 7 | 23 | 2,684 |
| 49 | 3 | 24 | 2,674 |
| 50 | 4 | 24 | 2,674 |
| 51 | 5 | 24 | 2,674 |
| 52 | 6 | 24 | 2,674 |
| 53 | 7 | 24 | 2,674 |
| 54 | 8 | 24 | 2,674 |
| 55 | 4 | 25 | 2,673 |
| 56 | 5 | 25 | 2,673 |
| 57 | 6 | 25 | 2,673 |
| 58 | 7 | 25 | 2,673 |
| 59 | 8 | 25 | 2,673 |
| 60 | 9 | 25 | 2,673 |
| 61 | 6 | 26 | 2,672 |
| 62 | 7 | 26 | 2,672 |
| 63 | 8 | 26 | 2,672 |
| 64 | 9 | 26 | 2,672 |
| 65 | 7 | 27 | 2,664 |
| 66 | 8 | 27 | 2,664 |
| 67 | 9 | 27 | 2,664 |
| 68 | 10 | 27 | 2,664 |
| 69 | 8 | 28 | 2,664 |
| 70 | 9 | 28 | 2,664 |
| 71 | 10 | 28 | 2,664 |
| 72 | 9 | 29 | 2,661 |
| 73 | 10 | 29 | 2,661 |
| 74 | 10 | 30 | 2,660 |
| 75 | 13 | 33 | 2,656 |
| 76 | 14 | 33 | 2,656 |
| 77 | 15 | 33 | 2,656 |
| 78 | 16 | 33 | 2,656 |
| 79 | 14 | 34 | 2,651 |
| 80 | 15 | 34 | 2,651 |
| 81 | 16 | 34 | 2,651 |
| 82 | 15 | 35 | 2,650 |
| 83 | 16 | 35 | 2,650 |
| 84 | 17 | 35 | 2,650 |
| 85 | 16 | 36 | 2,639 |
| 86 | 17 | 36 | 2,639 |
| 87 | 18 | 36 | 2,639 |
| 88 | 19 | 36 | 2,639 |
| 89 | 17 | 37 | 2,631 |
| 90 | 18 | 37 | 2,631 |
| 91 | 19 | 37 | 2,631 |
| 92 | 18 | 38 | 2,631 |
| 93 | 19 | 38 | 2,631 |
| 94 | 20 | 38 | 2,631 |
| 95 | 18 | 39 | 2,630 |
| 96 | 19 | 39 | 2,630 |

| Rank | Kombinacije | | Q_T [m ³ /s] |
|------|-------------|----|-------------------------|
| 97 | 20 | 39 | 2,630 |
| 98 | 21 | 39 | 2,630 |
| 99 | 22 | 39 | 2,630 |
| 100 | 23 | 39 | 2,630 |

9.2.4 Рангирање по инвестиционој цени (ЕУ)

| Rank | Kombinacije | | Cost [€/kW] (Investment cost Carapellucci) |
|------|-------------|-----|--|
| 1 | 87 | 108 | 4529,936 |
| 2 | 88 | 108 | 4543,303 |
| 3 | 89 | 108 | 4546,596 |
| 4 | 93 | 114 | 4557,004 |
| 5 | 89 | 110 | 4567,134 |
| 6 | 90 | 111 | 4574,040 |
| 7 | 99 | 120 | 4576,419 |
| 8 | 98 | 119 | 4577,945 |
| 9 | 88 | 109 | 4579,990 |
| 10 | 94 | 115 | 4582,055 |
| 11 | 89 | 109 | 4583,287 |
| 12 | 94 | 114 | 4583,760 |
| 13 | 97 | 118 | 4585,701 |
| 14 | 99 | 119 | 4586,910 |
| 15 | 98 | 118 | 4590,334 |
| 16 | 86 | 107 | 4595,076 |
| 17 | 96 | 117 | 4598,480 |
| 18 | 99 | 118 | 4599,435 |
| 19 | 97 | 117 | 4609,375 |
| 20 | 95 | 116 | 4613,238 |
| 21 | 96 | 116 | 4613,354 |
| 22 | 98 | 117 | 4614,141 |
| 23 | 92 | 113 | 4616,913 |
| 24 | 99 | 117 | 4623,507 |
| 25 | 97 | 116 | 4624,450 |
| 26 | 93 | 113 | 4628,036 |
| 27 | 98 | 116 | 4629,304 |
| 28 | 99 | 116 | 4638,845 |
| 29 | 100 | 121 | 4642,962 |
| 30 | 95 | 115 | 4644,808 |
| 31 | 96 | 115 | 4644,929 |
| 32 | 95 | 114 | 4646,678 |
| 33 | 96 | 114 | 4646,799 |
| 34 | 100 | 120 | 4647,159 |
| 35 | 81 | 102 | 4655,135 |
| 36 | 82 | 103 | 4655,452 |
| 37 | 97 | 115 | 4656,448 |
| 38 | 94 | 113 | 4657,150 |
| 39 | 83 | 104 | 4657,162 |
| 40 | 104 | 125 | 4657,804 |
| 41 | 97 | 114 | 4658,349 |
| 42 | 100 | 119 | 4658,733 |
| 43 | 82 | 102 | 4658,825 |
| 44 | 103 | 124 | 4660,383 |
| 45 | 83 | 103 | 4660,936 |
| 46 | 84 | 104 | 4661,074 |

| Rank | Kombinacije | | Cost [€/kW] (Investment cost Carapellucci) |
|------|-------------|------------|--|
| 47 | 98 | 115 | 4661,488 |
| 48 | 85 | 104 | 4663,363 |
| 49 | 98 | 114 | 4663,403 |
| 50 | 83 | 102 | 4664,332 |
| 51 | 104 | 124 | 4664,640 |
| 52 | 84 | 103 | 4664,868 |
| 53 | 105 | 125 | 4664,988 |
| 54 | 85 | 103 | 4667,168 |
| 55 | 84 | 102 | 4668,280 |
| 56 | 106 | 125 | 4668,483 |
| 57 | 85 | 102 | 4670,590 |
| 58 | 99 | 115 | 4671,398 |
| 59 | 105 | 124 | 4671,901 |
| 60 | 85 | 106 | 4672,298 |
| 61 | 100 | 118 | 4672,394 |
| 62 | 99 | 114 | 4673,341 |
| 63 | 84 | 105 | 4673,378 |
| 64 | 106 | 124 | 4675,434 |
| 65 | 85 | 105 | 4675,656 |
| 66 | 81 | 101 | 4676,674 |
| 67 | 82 | 101 | 4680,462 |
| 68 | 86 | 104 | 4684,394 |
| 69 | 83 | 101 | 4686,116 |
| 70 | 86 | 103 | 4688,309 |
| 71 | 84 | 101 | 4690,170 |
| 72 | 86 | 102 | 4691,820 |
| 73 | 85 | 101 | 4692,542 |
| 74 | 86 | 106 | 4693,140 |
| 75 | 86 | 105 | 4696,587 |
| 76 | 90 | 108 | 4697,365 |
| 77 | 100 | 117 | 4698,670 |
| 78 | 86 | 101 | 4714,348 |
| 79 | 90 | 110 | 4714,933 |
| 80 | 100 | 116 | 4715,470 |
| 81 | 87 | 107 | 4722,978 |
| 82 | 95 | 113 | 4725,877 |
| 83 | 96 | 113 | 4726,010 |
| 84 | 90 | 109 | 4734,158 |
| 85 | 91 | 112 | 4737,649 |
| 86 | 97 | 113 | 4738,667 |
| 87 | 88 | 107 | 4739,726 |
| 88 | 102 | 123 | 4741,413 |
| 89 | 106 | 127 | 4742,432 |
| 90 | 89 | 107 | 4743,860 |
| 91 | 98 | 113 | 4744,210 |
| 92 | 103 | 123 | 4745,120 |
| 93 | 104 | 123 | 4749,812 |
| 94 | 92 | 112 | 4750,688 |

| Rank | Kombinacije | | Cost [€/kW] (Investment cost Carapellucci) |
|-------------|--------------------|------------|---|
| 95 | 100 | 115 | 4751,115 |
| 96 | 100 | 114 | 4753,287 |
| 97 | 99 | 113 | 4755,116 |
| 98 | 105 | 123 | 4757,820 |
| 99 | 106 | 123 | 4761,718 |
| 100 | 105 | 126 | 4762,810 |

9.2.5 Рангирање по цени одржавања и експлоатације (ЕУ)

| Rank | Kombinacije | | PT [kW] | Cost [c€/kWh] (COE Carapellucci) |
|------|-------------|-----|---------|----------------------------------|
| 1 | 87 | 108 | 683,268 | 15,364 |
| 2 | 88 | 108 | 674,571 | 15,621 |
| 3 | 89 | 108 | 672,449 | 15,685 |
| 4 | 93 | 114 | 665,797 | 15,888 |
| 5 | 89 | 110 | 659,401 | 16,088 |
| 6 | 90 | 111 | 655,083 | 16,226 |
| 7 | 99 | 120 | 653,604 | 16,273 |
| 8 | 98 | 119 | 652,657 | 16,304 |
| 9 | 88 | 109 | 651,391 | 16,345 |
| 10 | 94 | 115 | 650,115 | 16,387 |
| 11 | 89 | 109 | 649,356 | 16,411 |
| 12 | 94 | 114 | 649,065 | 16,421 |
| 13 | 97 | 118 | 647,871 | 16,460 |
| 14 | 99 | 119 | 647,129 | 16,485 |
| 15 | 98 | 118 | 645,033 | 16,554 |
| 16 | 86 | 107 | 642,144 | 16,651 |
| 17 | 96 | 117 | 640,079 | 16,720 |
| 18 | 99 | 118 | 639,502 | 16,740 |
| 19 | 97 | 117 | 633,527 | 16,945 |
| 20 | 95 | 116 | 631,224 | 17,025 |
| 21 | 96 | 116 | 631,155 | 17,027 |
| 22 | 98 | 117 | 630,687 | 17,043 |
| 23 | 92 | 113 | 629,043 | 17,101 |
| 24 | 99 | 117 | 625,151 | 17,239 |
| 25 | 97 | 116 | 624,597 | 17,259 |
| 26 | 93 | 113 | 622,496 | 17,335 |
| 27 | 98 | 116 | 621,755 | 17,361 |
| 28 | 99 | 116 | 616,214 | 17,564 |
| 29 | 100 | 121 | 613,841 | 17,652 |
| 30 | 95 | 115 | 612,782 | 17,692 |
| 31 | 96 | 115 | 612,712 | 17,694 |
| 32 | 95 | 114 | 611,710 | 17,732 |
| 33 | 96 | 114 | 611,641 | 17,734 |
| 34 | 100 | 120 | 611,435 | 17,742 |
| 35 | 81 | 102 | 606,893 | 17,914 |
| 36 | 82 | 103 | 606,713 | 17,921 |
| 37 | 97 | 115 | 606,150 | 17,943 |
| 38 | 94 | 113 | 605,752 | 17,958 |
| 39 | 83 | 104 | 605,745 | 17,958 |
| 40 | 104 | 125 | 605,383 | 17,972 |
| 41 | 97 | 114 | 605,075 | 17,984 |
| 42 | 100 | 119 | 604,858 | 17,993 |
| 43 | 82 | 102 | 604,806 | 17,995 |
| 44 | 103 | 124 | 603,927 | 18,029 |
| 45 | 83 | 103 | 603,616 | 18,041 |
| 46 | 84 | 104 | 603,538 | 18,044 |

| Rank | Kombinacije | | PT [kW] | Cost [c€/kWh] (COE Carapellucci) |
|------|-------------|------------|---------|----------------------------------|
| 47 | 98 | 115 | 603,305 | 18,053 |
| 48 | 85 | 104 | 602,251 | 18,094 |
| 49 | 98 | 114 | 602,229 | 18,094 |
| 50 | 83 | 102 | 601,708 | 18,115 |
| 51 | 104 | 124 | 601,535 | 18,122 |
| 52 | 84 | 103 | 601,407 | 18,127 |
| 53 | 105 | 125 | 601,339 | 18,129 |
| 54 | 85 | 103 | 600,119 | 18,177 |
| 55 | 84 | 102 | 599,498 | 18,201 |
| 56 | 106 | 125 | 599,385 | 18,206 |
| 57 | 85 | 102 | 598,210 | 18,252 |
| 58 | 99 | 115 | 597,760 | 18,270 |
| 59 | 105 | 124 | 597,480 | 18,281 |
| 60 | 85 | 106 | 597,260 | 18,290 |
| 61 | 100 | 118 | 597,206 | 18,292 |
| 62 | 99 | 114 | 596,681 | 18,313 |
| 63 | 84 | 105 | 596,660 | 18,314 |
| 64 | 106 | 124 | 595,520 | 18,359 |
| 65 | 85 | 105 | 595,397 | 18,364 |
| 66 | 81 | 101 | 594,834 | 18,387 |
| 67 | 82 | 101 | 592,744 | 18,471 |
| 68 | 86 | 104 | 590,583 | 18,558 |
| 69 | 83 | 101 | 589,641 | 18,597 |
| 70 | 86 | 103 | 588,442 | 18,646 |
| 71 | 84 | 101 | 587,428 | 18,688 |
| 72 | 86 | 102 | 586,530 | 18,725 |
| 73 | 85 | 101 | 586,138 | 18,741 |
| 74 | 86 | 106 | 585,813 | 18,754 |
| 75 | 86 | 105 | 583,946 | 18,832 |
| 76 | 90 | 108 | 583,526 | 18,850 |
| 77 | 100 | 117 | 582,821 | 18,879 |
| 78 | 86 | 101 | 574,441 | 19,237 |
| 79 | 90 | 110 | 574,131 | 19,251 |
| 80 | 100 | 116 | 573,847 | 19,263 |
| 81 | 87 | 107 | 569,892 | 19,437 |
| 82 | 95 | 113 | 568,373 | 19,504 |
| 83 | 96 | 113 | 568,304 | 19,507 |
| 84 | 90 | 109 | 564,063 | 19,698 |
| 85 | 91 | 112 | 562,258 | 19,780 |
| 86 | 97 | 113 | 561,733 | 19,804 |
| 87 | 88 | 107 | 561,188 | 19,829 |
| 88 | 102 | 123 | 560,320 | 19,868 |
| 89 | 106 | 127 | 559,797 | 19,892 |
| 90 | 89 | 107 | 559,064 | 19,926 |
| 91 | 98 | 113 | 558,885 | 19,935 |
| 92 | 103 | 123 | 558,419 | 19,956 |
| 93 | 104 | 123 | 556,025 | 20,068 |
| 94 | 92 | 112 | 555,579 | 20,089 |

| Rank | Kombinacije | | PT [kW] | Cost [c€/kWh] (COE Carapellucci) |
|------|-------------|------------|---------|----------------------------------|
| 95 | 100 | 115 | 555,362 | 20,099 |
| 96 | 100 | 114 | 554,259 | 20,151 |
| 97 | 99 | 113 | 553,333 | 20,194 |
| 98 | 105 | 123 | 551,967 | 20,259 |
| 99 | 106 | 123 | 550,005 | 20,353 |
| 100 | 105 | 126 | 549,457 | 20,379 |

9.2.6 Рангирање по односу АЕР и дужине цевовода

| Rank | Kombinacije | | AEP/Lp [GWh/a/km] |
|------|-------------|-----|----------------------|
| 1 | 142 | 143 | 2,633 |
| 2 | 89 | 91 | 2,196 |
| 3 | 106 | 108 | 2,116 |
| 4 | 142 | 144 | 1,576 |
| 5 | 89 | 92 | 1,421 |
| 6 | 88 | 91 | 1,394 |
| 7 | 141 | 143 | 1,374 |
| 8 | 105 | 108 | 1,333 |
| 9 | 90 | 92 | 1,227 |
| 10 | 106 | 109 | 1,142 |
| 11 | 86 | 91 | 1,067 |
| 12 | 89 | 93 | 1,065 |
| 13 | 87 | 91 | 1,053 |
| 14 | 88 | 92 | 1,045 |
| 15 | 141 | 144 | 1,034 |
| 16 | 110 | 113 | 1,022 |
| 17 | 142 | 145 | 1,003 |
| 18 | 99 | 102 | 0,977 |
| 19 | 140 | 143 | 0,957 |
| 20 | 110 | 114 | 0,927 |
| 21 | 106 | 113 | 0,924 |
| 22 | 106 | 111 | 0,921 |
| 23 | 85 | 91 | 0,911 |
| 24 | 104 | 108 | 0,903 |
| 25 | 86 | 92 | 0,899 |
| 26 | 89 | 94 | 0,894 |
| 27 | 106 | 112 | 0,892 |
| 28 | 106 | 114 | 0,885 |
| 29 | 107 | 113 | 0,874 |
| 30 | 105 | 109 | 0,867 |
| 31 | 90 | 93 | 0,853 |
| 32 | 87 | 92 | 0,852 |
| 33 | 88 | 93 | 0,845 |
| 34 | 107 | 111 | 0,842 |
| 35 | 89 | 95 | 0,842 |
| 36 | 107 | 114 | 0,839 |
| 37 | 111 | 114 | 0,836 |
| 38 | 106 | 110 | 0,834 |
| 39 | 105 | 113 | 0,830 |
| 40 | 107 | 112 | 0,827 |
| 41 | 39 | 43 | 0,819 |
| 42 | 84 | 91 | 0,809 |
| 43 | 105 | 114 | 0,806 |
| 44 | 109 | 113 | 0,804 |
| 45 | 130 | 133 | 0,800 |
| 46 | 139 | 143 | 0,797 |

| Rank | Kombinacije | | AEP/Lp [GWh/a/km] |
|------|-------------|-----|----------------------|
| | | | |
| 47 | 85 | 92 | 0,791 |
| 48 | 105 | 111 | 0,790 |
| 49 | 140 | 144 | 0,787 |
| 50 | 105 | 112 | 0,787 |
| 51 | 38 | 43 | 0,783 |
| 52 | 98 | 101 | 0,783 |
| 53 | 86 | 93 | 0,780 |
| 54 | 106 | 115 | 0,779 |
| 55 | 86 | 90 | 0,773 |
| 56 | 109 | 114 | 0,772 |
| 57 | 141 | 145 | 0,763 |
| 58 | 142 | 146 | 0,753 |
| 59 | 106 | 116 | 0,753 |
| 60 | 110 | 115 | 0,745 |
| 61 | 88 | 94 | 0,743 |
| 62 | 104 | 113 | 0,733 |
| 63 | 107 | 115 | 0,731 |
| 64 | 39 | 44 | 0,728 |
| 65 | 98 | 102 | 0,724 |
| 66 | 104 | 114 | 0,723 |
| 67 | 88 | 95 | 0,721 |
| 68 | 129 | 133 | 0,721 |
| 69 | 87 | 93 | 0,720 |
| 70 | 105 | 115 | 0,718 |
| 71 | 89 | 96 | 0,716 |
| 72 | 84 | 92 | 0,715 |
| 73 | 86 | 94 | 0,712 |
| 74 | 110 | 116 | 0,708 |
| 75 | 99 | 103 | 0,707 |
| 76 | 38 | 44 | 0,707 |
| 77 | 107 | 116 | 0,706 |
| 78 | 90 | 94 | 0,706 |
| 79 | 83 | 91 | 0,705 |
| 80 | 85 | 93 | 0,701 |
| 81 | 86 | 95 | 0,699 |
| 82 | 105 | 116 | 0,698 |
| 83 | 100 | 108 | 0,690 |
| 84 | 106 | 117 | 0,690 |
| 85 | 139 | 144 | 0,687 |
| 86 | 105 | 110 | 0,686 |
| 87 | 99 | 108 | 0,686 |
| 88 | 90 | 95 | 0,685 |
| 89 | 103 | 108 | 0,684 |
| 90 | 104 | 112 | 0,682 |
| 91 | 138 | 143 | 0,680 |
| 92 | 37 | 43 | 0,671 |
| 93 | 104 | 111 | 0,667 |
| 94 | 104 | 109 | 0,663 |

| Rank | Kombinacije | | AEP/Lp [GWh/a/km] |
|-------------|--------------------|------------|------------------------------|
| 95 | 100 | 113 | 0,659 |
| 96 | 100 | 114 | 0,657 |
| 97 | 99 | 113 | 0,656 |
| 98 | 108 | 113 | 0,656 |
| 99 | 103 | 113 | 0,655 |
| 100 | 99 | 114 | 0,655 |

9.2.7 Рангирање по дужини далековода

| Rank | Kombinacije | | Dužina dalekovoda [m] |
|------|-------------|----|-----------------------|
| 1 | 0 | 21 | 99,996 |
| 2 | 0 | 20 | 99,996 |
| 3 | 0 | 19 | 99,996 |
| 4 | 0 | 18 | 99,996 |
| 5 | 0 | 17 | 99,996 |
| 6 | 0 | 16 | 99,996 |
| 7 | 0 | 15 | 99,996 |
| 8 | 0 | 14 | 99,996 |
| 9 | 0 | 13 | 99,996 |
| 10 | 0 | 12 | 99,996 |
| 11 | 0 | 11 | 99,996 |
| 12 | 1 | 22 | 298,857 |
| 13 | 1 | 21 | 298,857 |
| 14 | 1 | 20 | 298,857 |
| 15 | 1 | 19 | 298,857 |
| 16 | 1 | 18 | 298,857 |
| 17 | 1 | 17 | 298,857 |
| 18 | 1 | 16 | 298,857 |
| 19 | 1 | 15 | 298,857 |
| 20 | 1 | 14 | 298,857 |
| 21 | 1 | 13 | 298,857 |
| 22 | 1 | 12 | 298,857 |
| 23 | 2 | 23 | 483,555 |
| 24 | 2 | 22 | 483,555 |
| 25 | 2 | 21 | 483,555 |
| 26 | 2 | 20 | 483,555 |
| 27 | 2 | 19 | 483,555 |
| 28 | 2 | 18 | 483,555 |
| 29 | 2 | 17 | 483,555 |
| 30 | 2 | 16 | 483,555 |
| 31 | 2 | 15 | 483,555 |
| 32 | 4 | 25 | 592,288 |
| 33 | 4 | 24 | 592,288 |
| 34 | 4 | 23 | 592,288 |
| 35 | 4 | 22 | 592,288 |
| 36 | 4 | 21 | 592,288 |
| 37 | 4 | 20 | 592,288 |
| 38 | 4 | 19 | 592,288 |
| 39 | 3 | 24 | 612,638 |
| 40 | 3 | 23 | 612,638 |
| 41 | 3 | 22 | 612,638 |
| 42 | 3 | 21 | 612,638 |
| 43 | 3 | 20 | 612,638 |
| 44 | 3 | 19 | 612,638 |
| 45 | 3 | 18 | 612,638 |
| 46 | 5 | 25 | 697,574 |

| Rank | Kombinacije | | Dužina dalekovoda [m] |
|------|-------------|----|-----------------------|
| 47 | 5 | 24 | 697,574 |
| 48 | 5 | 23 | 697,574 |
| 49 | 5 | 22 | 697,574 |
| 50 | 5 | 21 | 697,574 |
| 51 | 5 | 20 | 697,574 |
| 52 | 6 | 26 | 861,794 |
| 53 | 6 | 25 | 861,794 |
| 54 | 6 | 24 | 861,794 |
| 55 | 6 | 23 | 861,794 |
| 56 | 7 | 27 | 1012,471 |
| 57 | 7 | 26 | 1012,471 |
| 58 | 7 | 25 | 1012,471 |
| 59 | 7 | 24 | 1012,471 |
| 60 | 7 | 23 | 1012,471 |
| 61 | 8 | 28 | 1187,426 |
| 62 | 8 | 27 | 1187,426 |
| 63 | 8 | 26 | 1187,426 |
| 64 | 8 | 25 | 1187,426 |
| 65 | 8 | 24 | 1187,426 |
| 66 | 9 | 29 | 1347,513 |
| 67 | 9 | 28 | 1347,513 |
| 68 | 9 | 27 | 1347,513 |
| 69 | 9 | 26 | 1347,513 |
| 70 | 9 | 25 | 1347,513 |
| 71 | 10 | 30 | 1470,533 |
| 72 | 10 | 29 | 1470,533 |
| 73 | 10 | 28 | 1470,533 |
| 74 | 10 | 27 | 1470,533 |
| 75 | 14 | 34 | 1834,297 |
| 76 | 14 | 33 | 1834,297 |
| 77 | 13 | 33 | 1891,593 |
| 78 | 15 | 35 | 2017,860 |
| 79 | 15 | 34 | 2017,860 |
| 80 | 15 | 33 | 2017,860 |
| 81 | 16 | 36 | 2189,777 |
| 82 | 16 | 35 | 2189,777 |
| 83 | 16 | 34 | 2189,777 |
| 84 | 16 | 33 | 2189,777 |
| 85 | 17 | 37 | 2385,595 |
| 86 | 17 | 36 | 2385,595 |
| 87 | 17 | 35 | 2385,595 |
| 88 | 18 | 39 | 2481,350 |
| 89 | 18 | 38 | 2481,350 |
| 90 | 18 | 37 | 2481,350 |
| 91 | 18 | 36 | 2481,350 |
| 92 | 19 | 40 | 2602,328 |
| 93 | 19 | 39 | 2602,328 |
| 94 | 19 | 38 | 2602,328 |

| Rank | Kombinacije | | Dužina dalekovoda [m] |
|-------------|--------------------|-----------|------------------------------|
| 95 | 19 | 37 | 2602,328 |
| 96 | 19 | 36 | 2602,328 |
| 97 | 20 | 41 | 2783,567 |
| 98 | 20 | 40 | 2783,567 |
| 99 | 20 | 39 | 2783,567 |
| 100 | 20 | 38 | 2783,567 |

9.2.8 Рангирање по пондерисаној аритметичкој средини

| Rank | Kombinacije | | Ponderisana aritmetička sredina |
|------|-------------|-----|---------------------------------|
| 1 | 89 | 108 | 228,875 |
| 2 | 26 | 46 | 231,125 |
| 3 | 88 | 108 | 232 |
| 4 | 26 | 44 | 232,375 |
| 5 | 87 | 108 | 234,25 |
| 6 | 26 | 47 | 238 |
| 7 | 24 | 44 | 238,75 |
| 8 | 26 | 45 | 240,125 |
| 9 | 25 | 44 | 240,75 |
| 10 | 85 | 102 | 241,875 |
| 11 | 25 | 46 | 242 |
| 12 | 84 | 102 | 244,625 |
| 13 | 23 | 44 | 245,125 |
| 14 | 89 | 109 | 246,125 |
| 15 | 85 | 101 | 246,25 |
| 16 | 86 | 101 | 246,25 |
| 17 | 86 | 102 | 247 |
| 18 | 84 | 101 | 248,625 |
| 19 | 83 | 102 | 248,75 |
| 20 | 85 | 103 | 250,5 |
| 21 | 88 | 109 | 250,75 |
| 22 | 86 | 107 | 251,25 |
| 23 | 25 | 45 | 251,25 |
| 24 | 89 | 110 | 251,625 |
| 25 | 24 | 45 | 251,875 |
| 26 | 82 | 102 | 252,5 |
| 27 | 81 | 102 | 253,25 |
| 28 | 84 | 103 | 254,125 |
| 29 | 83 | 101 | 254,5 |
| 30 | 86 | 103 | 254,625 |
| 31 | 85 | 104 | 257,75 |
| 32 | 82 | 103 | 257,875 |
| 33 | 83 | 103 | 258 |
| 34 | 82 | 101 | 260 |
| 35 | 32 | 49 | 260 |
| 36 | 90 | 111 | 260,5 |
| 37 | 32 | 50 | 260,625 |
| 38 | 84 | 104 | 262,625 |
| 39 | 30 | 49 | 262,625 |
| 40 | 83 | 104 | 263,75 |
| 41 | 86 | 104 | 264,25 |
| 42 | 31 | 49 | 265 |
| 43 | 81 | 101 | 265,75 |
| 44 | 31 | 50 | 266,625 |
| 45 | 37 | 59 | 266,875 |
| 46 | 37 | 58 | 267 |

| Rank | Kombinacije | | Ponderisana aritmetička sredina |
|-------------|--------------------|------------|--|
| 47 | 38 | 60 | 267,625 |
| 48 | 22 | 43 | 267,875 |
| 49 | 38 | 59 | 268,125 |
| 50 | 38 | 58 | 268,125 |
| 51 | 32 | 48 | 268,5 |
| 52 | 36 | 59 | 268,875 |
| 53 | 28 | 48 | 268,875 |
| 54 | 93 | 114 | 269,125 |
| 55 | 36 | 58 | 269,125 |
| 56 | 30 | 50 | 269,75 |
| 57 | 23 | 43 | 269,75 |
| 58 | 28 | 49 | 269,875 |
| 59 | 35 | 57 | 270,25 |
| 60 | 32 | 53 | 271 |
| 61 | 94 | 114 | 271,125 |
| 62 | 30 | 48 | 272,25 |
| 63 | 37 | 57 | 272,625 |
| 64 | 29 | 49 | 274,375 |
| 65 | 27 | 48 | 274,5 |
| 66 | 36 | 57 | 274,625 |
| 67 | 24 | 43 | 274,625 |
| 68 | 31 | 48 | 274,875 |
| 69 | 39 | 61 | 275,25 |
| 70 | 96 | 114 | 278,125 |
| 71 | 26 | 43 | 278,25 |
| 72 | 99 | 116 | 278,375 |
| 73 | 87 | 102 | 278,375 |
| 74 | 97 | 114 | 278,625 |
| 75 | 29 | 50 | 278,625 |
| 76 | 32 | 54 | 278,75 |
| 77 | 85 | 105 | 279,625 |
| 78 | 31 | 53 | 279,625 |
| 79 | 98 | 116 | 280,25 |
| 80 | 98 | 114 | 280,25 |
| 81 | 94 | 115 | 280,5 |
| 82 | 93 | 113 | 280,625 |
| 83 | 90 | 108 | 280,875 |
| 84 | 38 | 57 | 281,25 |
| 85 | 29 | 48 | 281,375 |
| 86 | 32 | 51 | 281,5 |
| 87 | 86 | 105 | 281,875 |
| 88 | 89 | 102 | 282 |
| 89 | 99 | 117 | 282,25 |
| 90 | 97 | 116 | 283,125 |
| 91 | 84 | 105 | 283,5 |
| 92 | 92 | 113 | 283,625 |
| 93 | 94 | 113 | 283,625 |
| 94 | 88 | 102 | 283,625 |

| Rank | Kombinacije | | Ponderisana aritmetička sredina |
|-------------|--------------------|------------|--|
| 95 | 95 | 114 | 283,75 |
| 96 | 39 | 60 | 284 |
| 97 | 98 | 117 | 284,625 |
| 98 | 99 | 118 | 285 |
| 99 | 96 | 116 | 285,5 |
| 100 | 85 | 106 | 285,5 |

9.2.9 Сумарни приказ резултата рангирања

| Rank | Kombinacija | | kW | price of kW | Q_T | Inestment cost (Carapellucci) | COE (Carapellucci) | AEP / Lp | Dužina dalekovoda | Ponderisana aritmetička sredina |
|------|-------------|-----|----|-------------|------|-------------------------------|--------------------|----------|-------------------|---------------------------------|
| 1 | 87 | 108 | 1 | 1 | 871 | 1 | 1 | 257 | 741 | 5 |
| 2 | 88 | 108 | 2 | 2 | 872 | 2 | 2 | 216 | 759 | 3 |
| 3 | 89 | 108 | 3 | 3 | 873 | 3 | 3 | 167 | 778 | 1 |
| 4 | 93 | 114 | 4 | 4 | 983 | 4 | 4 | 310 | 843 | 54 |
| 5 | 89 | 110 | 5 | 5 | 910 | 5 | 5 | 303 | 779 | 24 |
| 6 | 90 | 111 | 6 | 6 | 928 | 6 | 6 | 333 | 798 | 36 |
| 7 | 99 | 120 | 7 | 7 | 1084 | 7 | 7 | 311 | 942 | 123 |
| 8 | 98 | 119 | 8 | 8 | 1069 | 8 | 8 | 313 | 923 | 121 |
| 9 | 88 | 109 | 9 | 9 | 891 | 9 | 9 | 318 | 760 | 21 |
| 10 | 94 | 115 | 10 | 10 | 1002 | 10 | 10 | 344 | 857 | 81 |
| 11 | 89 | 109 | 11 | 11 | 892 | 11 | 11 | 252 | 780 | 14 |
| 12 | 94 | 114 | 12 | 12 | 984 | 12 | 12 | 278 | 858 | 61 |
| 13 | 97 | 118 | 13 | 13 | 1053 | 13 | 13 | 321 | 905 | 118 |
| 14 | 99 | 119 | 14 | 14 | 1070 | 14 | 14 | 255 | 943 | 114 |
| 15 | 98 | 118 | 15 | 15 | 1054 | 15 | 15 | 259 | 924 | 104 |
| 16 | 86 | 107 | 16 | 16 | 856 | 16 | 16 | 366 | 723 | 22 |
| 17 | 96 | 117 | 17 | 17 | 1037 | 17 | 17 | 342 | 888 | 120 |
| 18 | 99 | 118 | 18 | 18 | 1055 | 18 | 18 | 208 | 944 | 98 |
| 19 | 97 | 117 | 19 | 19 | 1038 | 19 | 19 | 284 | 906 | 107 |
| 20 | 95 | 116 | 20 | 20 | 1020 | 20 | 20 | 354 | 872 | 116 |
| 21 | 96 | 116 | 21 | 21 | 1021 | 21 | 21 | 289 | 889 | 99 |
| 22 | 98 | 117 | 22 | 22 | 1039 | 22 | 22 | 224 | 925 | 97 |
| 23 | 92 | 113 | 23 | 23 | 964 | 23 | 23 | 382 | 830 | 92 |
| 24 | 99 | 117 | 24 | 24 | 1040 | 24 | 24 | 176 | 945 | 89 |
| 25 | 97 | 116 | 25 | 25 | 1022 | 25 | 25 | 235 | 907 | 90 |
| 26 | 93 | 113 | 26 | 26 | 965 | 26 | 26 | 331 | 844 | 82 |

| Rank | Kombinacija | | kW | price of kW | Q_T | Inestment cost (Carapellucci) | COE (Carapellucci) | AEP / Lp | Dužina dalekovoda | Ponderisana aritmetička sredina |
|------|-------------|------------|----|-------------|------|-------------------------------|--------------------|----------|-------------------|---------------------------------|
| 27 | 98 | 116 | 27 | 27 | 1023 | 27 | 27 | 184 | 926 | 79 |
| 28 | 99 | 116 | 28 | 28 | 1024 | 28 | 28 | 144 | 946 | 72 |
| 29 | 100 | 121 | 29 | 29 | 1098 | 29 | 29 | 395 | 961 | 163 |
| 30 | 95 | 115 | 30 | 30 | 1003 | 30 | 30 | 350 | 873 | 122 |
| 31 | 96 | 115 | 31 | 31 | 1004 | 31 | 31 | 279 | 890 | 105 |
| 32 | 95 | 114 | 32 | 32 | 985 | 32 | 32 | 282 | 874 | 95 |
| 33 | 96 | 114 | 33 | 33 | 986 | 33 | 33 | 215 | 891 | 70 |
| 34 | 100 | 120 | 34 | 34 | 1085 | 34 | 34 | 329 | 962 | 154 |
| 35 | 81 | 102 | 35 | 35 | 771 | 35 | 35 | 466 | 648 | 27 |
| 36 | 82 | 103 | 36 | 36 | 790 | 36 | 36 | 467 | 661 | 32 |
| 37 | 97 | 115 | 37 | 37 | 1005 | 37 | 37 | 225 | 908 | 102 |
| 38 | 94 | 113 | 38 | 38 | 966 | 38 | 38 | 291 | 859 | 93 |
| 39 | 83 | 104 | 39 | 39 | 808 | 39 | 39 | 470 | 675 | 40 |
| 40 | 104 | 125 | 40 | 40 | 1149 | 40 | 40 | 429 | 1024 | 203 |
| 41 | 97 | 114 | 41 | 41 | 987 | 41 | 41 | 168 | 909 | 74 |
| 42 | 100 | 119 | 42 | 42 | 1071 | 42 | 42 | 271 | 963 | 147 |
| 43 | 82 | 102 | 43 | 43 | 772 | 43 | 43 | 413 | 662 | 26 |
| 44 | 103 | 124 | 44 | 44 | 1135 | 44 | 44 | 450 | 1007 | 205 |
| 45 | 83 | 103 | 45 | 45 | 791 | 45 | 45 | 416 | 676 | 33 |
| 46 | 84 | 104 | 46 | 46 | 809 | 46 | 46 | 417 | 690 | 38 |
| 47 | 98 | 115 | 47 | 47 | 1006 | 47 | 47 | 172 | 927 | 103 |
| 48 | 85 | 104 | 48 | 48 | 810 | 48 | 48 | 353 | 706 | 31 |
| 49 | 98 | 114 | 49 | 49 | 988 | 49 | 49 | 129 | 928 | 80 |
| 50 | 83 | 102 | 50 | 50 | 773 | 50 | 50 | 339 | 677 | 19 |
| 51 | 104 | 124 | 51 | 51 | 1136 | 51 | 51 | 380 | 1025 | 195 |
| 52 | 84 | 103 | 52 | 52 | 792 | 52 | 52 | 341 | 691 | 28 |
| 53 | 105 | 125 | 53 | 53 | 1150 | 53 | 53 | 361 | 1042 | 204 |
| 54 | 85 | 103 | 54 | 54 | 793 | 54 | 54 | 287 | 707 | 20 |

| Rank | Kombinacija | | kW | price of kW | Q_T | Inestment cost (Carapellucci) | COE (Carapellucci) | AEP / Lp | Dužina dalekovoda | Ponderisana aritmetička sredina |
|------|-------------|------------|----|-------------|------|-------------------------------|--------------------|----------|-------------------|---------------------------------|
| 55 | 84 | 102 | 55 | 55 | 774 | 55 | 55 | 270 | 692 | 12 |
| 56 | 106 | 125 | 56 | 56 | 1151 | 56 | 56 | 312 | 1061 | 197 |
| 57 | 85 | 102 | 57 | 57 | 775 | 57 | 57 | 223 | 708 | 10 |
| 58 | 99 | 115 | 58 | 58 | 1007 | 58 | 58 | 133 | 947 | 112 |
| 59 | 105 | 124 | 59 | 59 | 1137 | 59 | 59 | 320 | 1043 | 191 |
| 60 | 85 | 106 | 60 | 60 | 841 | 60 | 60 | 493 | 709 | 100 |
| 61 | 100 | 118 | 61 | 61 | 1056 | 61 | 61 | 221 | 964 | 148 |
| 62 | 99 | 114 | 62 | 62 | 989 | 62 | 62 | 100 | 948 | 101 |
| 63 | 84 | 105 | 63 | 63 | 825 | 63 | 63 | 497 | 693 | 91 |
| 64 | 106 | 124 | 64 | 64 | 1138 | 64 | 64 | 274 | 1062 | 190 |
| 65 | 85 | 105 | 65 | 65 | 826 | 65 | 65 | 440 | 710 | 77 |
| 66 | 81 | 101 | 66 | 66 | 753 | 66 | 66 | 459 | 649 | 43 |
| 67 | 82 | 101 | 67 | 67 | 754 | 67 | 67 | 394 | 663 | 34 |
| 68 | 86 | 104 | 68 | 68 | 811 | 68 | 68 | 306 | 724 | 41 |
| 69 | 83 | 101 | 69 | 69 | 755 | 69 | 69 | 326 | 678 | 29 |
| 70 | 86 | 103 | 70 | 70 | 794 | 70 | 70 | 237 | 725 | 30 |
| 71 | 84 | 101 | 71 | 71 | 756 | 71 | 71 | 254 | 694 | 18 |
| 72 | 86 | 102 | 72 | 72 | 776 | 72 | 72 | 185 | 726 | 17 |
| 73 | 85 | 101 | 73 | 73 | 757 | 73 | 73 | 209 | 711 | 15 |
| 74 | 86 | 106 | 74 | 74 | 842 | 74 | 74 | 446 | 727 | 108 |
| 75 | 86 | 105 | 75 | 75 | 827 | 75 | 75 | 399 | 728 | 87 |
| 76 | 90 | 108 | 76 | 76 | 874 | 76 | 76 | 269 | 799 | 83 |
| 77 | 100 | 117 | 77 | 77 | 1041 | 77 | 77 | 186 | 965 | 151 |
| 78 | 86 | 101 | 78 | 78 | 758 | 78 | 78 | 170 | 729 | 16 |
| 79 | 90 | 110 | 79 | 79 | 911 | 79 | 79 | 436 | 800 | 143 |
| 80 | 100 | 116 | 80 | 80 | 1025 | 80 | 80 | 151 | 966 | 142 |
| 81 | 87 | 107 | 81 | 81 | 857 | 81 | 81 | 453 | 742 | 126 |
| 82 | 95 | 113 | 82 | 82 | 967 | 82 | 82 | 300 | 875 | 146 |

| Rank | Kombinacija | | kW | price of kW | Q_T | Inestment cost (Carapellucci) | COE (Carapellucci) | AEP / Lp | Dužina dalekovoda | Ponderisana aritmetička sredina |
|------|-------------|------------|-----|-------------|------|-------------------------------|--------------------|----------|-------------------|---------------------------------|
| 83 | 96 | 113 | 83 | 83 | 968 | 83 | 83 | 227 | 892 | 136 |
| 84 | 90 | 109 | 84 | 84 | 893 | 84 | 84 | 384 | 801 | 134 |
| 85 | 91 | 112 | 85 | 85 | 946 | 85 | 85 | 531 | 818 | 178 |
| 86 | 97 | 113 | 86 | 86 | 969 | 86 | 86 | 175 | 910 | 129 |
| 87 | 88 | 107 | 87 | 87 | 858 | 87 | 87 | 410 | 761 | 127 |
| 88 | 102 | 123 | 88 | 88 | 1123 | 88 | 88 | 547 | 991 | 247 |
| 89 | 106 | 127 | 89 | 89 | 1175 | 89 | 89 | 541 | 1063 | 307 |
| 90 | 89 | 107 | 90 | 90 | 859 | 90 | 90 | 328 | 781 | 117 |
| 91 | 98 | 113 | 91 | 91 | 970 | 91 | 91 | 132 | 929 | 128 |
| 92 | 103 | 123 | 92 | 92 | 1124 | 92 | 92 | 488 | 1008 | 237 |
| 93 | 104 | 123 | 93 | 93 | 1125 | 93 | 93 | 421 | 1026 | 225 |
| 94 | 92 | 112 | 94 | 94 | 947 | 94 | 94 | 484 | 831 | 179 |
| 95 | 100 | 115 | 95 | 95 | 1008 | 95 | 95 | 134 | 967 | 149 |
| 96 | 100 | 114 | 96 | 96 | 990 | 96 | 96 | 96 | 968 | 140 |
| 97 | 99 | 113 | 97 | 97 | 971 | 97 | 97 | 97 | 949 | 131 |
| 98 | 105 | 123 | 98 | 98 | 1126 | 98 | 98 | 349 | 1044 | 220 |
| 99 | 106 | 123 | 99 | 99 | 1127 | 99 | 99 | 293 | 1064 | 218 |
| 100 | 105 | 126 | 100 | 100 | 1162 | 100 | 100 | 551 | 1045 | 317 |

9.3 Докјиначка река

9.3.1 Рангирање по годишњој производњи електричне енергије

| Rank | Kombinacije | | PT [kW] | AEP [GWh/a] |
|------|-------------|----|----------|-------------|
| 1 | 0 | 19 | 1772.076 | 5.237 |
| 2 | 0 | 18 | 1713.514 | 5.064 |
| 3 | 0 | 17 | 1612.108 | 4.764 |
| 4 | 0 | 16 | 1570.382 | 4.641 |
| 5 | 1 | 19 | 1509.570 | 4.461 |
| 6 | 2 | 19 | 1466.556 | 4.334 |
| 7 | 1 | 18 | 1456.027 | 4.303 |
| 8 | 3 | 19 | 1415.332 | 4.182 |
| 9 | 2 | 18 | 1413.835 | 4.178 |
| 10 | 4 | 19 | 1408.082 | 4.161 |
| 11 | 24 | 44 | 1380.317 | 4.079 |
| 12 | 46 | 66 | 1378.798 | 4.074 |
| 13 | 20 | 40 | 1377.209 | 4.070 |
| 14 | 21 | 41 | 1371.188 | 4.052 |
| 15 | 21 | 40 | 1364.648 | 4.033 |
| 16 | 3 | 18 | 1363.591 | 4.029 |
| 17 | 4 | 18 | 1356.479 | 4.008 |
| 18 | 0 | 15 | 1354.440 | 4.002 |
| 19 | 1 | 17 | 1353.731 | 4.000 |
| 20 | 48 | 68 | 1351.076 | 3.992 |
| 21 | 50 | 70 | 1341.427 | 3.964 |
| 22 | 49 | 69 | 1341.359 | 3.964 |
| 23 | 32 | 52 | 1326.073 | 3.919 |
| 24 | 15 | 35 | 1319.854 | 3.900 |
| 25 | 1 | 16 | 1311.838 | 3.877 |
| 26 | 2 | 17 | 1311.394 | 3.875 |
| 27 | 45 | 65 | 1311.322 | 3.875 |
| 28 | 43 | 63 | 1308.975 | 3.868 |
| 29 | 0 | 14 | 1307.970 | 3.865 |
| 30 | 51 | 71 | 1304.718 | 3.855 |
| 31 | 5 | 19 | 1302.797 | 3.850 |
| 32 | 30 | 50 | 1302.092 | 3.848 |
| 33 | 49 | 68 | 1295.955 | 3.830 |
| 34 | 44 | 64 | 1292.727 | 3.820 |
| 35 | 51 | 70 | 1288.788 | 3.808 |
| 36 | 18 | 38 | 1288.717 | 3.808 |
| 37 | 46 | 65 | 1287.668 | 3.805 |
| 38 | 47 | 67 | 1281.690 | 3.787 |
| 39 | 23 | 43 | 1281.120 | 3.786 |
| 40 | 29 | 49 | 1275.680 | 3.770 |
| 41 | 19 | 38 | 1274.876 | 3.767 |
| 42 | 22 | 41 | 1274.046 | 3.765 |
| 43 | 19 | 39 | 1273.804 | 3.764 |
| 44 | 24 | 43 | 1272.433 | 3.760 |
| 45 | 48 | 67 | 1271.077 | 3.756 |

| Rank | Kombinacije | | PT [kW] | AEP [GWh/a] |
|------|-------------|----|----------|-------------|
| 46 | 42 | 62 | 1270.742 | 3.755 |
| 47 | 2 | 16 | 1269.474 | 3.751 |
| 48 | 41 | 61 | 1269.049 | 3.750 |
| 49 | 31 | 51 | 1268.965 | 3.750 |
| 50 | 22 | 42 | 1268.772 | 3.749 |
| 51 | 33 | 53 | 1267.247 | 3.745 |
| 52 | 22 | 40 | 1266.513 | 3.743 |
| 53 | 63 | 83 | 1265.962 | 3.741 |
| 54 | 27 | 47 | 1265.762 | 3.740 |
| 55 | 25 | 44 | 1261.956 | 3.729 |
| 56 | 3 | 17 | 1260.976 | 3.726 |
| 57 | 42 | 61 | 1260.655 | 3.725 |
| 58 | 26 | 44 | 1259.167 | 3.721 |
| 59 | 54 | 74 | 1259.073 | 3.721 |
| 60 | 58 | 78 | 1258.792 | 3.720 |
| 61 | 50 | 69 | 1258.141 | 3.718 |
| 62 | 33 | 52 | 1257.463 | 3.716 |
| 63 | 17 | 37 | 1257.427 | 3.716 |
| 64 | 37 | 57 | 1257.002 | 3.714 |
| 65 | 4 | 17 | 1253.839 | 3.705 |
| 66 | 5 | 18 | 1253.207 | 3.703 |
| 67 | 62 | 82 | 1249.330 | 3.692 |
| 68 | 45 | 64 | 1249.111 | 3.691 |
| 69 | 34 | 54 | 1248.907 | 3.691 |
| 70 | 65 | 85 | 1247.658 | 3.687 |
| 71 | 43 | 61 | 1247.287 | 3.686 |
| 72 | 35 | 55 | 1242.799 | 3.673 |
| 73 | 68 | 88 | 1242.633 | 3.672 |
| 74 | 39 | 59 | 1242.588 | 3.672 |
| 75 | 23 | 41 | 1241.024 | 3.667 |
| 76 | 67 | 87 | 1239.135 | 3.662 |
| 77 | 23 | 42 | 1236.154 | 3.653 |
| 78 | 36 | 56 | 1235.557 | 3.651 |
| 79 | 47 | 66 | 1235.011 | 3.650 |
| 80 | 26 | 46 | 1234.941 | 3.649 |
| 81 | 23 | 40 | 1233.153 | 3.644 |
| 82 | 24 | 41 | 1232.204 | 3.641 |
| 83 | 57 | 77 | 1231.899 | 3.640 |
| 84 | 0 | 13 | 1231.828 | 3.640 |
| 85 | 43 | 62 | 1231.788 | 3.640 |
| 86 | 34 | 53 | 1231.110 | 3.638 |
| 87 | 64 | 84 | 1230.208 | 3.635 |
| 88 | 32 | 51 | 1227.905 | 3.629 |
| 89 | 24 | 42 | 1227.442 | 3.627 |
| 90 | 46 | 64 | 1225.089 | 3.620 |
| 91 | 48 | 66 | 1224.314 | 3.618 |
| 92 | 24 | 40 | 1224.243 | 3.618 |
| 93 | 60 | 80 | 1221.940 | 3.611 |
| 94 | 44 | 63 | 1221.779 | 3.610 |

| Rank | Kombinacije | | PT [kW] | AEP [GWh/a] |
|------|-------------|-----------|----------|-------------|
| 95 | 34 | 52 | 1220.844 | 3.608 |
| 96 | 28 | 48 | 1220.667 | 3.607 |
| 97 | 3 | 16 | 1219.023 | 3.602 |
| 98 | 56 | 76 | 1217.784 | 3.599 |
| 99 | 20 | 38 | 1217.638 | 3.598 |

9.3.2 Рангирање по инвестиционој цени (Република Србија)

| Rank | Kombinacije | | Cost [€/kW] |
|------|-------------|----|-------------|
| 1 | 46 | 66 | 3312.120 |
| 2 | 48 | 68 | 3314.892 |
| 3 | 50 | 70 | 3315.857 |
| 4 | 49 | 69 | 3315.864 |
| 5 | 32 | 52 | 3317.393 |
| 6 | 45 | 65 | 3318.868 |
| 7 | 43 | 63 | 3319.102 |
| 8 | 51 | 71 | 3319.528 |
| 9 | 49 | 68 | 3320.405 |
| 10 | 44 | 64 | 3320.727 |
| 11 | 51 | 70 | 3321.121 |
| 12 | 46 | 65 | 3321.233 |
| 13 | 47 | 67 | 3321.831 |
| 14 | 48 | 67 | 3322.892 |
| 15 | 42 | 62 | 3322.926 |
| 16 | 41 | 61 | 3323.095 |
| 17 | 63 | 83 | 3323.404 |
| 18 | 42 | 61 | 3323.935 |
| 19 | 54 | 74 | 3324.093 |
| 20 | 58 | 78 | 3324.121 |
| 21 | 50 | 69 | 3324.186 |
| 22 | 62 | 82 | 3325.067 |
| 23 | 45 | 64 | 3325.089 |
| 24 | 65 | 85 | 3325.234 |
| 25 | 68 | 88 | 3325.737 |
| 26 | 39 | 59 | 3325.741 |
| 27 | 67 | 87 | 3326.087 |
| 28 | 47 | 66 | 3326.499 |
| 29 | 57 | 77 | 3326.810 |
| 30 | 43 | 62 | 3326.821 |
| 31 | 64 | 84 | 3326.979 |
| 32 | 46 | 64 | 3327.491 |
| 33 | 48 | 66 | 3327.569 |
| 34 | 60 | 80 | 3327.806 |
| 35 | 44 | 63 | 3327.822 |
| 36 | 56 | 76 | 3328.222 |
| 37 | 49 | 67 | 3328.414 |
| 38 | 66 | 86 | 3328.424 |
| 39 | 75 | 95 | 3328.554 |
| 40 | 50 | 68 | 3328.755 |
| 41 | 53 | 73 | 3328.994 |
| 42 | 64 | 83 | 3329.288 |
| 43 | 69 | 88 | 3329.395 |
| 44 | 51 | 69 | 3329.457 |
| 45 | 59 | 78 | 3329.830 |
| 46 | 52 | 72 | 3329.831 |
| 47 | 58 | 77 | 3330.285 |

| Rank | Kombinacije | | Cost [€/kW] |
|------|-------------|-----|-------------|
| 48 | 52 | 71 | 3330.378 |
| 49 | 54 | 73 | 3331.057 |
| 50 | 63 | 82 | 3331.070 |
| 51 | 61 | 81 | 3331.124 |
| 52 | 55 | 75 | 3331.478 |
| 53 | 53 | 72 | 3331.935 |
| 54 | 68 | 87 | 3332.125 |
| 55 | 52 | 70 | 3332.358 |
| 56 | 66 | 85 | 3332.581 |
| 57 | 53 | 71 | 3332.589 |
| 58 | 67 | 86 | 3332.656 |
| 59 | 65 | 84 | 3333.099 |
| 60 | 59 | 79 | 3333.243 |
| 61 | 62 | 81 | 3333.491 |
| 62 | 56 | 75 | 3333.560 |
| 63 | 54 | 72 | 3334.009 |
| 64 | 60 | 78 | 3334.338 |
| 65 | 55 | 74 | 3334.340 |
| 66 | 54 | 71 | 3334.769 |
| 67 | 76 | 95 | 3334.917 |
| 68 | 65 | 83 | 3335.444 |
| 69 | 70 | 88 | 3335.646 |
| 70 | 69 | 87 | 3335.798 |
| 71 | 73 | 93 | 3335.996 |
| 72 | 59 | 77 | 3335.998 |
| 73 | 69 | 89 | 3336.234 |
| 74 | 57 | 76 | 3336.316 |
| 75 | 56 | 74 | 3336.438 |
| 76 | 61 | 80 | 3336.697 |
| 77 | 67 | 85 | 3336.863 |
| 78 | 64 | 82 | 3337.015 |
| 79 | 74 | 94 | 3337.071 |
| 80 | 60 | 79 | 3337.352 |
| 81 | 68 | 86 | 3338.838 |
| 82 | 62 | 80 | 3339.070 |
| 83 | 75 | 94 | 3339.457 |
| 84 | 63 | 81 | 3339.545 |
| 85 | 58 | 76 | 3339.799 |
| 86 | 71 | 88 | 3340.241 |
| 87 | 84 | 104 | 3340.451 |
| 88 | 66 | 84 | 3340.464 |
| 89 | 74 | 93 | 3340.478 |
| 90 | 60 | 77 | 3340.509 |
| 91 | 77 | 95 | 3341.192 |
| 92 | 55 | 73 | 3341.322 |
| 93 | 70 | 89 | 3341.769 |
| 94 | 57 | 75 | 3341.988 |
| 95 | 70 | 87 | 3342.076 |
| 96 | 71 | 91 | 3342.263 |

| Rank | Kombinacije | | Cost [€/kW] |
|-------------|--------------------|-----------|--------------------|
| 97 | 69 | 86 | 3342.598 |
| 98 | 66 | 83 | 3342.852 |
| 99 | 75 | 93 | 3342.877 |
| 100 | 68 | 85 | 3343.119 |

9.3.3 Рангирање по инсталисаном протоку

| Rank | Kombinacije | | Q_T [m ³ /s] |
|------|-------------|----|-------------------------|
| 1 | 0 | 19 | 3.971 |
| 2 | 1 | 19 | 3.971 |
| 3 | 2 | 19 | 3.971 |
| 4 | 3 | 19 | 3.971 |
| 5 | 4 | 19 | 3.971 |
| 6 | 5 | 19 | 3.971 |
| 7 | 6 | 19 | 3.971 |
| 8 | 7 | 19 | 3.971 |
| 9 | 8 | 19 | 3.971 |
| 10 | 9 | 19 | 3.971 |
| 11 | 10 | 19 | 3.971 |
| 12 | 11 | 19 | 3.971 |
| 13 | 12 | 19 | 3.971 |
| 14 | 13 | 19 | 3.971 |
| 15 | 14 | 19 | 3.971 |
| 16 | 15 | 19 | 3.971 |
| 17 | 0 | 3 | 3.969 |
| 18 | 0 | 4 | 3.967 |
| 19 | 0 | 5 | 3.963 |
| 20 | 0 | 6 | 3.959 |
| 21 | 1 | 6 | 3.959 |
| 22 | 2 | 6 | 3.959 |
| 23 | 0 | 7 | 3.955 |
| 24 | 1 | 7 | 3.955 |
| 25 | 2 | 7 | 3.955 |
| 26 | 0 | 8 | 3.953 |
| 27 | 1 | 8 | 3.953 |
| 28 | 2 | 8 | 3.953 |
| 29 | 3 | 8 | 3.953 |
| 30 | 4 | 8 | 3.953 |
| 31 | 0 | 9 | 3.951 |
| 32 | 1 | 9 | 3.951 |
| 33 | 2 | 9 | 3.951 |
| 34 | 3 | 9 | 3.951 |
| 35 | 4 | 9 | 3.951 |
| 36 | 5 | 9 | 3.951 |
| 37 | 0 | 10 | 3.950 |
| 38 | 1 | 10 | 3.950 |
| 39 | 2 | 10 | 3.950 |
| 40 | 3 | 10 | 3.950 |
| 41 | 4 | 10 | 3.950 |
| 42 | 5 | 10 | 3.950 |
| 43 | 0 | 11 | 3.940 |
| 44 | 1 | 11 | 3.940 |
| 45 | 2 | 11 | 3.940 |
| 46 | 3 | 11 | 3.940 |
| 47 | 4 | 11 | 3.940 |

| Rank | Kombinacije | | Q _T [m ³ /s] |
|------|-------------|----|------------------------------------|
| 48 | 5 | 11 | 3.940 |
| 49 | 6 | 11 | 3.940 |
| 50 | 7 | 11 | 3.940 |
| 51 | 8 | 11 | 3.940 |
| 52 | 0 | 12 | 3.939 |
| 53 | 1 | 12 | 3.939 |
| 54 | 2 | 12 | 3.939 |
| 55 | 3 | 12 | 3.939 |
| 56 | 4 | 12 | 3.939 |
| 57 | 5 | 12 | 3.939 |
| 58 | 6 | 12 | 3.939 |
| 59 | 7 | 12 | 3.939 |
| 60 | 8 | 12 | 3.939 |
| 61 | 0 | 13 | 3.937 |
| 62 | 1 | 13 | 3.937 |
| 63 | 2 | 13 | 3.937 |
| 64 | 3 | 13 | 3.937 |
| 65 | 4 | 13 | 3.937 |
| 66 | 5 | 13 | 3.937 |
| 67 | 6 | 13 | 3.937 |
| 68 | 7 | 13 | 3.937 |
| 69 | 8 | 13 | 3.937 |
| 70 | 0 | 14 | 3.924 |
| 71 | 1 | 14 | 3.924 |
| 72 | 2 | 14 | 3.924 |
| 73 | 3 | 14 | 3.924 |
| 74 | 4 | 14 | 3.924 |
| 75 | 5 | 14 | 3.924 |
| 76 | 6 | 14 | 3.924 |
| 77 | 7 | 14 | 3.924 |
| 78 | 8 | 14 | 3.924 |
| 79 | 9 | 14 | 3.924 |
| 80 | 0 | 15 | 3.924 |
| 81 | 1 | 15 | 3.924 |
| 82 | 2 | 15 | 3.924 |
| 83 | 3 | 15 | 3.924 |
| 84 | 4 | 15 | 3.924 |
| 85 | 5 | 15 | 3.924 |
| 86 | 6 | 15 | 3.924 |
| 87 | 7 | 15 | 3.924 |
| 88 | 8 | 15 | 3.924 |
| 89 | 9 | 15 | 3.924 |
| 90 | 10 | 15 | 3.924 |
| 91 | 0 | 16 | 3.911 |
| 92 | 1 | 16 | 3.911 |
| 93 | 2 | 16 | 3.911 |
| 94 | 3 | 16 | 3.911 |
| 95 | 4 | 16 | 3.911 |
| 96 | 5 | 16 | 3.911 |

| Rank | Kombinacije | | Q_T [m ³ /s] |
|------|-------------|----|-------------------------|
| 97 | 6 | 16 | 3.911 |
| 98 | 7 | 16 | 3.911 |
| 99 | 8 | 16 | 3.911 |
| 100 | 9 | 16 | 3.911 |

9.3.4 Рангирање по инвестиционој цени (ЕУ)

| Rank | Kombinacije | | Cost [€/kW] (Investment cost Carapellucci) |
|------|-------------|-----|--|
| 1 | 63 | 83 | 3624.928 |
| 2 | 62 | 82 | 3634.529 |
| 3 | 65 | 85 | 3635.503 |
| 4 | 0 | 19 | 3638.289 |
| 5 | 68 | 88 | 3638.438 |
| 6 | 67 | 87 | 3640.490 |
| 7 | 64 | 84 | 3645.758 |
| 8 | 60 | 80 | 3650.679 |
| 9 | 66 | 86 | 3654.382 |
| 10 | 75 | 95 | 3655.164 |
| 11 | 64 | 83 | 3659.596 |
| 12 | 69 | 88 | 3660.245 |
| 13 | 0 | 18 | 3666.519 |
| 14 | 63 | 82 | 3670.501 |
| 15 | 61 | 81 | 3670.833 |
| 16 | 68 | 87 | 3677.048 |
| 17 | 66 | 85 | 3679.897 |
| 18 | 67 | 86 | 3680.370 |
| 19 | 65 | 84 | 3683.156 |
| 20 | 59 | 79 | 3684.063 |
| 21 | 62 | 81 | 3685.630 |
| 22 | 76 | 95 | 3694.722 |
| 23 | 65 | 83 | 3698.110 |
| 24 | 70 | 88 | 3699.420 |
| 25 | 69 | 87 | 3700.403 |
| 26 | 73 | 93 | 3701.683 |
| 27 | 69 | 89 | 3703.232 |
| 28 | 67 | 85 | 3707.345 |
| 29 | 74 | 94 | 3708.708 |
| 30 | 0 | 17 | 3718.326 |
| 31 | 68 | 86 | 3720.420 |
| 32 | 75 | 94 | 3724.582 |
| 33 | 71 | 88 | 3729.885 |
| 34 | 84 | 104 | 3731.318 |
| 35 | 74 | 93 | 3731.497 |
| 36 | 77 | 95 | 3736.387 |
| 37 | 70 | 89 | 3740.357 |
| 38 | 0 | 16 | 3740.821 |
| 39 | 71 | 91 | 3743.780 |
| 40 | 75 | 93 | 3748.067 |
| 41 | 81 | 101 | 3759.391 |
| 42 | 72 | 92 | 3759.747 |
| 43 | 85 | 104 | 3761.661 |
| 44 | 78 | 95 | 3764.569 |
| 45 | 85 | 105 | 3765.718 |
| 46 | 70 | 90 | 3766.631 |

| Rank | Kombinacije | | Cost [€/kW] (Investment cost Carapellucci) |
|------|-------------|------------|--|
| 47 | 83 | 103 | 3768.212 |
| 48 | 71 | 89 | 3769.124 |
| 49 | 76 | 94 | 3769.892 |
| 50 | 72 | 91 | 3771.897 |
| 51 | 79 | 99 | 3773.782 |
| 52 | 1 | 19 | 3774.956 |
| 53 | 73 | 92 | 3775.843 |
| 54 | 82 | 102 | 3777.830 |
| 55 | 78 | 98 | 3778.489 |
| 56 | 84 | 103 | 3779.980 |
| 57 | 86 | 104 | 3783.417 |
| 58 | 80 | 100 | 3785.903 |
| 59 | 86 | 105 | 3786.402 |
| 60 | 77 | 97 | 3787.900 |
| 61 | 73 | 91 | 3788.327 |
| 62 | 71 | 90 | 3793.329 |
| 63 | 76 | 93 | 3795.454 |
| 64 | 76 | 96 | 3797.186 |
| 65 | 82 | 101 | 3797.395 |
| 66 | 150 | 170 | 3799.528 |
| 67 | 2 | 19 | 3800.138 |
| 68 | 144 | 164 | 3800.465 |
| 69 | 79 | 95 | 3802.211 |
| 70 | 146 | 166 | 3802.483 |
| 71 | 72 | 89 | 3802.565 |
| 72 | 1 | 18 | 3806.441 |
| 73 | 79 | 98 | 3809.435 |
| 74 | 74 | 92 | 3809.614 |
| 75 | 81 | 100 | 3810.347 |
| 76 | 78 | 97 | 3812.783 |
| 77 | 85 | 103 | 3813.035 |
| 78 | 83 | 102 | 3813.960 |
| 79 | 80 | 99 | 3815.112 |
| 80 | 149 | 169 | 3815.666 |
| 81 | 86 | 106 | 3816.136 |
| 82 | 145 | 165 | 3817.244 |
| 83 | 148 | 168 | 3817.869 |
| 84 | 77 | 94 | 3818.018 |
| 85 | 147 | 167 | 3821.798 |
| 86 | 73 | 89 | 3822.233 |
| 87 | 87 | 104 | 3822.551 |
| 88 | 74 | 91 | 3822.824 |
| 89 | 87 | 105 | 3823.517 |
| 90 | 72 | 90 | 3824.244 |
| 91 | 84 | 102 | 3826.765 |
| 92 | 147 | 166 | 3826.973 |
| 93 | 75 | 92 | 3828.462 |
| 94 | 3 | 19 | 3831.340 |

| Rank | Kombinacije | | Cost [€/kW] (Investment cost Carapellucci) |
|-------------|--------------------|------------|---|
| 95 | 2 | 18 | 3832.272 |
| 96 | 4 | 19 | 3835.868 |
| 97 | 83 | 101 | 3836.030 |
| 98 | 86 | 103 | 3836.812 |
| 99 | 148 | 167 | 3837.276 |
| 100 | 77 | 96 | 3837.374 |

9.3.5 Рангирање по цени одржавања и експлоатације (ЕУ)

| Rank | Kombinacije | | PT [kW] | Cost [c€/kWh] (COE Carapellucci) |
|------|-------------|----|----------|----------------------------------|
| 1 | 0 | 19 | 1772.076 | 4.495 |
| 2 | 0 | 18 | 1713.514 | 4.694 |
| 3 | 0 | 17 | 1612.108 | 5.077 |
| 4 | 0 | 16 | 1570.382 | 5.251 |
| 5 | 1 | 19 | 1509.570 | 5.524 |
| 6 | 2 | 19 | 1466.556 | 5.734 |
| 7 | 1 | 18 | 1456.027 | 5.787 |
| 8 | 3 | 19 | 1415.332 | 6.002 |
| 9 | 2 | 18 | 1413.835 | 6.010 |
| 10 | 4 | 19 | 1408.082 | 6.042 |
| 11 | 63 | 83 | 1265.962 | 6.186 |
| 12 | 24 | 44 | 1380.317 | 6.199 |
| 13 | 46 | 66 | 1378.798 | 6.207 |
| 14 | 20 | 40 | 1377.209 | 6.217 |
| 15 | 21 | 41 | 1371.188 | 6.252 |
| 16 | 62 | 82 | 1249.330 | 6.290 |
| 17 | 21 | 40 | 1364.648 | 6.290 |
| 18 | 3 | 18 | 1363.591 | 6.297 |
| 19 | 65 | 85 | 1247.658 | 6.300 |
| 20 | 68 | 88 | 1242.633 | 6.332 |
| 21 | 4 | 18 | 1356.479 | 6.339 |
| 22 | 0 | 15 | 1354.440 | 6.351 |
| 23 | 67 | 87 | 1239.135 | 6.355 |
| 24 | 1 | 17 | 1353.731 | 6.356 |
| 25 | 48 | 68 | 1351.076 | 6.372 |
| 26 | 64 | 84 | 1230.208 | 6.413 |
| 27 | 50 | 70 | 1341.427 | 6.431 |
| 28 | 49 | 69 | 1341.359 | 6.431 |
| 29 | 60 | 80 | 1221.940 | 6.467 |
| 30 | 66 | 86 | 1215.761 | 6.508 |
| 31 | 75 | 95 | 1214.461 | 6.517 |
| 32 | 32 | 52 | 1326.073 | 6.527 |
| 33 | 15 | 35 | 1319.854 | 6.567 |
| 34 | 64 | 83 | 1207.125 | 6.567 |
| 35 | 69 | 88 | 1206.055 | 6.574 |
| 36 | 1 | 16 | 1311.838 | 6.618 |
| 37 | 2 | 17 | 1311.394 | 6.621 |
| 38 | 45 | 65 | 1311.322 | 6.622 |
| 39 | 43 | 63 | 1308.975 | 6.637 |
| 40 | 0 | 14 | 1307.970 | 6.643 |
| 41 | 51 | 71 | 1304.718 | 6.665 |
| 42 | 5 | 19 | 1302.797 | 6.677 |
| 43 | 30 | 50 | 1302.092 | 6.682 |
| 44 | 63 | 82 | 1189.299 | 6.691 |
| 45 | 61 | 81 | 1188.762 | 6.694 |
| 46 | 49 | 68 | 1295.955 | 6.723 |

| Rank | Kombinacije | | PT [kW] | Cost [c€/kWh] (COE Carapellucci) |
|------|-------------|----|----------|----------------------------------|
| 47 | 44 | 64 | 1292.727 | 6.744 |
| 48 | 68 | 87 | 1178.750 | 6.766 |
| 49 | 51 | 70 | 1288.788 | 6.771 |
| 50 | 18 | 38 | 1288.717 | 6.772 |
| 51 | 46 | 65 | 1287.668 | 6.779 |
| 52 | 66 | 85 | 1174.194 | 6.799 |
| 53 | 67 | 86 | 1173.440 | 6.804 |
| 54 | 47 | 67 | 1281.690 | 6.819 |
| 55 | 23 | 43 | 1281.120 | 6.823 |
| 56 | 65 | 84 | 1169.007 | 6.837 |
| 57 | 59 | 79 | 1167.570 | 6.847 |
| 58 | 29 | 49 | 1275.680 | 6.861 |
| 59 | 62 | 81 | 1165.089 | 6.866 |
| 60 | 19 | 38 | 1274.876 | 6.866 |
| 61 | 22 | 41 | 1274.046 | 6.872 |
| 62 | 19 | 39 | 1273.804 | 6.874 |
| 63 | 24 | 43 | 1272.433 | 6.883 |
| 64 | 48 | 67 | 1271.077 | 6.893 |
| 65 | 42 | 62 | 1270.742 | 6.895 |
| 66 | 2 | 16 | 1269.474 | 6.904 |
| 67 | 41 | 61 | 1269.049 | 6.907 |
| 68 | 31 | 51 | 1268.965 | 6.908 |
| 69 | 22 | 42 | 1268.772 | 6.909 |
| 70 | 33 | 53 | 1267.247 | 6.920 |
| 71 | 22 | 40 | 1266.513 | 6.925 |
| 72 | 27 | 47 | 1265.762 | 6.930 |
| 73 | 25 | 44 | 1261.956 | 6.957 |
| 74 | 3 | 17 | 1260.976 | 6.964 |
| 75 | 42 | 61 | 1260.655 | 6.966 |
| 76 | 76 | 95 | 1150.825 | 6.973 |
| 77 | 26 | 44 | 1259.167 | 6.977 |
| 78 | 54 | 74 | 1259.073 | 6.978 |
| 79 | 58 | 78 | 1258.792 | 6.980 |
| 80 | 50 | 69 | 1258.141 | 6.984 |
| 81 | 33 | 52 | 1257.463 | 6.989 |
| 82 | 17 | 37 | 1257.427 | 6.989 |
| 83 | 37 | 57 | 1257.002 | 6.992 |
| 84 | 65 | 83 | 1145.563 | 7.013 |
| 85 | 4 | 17 | 1253.839 | 7.015 |
| 86 | 5 | 18 | 1253.207 | 7.020 |
| 87 | 70 | 88 | 1143.536 | 7.028 |
| 88 | 69 | 87 | 1142.018 | 7.040 |
| 89 | 45 | 64 | 1249.111 | 7.049 |
| 90 | 34 | 54 | 1248.907 | 7.051 |
| 91 | 73 | 93 | 1140.044 | 7.055 |
| 92 | 43 | 61 | 1247.287 | 7.063 |
| 93 | 69 | 89 | 1137.662 | 7.074 |
| 94 | 35 | 55 | 1242.799 | 7.095 |

| Rank | Kombinacije | | PT [kW] | Cost [c€/kWh] (COE Carapellucci) |
|------|-------------|-----------|----------|----------------------------------|
| 95 | 39 | 59 | 1242.588 | 7.097 |
| 96 | 23 | 41 | 1241.024 | 7.109 |
| 97 | 67 | 85 | 1131.366 | 7.123 |
| 98 | 74 | 94 | 1129.288 | 7.140 |
| 99 | 23 | 42 | 1236.154 | 7.145 |
| 100 | 36 | 56 | 1235.557 | 7.149 |

9.3.6 Рангирање по односу АЕР и дужине цевовода

| Rank | Kombinacije | | AEP/Lp [GWh/a/km] |
|------|-------------|-----|----------------------|
| 1 | 46 | 47 | 2.482 |
| 2 | 154 | 155 | 2.177 |
| 3 | 94 | 95 | 1.959 |
| 4 | 5 | 9 | 1.883 |
| 5 | 15 | 18 | 1.817 |
| 6 | 4 | 9 | 1.816 |
| 7 | 163 | 164 | 1.758 |
| 8 | 0 | 3 | 1.756 |
| 9 | 8 | 12 | 1.743 |
| 10 | 13 | 16 | 1.707 |
| 11 | 92 | 93 | 1.671 |
| 12 | 8 | 11 | 1.670 |
| 13 | 0 | 6 | 1.637 |
| 14 | 8 | 16 | 1.605 |
| 15 | 0 | 9 | 1.604 |
| 16 | 110 | 111 | 1.576 |
| 17 | 11 | 16 | 1.574 |
| 18 | 26 | 28 | 1.563 |
| 19 | 5 | 10 | 1.555 |
| 20 | 8 | 13 | 1.554 |
| 21 | 4 | 10 | 1.554 |
| 22 | 14 | 18 | 1.534 |
| 23 | 3 | 9 | 1.531 |
| 24 | 32 | 35 | 1.531 |
| 25 | 4 | 12 | 1.509 |
| 26 | 5 | 12 | 1.504 |
| 27 | 78 | 80 | 1.503 |
| 28 | 8 | 18 | 1.500 |
| 29 | 7 | 12 | 1.498 |
| 30 | 8 | 17 | 1.496 |
| 31 | 4 | 16 | 1.492 |
| 32 | 5 | 16 | 1.489 |
| 33 | 8 | 14 | 1.488 |
| 34 | 75 | 77 | 1.487 |
| 35 | 7 | 16 | 1.484 |
| 36 | 15 | 19 | 1.482 |
| 37 | 12 | 16 | 1.480 |
| 38 | 0 | 10 | 1.467 |
| 39 | 13 | 18 | 1.462 |
| 40 | 33 | 35 | 1.455 |
| 41 | 0 | 12 | 1.451 |
| 42 | 0 | 16 | 1.450 |
| 43 | 10 | 16 | 1.446 |
| 44 | 4 | 11 | 1.445 |
| 45 | 45 | 47 | 1.444 |
| 46 | 13 | 17 | 1.438 |

| Rank | Kombinacije | | AEP/Lp [GWh/a/km] |
|------|-------------|------------|----------------------|
| 47 | 11 | 18 | 1.435 |
| 48 | 162 | 164 | 1.433 |
| 49 | 4 | 18 | 1.432 |
| 50 | 4 | 13 | 1.430 |
| 51 | 5 | 11 | 1.428 |
| 52 | 4 | 17 | 1.425 |
| 53 | 5 | 18 | 1.424 |
| 54 | 8 | 19 | 1.424 |
| 55 | 49 | 52 | 1.424 |
| 56 | 0 | 7 | 1.423 |
| 57 | 50 | 52 | 1.420 |
| 58 | 2 | 9 | 1.420 |
| 59 | 5 | 17 | 1.416 |
| 60 | 11 | 17 | 1.416 |
| 61 | 5 | 13 | 1.416 |
| 62 | 7 | 18 | 1.410 |
| 63 | 0 | 18 | 1.407 |
| 64 | 0 | 11 | 1.404 |
| 65 | 0 | 17 | 1.401 |
| 66 | 4 | 14 | 1.401 |
| 67 | 0 | 13 | 1.400 |
| 68 | 7 | 17 | 1.398 |
| 69 | 92 | 95 | 1.395 |
| 70 | 4 | 19 | 1.387 |
| 71 | 5 | 14 | 1.386 |
| 72 | 3 | 16 | 1.385 |
| 73 | 0 | 5 | 1.384 |
| 74 | 24 | 27 | 1.383 |
| 75 | 7 | 11 | 1.382 |
| 76 | 7 | 13 | 1.382 |
| 77 | 0 | 14 | 1.380 |
| 78 | 0 | 19 | 1.378 |
| 79 | 30 | 35 | 1.378 |
| 80 | 5 | 19 | 1.375 |
| 81 | 8 | 15 | 1.374 |
| 82 | 81 | 83 | 1.373 |
| 83 | 34 | 36 | 1.364 |
| 84 | 10 | 18 | 1.356 |
| 85 | 3 | 12 | 1.353 |
| 86 | 154 | 156 | 1.352 |
| 87 | 12 | 18 | 1.351 |
| 88 | 6 | 16 | 1.350 |
| 89 | 7 | 14 | 1.349 |
| 90 | 7 | 19 | 1.349 |
| 91 | 3 | 10 | 1.347 |
| 92 | 64 | 66 | 1.346 |
| 93 | 0 | 4 | 1.343 |
| 94 | 3 | 18 | 1.343 |

| Rank | Kombinacije | | AEP/Lp [GWh/a/km] |
|-------------|--------------------|-----------|------------------------------|
| 95 | 30 | 33 | 1.341 |
| 96 | 2 | 16 | 1.340 |
| 97 | 29 | 35 | 1.338 |
| 98 | 4 | 15 | 1.336 |
| 99 | 0 | 15 | 1.334 |

9.3.7 Рангирање по дужини далековода

| Rank | Kombinacije | | Dužina dalekovoda [m] |
|------|-------------|-----|-----------------------|
| 1 | 1 | 19 | 91.068 |
| 2 | 1 | 18 | 91.068 |
| 3 | 1 | 17 | 91.068 |
| 4 | 1 | 16 | 91.068 |
| 5 | 1 | 15 | 91.068 |
| 6 | 1 | 14 | 91.068 |
| 7 | 1 | 13 | 91.068 |
| 8 | 1 | 21 | 91.068 |
| 9 | 1 | 20 | 91.068 |
| 10 | 1 | 12 | 91.068 |
| 11 | 1 | 11 | 91.068 |
| 12 | 1 | 10 | 91.068 |
| 13 | 1 | 9 | 91.068 |
| 14 | 1 | 129 | 91.068 |
| 15 | 1 | 8 | 91.068 |
| 16 | 1 | 7 | 91.068 |
| 17 | 1 | 6 | 91.068 |
| 18 | 0 | 19 | 99.995 |
| 19 | 0 | 18 | 99.995 |
| 20 | 0 | 17 | 99.995 |
| 21 | 0 | 16 | 99.995 |
| 22 | 0 | 15 | 99.995 |
| 23 | 0 | 14 | 99.995 |
| 24 | 0 | 13 | 99.995 |
| 25 | 0 | 12 | 99.995 |
| 26 | 0 | 20 | 99.995 |
| 27 | 0 | 11 | 99.995 |
| 28 | 0 | 10 | 99.995 |
| 29 | 0 | 9 | 99.995 |
| 30 | 0 | 8 | 99.995 |
| 31 | 0 | 7 | 99.995 |
| 32 | 0 | 6 | 99.995 |
| 33 | 0 | 5 | 99.995 |
| 34 | 0 | 4 | 99.995 |
| 35 | 0 | 3 | 99.995 |
| 36 | 2 | 19 | 280.414 |
| 37 | 2 | 18 | 280.414 |
| 38 | 2 | 17 | 280.414 |
| 39 | 2 | 16 | 280.414 |
| 40 | 2 | 15 | 280.414 |
| 41 | 2 | 22 | 280.414 |
| 42 | 2 | 14 | 280.414 |
| 43 | 2 | 21 | 280.414 |
| 44 | 2 | 13 | 280.414 |
| 45 | 2 | 20 | 280.414 |
| 46 | 2 | 12 | 280.414 |

| Rank | Kombinacije | | Dužina dalekovoda [m] |
|------|-------------|-----|-----------------------|
| 47 | 2 | 11 | 280.414 |
| 48 | 2 | 10 | 280.414 |
| 49 | 2 | 9 | 280.414 |
| 50 | 2 | 130 | 280.414 |
| 51 | 2 | 129 | 280.414 |
| 52 | 2 | 8 | 280.414 |
| 53 | 2 | 7 | 280.414 |
| 54 | 2 | 6 | 280.414 |
| 55 | 3 | 19 | 463.121 |
| 56 | 3 | 18 | 463.121 |
| 57 | 3 | 17 | 463.121 |
| 58 | 3 | 16 | 463.121 |
| 59 | 3 | 23 | 463.121 |
| 60 | 3 | 22 | 463.121 |
| 61 | 3 | 15 | 463.121 |
| 62 | 3 | 14 | 463.121 |
| 63 | 3 | 21 | 463.121 |
| 64 | 3 | 20 | 463.121 |
| 65 | 3 | 13 | 463.121 |
| 66 | 3 | 12 | 463.121 |
| 67 | 3 | 11 | 463.121 |
| 68 | 3 | 131 | 463.121 |
| 69 | 3 | 10 | 463.121 |
| 70 | 3 | 9 | 463.121 |
| 71 | 3 | 130 | 463.121 |
| 72 | 3 | 129 | 463.121 |
| 73 | 3 | 8 | 463.121 |
| 74 | 4 | 19 | 652.897 |
| 75 | 4 | 18 | 652.897 |
| 76 | 4 | 17 | 652.897 |
| 77 | 4 | 16 | 652.897 |
| 78 | 4 | 24 | 652.897 |
| 79 | 4 | 23 | 652.897 |
| 80 | 4 | 22 | 652.897 |
| 81 | 4 | 15 | 652.897 |
| 82 | 4 | 14 | 652.897 |
| 83 | 4 | 21 | 652.897 |
| 84 | 4 | 20 | 652.897 |
| 85 | 4 | 13 | 652.897 |
| 86 | 4 | 12 | 652.897 |
| 87 | 4 | 11 | 652.897 |
| 88 | 4 | 132 | 652.897 |
| 89 | 4 | 131 | 652.897 |
| 90 | 4 | 10 | 652.897 |
| 91 | 4 | 9 | 652.897 |
| 92 | 4 | 130 | 652.897 |
| 93 | 4 | 129 | 652.897 |
| 94 | 4 | 8 | 652.897 |

| Rank | Kombinacije | | Dužina dalekovoda [m] |
|-------------|--------------------|-----------|------------------------------|
| 95 | 5 | 19 | 836.998 |
| 96 | 5 | 18 | 836.998 |
| 97 | 5 | 17 | 836.998 |
| 98 | 5 | 16 | 836.998 |
| 99 | 5 | 25 | 836.998 |
| 100 | 5 | 24 | 836.998 |

9.3.8 Рангирање по пондерисаној аритметичкој средини

| Rank | Kombinacije | | Ponderisana aritmetička sredina |
|------|-------------|----|---------------------------------|
| 1 | 0 | 19 | 110.875 |
| 2 | 0 | 16 | 125.125 |
| 3 | 0 | 18 | 125.625 |
| 4 | 0 | 17 | 128 |
| 5 | 1 | 19 | 129.5 |
| 6 | 2 | 19 | 133.375 |
| 7 | 4 | 19 | 135.625 |
| 8 | 3 | 19 | 137.375 |
| 9 | 1 | 18 | 146.125 |
| 10 | 2 | 18 | 150.5 |
| 11 | 0 | 15 | 150.875 |
| 12 | 4 | 18 | 156 |
| 13 | 0 | 14 | 157.75 |
| 14 | 3 | 18 | 158 |
| 15 | 1 | 17 | 160.125 |
| 16 | 5 | 19 | 160.25 |
| 17 | 1 | 16 | 161.875 |
| 18 | 2 | 17 | 168.875 |
| 19 | 2 | 16 | 176.25 |
| 20 | 3 | 17 | 185.875 |
| 21 | 0 | 13 | 186.625 |
| 22 | 4 | 17 | 187.125 |
| 23 | 5 | 18 | 192.25 |
| 24 | 3 | 16 | 201.625 |
| 25 | 4 | 16 | 205.125 |
| 26 | 0 | 12 | 212.875 |
| 27 | 5 | 17 | 247.125 |
| 28 | 5 | 16 | 265.625 |
| 29 | 6 | 19 | 275.375 |
| 30 | 7 | 19 | 278.5 |
| 31 | 1 | 15 | 292.125 |
| 32 | 8 | 19 | 303.625 |
| 33 | 0 | 11 | 305.875 |
| 34 | 21 | 40 | 309.375 |
| 35 | 6 | 18 | 320.5 |
| 36 | 1 | 14 | 321.25 |
| 37 | 2 | 15 | 322 |
| 38 | 7 | 18 | 323 |
| 39 | 20 | 40 | 323.375 |
| 40 | 32 | 52 | 328.875 |
| 41 | 15 | 35 | 331.125 |
| 42 | 21 | 41 | 333.125 |
| 43 | 24 | 44 | 342.5 |
| 44 | 24 | 40 | 345 |
| 45 | 22 | 40 | 346.875 |
| 46 | 19 | 38 | 352.875 |

| Rank | Kombinacije | | Ponderisana aritmetička sredina |
|-------------|--------------------|----|--|
| 47 | 23 | 40 | 353.125 |
| 48 | 24 | 41 | 358.875 |
| 49 | 21 | 38 | 371.25 |
| 50 | 22 | 41 | 371.375 |
| 51 | 18 | 38 | 376.625 |
| 52 | 23 | 41 | 376.75 |
| 53 | 26 | 44 | 377.5 |
| 54 | 20 | 38 | 383.125 |
| 55 | 24 | 43 | 385.25 |
| 56 | 46 | 66 | 394.25 |
| 57 | 24 | 42 | 394.625 |
| 58 | 19 | 39 | 396 |
| 59 | 25 | 44 | 402.875 |
| 60 | 17 | 37 | 405.75 |
| 61 | 21 | 39 | 408.5 |
| 62 | 23 | 43 | 412.75 |
| 63 | 19 | 37 | 416.125 |
| 64 | 42 | 61 | 417 |
| 65 | 23 | 42 | 418.75 |
| 66 | 22 | 42 | 419 |
| 67 | 17 | 35 | 419.75 |
| 68 | 43 | 63 | 420.375 |
| 69 | 46 | 65 | 420.75 |
| 70 | 26 | 40 | 422.25 |
| 71 | 48 | 68 | 425.375 |
| 72 | 21 | 37 | 425.625 |
| 73 | 20 | 39 | 425.75 |
| 74 | 26 | 41 | 429.875 |
| 75 | 16 | 35 | 430.875 |
| 76 | 25 | 40 | 431 |
| 77 | 45 | 65 | 431.75 |
| 78 | 13 | 33 | 435.125 |
| 79 | 49 | 68 | 435.25 |
| 80 | 49 | 69 | 437.375 |
| 81 | 30 | 50 | 437.375 |
| 82 | 19 | 35 | 438.5 |
| 83 | 18 | 37 | 439.25 |
| 84 | 44 | 64 | 440.25 |
| 85 | 8 | 28 | 440.75 |
| 86 | 41 | 61 | 441.625 |
| 87 | 22 | 38 | 442.5 |
| 88 | 46 | 64 | 442.875 |
| 89 | 50 | 70 | 443.5 |
| 90 | 17 | 36 | 443.875 |
| 91 | 16 | 36 | 444.25 |
| 92 | 24 | 38 | 444.5 |
| 93 | 20 | 37 | 445.625 |
| 94 | 42 | 62 | 446.75 |

| Rank | Kombinacije | | Ponderisana aritmetička sredina |
|-------------|--------------------|-----------|--|
| 95 | 15 | 33 | 448.5 |
| 96 | 48 | 67 | 449 |
| 97 | 45 | 64 | 450.25 |
| 98 | 19 | 36 | 450.25 |
| 99 | 0 | 10 | 450.375 |

9.3.9 Сумарни приказ резултата рангирања

| Rank | Kombinacija | | kW | price of kW | Q_T | Inestment cost (Carapellucci) | COE (Carapellucci) | AEP / Lp | Dužina dalekovoda | Ponderisana aritmetička sredina |
|------|-------------|----|----|-------------|------|-------------------------------|--------------------|----------|-------------------|---------------------------------|
| 1 | 0 | 19 | 1 | 783 | 1 | 4 | 1 | 78 | 18 | 1 |
| 2 | 0 | 18 | 2 | 786 | 119 | 13 | 2 | 63 | 19 | 3 |
| 3 | 0 | 17 | 3 | 797 | 105 | 30 | 3 | 65 | 20 | 4 |
| 4 | 0 | 16 | 4 | 800 | 91 | 38 | 4 | 42 | 21 | 2 |
| 5 | 1 | 19 | 5 | 804 | 2 | 52 | 5 | 166 | 1 | 5 |
| 6 | 2 | 19 | 6 | 809 | 3 | 67 | 6 | 139 | 36 | 6 |
| 7 | 1 | 18 | 7 | 811 | 120 | 72 | 7 | 149 | 2 | 9 |
| 8 | 3 | 19 | 8 | 817 | 4 | 94 | 8 | 112 | 55 | 8 |
| 9 | 2 | 18 | 9 | 818 | 121 | 95 | 9 | 114 | 37 | 10 |
| 10 | 4 | 19 | 10 | 819 | 5 | 96 | 10 | 70 | 74 | 7 |
| 11 | 24 | 44 | 11 | 821 | 554 | 117 | 12 | 610 | 614 | 43 |
| 12 | 46 | 66 | 12 | 1 | 958 | 120 | 13 | 617 | 1432 | 56 |
| 13 | 20 | 40 | 13 | 822 | 483 | 121 | 14 | 620 | 513 | 39 |
| 14 | 21 | 41 | 14 | 824 | 501 | 126 | 15 | 638 | 546 | 42 |
| 15 | 21 | 40 | 15 | 826 | 484 | 128 | 17 | 457 | 547 | 34 |
| 16 | 3 | 18 | 16 | 827 | 122 | 130 | 18 | 94 | 56 | 14 |
| 17 | 4 | 18 | 17 | 828 | 123 | 134 | 21 | 49 | 75 | 12 |
| 18 | 0 | 15 | 18 | 829 | 80 | 136 | 22 | 99 | 22 | 11 |
| 19 | 1 | 17 | 19 | 830 | 106 | 137 | 24 | 161 | 3 | 15 |
| 20 | 48 | 68 | 20 | 2 | 996 | 139 | 25 | 712 | 1508 | 71 |
| 21 | 50 | 70 | 21 | 3 | 1033 | 143 | 27 | 739 | 1581 | 89 |
| 22 | 49 | 69 | 22 | 4 | 1015 | 144 | 28 | 740 | 1545 | 80 |
| 23 | 32 | 52 | 23 | 5 | 701 | 159 | 32 | 809 | 901 | 40 |
| 24 | 15 | 35 | 24 | 836 | 392 | 167 | 33 | 838 | 358 | 41 |
| 25 | 1 | 16 | 25 | 838 | 92 | 173 | 36 | 126 | 4 | 17 |
| 26 | 2 | 17 | 26 | 839 | 107 | 176 | 37 | 127 | 38 | 18 |

| Rank | Kombinacija | | kW | price of kW | Q_T | Inestment cost (Carapellucci) | COE (Carapellucci) | AEP / Lp | Dužina dalekovoda | Ponderisana aritmetička sredina |
|------|-------------|-----------|----|-------------|------|-------------------------------|--------------------|----------|-------------------|---------------------------------|
| 27 | 45 | 65 | 27 | 6 | 939 | 177 | 38 | 872 | 1394 | 77 |
| 28 | 43 | 63 | 28 | 7 | 902 | 181 | 39 | 885 | 1320 | 68 |
| 29 | 0 | 14 | 29 | 840 | 70 | 182 | 40 | 77 | 23 | 13 |
| 30 | 51 | 71 | 30 | 8 | 1051 | 184 | 41 | 902 | 1618 | 137 |
| 31 | 5 | 19 | 31 | 842 | 6 | 185 | 42 | 80 | 95 | 16 |
| 32 | 30 | 50 | 32 | 844 | 664 | 186 | 43 | 916 | 813 | 81 |
| 33 | 49 | 68 | 33 | 9 | 997 | 190 | 46 | 660 | 1546 | 79 |
| 34 | 44 | 64 | 34 | 10 | 920 | 191 | 47 | 962 | 1357 | 84 |
| 35 | 51 | 70 | 35 | 11 | 1034 | 196 | 49 | 682 | 1619 | 103 |
| 36 | 18 | 38 | 36 | 846 | 448 | 197 | 50 | 984 | 451 | 51 |
| 37 | 46 | 65 | 37 | 12 | 940 | 200 | 51 | 692 | 1433 | 69 |
| 38 | 47 | 67 | 38 | 13 | 977 | 203 | 54 | 1018 | 1472 | 125 |
| 39 | 23 | 43 | 39 | 847 | 537 | 204 | 55 | 1022 | 597 | 62 |
| 40 | 29 | 49 | 40 | 848 | 646 | 206 | 58 | 1046 | 795 | 106 |
| 41 | 19 | 38 | 41 | 849 | 449 | 207 | 60 | 735 | 481 | 46 |
| 42 | 22 | 41 | 42 | 850 | 502 | 209 | 61 | 743 | 563 | 50 |
| 43 | 19 | 39 | 43 | 851 | 466 | 210 | 62 | 1053 | 482 | 58 |
| 44 | 24 | 43 | 44 | 852 | 538 | 211 | 63 | 758 | 615 | 55 |
| 45 | 48 | 67 | 45 | 14 | 978 | 213 | 64 | 768 | 1509 | 96 |
| 46 | 42 | 62 | 46 | 15 | 883 | 214 | 65 | 1067 | 1283 | 94 |
| 47 | 2 | 16 | 47 | 853 | 93 | 215 | 66 | 96 | 39 | 19 |
| 48 | 41 | 61 | 48 | 16 | 864 | 216 | 67 | 1074 | 1247 | 86 |
| 49 | 31 | 51 | 49 | 854 | 683 | 217 | 68 | 1075 | 848 | 130 |
| 50 | 22 | 42 | 50 | 855 | 519 | 218 | 69 | 1076 | 564 | 66 |
| 51 | 33 | 53 | 51 | 856 | 720 | 220 | 70 | 1084 | 938 | 148 |
| 52 | 22 | 40 | 52 | 857 | 485 | 223 | 71 | 521 | 565 | 45 |
| 53 | 63 | 83 | 53 | 17 | 1701 | 1 | 11 | 1002 | 2078 | 263 |
| 54 | 27 | 47 | 54 | 858 | 607 | 226 | 72 | 1092 | 724 | 105 |

| Rank | Kombinacija | | kW | price of kW | Q_T | Investment cost (Carapellucci) | COE (Carapellucci) | AEP / Lp | Dužina dalekovoda | Ponderisana aritmetička sredina |
|------|-------------|----|----|-------------|------|--------------------------------|--------------------|----------|-------------------|---------------------------------|
| 55 | 25 | 44 | 55 | 859 | 555 | 230 | 73 | 800 | 650 | 59 |
| 56 | 3 | 17 | 56 | 860 | 108 | 231 | 74 | 100 | 57 | 20 |
| 57 | 42 | 61 | 57 | 18 | 865 | 232 | 75 | 804 | 1284 | 64 |
| 58 | 26 | 44 | 58 | 861 | 556 | 233 | 77 | 547 | 687 | 53 |
| 59 | 54 | 74 | 59 | 19 | 1181 | 234 | 78 | 1136 | 1709 | 186 |
| 60 | 58 | 78 | 60 | 20 | 1357 | 236 | 79 | 1139 | 1877 | 246 |
| 61 | 50 | 69 | 61 | 21 | 1016 | 239 | 80 | 815 | 1582 | 132 |
| 62 | 33 | 52 | 62 | 862 | 702 | 240 | 81 | 817 | 939 | 117 |
| 63 | 17 | 37 | 63 | 863 | 430 | 241 | 82 | 1146 | 420 | 60 |
| 64 | 37 | 57 | 64 | 864 | 792 | 242 | 83 | 1149 | 1085 | 174 |
| 65 | 4 | 17 | 65 | 865 | 109 | 244 | 85 | 52 | 76 | 22 |
| 66 | 5 | 18 | 66 | 866 | 124 | 246 | 86 | 53 | 96 | 23 |
| 67 | 62 | 82 | 67 | 22 | 1682 | 2 | 16 | 1079 | 2042 | 273 |
| 68 | 45 | 64 | 68 | 23 | 921 | 250 | 89 | 855 | 1395 | 97 |
| 69 | 34 | 54 | 69 | 867 | 738 | 251 | 90 | 1197 | 976 | 167 |
| 70 | 65 | 85 | 70 | 24 | 1739 | 3 | 19 | 1089 | 2147 | 315 |
| 71 | 43 | 61 | 71 | 868 | 866 | 252 | 92 | 597 | 1321 | 159 |
| 72 | 35 | 55 | 72 | 869 | 756 | 253 | 94 | 1222 | 1031 | 178 |
| 73 | 68 | 88 | 73 | 25 | 1854 | 5 | 20 | 1116 | 2243 | 354 |
| 74 | 39 | 59 | 74 | 26 | 828 | 254 | 95 | 1226 | 1176 | 114 |
| 75 | 23 | 41 | 75 | 870 | 503 | 256 | 96 | 615 | 598 | 52 |
| 76 | 67 | 87 | 76 | 27 | 1796 | 6 | 23 | 1144 | 2212 | 345 |
| 77 | 23 | 42 | 77 | 871 | 520 | 262 | 99 | 921 | 599 | 65 |
| 78 | 36 | 56 | 78 | 872 | 774 | 264 | 100 | 1252 | 1049 | 185 |
| 79 | 47 | 66 | 79 | 28 | 959 | 265 | 101 | 924 | 1473 | 135 |
| 80 | 26 | 46 | 80 | 873 | 589 | 266 | 102 | 1255 | 688 | 138 |
| 81 | 23 | 40 | 81 | 875 | 486 | 269 | 103 | 410 | 600 | 47 |
| 82 | 24 | 41 | 82 | 876 | 504 | 271 | 104 | 417 | 616 | 48 |

| Rank | Kombinacija | | kW | price of kW | Q_T | Investment cost (Carapellucci) | COE (Carapellucci) | AEP / Lp | Dužina dalekovoda | Ponderisana aritmetička sredina |
|------|-------------|----|-----|-------------|------|--------------------------------|--------------------|----------|-------------------|---------------------------------|
| 83 | 57 | 77 | 83 | 29 | 1338 | 272 | 105 | 1261 | 1840 | 277 |
| 84 | 0 | 13 | 84 | 877 | 61 | 273 | 106 | 67 | 24 | 21 |
| 85 | 43 | 62 | 85 | 30 | 884 | 274 | 107 | 942 | 1322 | 108 |
| 86 | 34 | 53 | 86 | 878 | 721 | 275 | 108 | 948 | 977 | 156 |
| 87 | 64 | 84 | 87 | 31 | 1720 | 7 | 26 | 1198 | 2113 | 334 |
| 88 | 32 | 51 | 88 | 879 | 684 | 277 | 109 | 963 | 902 | 145 |
| 89 | 24 | 42 | 89 | 880 | 521 | 278 | 110 | 661 | 617 | 57 |
| 90 | 46 | 64 | 90 | 32 | 922 | 280 | 111 | 673 | 1434 | 88 |
| 91 | 48 | 66 | 91 | 33 | 960 | 281 | 112 | 678 | 1510 | 113 |
| 92 | 24 | 40 | 92 | 881 | 487 | 282 | 113 | 286 | 618 | 44 |
| 93 | 60 | 80 | 93 | 34 | 1625 | 8 | 29 | 1233 | 1950 | 282 |
| 94 | 44 | 63 | 94 | 35 | 903 | 285 | 114 | 995 | 1358 | 127 |
| 95 | 34 | 52 | 95 | 883 | 703 | 286 | 115 | 684 | 978 | 119 |
| 96 | 28 | 48 | 96 | 884 | 627 | 287 | 116 | 1313 | 759 | 163 |
| 97 | 3 | 16 | 97 | 886 | 94 | 288 | 117 | 72 | 58 | 24 |
| 98 | 56 | 76 | 98 | 36 | 1319 | 289 | 119 | 1322 | 1803 | 286 |
| 99 | 20 | 38 | 99 | 887 | 450 | 290 | 120 | 704 | 514 | 54 |
| 100 | 20 | 39 | 100 | 888 | 467 | 291 | 121 | 1023 | 515 | 73 |

9.4 Каменичка река

9.4.1 Рангирање по годишњој производњи електричне енергије

| Rank | Kombinacije | | PT [kW] | AEP [GWh/a] |
|------|-------------|----|---------|-------------|
| 1 | 7 | 27 | 710,716 | 2,100 |
| 2 | 6 | 26 | 696,700 | 2,059 |
| 3 | 3 | 23 | 687,708 | 2,032 |
| 4 | 8 | 27 | 686,717 | 2,029 |
| 5 | 4 | 24 | 684,578 | 2,023 |
| 6 | 8 | 28 | 683,525 | 2,020 |
| 7 | 1 | 21 | 678,425 | 2,005 |
| 8 | 5 | 24 | 671,932 | 1,986 |
| 9 | 5 | 25 | 671,719 | 1,985 |
| 10 | 4 | 23 | 667,815 | 1,973 |
| 11 | 7 | 26 | 662,994 | 1,959 |
| 12 | 9 | 29 | 658,443 | 1,946 |
| 13 | 2 | 21 | 656,587 | 1,940 |
| 14 | 5 | 23 | 655,151 | 1,936 |
| 15 | 9 | 27 | 650,115 | 1,921 |
| 16 | 9 | 28 | 647,492 | 1,913 |
| 17 | 2 | 22 | 644,727 | 1,905 |
| 18 | 3 | 21 | 639,118 | 1,889 |
| 19 | 8 | 26 | 638,936 | 1,888 |
| 20 | 6 | 24 | 630,353 | 1,863 |
| 21 | 6 | 25 | 630,332 | 1,863 |
| 22 | 3 | 22 | 627,321 | 1,854 |
| 23 | 0 | 20 | 620,575 | 1,834 |
| 24 | 4 | 22 | 620,462 | 1,833 |
| 25 | 5 | 21 | 619,438 | 1,830 |
| 26 | 4 | 21 | 619,124 | 1,830 |
| 27 | 9 | 26 | 615,197 | 1,818 |
| 28 | 10 | 29 | 615,060 | 1,818 |
| 29 | 6 | 23 | 613,514 | 1,813 |
| 30 | 1 | 20 | 609,627 | 1,801 |
| 31 | 7 | 25 | 609,405 | 1,801 |
| 32 | 7 | 24 | 609,266 | 1,800 |
| 33 | 5 | 22 | 607,509 | 1,795 |
| 34 | 10 | 27 | 606,556 | 1,792 |
| 35 | 10 | 28 | 604,609 | 1,787 |
| 36 | 7 | 23 | 592,016 | 1,749 |
| 37 | 2 | 20 | 587,264 | 1,735 |
| 38 | 8 | 25 | 584,793 | 1,728 |
| 39 | 8 | 24 | 584,539 | 1,727 |
| 40 | 11 | 29 | 584,337 | 1,727 |
| 41 | 0 | 19 | 580,710 | 1,716 |
| 42 | 6 | 21 | 576,692 | 1,704 |
| 43 | 11 | 27 | 575,472 | 1,701 |
| 44 | 11 | 28 | 574,168 | 1,697 |

| Rank | Kombinacije | | PT [kW] | AEP [GWh/a] |
|------|-------------|----|---------|-------------|
| 45 | 10 | 26 | 570,593 | 1,686 |
| 46 | 3 | 20 | 569,374 | 1,683 |
| 47 | 8 | 23 | 567,254 | 1,676 |
| 48 | 6 | 22 | 564,918 | 1,669 |
| 49 | 0 | 18 | 563,056 | 1,664 |
| 50 | 12 | 29 | 562,840 | 1,663 |
| 51 | 1 | 19 | 556,396 | 1,644 |
| 52 | 12 | 27 | 553,887 | 1,637 |
| 53 | 12 | 28 | 552,919 | 1,634 |
| 54 | 0 | 17 | 551,014 | 1,628 |
| 55 | 4 | 20 | 548,899 | 1,622 |
| 56 | 9 | 25 | 547,257 | 1,617 |
| 57 | 9 | 24 | 546,828 | 1,616 |
| 58 | 7 | 21 | 541,826 | 1,601 |
| 59 | 1 | 18 | 538,686 | 1,592 |
| 60 | 5 | 20 | 535,866 | 1,584 |
| 61 | 2 | 19 | 534,014 | 1,578 |
| 62 | 7 | 22 | 530,179 | 1,567 |
| 63 | 9 | 23 | 529,490 | 1,565 |
| 64 | 1 | 17 | 526,486 | 1,556 |
| 65 | 11 | 26 | 526,357 | 1,555 |
| 66 | 13 | 29 | 519,985 | 1,537 |
| 67 | 8 | 21 | 516,940 | 1,528 |
| 68 | 2 | 18 | 516,254 | 1,526 |
| 69 | 3 | 19 | 516,109 | 1,525 |
| 70 | 14 | 29 | 513,083 | 1,516 |
| 71 | 13 | 27 | 510,858 | 1,510 |
| 72 | 13 | 28 | 510,559 | 1,509 |
| 73 | 8 | 22 | 505,384 | 1,493 |
| 74 | 12 | 26 | 504,720 | 1,491 |
| 75 | 14 | 27 | 503,928 | 1,489 |
| 76 | 2 | 17 | 503,909 | 1,489 |
| 77 | 14 | 28 | 503,736 | 1,489 |
| 78 | 10 | 25 | 502,586 | 1,485 |
| 79 | 10 | 24 | 501,949 | 1,483 |
| 80 | 3 | 18 | 498,309 | 1,473 |
| 81 | 0 | 16 | 498,000 | 1,472 |
| 82 | 4 | 19 | 495,617 | 1,465 |
| 83 | 6 | 20 | 493,013 | 1,457 |
| 84 | 3 | 17 | 485,847 | 1,436 |
| 85 | 0 | 15 | 484,860 | 1,433 |
| 86 | 10 | 23 | 484,548 | 1,432 |
| 87 | 5 | 19 | 482,573 | 1,426 |
| 88 | 9 | 21 | 478,986 | 1,415 |
| 89 | 10 | 30 | 477,919 | 1,412 |
| 90 | 4 | 18 | 477,770 | 1,412 |
| 91 | 1 | 16 | 473,168 | 1,398 |
| 92 | 9 | 22 | 467,568 | 1,382 |

| Rank | Kombinacije | | PT [kW] | AEP [GWh/a] |
|-------------|--------------------|-----------|----------------|--------------------|
| 93 | 11 | 31 | 465,937 | 1,377 |
| 94 | 4 | 17 | 465,176 | 1,375 |
| 95 | 5 | 18 | 464,696 | 1,373 |
| 96 | 13 | 26 | 461,586 | 1,364 |
| 97 | 1 | 15 | 459,989 | 1,359 |
| 98 | 11 | 25 | 458,283 | 1,354 |
| 99 | 7 | 20 | 458,060 | 1,354 |
| 100 | 11 | 24 | 457,440 | 1,352 |

9.4.2 Рангирање по инвестиционој цени (Република Србија)

| Rank | Kombinacije | | Cost [€/kW] |
|------|-------------|----|-------------|
| 1 | 7 | 27 | 3494,642 |
| 2 | 6 | 26 | 3501,650 |
| 3 | 3 | 23 | 3506,146 |
| 4 | 8 | 27 | 3506,642 |
| 5 | 4 | 24 | 3507,711 |
| 6 | 8 | 28 | 3508,238 |
| 7 | 1 | 21 | 3510,788 |
| 8 | 5 | 24 | 3514,034 |
| 9 | 5 | 25 | 3514,141 |
| 10 | 4 | 23 | 3516,093 |
| 11 | 7 | 26 | 3518,503 |
| 12 | 9 | 29 | 3520,779 |
| 13 | 2 | 21 | 3521,706 |
| 14 | 5 | 23 | 3522,424 |
| 15 | 9 | 27 | 3524,942 |
| 16 | 9 | 28 | 3526,254 |
| 17 | 2 | 22 | 3527,637 |
| 18 | 3 | 21 | 3530,441 |
| 19 | 8 | 26 | 3530,532 |
| 20 | 6 | 24 | 3534,823 |
| 21 | 6 | 25 | 3534,834 |
| 22 | 3 | 22 | 3536,340 |
| 23 | 0 | 20 | 3539,713 |
| 24 | 4 | 21 | 3540,438 |
| 25 | 10 | 29 | 3542,470 |
| 26 | 6 | 23 | 3543,243 |
| 27 | 10 | 27 | 3546,722 |
| 28 | 10 | 28 | 3547,695 |
| 29 | 10 | 30 | 3651,522 |
| 30 | 11 | 31 | 3679,481 |
| 31 | 12 | 31 | 3708,363 |
| 32 | 11 | 30 | 3710,614 |
| 33 | 12 | 30 | 3739,518 |
| 34 | 13 | 31 | 3765,937 |
| 35 | 14 | 31 | 3775,210 |
| 36 | 13 | 30 | 3797,137 |
| 37 | 14 | 30 | 3806,417 |
| 38 | 12 | 32 | 3820,667 |
| 39 | 22 | 42 | 3839,308 |
| 40 | 14 | 34 | 3839,921 |
| 41 | 19 | 39 | 3859,685 |
| 42 | 15 | 31 | 3869,560 |
| 43 | 13 | 32 | 3872,299 |
| 44 | 16 | 36 | 3876,828 |
| 45 | 13 | 33 | 3878,297 |
| 46 | 14 | 32 | 3880,615 |
| 47 | 14 | 33 | 3886,588 |

| Rank | Kombinacije | | Cost [€/kW] |
|------|-------------|-----|-------------|
| 48 | 16 | 31 | 3887,434 |
| 49 | 20 | 40 | 3890,866 |
| 50 | 18 | 38 | 3895,912 |
| 51 | 17 | 37 | 3898,443 |
| 52 | 15 | 30 | 3900,840 |
| 53 | 15 | 35 | 3901,066 |
| 54 | 22 | 41 | 3906,132 |
| 55 | 23 | 42 | 3909,405 |
| 56 | 18 | 37 | 3916,310 |
| 57 | 16 | 35 | 3916,877 |
| 58 | 21 | 41 | 3916,898 |
| 59 | 19 | 38 | 3917,382 |
| 60 | 16 | 30 | 3918,728 |
| 61 | 20 | 39 | 3920,456 |
| 62 | 15 | 34 | 3923,944 |
| 63 | 24 | 42 | 3929,693 |
| 64 | 25 | 42 | 3933,036 |
| 65 | 19 | 37 | 3938,048 |
| 66 | 16 | 34 | 3939,862 |
| 67 | 17 | 36 | 3944,679 |
| 68 | 18 | 36 | 3962,682 |
| 69 | 15 | 32 | 3965,228 |
| 70 | 15 | 33 | 3970,952 |
| 71 | 22 | 40 | 3975,367 |
| 72 | 23 | 41 | 3975,828 |
| 73 | 20 | 38 | 3978,362 |
| 74 | 16 | 32 | 3981,257 |
| 75 | 19 | 36 | 3984,587 |
| 76 | 17 | 35 | 3984,997 |
| 77 | 21 | 40 | 3986,280 |
| 78 | 16 | 33 | 3986,934 |
| 79 | 24 | 41 | 3995,999 |
| 80 | 25 | 41 | 3999,323 |
| 81 | 20 | 37 | 3999,791 |
| 82 | 18 | 35 | 4003,071 |
| 83 | 22 | 39 | 4005,761 |
| 84 | 17 | 34 | 4008,440 |
| 85 | 26 | 42 | 4010,670 |
| 86 | 21 | 39 | 4016,778 |
| 87 | 19 | 35 | 4025,063 |
| 88 | 18 | 34 | 4026,637 |
| 89 | 14 | 61 | 4029,233 |
| 90 | 40 | 108 | 4038,977 |
| 91 | 23 | 40 | 4046,019 |
| 92 | 13 | 60 | 4053,467 |
| 93 | 39 | 107 | 4053,769 |
| 94 | 38 | 106 | 4054,402 |
| 95 | 41 | 108 | 4055,308 |
| 96 | 14 | 60 | 4059,578 |

| Rank | Kombinacije | | Cost [€/kW] |
|-------------|--------------------|------------|--------------------|
| 97 | 40 | 107 | 4061,495 |
| 98 | 12 | 59 | 4064,490 |
| 99 | 39 | 106 | 4067,202 |
| 100 | 27 | 42 | 4067,705 |

9.4.3 Рангирање по инсталисаном протоку

| Rank | Kombinacije | | Q_T [m ³ /s] |
|------|-------------|----|-------------------------|
| 1 | 0 | 5 | 0,930 |
| 2 | 0 | 6 | 0,927 |
| 3 | 1 | 6 | 0,927 |
| 4 | 0 | 7 | 0,926 |
| 5 | 1 | 7 | 0,926 |
| 6 | 2 | 7 | 0,926 |
| 7 | 3 | 7 | 0,926 |
| 8 | 0 | 8 | 0,925 |
| 9 | 1 | 8 | 0,925 |
| 10 | 2 | 8 | 0,925 |
| 11 | 3 | 8 | 0,925 |
| 12 | 4 | 8 | 0,925 |
| 13 | 5 | 8 | 0,925 |
| 14 | 0 | 9 | 0,921 |
| 15 | 1 | 9 | 0,921 |
| 16 | 2 | 9 | 0,921 |
| 17 | 3 | 9 | 0,921 |
| 18 | 4 | 9 | 0,921 |
| 19 | 5 | 9 | 0,921 |
| 20 | 6 | 9 | 0,921 |
| 21 | 0 | 10 | 0,920 |
| 22 | 1 | 10 | 0,920 |
| 23 | 2 | 10 | 0,920 |
| 24 | 3 | 10 | 0,920 |
| 25 | 4 | 10 | 0,920 |
| 26 | 5 | 10 | 0,920 |
| 27 | 6 | 10 | 0,920 |
| 28 | 7 | 10 | 0,920 |
| 29 | 0 | 11 | 0,919 |
| 30 | 1 | 11 | 0,919 |
| 31 | 2 | 11 | 0,919 |
| 32 | 3 | 11 | 0,919 |
| 33 | 4 | 11 | 0,919 |
| 34 | 5 | 11 | 0,919 |
| 35 | 6 | 11 | 0,919 |
| 36 | 7 | 11 | 0,919 |
| 37 | 8 | 11 | 0,919 |
| 38 | 0 | 12 | 0,918 |
| 39 | 1 | 12 | 0,918 |
| 40 | 2 | 12 | 0,918 |
| 41 | 3 | 12 | 0,918 |
| 42 | 4 | 12 | 0,918 |
| 43 | 5 | 12 | 0,918 |
| 44 | 6 | 12 | 0,918 |
| 45 | 7 | 12 | 0,918 |
| 46 | 8 | 12 | 0,918 |
| 47 | 9 | 12 | 0,918 |

| Rank | Kombinacije | | Q _T [m ³ /s] |
|------|-------------|----|------------------------------------|
| 48 | 0 | 13 | 0,908 |
| 49 | 1 | 13 | 0,908 |
| 50 | 2 | 13 | 0,908 |
| 51 | 3 | 13 | 0,908 |
| 52 | 4 | 13 | 0,908 |
| 53 | 5 | 13 | 0,908 |
| 54 | 6 | 13 | 0,908 |
| 55 | 7 | 13 | 0,908 |
| 56 | 8 | 13 | 0,908 |
| 57 | 9 | 13 | 0,908 |
| 58 | 10 | 13 | 0,908 |
| 59 | 0 | 14 | 0,905 |
| 60 | 1 | 14 | 0,905 |
| 61 | 2 | 14 | 0,905 |
| 62 | 3 | 14 | 0,905 |
| 63 | 4 | 14 | 0,905 |
| 64 | 5 | 14 | 0,905 |
| 65 | 6 | 14 | 0,905 |
| 66 | 7 | 14 | 0,905 |
| 67 | 8 | 14 | 0,905 |
| 68 | 9 | 14 | 0,905 |
| 69 | 10 | 14 | 0,905 |
| 70 | 0 | 15 | 0,901 |
| 71 | 1 | 15 | 0,901 |
| 72 | 2 | 15 | 0,901 |
| 73 | 3 | 15 | 0,901 |
| 74 | 4 | 15 | 0,901 |
| 75 | 5 | 15 | 0,901 |
| 76 | 6 | 15 | 0,901 |
| 77 | 7 | 15 | 0,901 |
| 78 | 8 | 15 | 0,901 |
| 79 | 9 | 15 | 0,901 |
| 80 | 10 | 15 | 0,901 |
| 81 | 11 | 15 | 0,901 |
| 82 | 12 | 15 | 0,901 |
| 83 | 0 | 16 | 0,900 |
| 84 | 1 | 16 | 0,900 |
| 85 | 2 | 16 | 0,900 |
| 86 | 3 | 16 | 0,900 |
| 87 | 4 | 16 | 0,900 |
| 88 | 5 | 16 | 0,900 |
| 89 | 6 | 16 | 0,900 |
| 90 | 7 | 16 | 0,900 |
| 91 | 8 | 16 | 0,900 |
| 92 | 9 | 16 | 0,900 |
| 93 | 10 | 16 | 0,900 |
| 94 | 11 | 16 | 0,900 |
| 95 | 12 | 16 | 0,900 |
| 96 | 0 | 17 | 0,889 |

| Rank | Kombinacije | | Q_T [m ³ /s] |
|------|-------------|----|-------------------------|
| 97 | 1 | 17 | 0,889 |
| 98 | 2 | 17 | 0,889 |
| 99 | 3 | 17 | 0,889 |
| 100 | 4 | 17 | 0,889 |

9.4.4 Рангирање по инвестиционој цени (ЕУ)

| Rank | Kombinacije | | Cost [€/kW] (Investment cost Carapellucci) |
|------|-------------|----|--|
| 1 | 10 | 30 | 4404,663 |
| 2 | 11 | 31 | 4427,089 |
| 3 | 12 | 31 | 4450,992 |
| 4 | 11 | 30 | 4452,889 |
| 5 | 7 | 27 | 4489,087 |
| 6 | 6 | 26 | 4509,699 |
| 7 | 3 | 23 | 4523,193 |
| 8 | 8 | 27 | 4524,694 |
| 9 | 4 | 24 | 4527,941 |
| 10 | 8 | 28 | 4529,546 |
| 11 | 1 | 21 | 4537,354 |
| 12 | 5 | 24 | 4547,400 |
| 13 | 5 | 25 | 4547,734 |
| 14 | 12 | 32 | 4551,984 |
| 15 | 4 | 23 | 4553,835 |
| 16 | 7 | 26 | 4561,429 |
| 17 | 9 | 29 | 4568,662 |
| 18 | 22 | 42 | 4570,139 |
| 19 | 2 | 21 | 4571,627 |
| 20 | 5 | 23 | 4573,931 |
| 21 | 9 | 27 | 4582,055 |
| 22 | 9 | 28 | 4586,319 |
| 23 | 19 | 39 | 4590,492 |
| 24 | 2 | 22 | 4590,835 |
| 25 | 3 | 21 | 4600,070 |
| 26 | 8 | 26 | 4600,371 |
| 27 | 6 | 24 | 4614,703 |
| 28 | 6 | 25 | 4614,738 |
| 29 | 3 | 22 | 4619,824 |
| 30 | 0 | 20 | 4631,327 |
| 31 | 4 | 22 | 4631,520 |
| 32 | 5 | 21 | 4633,281 |
| 33 | 4 | 21 | 4633,821 |
| 34 | 9 | 26 | 4640,607 |
| 35 | 10 | 29 | 4640,845 |
| 36 | 6 | 23 | 4643,533 |
| 37 | 1 | 20 | 4650,326 |
| 38 | 7 | 25 | 4650,714 |
| 39 | 7 | 24 | 4650,959 |
| 40 | 5 | 22 | 4654,050 |
| 41 | 10 | 27 | 4655,730 |
| 42 | 10 | 28 | 4659,174 |
| 43 | 7 | 23 | 4681,785 |
| 44 | 2 | 20 | 4690,471 |
| 45 | 8 | 25 | 4695,021 |
| 46 | 8 | 24 | 4695,490 |

| Rank | Kombinacije | | Cost [€/kW] (Investment cost Carapellucci) |
|-------------|--------------------|------------|---|
| 47 | 11 | 29 | 4695,864 |
| 48 | 0 | 19 | 4702,593 |
| 49 | 6 | 21 | 4710,110 |
| 50 | 11 | 27 | 4712,405 |
| 51 | 11 | 28 | 4714,863 |
| 52 | 10 | 26 | 4721,642 |
| 53 | 3 | 20 | 4723,964 |
| 54 | 8 | 23 | 4728,019 |
| 55 | 6 | 22 | 4732,509 |
| 56 | 0 | 18 | 4736,105 |
| 57 | 12 | 29 | 4736,523 |
| 58 | 1 | 19 | 4749,084 |
| 59 | 12 | 27 | 4754,022 |
| 60 | 12 | 28 | 4755,936 |
| 61 | 0 | 17 | 4759,713 |
| 62 | 4 | 20 | 4763,923 |
| 63 | 9 | 25 | 4767,208 |
| 64 | 9 | 24 | 4768,067 |
| 65 | 7 | 21 | 4778,157 |
| 66 | 14 | 61 | 4784,476 |
| 67 | 1 | 18 | 4784,547 |
| 68 | 5 | 20 | 4790,327 |
| 69 | 2 | 19 | 4794,143 |
| 70 | 40 | 108 | 4797,221 |
| 71 | 7 | 22 | 4802,097 |
| 72 | 9 | 23 | 4803,533 |
| 73 | 1 | 17 | 4809,823 |
| 74 | 11 | 26 | 4810,095 |
| 75 | 13 | 60 | 4816,557 |
| 76 | 39 | 107 | 4816,965 |
| 77 | 38 | 106 | 4817,821 |
| 78 | 41 | 108 | 4819,048 |
| 79 | 13 | 29 | 4823,588 |
| 80 | 14 | 60 | 4824,854 |
| 81 | 40 | 107 | 4827,475 |
| 82 | 8 | 21 | 4830,108 |
| 83 | 2 | 18 | 4831,584 |
| 84 | 12 | 59 | 4831,586 |
| 85 | 3 | 19 | 4831,896 |
| 86 | 39 | 106 | 4835,327 |
| 87 | 42 | 108 | 4836,254 |
| 88 | 14 | 29 | 4838,435 |
| 89 | 13 | 27 | 4843,273 |
| 90 | 13 | 28 | 4843,927 |
| 91 | 40 | 106 | 4846,480 |
| 92 | 37 | 105 | 4847,851 |
| 93 | 41 | 107 | 4850,625 |
| 94 | 8 | 22 | 4855,290 |

| Rank | Kombinacije | | Cost [€/kW] (Investment cost Carapellucci) |
|-------------|--------------------|------------|---|
| 95 | 12 | 26 | 4856,759 |
| 96 | 38 | 105 | 4857,265 |
| 97 | 14 | 27 | 4858,512 |
| 98 | 2 | 17 | 4858,556 |
| 99 | 14 | 28 | 4858,938 |
| 100 | 10 | 30 | 4404,663 |

9.4.5 Рангирање по цени одржавања и експлоатације (ЕУ)

| Rank | Kombinacije | | PT [kW] | Cost [c€/kWh] (COE Carapellucci) |
|------|-------------|----|---------|----------------------------------|
| 1 | 7 | 27 | 710,716 | 14,601 |
| 2 | 6 | 26 | 696,700 | 14,982 |
| 3 | 3 | 23 | 687,708 | 15,236 |
| 4 | 8 | 27 | 686,717 | 15,265 |
| 5 | 4 | 24 | 684,578 | 15,326 |
| 6 | 8 | 28 | 683,525 | 15,357 |
| 7 | 1 | 21 | 678,425 | 15,507 |
| 8 | 5 | 24 | 671,932 | 15,701 |
| 9 | 5 | 25 | 671,719 | 15,707 |
| 10 | 4 | 23 | 667,815 | 15,826 |
| 11 | 7 | 26 | 662,994 | 15,975 |
| 12 | 9 | 29 | 658,443 | 16,119 |
| 13 | 2 | 21 | 656,587 | 16,178 |
| 14 | 5 | 23 | 655,151 | 16,224 |
| 15 | 9 | 27 | 650,115 | 16,387 |
| 16 | 9 | 28 | 647,492 | 16,473 |
| 17 | 2 | 22 | 644,727 | 16,564 |
| 18 | 3 | 21 | 639,118 | 16,753 |
| 19 | 8 | 26 | 638,936 | 16,759 |
| 20 | 6 | 24 | 630,353 | 17,055 |
| 21 | 6 | 25 | 630,332 | 17,056 |
| 22 | 3 | 22 | 627,321 | 17,162 |
| 23 | 0 | 20 | 620,575 | 17,404 |
| 24 | 4 | 22 | 620,462 | 17,408 |
| 25 | 5 | 21 | 619,438 | 17,446 |
| 26 | 4 | 21 | 619,124 | 17,457 |
| 27 | 9 | 26 | 615,197 | 17,602 |
| 28 | 10 | 29 | 615,060 | 17,607 |
| 29 | 6 | 23 | 613,514 | 17,664 |
| 30 | 1 | 20 | 609,627 | 17,810 |
| 31 | 7 | 25 | 609,405 | 17,819 |
| 32 | 7 | 24 | 609,266 | 17,824 |
| 33 | 5 | 22 | 607,509 | 17,891 |
| 34 | 10 | 27 | 606,556 | 17,927 |
| 35 | 10 | 28 | 604,609 | 18,002 |
| 36 | 7 | 23 | 592,016 | 18,500 |
| 37 | 2 | 20 | 587,264 | 18,694 |
| 38 | 8 | 25 | 584,793 | 18,797 |
| 39 | 8 | 24 | 584,539 | 18,807 |
| 40 | 11 | 29 | 584,337 | 18,816 |
| 41 | 0 | 19 | 580,710 | 18,968 |
| 42 | 6 | 21 | 576,692 | 19,140 |
| 43 | 11 | 27 | 575,472 | 19,193 |
| 44 | 11 | 28 | 574,168 | 19,249 |
| 45 | 10 | 26 | 570,593 | 19,406 |
| 46 | 3 | 20 | 569,374 | 19,460 |

| Rank | Kombinacije | | PT [kW] | Cost [c€/kWh] (COE Carapellucci) |
|------|-------------|----|---------|----------------------------------|
| 47 | 8 | 23 | 567,254 | 19,554 |
| 48 | 6 | 22 | 564,918 | 19,659 |
| 49 | 0 | 18 | 563,056 | 19,743 |
| 50 | 12 | 29 | 562,840 | 19,753 |
| 51 | 1 | 19 | 556,396 | 20,050 |
| 52 | 12 | 27 | 553,887 | 20,168 |
| 53 | 12 | 28 | 552,919 | 20,214 |
| 54 | 0 | 17 | 551,014 | 20,305 |
| 55 | 4 | 20 | 548,899 | 20,406 |
| 56 | 9 | 25 | 547,257 | 20,486 |
| 57 | 9 | 24 | 546,828 | 20,507 |
| 58 | 7 | 21 | 541,826 | 20,753 |
| 59 | 1 | 18 | 538,686 | 20,910 |
| 60 | 5 | 20 | 535,866 | 21,053 |
| 61 | 10 | 30 | 477,919 | 21,102 |
| 62 | 2 | 19 | 534,014 | 21,147 |
| 63 | 7 | 22 | 530,179 | 21,346 |
| 64 | 9 | 23 | 529,490 | 21,382 |
| 65 | 1 | 17 | 526,486 | 21,541 |
| 66 | 11 | 26 | 526,357 | 21,547 |
| 67 | 11 | 31 | 465,937 | 21,791 |
| 68 | 13 | 29 | 519,985 | 21,891 |
| 69 | 8 | 21 | 516,940 | 22,058 |
| 70 | 2 | 18 | 516,254 | 22,096 |
| 71 | 3 | 19 | 516,109 | 22,104 |
| 72 | 14 | 29 | 513,083 | 22,274 |
| 73 | 13 | 27 | 510,858 | 22,400 |
| 74 | 13 | 28 | 510,559 | 22,417 |
| 75 | 12 | 31 | 453,559 | 22,547 |
| 76 | 11 | 30 | 452,594 | 22,608 |
| 77 | 8 | 22 | 505,384 | 22,715 |
| 78 | 12 | 26 | 504,720 | 22,754 |
| 79 | 14 | 27 | 503,928 | 22,800 |
| 80 | 2 | 17 | 503,909 | 22,802 |
| 81 | 14 | 28 | 503,736 | 22,812 |
| 82 | 10 | 25 | 502,586 | 22,880 |
| 83 | 10 | 24 | 501,949 | 22,917 |
| 84 | 3 | 18 | 498,309 | 23,135 |
| 85 | 0 | 16 | 498,000 | 23,153 |
| 86 | 4 | 19 | 495,617 | 23,298 |
| 87 | 6 | 20 | 493,013 | 23,458 |
| 88 | 3 | 17 | 485,847 | 23,908 |
| 89 | 0 | 15 | 484,860 | 23,972 |
| 90 | 10 | 23 | 484,548 | 23,992 |
| 91 | 5 | 19 | 482,573 | 24,119 |
| 92 | 9 | 21 | 478,986 | 24,354 |
| 93 | 4 | 18 | 477,770 | 24,435 |
| 94 | 1 | 16 | 473,168 | 24,744 |

| Rank | Kombinacije | | PT [kW] | Cost [c€/kWh] (COE Carapellucci) |
|------|-------------|-----------|---------|----------------------------------|
| 95 | 9 | 22 | 467,568 | 25,129 |
| 96 | 4 | 17 | 465,176 | 25,297 |
| 97 | 5 | 18 | 464,696 | 25,331 |
| 98 | 13 | 26 | 461,586 | 25,553 |
| 99 | 1 | 15 | 459,989 | 25,669 |
| 100 | 11 | 25 | 458,283 | 25,793 |

9.4.6 Рангирање по односу АЕР и дужине цевовода

| Rank | Kombinacije | | AEP/Lp [GWh/a/km] |
|------|-------------|----|----------------------|
| | | | |
| 1 | 29 | 30 | 1,749 |
| 2 | 28 | 30 | 1,069 |
| 3 | 19 | 21 | 1,023 |
| 4 | 29 | 31 | 0,977 |
| 5 | 25 | 27 | 0,879 |
| 6 | 18 | 21 | 0,775 |
| 7 | 28 | 31 | 0,745 |
| 8 | 14 | 17 | 0,716 |
| 9 | 19 | 23 | 0,704 |
| 10 | 27 | 30 | 0,693 |
| 11 | 16 | 21 | 0,683 |
| 12 | 20 | 23 | 0,677 |
| 13 | 14 | 21 | 0,668 |
| 14 | 8 | 11 | 0,659 |
| 15 | 17 | 21 | 0,638 |
| 16 | 19 | 22 | 0,632 |
| 17 | 26 | 30 | 0,623 |
| 18 | 18 | 23 | 0,619 |
| 19 | 12 | 15 | 0,618 |
| 20 | 25 | 30 | 0,617 |
| 21 | 19 | 24 | 0,616 |
| 22 | 25 | 28 | 0,615 |
| 23 | 19 | 27 | 0,607 |
| 24 | 14 | 23 | 0,604 |
| 25 | 15 | 21 | 0,603 |
| 26 | 12 | 21 | 0,603 |
| 27 | 24 | 27 | 0,601 |
| 28 | 13 | 21 | 0,597 |
| 29 | 16 | 23 | 0,597 |
| 30 | 22 | 27 | 0,596 |
| 31 | 9 | 13 | 0,594 |
| 32 | 5 | 11 | 0,594 |
| 33 | 9 | 15 | 0,592 |
| 34 | 8 | 13 | 0,591 |
| 35 | 14 | 18 | 0,591 |
| 36 | 7 | 11 | 0,591 |
| 37 | 9 | 21 | 0,590 |
| 38 | 8 | 15 | 0,589 |
| 39 | 19 | 26 | 0,589 |
| 40 | 8 | 21 | 0,588 |
| 41 | 10 | 21 | 0,583 |
| 42 | 20 | 27 | 0,582 |
| 43 | 12 | 17 | 0,581 |
| 44 | 6 | 11 | 0,580 |
| 45 | 8 | 12 | 0,579 |
| 46 | 29 | 32 | 0,578 |

| Rank | Kombinacije | | AEP/Lp [GWh/a/km] |
|------|-------------|----|----------------------|
| 47 | 9 | 12 | 0,576 |
| 48 | 11 | 21 | 0,575 |
| 49 | 5 | 10 | 0,575 |
| 50 | 20 | 24 | 0,574 |
| 51 | 10 | 15 | 0,573 |
| 52 | 14 | 27 | 0,573 |
| 53 | 9 | 17 | 0,572 |
| 54 | 5 | 21 | 0,572 |
| 55 | 7 | 21 | 0,572 |
| 56 | 8 | 17 | 0,572 |
| 57 | 14 | 20 | 0,571 |
| 58 | 18 | 27 | 0,570 |
| 59 | 14 | 24 | 0,569 |
| 60 | 5 | 15 | 0,568 |
| 61 | 6 | 21 | 0,568 |
| 62 | 5 | 13 | 0,565 |
| 63 | 14 | 22 | 0,564 |
| 64 | 16 | 27 | 0,564 |
| 65 | 13 | 17 | 0,563 |
| 66 | 7 | 15 | 0,563 |
| 67 | 10 | 13 | 0,562 |
| 68 | 12 | 23 | 0,562 |
| 69 | 22 | 26 | 0,561 |
| 70 | 27 | 31 | 0,560 |
| 71 | 14 | 26 | 0,560 |
| 72 | 18 | 24 | 0,560 |
| 73 | 6 | 15 | 0,559 |
| 74 | 9 | 23 | 0,559 |
| 75 | 8 | 23 | 0,559 |
| 76 | 10 | 17 | 0,558 |
| 77 | 7 | 10 | 0,557 |
| 78 | 5 | 12 | 0,557 |
| 79 | 20 | 26 | 0,557 |
| 80 | 5 | 17 | 0,557 |
| 81 | 7 | 13 | 0,556 |
| 82 | 16 | 24 | 0,555 |
| 83 | 17 | 23 | 0,554 |
| 84 | 13 | 23 | 0,554 |
| 85 | 6 | 10 | 0,553 |
| 86 | 6 | 13 | 0,553 |
| 87 | 7 | 17 | 0,552 |
| 88 | 10 | 23 | 0,551 |
| 89 | 18 | 26 | 0,550 |
| 90 | 6 | 17 | 0,549 |
| 91 | 15 | 23 | 0,548 |
| 92 | 16 | 26 | 0,548 |
| 93 | 7 | 23 | 0,547 |
| 94 | 11 | 15 | 0,547 |

| Rank | Kombinacije | | AEP/Lp [GWh/a/km] |
|-------------|--------------------|-----------|------------------------------|
| 95 | 12 | 27 | 0,546 |
| 96 | 5 | 9 | 0,544 |
| 97 | 25 | 31 | 0,544 |
| 98 | 19 | 28 | 0,544 |
| 99 | 16 | 22 | 0,544 |
| 100 | 18 | 22 | 0,543 |

9.4.7 Рангирање по дужини далековода

| Rank | Kombinacije | | Dužina dalekovoda [m] |
|------|-------------|----|-----------------------|
| 1 | 0 | 20 | 99,999 |
| 2 | 0 | 19 | 99,999 |
| 3 | 0 | 18 | 99,999 |
| 4 | 0 | 17 | 99,999 |
| 5 | 0 | 16 | 99,999 |
| 6 | 0 | 15 | 99,999 |
| 7 | 0 | 14 | 99,999 |
| 8 | 0 | 13 | 99,999 |
| 9 | 0 | 12 | 99,999 |
| 10 | 0 | 11 | 99,999 |
| 11 | 0 | 10 | 99,999 |
| 12 | 0 | 9 | 99,999 |
| 13 | 0 | 8 | 99,999 |
| 14 | 0 | 7 | 99,999 |
| 15 | 0 | 6 | 99,999 |
| 16 | 0 | 5 | 99,999 |
| 17 | 1 | 21 | 122,202 |
| 18 | 1 | 20 | 122,202 |
| 19 | 1 | 19 | 122,202 |
| 20 | 1 | 18 | 122,202 |
| 21 | 1 | 17 | 122,202 |
| 22 | 1 | 16 | 122,202 |
| 23 | 1 | 15 | 122,202 |
| 24 | 1 | 14 | 122,202 |
| 25 | 1 | 13 | 122,202 |
| 26 | 1 | 12 | 122,202 |
| 27 | 1 | 11 | 122,202 |
| 28 | 1 | 10 | 122,202 |
| 29 | 1 | 9 | 122,202 |
| 30 | 1 | 8 | 122,202 |
| 31 | 1 | 7 | 122,202 |
| 32 | 1 | 6 | 122,202 |
| 33 | 2 | 21 | 305,932 |
| 34 | 2 | 22 | 305,932 |
| 35 | 2 | 20 | 305,932 |
| 36 | 2 | 19 | 305,932 |
| 37 | 2 | 18 | 305,932 |
| 38 | 2 | 17 | 305,932 |
| 39 | 2 | 16 | 305,932 |
| 40 | 2 | 15 | 305,932 |
| 41 | 2 | 14 | 305,932 |
| 42 | 2 | 13 | 305,932 |
| 43 | 2 | 12 | 305,932 |
| 44 | 2 | 11 | 305,932 |
| 45 | 2 | 10 | 305,932 |
| 46 | 2 | 9 | 305,932 |

| Rank | Kombinacije | | Dužina dalekovoda [m] |
|-------------|--------------------|-----------|------------------------------|
| 47 | 2 | 8 | 305,932 |
| 48 | 2 | 7 | 305,932 |
| 49 | 3 | 23 | 432,623 |
| 50 | 3 | 21 | 432,623 |
| 51 | 3 | 22 | 432,623 |
| 52 | 3 | 20 | 432,623 |
| 53 | 3 | 19 | 432,623 |
| 54 | 3 | 18 | 432,623 |
| 55 | 3 | 17 | 432,623 |
| 56 | 3 | 16 | 432,623 |
| 57 | 3 | 15 | 432,623 |
| 58 | 3 | 14 | 432,623 |
| 59 | 3 | 13 | 432,623 |
| 60 | 3 | 12 | 432,623 |
| 61 | 3 | 11 | 432,623 |
| 62 | 3 | 10 | 432,623 |
| 63 | 3 | 9 | 432,623 |
| 64 | 3 | 8 | 432,623 |
| 65 | 3 | 7 | 432,623 |
| 66 | 4 | 24 | 611,024 |
| 67 | 4 | 23 | 611,024 |
| 68 | 4 | 22 | 611,024 |
| 69 | 4 | 21 | 611,024 |
| 70 | 4 | 20 | 611,024 |
| 71 | 4 | 19 | 611,024 |
| 72 | 4 | 18 | 611,024 |
| 73 | 4 | 17 | 611,024 |
| 74 | 4 | 16 | 611,024 |
| 75 | 4 | 15 | 611,024 |
| 76 | 4 | 14 | 611,024 |
| 77 | 4 | 13 | 611,024 |
| 78 | 4 | 12 | 611,024 |
| 79 | 4 | 11 | 611,024 |
| 80 | 4 | 10 | 611,024 |
| 81 | 4 | 9 | 611,024 |
| 82 | 4 | 8 | 611,024 |
| 83 | 5 | 24 | 784,865 |
| 84 | 5 | 25 | 784,865 |
| 85 | 5 | 23 | 784,865 |
| 86 | 5 | 21 | 784,865 |
| 87 | 5 | 22 | 784,865 |
| 88 | 5 | 20 | 784,865 |
| 89 | 5 | 19 | 784,865 |
| 90 | 5 | 18 | 784,865 |
| 91 | 5 | 17 | 784,865 |
| 92 | 5 | 16 | 784,865 |
| 93 | 5 | 15 | 784,865 |
| 94 | 5 | 14 | 784,865 |

| Rank | Kombinacije | | Dužina dalekovoda [m] |
|-------------|--------------------|-----------|------------------------------|
| 95 | 5 | 13 | 784,865 |
| 96 | 5 | 12 | 784,865 |
| 97 | 5 | 11 | 784,865 |
| 98 | 5 | 10 | 784,865 |
| 99 | 5 | 9 | 784,865 |
| 100 | 5 | 8 | 784,865 |

9.4.8 Рангирање по пондерисаној аритметичкој средини

| Rank | Kombinacije | | Ponderisana aritmetička sredina |
|------|-------------|----|---------------------------------|
| 1 | 1 | 21 | 53 |
| 2 | 3 | 21 | 54,875 |
| 3 | 2 | 21 | 55,625 |
| 4 | 4 | 21 | 56,5 |
| 5 | 5 | 23 | 57,125 |
| 6 | 3 | 23 | 57,75 |
| 7 | 4 | 23 | 59,125 |
| 8 | 5 | 24 | 60,875 |
| 9 | 4 | 24 | 63,75 |
| 10 | 7 | 27 | 67,125 |
| 11 | 6 | 26 | 67,625 |
| 12 | 0 | 20 | 67,625 |
| 13 | 8 | 27 | 67,875 |
| 14 | 6 | 23 | 68,75 |
| 15 | 2 | 22 | 69,875 |
| 16 | 3 | 22 | 71,75 |
| 17 | 6 | 24 | 72 |
| 18 | 5 | 25 | 72,75 |
| 19 | 7 | 26 | 74,625 |
| 20 | 9 | 27 | 76,375 |
| 21 | 5 | 21 | 77,375 |
| 22 | 8 | 26 | 77,625 |
| 23 | 6 | 25 | 83,875 |
| 24 | 8 | 28 | 84,25 |
| 25 | 6 | 21 | 88,875 |
| 26 | 10 | 27 | 89,875 |
| 27 | 9 | 29 | 90,625 |
| 28 | 9 | 28 | 92,625 |
| 29 | 5 | 22 | 94,125 |
| 30 | 4 | 22 | 94,625 |
| 31 | 1 | 20 | 96,125 |
| 32 | 7 | 23 | 96,625 |
| 33 | 7 | 21 | 99,375 |
| 34 | 0 | 17 | 99,75 |
| 35 | 2 | 20 | 100,125 |
| 36 | 0 | 19 | 101 |
| 37 | 7 | 24 | 102,125 |
| 38 | 0 | 18 | 102,375 |
| 39 | 8 | 23 | 102,625 |
| 40 | 10 | 29 | 103 |
| 41 | 3 | 20 | 103,5 |
| 42 | 8 | 24 | 104,125 |
| 43 | 5 | 20 | 104,25 |
| 44 | 10 | 28 | 105,375 |
| 45 | 8 | 21 | 105,875 |
| 46 | 9 | 26 | 106 |

| Rank | Kombinacije | | Ponderisana aritmetička sredina |
|-------------|--------------------|----|--|
| 47 | 1 | 17 | 106,125 |
| 48 | 6 | 22 | 106,375 |
| 49 | 4 | 20 | 107 |
| 50 | 1 | 19 | 108,5 |
| 51 | 1 | 18 | 109 |
| 52 | 2 | 17 | 113 |
| 53 | 7 | 25 | 113,875 |
| 54 | 9 | 23 | 114 |
| 55 | 2 | 18 | 115,125 |
| 56 | 2 | 19 | 115,25 |
| 57 | 3 | 17 | 116,125 |
| 58 | 9 | 24 | 116,625 |
| 59 | 7 | 22 | 116,75 |
| 60 | 0 | 15 | 117,125 |
| 61 | 8 | 25 | 117,25 |
| 62 | 0 | 16 | 119 |
| 63 | 4 | 17 | 119,25 |
| 64 | 3 | 19 | 119,875 |
| 65 | 10 | 26 | 120,5 |
| 66 | 5 | 17 | 120,625 |
| 67 | 3 | 18 | 121,375 |
| 68 | 11 | 27 | 122,125 |
| 69 | 9 | 21 | 122,25 |
| 70 | 8 | 22 | 122,875 |
| 71 | 6 | 20 | 124 |
| 72 | 5 | 18 | 124 |
| 73 | 12 | 27 | 125,125 |
| 74 | 1 | 15 | 125,75 |
| 75 | 4 | 18 | 126,875 |
| 76 | 1 | 16 | 127,125 |
| 77 | 5 | 19 | 127,375 |
| 78 | 4 | 19 | 127,875 |
| 79 | 9 | 25 | 130,125 |
| 80 | 10 | 30 | 132,75 |
| 81 | 10 | 23 | 133,5 |
| 82 | 2 | 15 | 134 |
| 83 | 10 | 24 | 136 |
| 84 | 11 | 29 | 137 |
| 85 | 2 | 16 | 137 |
| 86 | 11 | 26 | 137,125 |
| 87 | 7 | 20 | 137,875 |
| 88 | 11 | 28 | 138,5 |
| 89 | 9 | 22 | 139,5 |
| 90 | 14 | 27 | 139,625 |
| 91 | 11 | 30 | 140 |
| 92 | 11 | 31 | 140,125 |
| 93 | 3 | 15 | 140,5 |
| 94 | 13 | 27 | 140,875 |

| Rank | Kombinacije | | Ponderisana aritmetička sredina |
|-------------|--------------------|-----------|--|
| 95 | 12 | 26 | 141,125 |
| 96 | 12 | 29 | 141,5 |
| 97 | 12 | 28 | 142,25 |
| 98 | 4 | 15 | 143,25 |
| 99 | 10 | 21 | 143,375 |
| 100 | 12 | 31 | 143,75 |

9.4.9 Сумарни приказ резултата рангирања

| Rank | Kombinacija | | kW | price of kW | Q_T | Inestment cost (Carapellucci) | COE (Carapellucci) | AEP / Lp | Dužina dalekovoda | Ponderisana aritmetička sredina |
|------|-------------|----|----|-------------|-----|-------------------------------|--------------------|----------|-------------------|---------------------------------|
| 1 | 7 | 27 | 1 | 1 | 264 | 5 | 1 | 145 | 119 | 10 |
| 2 | 6 | 26 | 2 | 2 | 247 | 6 | 2 | 180 | 101 | 11 |
| 3 | 3 | 23 | 3 | 3 | 196 | 7 | 3 | 200 | 49 | 6 |
| 4 | 8 | 27 | 4 | 4 | 265 | 8 | 4 | 120 | 137 | 13 |
| 5 | 4 | 24 | 5 | 5 | 214 | 9 | 5 | 205 | 66 | 9 |
| 6 | 8 | 28 | 6 | 6 | 300 | 10 | 6 | 207 | 138 | 24 |
| 7 | 1 | 21 | 7 | 7 | 159 | 11 | 7 | 215 | 17 | 1 |
| 8 | 5 | 24 | 8 | 8 | 215 | 12 | 8 | 152 | 83 | 8 |
| 9 | 5 | 25 | 9 | 9 | 231 | 13 | 9 | 226 | 84 | 18 |
| 10 | 4 | 23 | 10 | 10 | 197 | 15 | 10 | 163 | 67 | 7 |
| 11 | 7 | 26 | 11 | 11 | 248 | 16 | 11 | 179 | 120 | 19 |
| 12 | 9 | 29 | 12 | 12 | 283 | 17 | 12 | 233 | 155 | 27 |
| 13 | 2 | 21 | 13 | 13 | 160 | 19 | 13 | 193 | 33 | 3 |
| 14 | 5 | 23 | 14 | 14 | 198 | 20 | 14 | 111 | 85 | 5 |
| 15 | 9 | 27 | 15 | 15 | 266 | 21 | 15 | 122 | 156 | 20 |
| 16 | 9 | 28 | 16 | 16 | 301 | 22 | 16 | 212 | 157 | 28 |
| 17 | 2 | 22 | 17 | 17 | 178 | 24 | 17 | 271 | 34 | 15 |
| 18 | 3 | 21 | 18 | 18 | 161 | 25 | 18 | 148 | 50 | 2 |
| 19 | 8 | 26 | 19 | 19 | 249 | 26 | 19 | 149 | 139 | 22 |
| 20 | 6 | 24 | 20 | 20 | 216 | 27 | 20 | 170 | 102 | 17 |
| 21 | 6 | 25 | 21 | 21 | 232 | 28 | 21 | 244 | 103 | 23 |
| 22 | 3 | 22 | 22 | 22 | 179 | 29 | 22 | 248 | 51 | 16 |
| 23 | 0 | 20 | 23 | 23 | 142 | 30 | 23 | 298 | 1 | 12 |
| 24 | 4 | 22 | 24 | 233 | 180 | 31 | 24 | 196 | 68 | 30 |
| 25 | 5 | 21 | 25 | 234 | 162 | 32 | 25 | 54 | 86 | 21 |
| 26 | 4 | 21 | 26 | 24 | 163 | 33 | 26 | 110 | 69 | 4 |

| Rank | Kombinacija | | kW | price of kW | Q_T | Inestment cost (Carapellucci) | COE (Carapellucci) | AEP / Lp | Dužina dalekovoda | Ponderisana aritmetička sredina |
|------|-------------|-----------|----|-------------|-----|-------------------------------|--------------------|----------|-------------------|---------------------------------|
| 27 | 9 | 26 | 27 | 235 | 250 | 34 | 27 | 116 | 158 | 46 |
| 28 | 10 | 29 | 28 | 25 | 284 | 35 | 28 | 250 | 173 | 40 |
| 29 | 6 | 23 | 29 | 26 | 199 | 36 | 29 | 126 | 104 | 14 |
| 30 | 1 | 20 | 30 | 236 | 143 | 37 | 30 | 274 | 18 | 31 |
| 31 | 7 | 25 | 31 | 238 | 233 | 38 | 31 | 218 | 121 | 53 |
| 32 | 7 | 24 | 32 | 239 | 217 | 39 | 32 | 135 | 122 | 37 |
| 33 | 5 | 22 | 33 | 240 | 181 | 40 | 33 | 138 | 87 | 29 |
| 34 | 10 | 27 | 34 | 27 | 267 | 41 | 34 | 141 | 174 | 26 |
| 35 | 10 | 28 | 35 | 28 | 302 | 42 | 35 | 225 | 175 | 44 |
| 36 | 7 | 23 | 36 | 241 | 200 | 43 | 36 | 93 | 123 | 32 |
| 37 | 2 | 20 | 37 | 242 | 144 | 44 | 37 | 261 | 35 | 35 |
| 38 | 8 | 25 | 38 | 243 | 234 | 45 | 38 | 199 | 140 | 61 |
| 39 | 8 | 24 | 39 | 244 | 218 | 46 | 39 | 105 | 141 | 42 |
| 40 | 11 | 29 | 40 | 245 | 285 | 47 | 40 | 246 | 192 | 84 |
| 41 | 0 | 19 | 41 | 246 | 126 | 48 | 41 | 303 | 2 | 36 |
| 42 | 6 | 21 | 42 | 247 | 164 | 49 | 42 | 61 | 105 | 25 |
| 43 | 11 | 27 | 43 | 249 | 268 | 50 | 43 | 130 | 193 | 68 |
| 44 | 11 | 28 | 44 | 250 | 303 | 51 | 44 | 221 | 194 | 88 |
| 45 | 10 | 26 | 45 | 252 | 251 | 52 | 45 | 142 | 176 | 65 |
| 46 | 3 | 20 | 46 | 253 | 145 | 53 | 46 | 232 | 52 | 41 |
| 47 | 8 | 23 | 47 | 254 | 201 | 54 | 47 | 75 | 142 | 39 |
| 48 | 6 | 22 | 48 | 255 | 182 | 55 | 48 | 156 | 106 | 48 |
| 49 | 0 | 18 | 49 | 256 | 111 | 56 | 49 | 294 | 3 | 38 |
| 50 | 12 | 29 | 50 | 257 | 286 | 57 | 50 | 220 | 211 | 96 |
| 51 | 1 | 19 | 51 | 259 | 127 | 58 | 51 | 302 | 19 | 50 |
| 52 | 12 | 27 | 52 | 261 | 269 | 59 | 52 | 95 | 212 | 73 |
| 53 | 12 | 28 | 53 | 262 | 304 | 60 | 53 | 192 | 213 | 97 |
| 54 | 0 | 17 | 54 | 263 | 96 | 61 | 54 | 265 | 4 | 34 |

| Rank | Kombinacija | | kW | price of kW | Q_T | Inestment cost (Carapellucci) | COE (Carapellucci) | AEP / Lp | Dužina dalekovoda | Ponderisana aritmetička sredina |
|------|-------------|----|----|-------------|-----|-------------------------------|--------------------|----------|-------------------|---------------------------------|
| 55 | 4 | 20 | 55 | 264 | 146 | 62 | 55 | 203 | 70 | 49 |
| 56 | 9 | 25 | 56 | 265 | 235 | 63 | 56 | 206 | 159 | 79 |
| 57 | 9 | 24 | 57 | 266 | 219 | 64 | 57 | 109 | 160 | 58 |
| 58 | 7 | 21 | 58 | 269 | 165 | 65 | 58 | 55 | 124 | 33 |
| 59 | 1 | 18 | 59 | 270 | 112 | 67 | 59 | 284 | 20 | 51 |
| 60 | 5 | 20 | 60 | 271 | 147 | 68 | 60 | 139 | 88 | 43 |
| 61 | 2 | 19 | 61 | 273 | 128 | 69 | 62 | 292 | 36 | 56 |
| 62 | 7 | 22 | 62 | 274 | 183 | 71 | 63 | 155 | 125 | 59 |
| 63 | 9 | 23 | 63 | 275 | 202 | 72 | 64 | 74 | 161 | 54 |
| 64 | 1 | 17 | 64 | 276 | 97 | 73 | 65 | 252 | 21 | 47 |
| 65 | 11 | 26 | 65 | 277 | 252 | 74 | 66 | 167 | 195 | 86 |
| 66 | 13 | 29 | 66 | 278 | 287 | 79 | 68 | 243 | 232 | 115 |
| 67 | 8 | 21 | 67 | 279 | 166 | 82 | 69 | 40 | 143 | 45 |
| 68 | 2 | 18 | 68 | 280 | 113 | 83 | 70 | 269 | 37 | 55 |
| 69 | 3 | 19 | 69 | 281 | 129 | 85 | 71 | 270 | 53 | 64 |
| 70 | 14 | 29 | 70 | 282 | 288 | 88 | 72 | 171 | 253 | 112 |
| 71 | 13 | 27 | 71 | 283 | 270 | 89 | 73 | 107 | 233 | 94 |
| 72 | 13 | 28 | 72 | 284 | 305 | 90 | 74 | 214 | 234 | 118 |
| 73 | 8 | 22 | 73 | 286 | 184 | 94 | 77 | 124 | 144 | 70 |
| 74 | 12 | 26 | 74 | 287 | 253 | 95 | 78 | 127 | 214 | 95 |
| 75 | 14 | 27 | 75 | 288 | 271 | 97 | 79 | 52 | 254 | 90 |
| 76 | 2 | 17 | 76 | 289 | 98 | 98 | 80 | 224 | 38 | 52 |
| 77 | 14 | 28 | 77 | 290 | 306 | 99 | 81 | 129 | 255 | 114 |
| 78 | 10 | 25 | 78 | 291 | 236 | 100 | 82 | 231 | 177 | 108 |
| 79 | 10 | 24 | 79 | 292 | 220 | 101 | 83 | 134 | 178 | 83 |
| 80 | 3 | 18 | 80 | 294 | 114 | 104 | 84 | 240 | 54 | 67 |
| 81 | 0 | 16 | 81 | 295 | 83 | 106 | 85 | 296 | 5 | 62 |
| 82 | 4 | 19 | 82 | 297 | 130 | 109 | 86 | 247 | 71 | 78 |

| Rank | Kombinacija | | kW | price of kW | Q_T | Inestment cost (Carapellucci) | COE (Carapellucci) | AEP / Lp | Dužina dalekovoda | Ponderisana aritmetička sredina |
|------|-------------|-----------|-----|-------------|-----|-------------------------------|--------------------|----------|-------------------|---------------------------------|
| 83 | 6 | 20 | 83 | 298 | 148 | 110 | 87 | 158 | 107 | 71 |
| 84 | 3 | 17 | 84 | 300 | 99 | 116 | 88 | 186 | 55 | 57 |
| 85 | 0 | 15 | 85 | 301 | 70 | 117 | 89 | 268 | 6 | 60 |
| 86 | 10 | 23 | 86 | 302 | 203 | 119 | 90 | 88 | 179 | 81 |
| 87 | 5 | 19 | 87 | 303 | 131 | 120 | 91 | 197 | 89 | 77 |
| 88 | 9 | 21 | 88 | 306 | 167 | 125 | 92 | 37 | 162 | 69 |
| 89 | 10 | 30 | 89 | 29 | 318 | 1 | 61 | 383 | 180 | 80 |
| 90 | 4 | 18 | 90 | 307 | 115 | 126 | 93 | 211 | 72 | 75 |
| 91 | 1 | 16 | 91 | 309 | 84 | 128 | 94 | 288 | 22 | 76 |
| 92 | 9 | 22 | 92 | 313 | 185 | 136 | 95 | 131 | 163 | 89 |
| 93 | 11 | 31 | 93 | 30 | 338 | 2 | 67 | 394 | 196 | 92 |
| 94 | 4 | 17 | 94 | 316 | 100 | 138 | 96 | 136 | 73 | 63 |
| 95 | 5 | 18 | 95 | 317 | 116 | 139 | 97 | 137 | 90 | 72 |
| 96 | 13 | 26 | 96 | 319 | 254 | 140 | 98 | 147 | 235 | 119 |
| 97 | 1 | 15 | 97 | 321 | 71 | 141 | 99 | 253 | 23 | 74 |
| 98 | 11 | 25 | 98 | 322 | 237 | 144 | 100 | 259 | 197 | 132 |
| 99 | 7 | 20 | 99 | 324 | 149 | 146 | 101 | 157 | 126 | 87 |
| 100 | 11 | 24 | 100 | 325 | 221 | 147 | 102 | 160 | 198 | 116 |

9.5 Мокранска река

9.5.1 Рангирање по годишњој производњи електричне енергије

| Rank | Kombinacije | | PT [kW] | AEP [GWh/a] |
|------|-------------|----|---------|-------------|
| 1 | 8 | 47 | 393,385 | 1,162 |
| 2 | 8 | 46 | 362,850 | 1,072 |
| 3 | 33 | 53 | 351,901 | 1,040 |
| 4 | 34 | 54 | 333,971 | 0,987 |
| 5 | 8 | 44 | 332,849 | 0,984 |
| 6 | 35 | 54 | 330,378 | 0,976 |
| 7 | 34 | 53 | 315,096 | 0,931 |
| 8 | 8 | 45 | 314,385 | 0,929 |
| 9 | 36 | 54 | 314,200 | 0,928 |
| 10 | 9 | 48 | 313,812 | 0,927 |
| 11 | 10 | 49 | 311,582 | 0,921 |
| 12 | 35 | 53 | 311,466 | 0,920 |
| 13 | 8 | 43 | 308,604 | 0,912 |
| 14 | 10 | 48 | 308,157 | 0,911 |
| 15 | 11 | 50 | 306,226 | 0,905 |
| 16 | 9 | 47 | 305,781 | 0,904 |
| 17 | 11 | 49 | 305,243 | 0,902 |
| 18 | 32 | 50 | 303,069 | 0,896 |
| 19 | 32 | 49 | 302,072 | 0,893 |
| 20 | 11 | 48 | 301,803 | 0,892 |
| 21 | 37 | 54 | 301,609 | 0,891 |
| 22 | 8 | 42 | 301,206 | 0,890 |
| 23 | 33 | 52 | 301,053 | 0,890 |
| 24 | 10 | 47 | 300,011 | 0,887 |
| 25 | 8 | 41 | 298,735 | 0,883 |
| 26 | 32 | 48 | 298,625 | 0,882 |
| 27 | 36 | 53 | 295,120 | 0,872 |
| 28 | 33 | 51 | 294,228 | 0,869 |
| 29 | 11 | 47 | 293,528 | 0,867 |
| 30 | 35 | 55 | 291,894 | 0,863 |
| 31 | 33 | 50 | 291,753 | 0,862 |
| 32 | 33 | 49 | 290,706 | 0,859 |
| 33 | 8 | 40 | 290,690 | 0,859 |
| 34 | 32 | 47 | 290,285 | 0,858 |
| 35 | 33 | 48 | 287,232 | 0,849 |
| 36 | 38 | 54 | 286,190 | 0,846 |
| 37 | 37 | 53 | 282,399 | 0,834 |
| 38 | 39 | 54 | 279,847 | 0,827 |
| 39 | 33 | 47 | 278,660 | 0,823 |
| 40 | 36 | 55 | 277,993 | 0,821 |
| 41 | 9 | 46 | 275,168 | 0,813 |
| 42 | 10 | 46 | 269,393 | 0,796 |
| 43 | 37 | 55 | 267,175 | 0,790 |
| 44 | 38 | 53 | 266,820 | 0,788 |
| 45 | 34 | 52 | 264,206 | 0,781 |

| Rank | Kombinacije | | PT [kW] | AEP [GWh/a] |
|------|-------------|----|---------|-------------|
| 46 | 11 | 46 | 262,903 | 0,777 |
| 47 | 35 | 52 | 260,572 | 0,770 |
| 48 | 39 | 53 | 260,411 | 0,770 |
| 49 | 32 | 46 | 259,658 | 0,767 |
| 50 | 34 | 51 | 257,350 | 0,760 |
| 51 | 34 | 50 | 254,857 | 0,753 |
| 52 | 38 | 55 | 253,927 | 0,750 |
| 53 | 35 | 51 | 253,713 | 0,750 |
| 54 | 34 | 49 | 253,647 | 0,750 |
| 55 | 35 | 50 | 251,218 | 0,742 |
| 56 | 34 | 48 | 250,086 | 0,739 |
| 57 | 35 | 49 | 249,992 | 0,739 |
| 58 | 39 | 55 | 248,477 | 0,734 |
| 59 | 33 | 46 | 248,022 | 0,733 |
| 60 | 35 | 48 | 246,423 | 0,728 |
| 61 | 36 | 52 | 244,207 | 0,722 |
| 62 | 34 | 47 | 240,756 | 0,711 |
| 63 | 8 | 39 | 237,885 | 0,703 |
| 64 | 36 | 51 | 237,335 | 0,701 |
| 65 | 35 | 47 | 237,018 | 0,700 |
| 66 | 40 | 54 | 234,874 | 0,694 |
| 67 | 36 | 50 | 234,832 | 0,694 |
| 68 | 9 | 44 | 234,086 | 0,692 |
| 69 | 36 | 49 | 233,533 | 0,690 |
| 70 | 37 | 52 | 231,471 | 0,684 |
| 71 | 8 | 38 | 230,796 | 0,682 |
| 72 | 36 | 48 | 229,925 | 0,679 |
| 73 | 10 | 44 | 227,581 | 0,673 |
| 74 | 9 | 45 | 226,602 | 0,670 |
| 75 | 41 | 54 | 226,517 | 0,669 |
| 76 | 37 | 51 | 224,588 | 0,664 |
| 77 | 42 | 54 | 224,182 | 0,662 |
| 78 | 37 | 50 | 222,079 | 0,656 |
| 79 | 10 | 45 | 220,820 | 0,653 |
| 80 | 37 | 49 | 220,724 | 0,652 |
| 81 | 11 | 44 | 220,272 | 0,651 |
| 82 | 36 | 47 | 220,184 | 0,651 |
| 83 | 43 | 54 | 217,749 | 0,643 |
| 84 | 37 | 48 | 217,086 | 0,641 |
| 85 | 32 | 44 | 216,616 | 0,640 |
| 86 | 38 | 52 | 215,875 | 0,638 |
| 87 | 40 | 53 | 214,973 | 0,635 |
| 88 | 11 | 45 | 214,323 | 0,633 |
| 89 | 8 | 37 | 213,380 | 0,631 |
| 90 | 32 | 45 | 211,073 | 0,624 |
| 91 | 34 | 46 | 210,085 | 0,621 |
| 92 | 40 | 55 | 209,836 | 0,620 |
| 93 | 9 | 43 | 209,778 | 0,620 |
| 94 | 39 | 52 | 209,459 | 0,619 |

| Rank | Kombinacije | | PT [kW] | AEP [GWh/a] |
|------|-------------|-----------|---------|-------------|
| 95 | 38 | 51 | 208,979 | 0,618 |
| 96 | 37 | 47 | 207,083 | 0,612 |
| 97 | 41 | 53 | 206,529 | 0,610 |
| 98 | 38 | 50 | 206,461 | 0,610 |
| 99 | 35 | 46 | 206,343 | 0,610 |
| 100 | 38 | 49 | 205,037 | 0,606 |

9.5.2 Рангирање по инвестиционој цени (Република Србија)

| Rank | Kombinacije | | Cost [€/kW] |
|------|-------------|----|-------------|
| 1 | 8 | 47 | 4955,384 |
| 2 | 8 | 46 | 5057,165 |
| 3 | 33 | 53 | 5093,662 |
| 4 | 34 | 54 | 5153,430 |
| 5 | 8 | 44 | 5157,169 |
| 6 | 35 | 54 | 5165,405 |
| 7 | 34 | 53 | 5216,346 |
| 8 | 8 | 45 | 5218,718 |
| 9 | 36 | 54 | 5219,333 |
| 10 | 9 | 48 | 5220,627 |
| 11 | 10 | 49 | 5228,060 |
| 12 | 35 | 53 | 5228,446 |
| 13 | 8 | 43 | 5237,986 |
| 14 | 10 | 48 | 5239,477 |
| 15 | 11 | 50 | 5245,914 |
| 16 | 9 | 47 | 5247,396 |
| 17 | 11 | 49 | 5249,190 |
| 18 | 32 | 50 | 5256,436 |
| 19 | 32 | 49 | 5259,758 |
| 20 | 11 | 48 | 5260,657 |
| 21 | 37 | 54 | 5261,304 |
| 22 | 8 | 42 | 5262,646 |
| 23 | 33 | 52 | 5263,158 |
| 24 | 10 | 47 | 5266,630 |
| 25 | 8 | 41 | 5270,882 |
| 26 | 32 | 48 | 5271,250 |
| 27 | 36 | 53 | 5282,933 |
| 28 | 33 | 51 | 5285,906 |
| 29 | 11 | 47 | 5288,241 |
| 30 | 35 | 55 | 5293,687 |
| 31 | 33 | 50 | 5294,156 |
| 32 | 33 | 49 | 5297,645 |
| 33 | 8 | 40 | 5297,701 |
| 34 | 32 | 47 | 5299,051 |
| 35 | 33 | 48 | 5309,225 |
| 36 | 38 | 54 | 5312,700 |
| 37 | 37 | 53 | 5325,338 |
| 38 | 39 | 54 | 5333,844 |
| 39 | 33 | 47 | 5337,800 |
| 40 | 36 | 55 | 5340,022 |
| 41 | 9 | 46 | 5349,440 |
| 42 | 10 | 46 | 5368,691 |
| 43 | 37 | 55 | 5376,083 |
| 44 | 38 | 53 | 5377,267 |
| 45 | 34 | 52 | 5385,981 |
| 46 | 11 | 46 | 5390,322 |
| 47 | 35 | 52 | 5398,094 |

| Rank | Kombinacije | | Cost [€/kW] |
|------|-------------|----|-------------|
| 48 | 39 | 53 | 5398,629 |
| 49 | 32 | 46 | 5401,141 |
| 50 | 34 | 51 | 5408,832 |
| 51 | 34 | 50 | 5417,143 |
| 52 | 38 | 55 | 5420,244 |
| 53 | 35 | 51 | 5420,956 |
| 54 | 34 | 49 | 5421,177 |
| 55 | 35 | 50 | 5429,273 |
| 56 | 34 | 48 | 5433,046 |
| 57 | 35 | 49 | 5433,360 |
| 58 | 39 | 55 | 5438,410 |
| 59 | 33 | 46 | 5439,926 |
| 60 | 35 | 48 | 5445,257 |
| 61 | 36 | 52 | 5452,642 |
| 62 | 34 | 47 | 5464,145 |
| 63 | 8 | 39 | 5473,718 |
| 64 | 36 | 51 | 5475,551 |
| 65 | 35 | 47 | 5476,606 |
| 66 | 40 | 54 | 5483,753 |
| 67 | 36 | 50 | 5483,894 |
| 68 | 9 | 44 | 5486,379 |
| 69 | 36 | 49 | 5488,223 |
| 70 | 37 | 52 | 5495,095 |
| 71 | 8 | 38 | 5497,347 |
| 72 | 36 | 48 | 5500,249 |
| 73 | 10 | 44 | 5508,064 |
| 74 | 9 | 45 | 5511,328 |
| 75 | 41 | 54 | 5511,611 |
| 76 | 37 | 51 | 5518,040 |
| 77 | 42 | 54 | 5519,393 |
| 78 | 37 | 50 | 5526,404 |
| 79 | 10 | 45 | 5530,601 |
| 80 | 37 | 49 | 5530,921 |
| 81 | 11 | 44 | 5532,428 |
| 82 | 36 | 47 | 5532,719 |
| 83 | 43 | 54 | 5540,838 |
| 84 | 37 | 48 | 5543,047 |
| 85 | 32 | 44 | 5544,614 |
| 86 | 38 | 52 | 5547,083 |
| 87 | 40 | 53 | 5550,091 |
| 88 | 11 | 45 | 5552,257 |
| 89 | 8 | 37 | 5555,401 |
| 90 | 32 | 45 | 5563,088 |
| 91 | 34 | 46 | 5566,385 |
| 92 | 40 | 55 | 5567,213 |
| 93 | 9 | 43 | 5567,407 |
| 94 | 39 | 52 | 5568,469 |
| 95 | 38 | 51 | 5570,071 |
| 96 | 37 | 47 | 5576,389 |

| Rank | Kombinacije | | Cost [€/kW] |
|-------------|--------------------|-----------|--------------------|
| 97 | 41 | 53 | 5578,238 |
| 98 | 38 | 50 | 5578,462 |
| 99 | 35 | 46 | 5578,857 |
| 100 | 38 | 49 | 5583,209 |

9.5.3 Рангирање по инсталисаном протоку

| Rank | Kombinacije | | Q_T [m ³ /s] |
|------|-------------|----|-------------------------|
| 1 | 8 | 33 | 1,537 |
| 2 | 8 | 34 | 1,537 |
| 3 | 8 | 35 | 1,536 |
| 4 | 8 | 36 | 1,534 |
| 5 | 8 | 37 | 1,531 |
| 6 | 8 | 38 | 1,524 |
| 7 | 9 | 38 | 1,524 |
| 8 | 8 | 39 | 1,521 |
| 9 | 9 | 39 | 1,521 |
| 10 | 10 | 39 | 1,521 |
| 11 | 8 | 40 | 1,519 |
| 12 | 9 | 40 | 1,519 |
| 13 | 10 | 40 | 1,519 |
| 14 | 11 | 40 | 1,519 |
| 15 | 32 | 40 | 1,519 |
| 16 | 33 | 40 | 1,519 |
| 17 | 8 | 41 | 1,510 |
| 18 | 9 | 41 | 1,510 |
| 19 | 10 | 41 | 1,510 |
| 20 | 11 | 41 | 1,510 |
| 21 | 32 | 41 | 1,510 |
| 22 | 33 | 41 | 1,510 |
| 23 | 8 | 42 | 1,508 |
| 24 | 9 | 42 | 1,508 |
| 25 | 10 | 42 | 1,508 |
| 26 | 11 | 42 | 1,508 |
| 27 | 32 | 42 | 1,508 |
| 28 | 33 | 42 | 1,508 |
| 29 | 34 | 42 | 1,508 |
| 30 | 8 | 43 | 1,508 |
| 31 | 9 | 43 | 1,508 |
| 32 | 10 | 43 | 1,508 |
| 33 | 11 | 43 | 1,508 |
| 34 | 32 | 43 | 1,508 |
| 35 | 33 | 43 | 1,508 |
| 36 | 34 | 43 | 1,508 |
| 37 | 35 | 43 | 1,508 |
| 38 | 8 | 44 | 1,507 |
| 39 | 9 | 44 | 1,507 |
| 40 | 10 | 44 | 1,507 |
| 41 | 11 | 44 | 1,507 |
| 42 | 32 | 44 | 1,507 |
| 43 | 33 | 44 | 1,507 |
| 44 | 34 | 44 | 1,507 |
| 45 | 35 | 44 | 1,507 |
| 46 | 36 | 44 | 1,507 |
| 47 | 8 | 45 | 1,339 |

| Rank | Kombinacije | | Q _T [m ³ /s] |
|------|-------------|-----------|------------------------------------|
| 48 | 9 | 45 | 1,339 |
| 49 | 10 | 45 | 1,339 |
| 50 | 11 | 45 | 1,339 |
| 51 | 32 | 45 | 1,339 |
| 52 | 33 | 45 | 1,339 |
| 53 | 34 | 45 | 1,339 |
| 54 | 35 | 45 | 1,339 |
| 55 | 36 | 45 | 1,339 |
| 56 | 37 | 45 | 1,339 |
| 57 | 8 | 46 | 1,338 |
| 58 | 9 | 46 | 1,338 |
| 59 | 10 | 46 | 1,338 |
| 60 | 11 | 46 | 1,338 |
| 61 | 32 | 46 | 1,338 |
| 62 | 33 | 46 | 1,338 |
| 63 | 34 | 46 | 1,338 |
| 64 | 35 | 46 | 1,338 |
| 65 | 36 | 46 | 1,338 |
| 66 | 37 | 46 | 1,338 |
| 67 | 38 | 46 | 1,338 |
| 68 | 39 | 46 | 1,338 |
| 69 | 8 | 47 | 1,336 |
| 70 | 9 | 47 | 1,336 |
| 71 | 10 | 47 | 1,336 |
| 72 | 11 | 47 | 1,336 |
| 73 | 32 | 47 | 1,336 |
| 74 | 33 | 47 | 1,336 |
| 75 | 34 | 47 | 1,336 |
| 76 | 35 | 47 | 1,336 |
| 77 | 36 | 47 | 1,336 |
| 78 | 37 | 47 | 1,336 |
| 79 | 38 | 47 | 1,336 |
| 80 | 39 | 47 | 1,336 |
| 81 | 40 | 47 | 1,336 |
| 82 | 41 | 47 | 1,336 |
| 83 | 42 | 47 | 1,336 |
| 84 | 43 | 47 | 1,336 |
| 85 | 9 | 48 | 1,310 |
| 86 | 10 | 48 | 1,310 |
| 87 | 11 | 48 | 1,310 |
| 88 | 32 | 48 | 1,310 |
| 89 | 33 | 48 | 1,310 |
| 90 | 34 | 48 | 1,310 |
| 91 | 35 | 48 | 1,310 |
| 92 | 36 | 48 | 1,310 |
| 93 | 37 | 48 | 1,310 |
| 94 | 38 | 48 | 1,310 |
| 95 | 39 | 48 | 1,310 |
| 96 | 40 | 48 | 1,310 |

| Rank | Kombinacije | | Q_T [m³/s] |
|-------------|--------------------|-----------|------------------------------|
| 97 | 41 | 48 | 1,310 |
| 98 | 42 | 48 | 1,310 |
| 99 | 43 | 48 | 1,310 |
| 100 | 44 | 48 | 1,310 |

9.5.4 Рангирање по инвестиционој цени (ЕУ)

| Rank | Kombinacije | | Cost [€/kW] (Investment cost Carapellucci) |
|------|-------------|----|--|
| 1 | 8 | 47 | 5143,279 |
| 2 | 8 | 46 | 5239,752 |
| 3 | 33 | 53 | 5276,808 |
| 4 | 34 | 54 | 5984,780 |
| 5 | 8 | 44 | 5990,017 |
| 6 | 35 | 54 | 6001,634 |
| 7 | 34 | 53 | 6075,994 |
| 8 | 8 | 45 | 6079,566 |
| 9 | 36 | 54 | 6080,495 |
| 10 | 9 | 48 | 6082,449 |
| 11 | 10 | 49 | 6093,736 |
| 12 | 35 | 53 | 6094,326 |
| 13 | 8 | 43 | 6108,971 |
| 14 | 10 | 48 | 6111,275 |
| 15 | 11 | 50 | 6121,272 |
| 16 | 9 | 47 | 6123,584 |
| 17 | 11 | 49 | 6126,390 |
| 18 | 32 | 50 | 6137,785 |
| 19 | 32 | 49 | 6143,044 |
| 20 | 11 | 48 | 6144,470 |
| 21 | 37 | 54 | 6145,498 |
| 22 | 8 | 42 | 6147,633 |
| 23 | 33 | 52 | 6148,448 |
| 24 | 10 | 47 | 6153,991 |
| 25 | 8 | 41 | 6160,813 |
| 26 | 32 | 48 | 6161,404 |
| 27 | 36 | 53 | 6180,346 |
| 28 | 33 | 51 | 6185,211 |
| 29 | 11 | 47 | 6189,047 |
| 30 | 35 | 55 | 6198,035 |
| 31 | 33 | 50 | 6198,812 |
| 32 | 33 | 49 | 6204,608 |
| 33 | 8 | 40 | 6204,700 |
| 34 | 32 | 47 | 6206,949 |
| 35 | 33 | 48 | 6224,032 |
| 36 | 38 | 54 | 6229,919 |
| 37 | 37 | 53 | 6251,558 |
| 38 | 39 | 54 | 6266,329 |
| 39 | 33 | 47 | 6273,258 |
| 40 | 36 | 55 | 6277,165 |
| 41 | 9 | 46 | 6293,859 |
| 42 | 10 | 46 | 6328,667 |
| 43 | 37 | 55 | 6342,283 |
| 44 | 38 | 53 | 6344,476 |
| 45 | 34 | 52 | 6360,738 |
| 46 | 11 | 46 | 6368,916 |
| 47 | 35 | 52 | 6383,684 |

| Rank | Kombinacije | | Cost [€/kW] (Investment cost Carapellucci) |
|------|-------------|----|--|
| 48 | 39 | 53 | 6384,707 |
| 49 | 32 | 46 | 6389,520 |
| 50 | 34 | 51 | 6404,365 |
| 51 | 34 | 50 | 6420,597 |
| 52 | 38 | 55 | 6426,703 |
| 53 | 35 | 51 | 6428,110 |
| 54 | 34 | 49 | 6428,547 |
| 55 | 35 | 50 | 6444,649 |
| 56 | 34 | 48 | 6452,220 |
| 57 | 35 | 49 | 6452,853 |
| 58 | 39 | 55 | 6463,059 |
| 59 | 33 | 46 | 6466,138 |
| 60 | 35 | 48 | 6477,024 |
| 61 | 36 | 52 | 6492,250 |
| 62 | 34 | 47 | 6516,318 |
| 63 | 8 | 39 | 6536,680 |
| 64 | 36 | 51 | 6540,614 |
| 65 | 35 | 47 | 6542,885 |
| 66 | 40 | 54 | 6558,362 |
| 67 | 36 | 50 | 6558,670 |
| 68 | 9 | 44 | 6564,093 |
| 69 | 36 | 49 | 6568,133 |
| 70 | 37 | 52 | 6583,293 |
| 71 | 8 | 38 | 6588,298 |
| 72 | 36 | 48 | 6594,774 |
| 73 | 10 | 44 | 6612,371 |
| 74 | 9 | 45 | 6619,788 |
| 75 | 41 | 54 | 6620,435 |
| 76 | 37 | 51 | 6635,169 |
| 77 | 42 | 54 | 6638,290 |
| 78 | 37 | 50 | 6654,581 |
| 79 | 10 | 45 | 6664,426 |
| 80 | 37 | 49 | 6665,179 |
| 81 | 11 | 44 | 6668,733 |
| 82 | 36 | 47 | 6669,420 |
| 83 | 43 | 54 | 6688,736 |
| 84 | 37 | 48 | 6694,039 |
| 85 | 32 | 44 | 6697,815 |
| 86 | 38 | 52 | 6703,781 |
| 87 | 40 | 53 | 6711,088 |
| 88 | 11 | 45 | 6716,371 |
| 89 | 8 | 37 | 6724,078 |
| 90 | 32 | 45 | 6743,103 |
| 91 | 34 | 46 | 6751,341 |
| 92 | 40 | 55 | 6753,418 |
| 93 | 9 | 43 | 6753,905 |
| 94 | 39 | 52 | 6756,575 |
| 95 | 38 | 51 | 6760,613 |
| 96 | 37 | 47 | 6776,647 |

| Rank | Kombinacije | | Cost [€/kW] (Investment cost Carapellucci) |
|-------------|--------------------|-----------|---|
| 97 | 41 | 53 | 6781,374 |
| 98 | 38 | 50 | 6781,947 |
| 99 | 35 | 46 | 6782,959 |
| 100 | 38 | 49 | 6794,163 |

9.5.5 Рангирање по цени одржавања и експлоатације (ЕУ)

| Rank | Kombinacije | | PT [kW] | Cost [c€/kWh] (COE Carapellucci) |
|------|-------------|----|---------|----------------------------------|
| 1 | 8 | 47 | 393,385 | 31,458 |
| 2 | 8 | 46 | 362,850 | 34,947 |
| 3 | 33 | 53 | 351,901 | 36,370 |
| 4 | 34 | 54 | 333,971 | 45,230 |
| 5 | 8 | 44 | 332,849 | 45,434 |
| 6 | 35 | 54 | 330,378 | 45,891 |
| 7 | 34 | 53 | 315,096 | 48,905 |
| 8 | 8 | 45 | 314,385 | 49,053 |
| 9 | 36 | 54 | 314,200 | 49,092 |
| 10 | 9 | 48 | 313,812 | 49,174 |
| 11 | 10 | 49 | 311,582 | 49,647 |
| 12 | 35 | 53 | 311,466 | 49,672 |
| 13 | 8 | 43 | 308,604 | 50,292 |
| 14 | 10 | 48 | 308,157 | 50,390 |
| 15 | 11 | 50 | 306,226 | 50,817 |
| 16 | 9 | 47 | 305,781 | 50,916 |
| 17 | 11 | 49 | 305,243 | 51,037 |
| 18 | 32 | 50 | 303,069 | 51,530 |
| 19 | 32 | 49 | 302,072 | 51,758 |
| 20 | 11 | 48 | 301,803 | 51,820 |
| 21 | 37 | 54 | 301,609 | 51,865 |
| 22 | 8 | 42 | 301,206 | 51,958 |
| 23 | 33 | 52 | 301,053 | 51,994 |
| 24 | 10 | 47 | 300,011 | 52,237 |
| 25 | 8 | 41 | 298,735 | 52,537 |
| 26 | 32 | 48 | 298,625 | 52,563 |
| 27 | 36 | 53 | 295,120 | 53,403 |
| 28 | 33 | 51 | 294,228 | 53,621 |
| 29 | 11 | 47 | 293,528 | 53,793 |
| 30 | 35 | 55 | 291,894 | 54,198 |
| 31 | 33 | 50 | 291,753 | 54,234 |
| 32 | 33 | 49 | 290,706 | 54,496 |
| 33 | 8 | 40 | 290,690 | 54,500 |
| 34 | 32 | 47 | 290,285 | 54,603 |
| 35 | 33 | 48 | 287,232 | 55,384 |
| 36 | 38 | 54 | 286,190 | 55,656 |
| 37 | 37 | 53 | 282,399 | 56,663 |
| 38 | 39 | 54 | 279,847 | 57,359 |
| 39 | 33 | 47 | 278,660 | 57,687 |
| 40 | 36 | 55 | 277,993 | 57,873 |
| 41 | 9 | 46 | 275,168 | 58,674 |
| 42 | 10 | 46 | 269,393 | 60,373 |
| 43 | 37 | 55 | 267,175 | 61,048 |
| 44 | 38 | 53 | 266,820 | 61,157 |
| 45 | 34 | 52 | 264,206 | 61,973 |
| 46 | 11 | 46 | 262,903 | 62,386 |
| 47 | 35 | 52 | 260,572 | 63,139 |

| Rank | Kombinacije | | PT [kW] | Cost [c€/kWh] (COE Carapellucci) |
|------|-------------|-----------|---------|----------------------------------|
| 48 | 39 | 53 | 260,411 | 63,191 |
| 49 | 32 | 46 | 259,658 | 63,438 |
| 50 | 34 | 51 | 257,350 | 64,205 |
| 51 | 34 | 50 | 254,857 | 65,052 |
| 52 | 38 | 55 | 253,927 | 65,373 |
| 53 | 35 | 51 | 253,713 | 65,447 |
| 54 | 34 | 49 | 253,647 | 65,470 |
| 55 | 35 | 50 | 251,218 | 66,323 |
| 56 | 34 | 48 | 250,086 | 66,728 |
| 57 | 35 | 49 | 249,992 | 66,762 |
| 58 | 39 | 55 | 248,477 | 67,310 |
| 59 | 33 | 46 | 248,022 | 67,477 |
| 60 | 35 | 48 | 246,423 | 68,067 |
| 61 | 36 | 52 | 244,207 | 68,900 |
| 62 | 34 | 47 | 240,756 | 70,234 |
| 63 | 8 | 39 | 237,885 | 71,378 |
| 64 | 36 | 51 | 237,335 | 71,601 |
| 65 | 35 | 47 | 237,018 | 71,730 |
| 66 | 40 | 54 | 234,874 | 72,613 |
| 67 | 36 | 50 | 234,832 | 72,631 |
| 68 | 9 | 44 | 234,086 | 72,943 |
| 69 | 36 | 49 | 233,533 | 73,176 |
| 70 | 37 | 52 | 231,471 | 74,055 |
| 71 | 8 | 38 | 230,796 | 74,348 |
| 72 | 36 | 48 | 229,925 | 74,727 |
| 73 | 10 | 44 | 227,581 | 75,766 |
| 74 | 9 | 45 | 226,602 | 76,208 |
| 75 | 41 | 54 | 226,517 | 76,247 |
| 76 | 37 | 51 | 224,588 | 77,131 |
| 77 | 42 | 54 | 224,182 | 77,319 |
| 78 | 37 | 50 | 222,079 | 78,308 |
| 79 | 10 | 45 | 220,820 | 78,910 |
| 80 | 37 | 49 | 220,724 | 78,957 |
| 81 | 11 | 44 | 220,272 | 79,175 |
| 82 | 36 | 47 | 220,184 | 79,217 |
| 83 | 43 | 54 | 217,749 | 80,414 |
| 84 | 37 | 48 | 217,086 | 80,746 |
| 85 | 32 | 44 | 216,616 | 80,982 |
| 86 | 38 | 52 | 215,875 | 81,357 |
| 87 | 40 | 53 | 214,973 | 81,818 |
| 88 | 11 | 45 | 214,323 | 82,153 |
| 89 | 8 | 37 | 213,380 | 82,643 |
| 90 | 32 | 45 | 211,073 | 83,863 |
| 91 | 34 | 46 | 210,085 | 84,396 |
| 92 | 40 | 55 | 209,836 | 84,531 |
| 93 | 9 | 43 | 209,778 | 84,562 |
| 94 | 39 | 52 | 209,459 | 84,736 |
| 95 | 38 | 51 | 208,979 | 84,999 |
| 96 | 37 | 47 | 207,083 | 86,050 |

| Rank | Kombinacije | | PT [kW] | Cost [c€/kWh] (COE Carapellucci) |
|------|-------------|-----------|---------|----------------------------------|
| 97 | 41 | 53 | 206,529 | 86,362 |
| 98 | 38 | 50 | 206,461 | 86,400 |
| 99 | 35 | 46 | 206,343 | 86,467 |
| 100 | 38 | 49 | 205,037 | 87,211 |

9.5.6 Рангирање по односу АЕР и дужине цевовода

| Rank | Kombinacije | | AEP/Lp [GWh/a/km] |
|------|-------------|----|-------------------|
| 1 | 43 | 47 | 0,443 |
| 2 | 44 | 48 | 0,408 |
| 3 | 8 | 34 | 0,399 |
| 4 | 8 | 33 | 0,395 |
| 5 | 43 | 48 | 0,389 |
| 6 | 42 | 47 | 0,374 |
| 7 | 8 | 35 | 0,354 |
| 8 | 8 | 36 | 0,346 |
| 9 | 8 | 40 | 0,345 |
| 10 | 42 | 48 | 0,340 |
| 11 | 44 | 49 | 0,338 |
| 12 | 43 | 49 | 0,333 |
| 13 | 8 | 37 | 0,332 |
| 14 | 39 | 47 | 0,331 |
| 15 | 8 | 41 | 0,328 |
| 16 | 8 | 38 | 0,325 |
| 17 | 45 | 53 | 0,319 |
| 18 | 41 | 47 | 0,318 |
| 19 | 45 | 54 | 0,317 |
| 20 | 38 | 47 | 0,316 |
| 21 | 33 | 40 | 0,316 |
| 22 | 39 | 46 | 0,314 |
| 23 | 8 | 39 | 0,313 |
| 24 | 44 | 53 | 0,312 |
| 25 | 39 | 48 | 0,312 |
| 26 | 43 | 53 | 0,312 |
| 27 | 44 | 54 | 0,311 |
| 28 | 43 | 54 | 0,311 |
| 29 | 8 | 42 | 0,308 |
| 30 | 37 | 47 | 0,308 |
| 31 | 42 | 49 | 0,300 |
| 32 | 38 | 48 | 0,300 |
| 33 | 8 | 44 | 0,299 |
| 34 | 8 | 47 | 0,299 |
| 35 | 38 | 46 | 0,299 |
| 36 | 36 | 47 | 0,298 |
| 37 | 41 | 48 | 0,297 |
| 38 | 8 | 43 | 0,295 |
| 39 | 33 | 41 | 0,294 |
| 40 | 35 | 47 | 0,293 |
| 41 | 37 | 48 | 0,293 |
| 42 | 37 | 46 | 0,292 |
| 43 | 42 | 54 | 0,292 |
| 44 | 42 | 53 | 0,291 |
| 45 | 8 | 46 | 0,291 |
| 46 | 40 | 47 | 0,291 |
| 47 | 43 | 50 | 0,289 |

| Rank | Kombinacije | | AEP/Lp [GWh/a/km] |
|------|-------------|----|-------------------|
| 48 | 39 | 49 | 0,287 |
| 49 | 44 | 50 | 0,286 |
| 50 | 36 | 48 | 0,285 |
| 51 | 33 | 47 | 0,284 |
| 52 | 39 | 54 | 0,284 |
| 53 | 39 | 53 | 0,283 |
| 54 | 36 | 46 | 0,282 |
| 55 | 35 | 48 | 0,282 |
| 56 | 35 | 46 | 0,279 |
| 57 | 38 | 49 | 0,277 |
| 58 | 38 | 54 | 0,277 |
| 59 | 38 | 53 | 0,276 |
| 60 | 40 | 48 | 0,275 |
| 61 | 34 | 47 | 0,275 |
| 62 | 32 | 40 | 0,275 |
| 63 | 33 | 48 | 0,274 |
| 64 | 37 | 54 | 0,274 |
| 65 | 37 | 49 | 0,273 |
| 66 | 37 | 53 | 0,273 |
| 67 | 33 | 46 | 0,271 |
| 68 | 41 | 54 | 0,271 |
| 69 | 41 | 53 | 0,269 |
| 70 | 11 | 40 | 0,269 |
| 71 | 36 | 54 | 0,269 |
| 72 | 43 | 51 | 0,268 |
| 73 | 36 | 53 | 0,268 |
| 74 | 35 | 54 | 0,267 |
| 75 | 33 | 42 | 0,267 |
| 76 | 36 | 49 | 0,267 |
| 77 | 41 | 49 | 0,267 |
| 78 | 8 | 45 | 0,266 |
| 79 | 35 | 53 | 0,266 |
| 80 | 46 | 54 | 0,266 |
| 81 | 42 | 50 | 0,265 |
| 82 | 34 | 48 | 0,265 |
| 83 | 35 | 49 | 0,265 |
| 84 | 39 | 50 | 0,263 |
| 85 | 32 | 47 | 0,263 |
| 86 | 33 | 53 | 0,262 |
| 87 | 44 | 51 | 0,261 |
| 88 | 33 | 44 | 0,261 |
| 89 | 10 | 40 | 0,261 |
| 90 | 32 | 41 | 0,261 |
| 91 | 33 | 49 | 0,260 |
| 92 | 34 | 46 | 0,260 |
| 93 | 40 | 54 | 0,260 |
| 94 | 43 | 52 | 0,259 |
| 95 | 11 | 47 | 0,259 |
| 96 | 35 | 44 | 0,259 |

| Rank | Kombinacije | | AEP/Lp [GWh/a/km] |
|-------------|--------------------|-----------|--------------------------|
| 97 | 46 | 53 | 0,259 |
| 98 | 40 | 53 | 0,257 |
| 99 | 36 | 44 | 0,256 |
| 100 | 34 | 54 | 0,256 |

9.5.7 Рангирање по дужини далековода

| Rank | Kombinacije | | Dužina dalekovoda [m] |
|------|-------------|----|-----------------------|
| 1 | 11 | 50 | 1100,121 |
| 2 | 11 | 49 | 1100,121 |
| 3 | 11 | 48 | 1100,121 |
| 4 | 11 | 47 | 1100,121 |
| 5 | 11 | 46 | 1100,121 |
| 6 | 11 | 44 | 1100,121 |
| 7 | 11 | 45 | 1100,121 |
| 8 | 11 | 43 | 1100,121 |
| 9 | 11 | 42 | 1100,121 |
| 10 | 11 | 41 | 1100,121 |
| 11 | 11 | 40 | 1100,121 |
| 12 | 10 | 49 | 1117,545 |
| 13 | 10 | 48 | 1117,545 |
| 14 | 10 | 47 | 1117,545 |
| 15 | 10 | 46 | 1117,545 |
| 16 | 10 | 44 | 1117,545 |
| 17 | 10 | 45 | 1117,545 |
| 18 | 10 | 43 | 1117,545 |
| 19 | 10 | 42 | 1117,545 |
| 20 | 10 | 41 | 1117,545 |
| 21 | 10 | 40 | 1117,545 |
| 22 | 10 | 39 | 1117,545 |
| 23 | 32 | 50 | 1182,219 |
| 24 | 32 | 49 | 1182,219 |
| 25 | 32 | 48 | 1182,219 |
| 26 | 32 | 47 | 1182,219 |
| 27 | 32 | 46 | 1182,219 |
| 28 | 32 | 44 | 1182,219 |
| 29 | 32 | 45 | 1182,219 |
| 30 | 32 | 43 | 1182,219 |
| 31 | 32 | 42 | 1182,219 |
| 32 | 32 | 41 | 1182,219 |
| 33 | 32 | 40 | 1182,219 |
| 34 | 8 | 47 | 1201,120 |
| 35 | 8 | 46 | 1201,120 |
| 36 | 8 | 44 | 1201,120 |
| 37 | 8 | 45 | 1201,120 |
| 38 | 8 | 43 | 1201,120 |
| 39 | 8 | 42 | 1201,120 |
| 40 | 8 | 41 | 1201,120 |
| 41 | 8 | 40 | 1201,120 |
| 42 | 8 | 39 | 1201,120 |
| 43 | 8 | 38 | 1201,120 |
| 44 | 8 | 37 | 1201,120 |
| 45 | 8 | 36 | 1201,120 |
| 46 | 8 | 35 | 1201,120 |
| 47 | 8 | 34 | 1201,120 |

| Rank | Kombinacije | | Dužina dalekovoda [m] |
|-------------|--------------------|-----------|------------------------------|
| 48 | 8 | 33 | 1201,120 |
| 49 | 9 | 48 | 1208,690 |
| 50 | 9 | 47 | 1208,690 |
| 51 | 9 | 46 | 1208,690 |
| 52 | 9 | 44 | 1208,690 |
| 53 | 9 | 45 | 1208,690 |
| 54 | 9 | 43 | 1208,690 |
| 55 | 9 | 42 | 1208,690 |
| 56 | 9 | 41 | 1208,690 |
| 57 | 9 | 40 | 1208,690 |
| 58 | 9 | 39 | 1208,690 |
| 59 | 9 | 38 | 1208,690 |
| 60 | 33 | 53 | 1539,767 |
| 61 | 33 | 52 | 1539,767 |
| 62 | 33 | 51 | 1539,767 |
| 63 | 33 | 50 | 1539,767 |
| 64 | 33 | 49 | 1539,767 |
| 65 | 33 | 48 | 1539,767 |
| 66 | 33 | 47 | 1539,767 |
| 67 | 33 | 46 | 1539,767 |
| 68 | 33 | 44 | 1539,767 |
| 69 | 33 | 45 | 1539,767 |
| 70 | 33 | 43 | 1539,767 |
| 71 | 33 | 42 | 1539,767 |
| 72 | 33 | 41 | 1539,767 |
| 73 | 33 | 40 | 1539,767 |
| 74 | 34 | 54 | 1854,122 |
| 75 | 34 | 53 | 1854,122 |
| 76 | 34 | 52 | 1854,122 |
| 77 | 34 | 51 | 1854,122 |
| 78 | 34 | 50 | 1854,122 |
| 79 | 34 | 49 | 1854,122 |
| 80 | 34 | 48 | 1854,122 |
| 81 | 34 | 47 | 1854,122 |
| 82 | 34 | 46 | 1854,122 |
| 83 | 34 | 45 | 1854,122 |
| 84 | 34 | 44 | 1854,122 |
| 85 | 34 | 43 | 1854,122 |
| 86 | 34 | 42 | 1854,122 |
| 87 | 35 | 54 | 2010,386 |
| 88 | 35 | 53 | 2010,386 |
| 89 | 35 | 55 | 2010,386 |
| 90 | 35 | 52 | 2010,386 |
| 91 | 35 | 51 | 2010,386 |
| 92 | 35 | 50 | 2010,386 |
| 93 | 35 | 49 | 2010,386 |
| 94 | 35 | 48 | 2010,386 |
| 95 | 35 | 47 | 2010,386 |
| 96 | 35 | 46 | 2010,386 |

| Rank | Kombinacije | | Dužina dalekovoda [m] |
|-------------|--------------------|-----------|------------------------------|
| 97 | 35 | 45 | 2010,386 |
| 98 | 35 | 44 | 2010,386 |
| 99 | 35 | 43 | 2010,386 |
| 100 | 36 | 54 | 2170,497 |

9.5.8 Рангирање по пондерисаној аритметичкој средини

| Rank | Kombinacije | | Ponderisana aritmetička sredina |
|------|-------------|----|---------------------------------|
| 1 | 8 | 44 | 16 |
| 2 | 8 | 47 | 17,75 |
| 3 | 8 | 46 | 18,25 |
| 4 | 8 | 43 | 19,875 |
| 5 | 8 | 41 | 21,625 |
| 6 | 8 | 42 | 22,5 |
| 7 | 8 | 40 | 24,25 |
| 8 | 8 | 45 | 24,375 |
| 9 | 10 | 48 | 34,625 |
| 10 | 11 | 48 | 35,375 |
| 11 | 10 | 47 | 36 |
| 12 | 11 | 47 | 36 |
| 13 | 10 | 49 | 38,375 |
| 14 | 11 | 49 | 38,375 |
| 15 | 9 | 47 | 39 |
| 16 | 33 | 53 | 39,125 |
| 17 | 9 | 48 | 40 |
| 18 | 32 | 47 | 40,125 |
| 19 | 32 | 48 | 40,25 |
| 20 | 8 | 39 | 40,75 |
| 21 | 32 | 49 | 41,625 |
| 22 | 11 | 50 | 42,875 |
| 23 | 33 | 47 | 43,5 |
| 24 | 8 | 38 | 43,75 |
| 25 | 35 | 54 | 44,375 |
| 26 | 33 | 48 | 44,75 |
| 27 | 34 | 54 | 44,875 |
| 28 | 34 | 53 | 45,5 |
| 29 | 35 | 53 | 46,5 |
| 30 | 11 | 46 | 46,625 |
| 31 | 10 | 46 | 46,75 |
| 32 | 32 | 50 | 46,875 |
| 33 | 36 | 54 | 47,25 |
| 34 | 33 | 49 | 48,5 |
| 35 | 32 | 46 | 50,125 |
| 36 | 8 | 37 | 52,375 |
| 37 | 33 | 50 | 53,75 |
| 38 | 37 | 54 | 54 |
| 39 | 9 | 46 | 54 |
| 40 | 33 | 46 | 54,125 |
| 41 | 36 | 53 | 55 |
| 42 | 33 | 51 | 56,125 |
| 43 | 33 | 52 | 56,25 |
| 44 | 34 | 47 | 58,25 |
| 45 | 35 | 47 | 59 |
| 46 | 34 | 48 | 59,625 |
| 47 | 35 | 48 | 60,125 |

| Rank | Kombinacije | | Ponderisana aritmetička sredina |
|-------------|--------------------|----|--|
| 48 | 37 | 53 | 60,75 |
| 49 | 38 | 54 | 62,25 |
| 50 | 8 | 36 | 63,25 |
| 51 | 10 | 44 | 63,625 |
| 52 | 39 | 54 | 63,875 |
| 53 | 35 | 49 | 63,875 |
| 54 | 34 | 49 | 64,25 |
| 55 | 38 | 53 | 64,875 |
| 56 | 11 | 44 | 65,25 |
| 57 | 36 | 48 | 67,25 |
| 58 | 9 | 44 | 67,375 |
| 59 | 39 | 53 | 67,5 |
| 60 | 32 | 44 | 68,25 |
| 61 | 36 | 47 | 68,75 |
| 62 | 35 | 50 | 69 |
| 63 | 34 | 50 | 69,25 |
| 64 | 36 | 49 | 70,75 |
| 65 | 35 | 55 | 70,875 |
| 66 | 34 | 52 | 71,375 |
| 67 | 10 | 45 | 71,375 |
| 68 | 35 | 52 | 71,75 |
| 69 | 34 | 51 | 71,875 |
| 70 | 35 | 51 | 71,875 |
| 71 | 8 | 35 | 72,625 |
| 72 | 9 | 45 | 73,5 |
| 73 | 37 | 48 | 73,75 |
| 74 | 11 | 45 | 74,375 |
| 75 | 34 | 46 | 75,25 |
| 76 | 8 | 34 | 75,625 |
| 77 | 33 | 44 | 76 |
| 78 | 37 | 49 | 76,5 |
| 79 | 36 | 50 | 76,625 |
| 80 | 37 | 47 | 76,625 |
| 81 | 35 | 46 | 76,625 |
| 82 | 36 | 55 | 77,25 |
| 83 | 32 | 45 | 77,75 |
| 84 | 36 | 51 | 79,375 |
| 85 | 10 | 40 | 79,5 |
| 86 | 11 | 40 | 79,5 |
| 87 | 37 | 55 | 79,625 |
| 88 | 10 | 41 | 79,625 |
| 89 | 11 | 41 | 79,625 |
| 90 | 10 | 43 | 80 |
| 91 | 9 | 43 | 80,5 |
| 92 | 36 | 52 | 80,75 |
| 93 | 37 | 50 | 82,5 |
| 94 | 9 | 41 | 82,75 |
| 95 | 32 | 41 | 83 |
| 96 | 32 | 40 | 83,375 |

| Rank | Kombinacije | | Ponderisana aritmetička sredina |
|-------------|--------------------|-----------|--|
| 97 | 10 | 42 | 84,25 |
| 98 | 40 | 54 | 84,375 |
| 99 | 11 | 43 | 84,375 |
| 100 | 9 | 40 | 85 |

9.5.9 Сумарни приказ резултата рангирања

| Rank | Kombinacija | | kW | price of kW | Q_T | Inestment cost (Carapellucci) | COE (Carapellucci) | AEP / Lp | Dužina dalekovoda | Ponderisana aritmetička sredina |
|------|-------------|----|----|-------------|-----|-------------------------------|--------------------|----------|-------------------|---------------------------------|
| 1 | 8 | 47 | 1 | 1 | 69 | 1 | 1 | 34 | 34 | 2 |
| 2 | 8 | 46 | 2 | 2 | 57 | 2 | 2 | 45 | 35 | 3 |
| 3 | 33 | 53 | 3 | 3 | 154 | 3 | 3 | 86 | 60 | 16 |
| 4 | 34 | 54 | 4 | 4 | 168 | 4 | 4 | 100 | 74 | 27 |
| 5 | 8 | 44 | 5 | 5 | 38 | 5 | 5 | 33 | 36 | 1 |
| 6 | 35 | 54 | 6 | 6 | 169 | 6 | 6 | 74 | 87 | 25 |
| 7 | 34 | 53 | 7 | 7 | 155 | 7 | 7 | 105 | 75 | 28 |
| 8 | 8 | 45 | 8 | 8 | 47 | 8 | 8 | 78 | 37 | 8 |
| 9 | 36 | 54 | 9 | 9 | 170 | 9 | 9 | 71 | 100 | 33 |
| 10 | 9 | 48 | 10 | 10 | 85 | 10 | 10 | 145 | 49 | 17 |
| 11 | 10 | 49 | 11 | 11 | 101 | 11 | 11 | 149 | 12 | 13 |
| 12 | 35 | 53 | 12 | 12 | 156 | 12 | 12 | 79 | 88 | 29 |
| 13 | 8 | 43 | 13 | 13 | 30 | 13 | 13 | 38 | 38 | 4 |
| 14 | 10 | 48 | 14 | 14 | 86 | 14 | 14 | 121 | 13 | 9 |
| 15 | 11 | 50 | 15 | 15 | 116 | 15 | 15 | 165 | 1 | 22 |
| 16 | 9 | 47 | 16 | 16 | 70 | 16 | 16 | 127 | 50 | 15 |
| 17 | 11 | 49 | 17 | 17 | 102 | 17 | 17 | 134 | 2 | 14 |
| 18 | 32 | 50 | 18 | 18 | 117 | 18 | 18 | 162 | 23 | 32 |
| 19 | 32 | 49 | 19 | 19 | 103 | 19 | 19 | 129 | 24 | 21 |
| 20 | 11 | 48 | 20 | 20 | 87 | 20 | 20 | 112 | 3 | 10 |
| 21 | 37 | 54 | 21 | 21 | 171 | 21 | 21 | 64 | 112 | 38 |
| 22 | 8 | 42 | 22 | 22 | 23 | 22 | 22 | 29 | 39 | 6 |
| 23 | 33 | 52 | 23 | 23 | 142 | 23 | 23 | 154 | 61 | 43 |
| 24 | 10 | 47 | 24 | 24 | 71 | 24 | 24 | 106 | 14 | 11 |
| 25 | 8 | 41 | 25 | 25 | 17 | 25 | 25 | 15 | 40 | 5 |
| 26 | 32 | 48 | 26 | 26 | 88 | 26 | 26 | 104 | 25 | 19 |

| Rank | Kombinacija | | kW | price of kW | Q_T | Inestment cost (Carapellucci) | COE (Carapellucci) | AEP / Lp | Dužina dalekovoda | Ponderisana aritmetička sredina |
|------|-------------|-----------|----|-------------|-----|-------------------------------|--------------------|----------|-------------------|---------------------------------|
| 27 | 36 | 53 | 27 | 27 | 157 | 27 | 27 | 73 | 101 | 41 |
| 28 | 33 | 51 | 28 | 28 | 130 | 28 | 28 | 144 | 62 | 42 |
| 29 | 11 | 47 | 29 | 29 | 72 | 29 | 29 | 95 | 4 | 12 |
| 30 | 35 | 55 | 30 | 30 | 181 | 30 | 30 | 176 | 89 | 65 |
| 31 | 33 | 50 | 31 | 31 | 118 | 31 | 31 | 124 | 63 | 37 |
| 32 | 33 | 49 | 32 | 32 | 104 | 32 | 32 | 91 | 64 | 34 |
| 33 | 8 | 40 | 33 | 33 | 11 | 33 | 33 | 9 | 41 | 7 |
| 34 | 32 | 47 | 34 | 34 | 73 | 34 | 34 | 85 | 26 | 18 |
| 35 | 33 | 48 | 35 | 35 | 89 | 35 | 35 | 63 | 65 | 26 |
| 36 | 38 | 54 | 36 | 36 | 172 | 36 | 36 | 58 | 123 | 49 |
| 37 | 37 | 53 | 37 | 37 | 158 | 37 | 37 | 66 | 113 | 48 |
| 38 | 39 | 54 | 38 | 38 | 173 | 38 | 38 | 52 | 133 | 52 |
| 39 | 33 | 47 | 39 | 39 | 74 | 39 | 39 | 51 | 66 | 23 |
| 40 | 36 | 55 | 40 | 40 | 182 | 40 | 40 | 173 | 102 | 82 |
| 41 | 9 | 46 | 41 | 41 | 58 | 41 | 41 | 158 | 51 | 39 |
| 42 | 10 | 46 | 42 | 42 | 59 | 42 | 42 | 131 | 15 | 31 |
| 43 | 37 | 55 | 43 | 43 | 183 | 43 | 43 | 167 | 114 | 87 |
| 44 | 38 | 53 | 44 | 44 | 159 | 44 | 44 | 59 | 124 | 55 |
| 45 | 34 | 52 | 45 | 45 | 143 | 45 | 45 | 171 | 76 | 66 |
| 46 | 11 | 46 | 46 | 46 | 60 | 46 | 46 | 123 | 5 | 30 |
| 47 | 35 | 52 | 47 | 47 | 144 | 47 | 47 | 151 | 90 | 68 |
| 48 | 39 | 53 | 48 | 48 | 160 | 48 | 48 | 53 | 134 | 59 |
| 49 | 32 | 46 | 49 | 49 | 61 | 49 | 49 | 116 | 27 | 35 |
| 50 | 34 | 51 | 50 | 50 | 131 | 50 | 50 | 166 | 77 | 69 |
| 51 | 34 | 50 | 51 | 51 | 119 | 51 | 51 | 152 | 78 | 63 |
| 52 | 38 | 55 | 52 | 52 | 184 | 52 | 52 | 164 | 125 | 101 |
| 53 | 35 | 51 | 53 | 53 | 132 | 53 | 53 | 139 | 91 | 70 |
| 54 | 34 | 49 | 54 | 54 | 105 | 54 | 54 | 113 | 79 | 54 |

| Rank | Kombinacija | | kW | price of kW | Q_T | Inestment cost (Carapellucci) | COE (Carapellucci) | AEP / Lp | Dužina dalekovoda | Ponderisana aritmetička sredina |
|------|-------------|-----------|----|-------------|-----|-------------------------------|--------------------|----------|-------------------|---------------------------------|
| 55 | 35 | 50 | 55 | 55 | 120 | 55 | 55 | 119 | 92 | 62 |
| 56 | 34 | 48 | 56 | 56 | 90 | 56 | 56 | 82 | 80 | 46 |
| 57 | 35 | 49 | 57 | 57 | 106 | 57 | 57 | 83 | 93 | 53 |
| 58 | 39 | 55 | 58 | 58 | 185 | 58 | 58 | 155 | 135 | 113 |
| 59 | 33 | 46 | 59 | 59 | 62 | 59 | 59 | 67 | 67 | 40 |
| 60 | 35 | 48 | 60 | 60 | 91 | 60 | 60 | 55 | 94 | 47 |
| 61 | 36 | 52 | 61 | 61 | 145 | 61 | 61 | 153 | 103 | 92 |
| 62 | 34 | 47 | 62 | 62 | 75 | 62 | 62 | 61 | 81 | 44 |
| 63 | 8 | 39 | 63 | 63 | 8 | 63 | 63 | 23 | 42 | 20 |
| 64 | 36 | 51 | 64 | 64 | 133 | 64 | 64 | 141 | 104 | 84 |
| 65 | 35 | 47 | 65 | 65 | 76 | 65 | 65 | 40 | 95 | 45 |
| 66 | 40 | 54 | 66 | 66 | 174 | 66 | 66 | 93 | 143 | 98 |
| 67 | 36 | 50 | 67 | 67 | 121 | 67 | 67 | 118 | 105 | 79 |
| 68 | 9 | 44 | 68 | 68 | 39 | 68 | 68 | 175 | 52 | 58 |
| 69 | 36 | 49 | 69 | 69 | 107 | 69 | 69 | 76 | 106 | 64 |
| 70 | 37 | 52 | 70 | 70 | 146 | 70 | 70 | 142 | 115 | 103 |
| 71 | 8 | 38 | 71 | 71 | 6 | 71 | 71 | 16 | 43 | 24 |
| 72 | 36 | 48 | 72 | 72 | 92 | 72 | 72 | 50 | 107 | 57 |
| 73 | 10 | 44 | 73 | 73 | 40 | 73 | 73 | 160 | 16 | 51 |
| 74 | 9 | 45 | 74 | 74 | 48 | 74 | 74 | 190 | 53 | 72 |
| 75 | 41 | 54 | 75 | 75 | 175 | 75 | 75 | 68 | 152 | 108 |
| 76 | 37 | 51 | 76 | 76 | 134 | 76 | 76 | 130 | 116 | 105 |
| 77 | 42 | 54 | 77 | 77 | 176 | 77 | 77 | 43 | 161 | 107 |
| 78 | 37 | 50 | 78 | 78 | 122 | 78 | 78 | 108 | 117 | 93 |
| 79 | 10 | 45 | 79 | 79 | 49 | 79 | 79 | 188 | 17 | 67 |
| 80 | 37 | 49 | 80 | 80 | 108 | 80 | 80 | 65 | 118 | 78 |
| 81 | 11 | 44 | 81 | 81 | 41 | 81 | 81 | 150 | 6 | 56 |
| 82 | 36 | 47 | 82 | 82 | 77 | 82 | 82 | 36 | 108 | 61 |

| Rank | Kombinacija | | kW | price of kW | Q_T | Inestment cost (Carapellucci) | COE (Carapellucci) | AEP / Lp | Dužina dalekovoda | Ponderisana aritmetička sredina |
|------|-------------|----|-----|-------------|-----|-------------------------------|--------------------|----------|-------------------|---------------------------------|
| 83 | 43 | 54 | 83 | 83 | 177 | 83 | 83 | 28 | 170 | 114 |
| 84 | 37 | 48 | 84 | 84 | 93 | 84 | 84 | 41 | 119 | 73 |
| 85 | 32 | 44 | 85 | 85 | 42 | 85 | 85 | 135 | 28 | 60 |
| 86 | 38 | 52 | 86 | 86 | 147 | 86 | 86 | 137 | 126 | 126 |
| 87 | 40 | 53 | 87 | 87 | 161 | 87 | 87 | 98 | 144 | 124 |
| 88 | 11 | 45 | 88 | 88 | 50 | 88 | 88 | 185 | 7 | 74 |
| 89 | 8 | 37 | 89 | 89 | 5 | 89 | 89 | 13 | 44 | 36 |
| 90 | 32 | 45 | 90 | 90 | 51 | 90 | 90 | 181 | 29 | 83 |
| 91 | 34 | 46 | 91 | 91 | 63 | 91 | 91 | 92 | 82 | 75 |
| 92 | 40 | 55 | 92 | 92 | 186 | 92 | 92 | 183 | 145 | 141 |
| 93 | 9 | 43 | 93 | 93 | 31 | 93 | 93 | 186 | 54 | 91 |
| 94 | 39 | 52 | 94 | 94 | 148 | 94 | 94 | 126 | 136 | 133 |
| 95 | 38 | 51 | 95 | 95 | 135 | 95 | 95 | 128 | 127 | 128 |
| 96 | 37 | 47 | 96 | 96 | 78 | 96 | 96 | 30 | 120 | 80 |
| 97 | 41 | 53 | 97 | 97 | 162 | 97 | 97 | 69 | 153 | 129 |
| 98 | 38 | 50 | 98 | 98 | 123 | 98 | 98 | 103 | 128 | 122 |
| 99 | 35 | 46 | 99 | 99 | 64 | 99 | 99 | 56 | 96 | 81 |
| 100 | 38 | 49 | 100 | 100 | 109 | 100 | 100 | 57 | 129 | 109 |

Овај Образац чини саставни део докторске дисертације, односно докторског уметничког пројекта који се брани на Универзитету у Новом Саду. Попуњен Образац укоричити иза текста докторске дисертације, односно докторског уметничког пројекта.

План третмана података

| |
|---|
| Назив пројекта/истраживања |
| МОДЕЛ ИЗБОРА ОПТИМАЛНИХ ЛОКАЦИЈА МИНИ ХИДРОЕЛЕКТРАНА |
| Назив институције/институција у оквиру којих се спроводи истраживање |
| а) ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА, УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ б) в) |
| Назив програма у оквиру ког се реализује истраживање |
| / |
| 1. Опис података |
| <i>1.1 Врста студије</i> <i>У ОВОЈ СТУДИЈИ НИСУ ПРИКУПЉАНИ ПОДАЦИ</i> <hr/> <hr/> <hr/> |
| <i>1.2 Врсте података</i> а) квантитативни б) квалитативни |
| <i>1.3. Начин прикупљања података</i> а) анкете, упитници, тестови |

б) клиничке процене, медицински записи, електронски здравствени записи

в) генотипови: навести врсту _____

г) административни подаци: навести врсту _____

д) узорци ткива: навести врсту _____

ђ) снимци, фотографије: навести врсту _____

е) текст, навести врсту _____

ж) мапа, навести врсту _____

з) остало: описати _____

1.3 Формат података, употребљене скале, количина података

1.3.1 Употребљени софтвер и формат датотеке:

а) Excel фајл, датотека _____

б) SPSS фајл, датотека _____

в) PDF фајл, датотека _____

г) Текст фајл, датотека _____

д) JPG фајл, датотека _____

е) Остало, датотека _____

1.3.2. Број записа (код квантитативних података)

а) број варијабли _____

б) број мерења (испитаника, процена, снимака и сл.) _____

1.3.3. Поновљена мерења

а) да

б) не

Уколико је одговор да, одговорити на следећа питања:

а) временски размак између поновљених мера је _____

б) варијабле које се више пута мере односе се на _____

в) нове верзије фајлова који садрже поновљена мерења су именоване као _____

Напомене: _____

Да ли формати и софтвер омогућавају дељење и дугорочну валидност података?

a) Да

б) Не

Ако је одговор не, образложити _____

2. Прикупљање података

2.1 Методологија за прикупљање/генерисање података

2.1.1. У оквиру ког истраживачког нацрта су подаци прикупљени?

a) експеримент, навести тип _____

б) корелационо истраживање, навести тип _____

ц) анализа текста, навести тип _____

д) остало, навести шта _____

2.1.2 Навести врсте мерних инструмената или стандарде података специфичних за одређену научну дисциплину (ако постоје).

2.2 Квалитет података и стандарди

2.2.1. Третман недостајућих података

a) Да ли матрица садржи недостајуће податке? Да Не

Ако је одговор да, одговорити на следећа питања:

a) Колики је број недостајућих података? _____

б) Да ли се кориснику матрице препоручује замена недостајућих података? Да Не

в) Ако је одговор да, навести сугестије за третман замене недостајућих података

2.2.2. На који начин је контролисан квалитет података? Описати

2.2.3. На који начин је извршена контрола уноса података у матрицу?

3. Третман података и пратећа документација

3.1. Третман и чување података

3.1.1. Подаци ће бити депоновани у _____ репозиторијум.

3.1.2. URL адреса _____

3.1.3. DOI _____

3.1.4. Да ли ће подаци бити у отвореном приступу?

- a) Да
- б) Да, али после ембарга који ће трајати до _____
- в) Не

Ако је одговор не, навести разлог _____

3.1.5. Подаци неће бити депоновани у репозиторијум, али ће бити чувани.

Образложење

3.2 Метаподаци и документација података

3.2.1. Који стандард за метаподатке ће бити примењен? _____

3.2.1. Навести метаподатке на основу којих су подаци депоновани у репозиторијум.

Ако је потребно, навести методе које се користе за преузимање података, аналитичке и процедуралне информације, њихово кодирање, детаљне описе варијабли, записа итд.

3.3 Стратегија и стандарди за чување података

3.3.1. До ког периода ће подаци бити чувани у репозиторијуму? _____

3.3.2. Да ли ће подаци бити депоновани под шифром? Да Не

3.3.3. Да ли ће шифра бити доступна одређеном кругу истраживача? Да Не

3.3.4. Да ли се подаци морају уклонити из отвореног приступа после извесног времена?

Да Не

Образложити

4. Безбедност података и заштита поверљивих информација

Овај одељак МОРА бити попуњен ако ваши подаци укључују личне податке који се односе на учеснике у истраживању. За друга истраживања треба такође размотрити заштиту и сигурност

података.

4.1 Формални стандарди за сигурност информација/података

Истраживачи који спроводе испитивања с људима морају да се придржавају Закона о заштити података о личности (https://www.paragraf.rs/propisi/zakon_o_zastiti_podataka_o_licnosti.html) и одговарајућег институционалног кодекса о академском интегритету.

4.1.2. Да ли је истраживање одобрено од стране етичке комисије? Да Не

Ако је одговор Да, навести датум и назив етичке комисије која је одобрила истраживање

4.1.2. Да ли подаци укључују личне податке учесника у истраживању? Да Не

Ако је одговор да, наведите на који начин сте осигурали поверљивост и сигурност информација везаних за испитанике:

- а) Подаци нису у отвореном приступу
- б) Подаци су анонимизирани
- ц) Остало, навести шта

5. Доступност података

5.1. Подаци ће бити

- а) јавно доступни*
- б) доступни само уском кругу истраживача у одређеној научној области*
- ц) затворени*

Ако су подаци доступни само уском кругу истраживача, навести под којим условима могу да их користе:

Ако су подаци доступни само уском кругу истраживача, навести на који начин могу приступити подацима:

5.4. Навести лиценцу под којом ће прикупљени подаци бити архивирани.

6. Улоге и одговорност

6.1. Навести име и презиме и мејл адресу власника (аутора) података

6.2. Навести име и презиме и мејл адресу особе која одржава матрицу с подацима

6.3. Навести име и презиме и мејл адресу особе која омогућује приступ подацима другим истраживачима
