

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ**

**ГЕОГРАФСКИ ФАКУЛТЕТ**

**Мастер академске студије: Географски информациони системи**

Мастер рад

**ПРИМЕНА ГИС-А И FUZZY ЛОГИКЕ У АНАЛИЗИ  
ПОВОЉНОСТИ ТЕРЕНА ЗА ИЗГРАДЊУ СОЛАРНИХ  
ЕЛЕКТРАНА НА ПРИМЕРУ ГРАДА СОМБОРА И  
ОПШТИНЕ КЊАЖЕВАЦ**

Ментор:

др Иван Новковић

Студент:

Адријана Лежаић 1/2021

Београд, 2022.

## САДРЖАЈ

1. УВОД .....	4
2. СОЛАРНА ЕНЕРГИЈА .....	6
2.1. Фотонапонски системи .....	7
2.2. Укупни потенцијал соларне енергије у Србији .....	8
2.3. Предности и ограничења примене соларне енергије .....	9
3. МЕТОДОЛОГИЈА РАДА.....	10
3.1. ГИС метод .....	10
3.2. Fuzzy АХП метод проширене анализе.....	11
3.3. Fuzzy MULTIMOORA - Multi-objective optimization .....	19
4. ИСТРАЖИВАНА ПОДРУЧЈА .....	22
4.1. Град Сомбор.....	22
4.2. Општина Књажевац.....	23
5. КРИТЕРИЈУМИ За fuzzy ахп метод .....	25
5.1. Радијација .....	26
5.2. Хипсометрија .....	30
5.3. Експозиција .....	34
5.4. Нагиб терена.....	38
5.5. Облачност .....	42
5.6. Геологија .....	46
5.7. Начин коришћења земљишта – CORINE Land Cover .....	51
5.8. Заштићена подручја.....	56
5.9. Саобраћајна инфраструктура.....	62
5.10. Водени токови .....	66
5.11. Насеља.....	70

6. ОЦЕНА ПОВОЉНОСТИ ТЕРЕНА ПРЕМА FUZZY АХП МЕТОДИ .....	74
7. КРИТЕРИЈУМИ ЗА FUZZY MULTIMOORA МЕТОД.....	79
7.1. Укупна површина простора.....	79
7.2. Удео најбоље оцењене класе .....	79
7.3. Удаљеност од саобраћајница.....	80
7.4. Губитак пољопривредног земљишта .....	80
7.5. Деградација пејзажа .....	80
7.6. Могућност прикључивања - удаљеност од трафостанице.....	81
7.7. Удаљеност од заштићеног подручја .....	82
7.8. Удаљеност од насеља .....	82
8. РЕЗУЛТАТИ FUZZY MULTIMOORA МЕТОДЕ.....	83
9. ЗАКЉУЧАК.....	87
ЛИТЕРАТУРА .....	89

## 1. УВОД

Сунце је најважнији извор енергије за процесе у атмосфери. Сунчева енергија је практично једини узрок енергетских промена у климатском систему наше планете, тј. она је покретач скоро свих процеса у њему. Сунчево зрачење је изузетно важан показатељ климатских прилика на Земљи (Дуцић et al., 2005).

Под зрачењем се подразумева преношење зрачне енергије од зрачног извора на све стране у виду таласа праволинијским путем. Сунчева енергија настаје претварањем огромних количина водоника у хелијум. Она се ослобађа у околни васионски простор, шири кроз свемир на све стране и доспева до свих планета Сунчевог система. Количина енергије која ће доспети до неке планете зависи углавном од њене удаљености од Сунца. Планета Земља добија само двомилијардити део укупне ослобођене енергије (Дуцић et al., 2005).

Интензитет Сунчевог зрачења на горњој граници атмосфере, при средњој удаљености Земље од Сунца, износи  $1.367 \text{ W/m}^2$  и назива се соларна константа. Међутим, вредност соларне константе варира као последица промене активности Сунца, као и растојања између Земље и Сунца (Дукић, 2006).

Око 97% Сунчевог зрачења које доспева на Земљину површину налази се у опсегу таласних дужина 0,3–2,5  $\mu\text{m}$ , док остатак чине зраци са таласним дужинама већим од 2,5  $\mu\text{m}$  (Дољак, 2020).

Како би човечанство избегло нову енергетску кризу потребно је да се окрене концепту одрживог развоја који се залаже за повећање енергетске ефикасности и употребе обновљивих извора енергије (ОИЕ). Сунчева енергија спада у ОИЕ, која може да се претвори у друге видове корисне енергије, као што су електрична, хемијска и биоенергија (Лежаић А., 2021).

У овом раду биће представљене класе повољности за постављање соларних електрана на простору града Сомбора и општине Књажевац. Користећи fuzzy АХП метод, метод картирања и ГИС метод добијене су класе погодности. Применом fuzzy MULTIMOORA методе извршено је рангирање локалитета и избор најпогоднијег локалитета за изградњу соларне електране.

Критеријуми који су коришћени у fuzzy АХП методи су: радијација, нагиб терена, експозиција по странама света, облачност, хипсометрија, геологија, начин коришћења

земљишта, зоне око саобраћајница, зоне око водених токова, зоне око заштићених подручја и зоне око насељених места. Критеријуми за fuzzy MULTIMOORA метод су: Удео најбоље оцене, губитак пољопривредних површина, деградација пејзажа, укупна површина, удаљеност од трафостанице, удаљеност од саобраћајница, удаљеност од заштићених подручја и удаљеност од насеља.

## 2. СОЛАРНА ЕНЕРГИЈА

Данашње човечанство углавном енергију производи сагоревањем угља, градњом великих брана или из нуклеарних централа и на тај начин троши необновљиве ресурсе. Карактеристика обновљивих извора енергије је да се током коришћења њихове залихе не смањују као код фосилних горива, има их у огромним количинама и, што је веома важно, не загађују околину. Енергија Сунца данас спада у највише коришћен обновљив извор енергије на свету. Поред тога што се ради о еколошки чистим енергијама, битан фактор за значајну експанзију је и чињеница да је експлоатација извора обновљиве енергије постала и економски конкурентна. Посљедњих година је у читавом свету, а нарочито у Европској унији дошло до наглог пораста примене свих облика обновљиве енергије. Значај соларне енергије огледа се у примени у стамбеним објектима, за грејање односно хлађење просторија. Такође значајна је примена у пољопривреди, посебно на локацијама на којима није доступно мрежно спајање, а постоји потребна за наводњавањем у случајевима сушних периода (Стратегија просторног развоја Републике Србије – Студијско аналитичка основа)

Постоје три начина употребе соларне енергије: пасиван, активан и комбинован.

*Пасивно* коришћење соларне енергије подразумева коришћење физичке структуре и оријентације објеката. Суштина пасивних соларних система јесте у томе да се познавањем и применом физичких закона: загревања, хлађења, циркулације ваздуха и топлотне изолације, постигне то да се сама зграда понаша као регулатор топлотног простора. Овде није присутна примена посебних уређаја за трансформацију соларне у друге облике енергије (Гвозденац et al., 2011).

*Активно* коришћење соларне енергије према начину конверзије сунчевог зрачења делимо их на: системи код којих се енергија сунчевог зрачења директно трансформише у електричну енергију (фотонапонски системи), и системи код којих се сунчева енергија директно трансформише у топлотну енергију (Гвозденац et al., 2011).

*Комбиновано* коришћење соларне енергије одвија се помоћу постојаће зграде као пасивног пријемника и додатних уређаја као активних пријемника сунчевог зрачења (Гвозденац et al., 2011).

## 2.1. Фотонапонски системи

Француски физичар Антоние - Сезар Бекуер је први описао фотонапонски ефекат 1839. године. Открио је да извесни материјали производе извесну количину енергије када су изложени светлости (Гвозденац et al., 2011).

Фотонапонски процес је физички процес при којем се сунчева светлост, проласком кроз фотонапонску ћелију, конвертује у електричну енергију. Енергија сунчеве светлости ударом у фотонапонскиу ћелију, може да се одбије од ње, апсорбује или да пређе кроз њу. Апсорбована енергија сунчевог зрачења је она која генерише електричну енергију (Гвозденац et al., 2011).

Соларне ћелије се, у зависности од материјала и технологије који се користе за њихову израду, могу поделити на: ћелије од кристалног силицијума, танкослојне ћелије, вишеспојне ћелије и наноструктурне ћелије. Соларне ћелије од кристалног силицијума чини 93% светског тржишта соларних ћелија. Ту спадају ћелије од монокристалног и поликристалног силицијума. Предност соларних ћелија од монокристалног силицијума је њихова висока ефикасност, која у просеку износи око 17%. Међутим, сложен процес производње који води ка релативно високим трошковима, представља основну ману ових ћелија, због чега се најчешће користе у условима где се очекује максимална производња на ограниченом простору, као што су кровови стамбених и комерцијалних објеката (Дољак, 2020).

Појединачне соларне ћелије, у зависности од сунчевог зрачења и температуре ћелије, производе напон 0,3–0,7 V и јачину струје од неколико десетина  $\text{mA}/\text{cm}^2$ , оне се обично повезују редно (серијски) или паралелно у фотонапонске панеле (модуле), како би се добио одговарајући напон, односно снага. Код редно повезаних соларних ћелија напон је једнак збиру напона у свакој ћелији, док је укупна јачина струје једнака јачини струје појединачне ћелије. У случају паралелног повезивања ситуација је обрнута (Дољак, 2020).

Фотонапонски панели обично садрже око 36 редно повезаних ћелија. Излазна снага за стандардне панеле креће се између 50 W и 200 W, а поједини произвођачи нуде панеле преко 200 W (Дољак, 2020).

Фотонапонски панели са соларним ћелијама од кристалног силицијума, осим међусобно повезаних ћелија, састоје се и од оквира, заптивне масе, предњег стакла, етилен винил

ацетат (EVA) фолија, заштитне плоче и електричних контаката на задњој страни панела. На предњој страни панела налази се посебна врста стакла са ниским садржајем гвожђа (тзв. бело стакло) које јако добро пропушта сунчеве зраке. Да би се ћелије додатно заштитиле од климатских и механичких утицаја EVA фолија се помоћу ламинатора загрева и растапа у транспарентну пластичну масу, која пропушта светло (Дољак, 2020).

Заштитна плоча са задње стране може бити од метала, стакла или полимерног материјала. Обично се користи композитни пластични материјал тзв. тадлар, који делимично садржи слој алуминијума, што му омогућава да, слично као и стакло, заустави продирање кисеоника, и на тај начин спречи прерану оксидацију соларних ћелија. Сви елементи су обједињени у јединствену целину помоћу оквира, који се по правилу, израђује од алуминијума или нерђајућег челика (Дољак, 2020).

Панели се, као и соларне ћелије, могу повезивати редно и паралелно како би се добио фотонапонски низ (енр. PV array) одређеног напона и јачине струје. У литератури се појављује термин соларни или фотонапонски генератор који се односи на један или више међусобно повезаних фотонапонских елемената (ћелија или панела) који у струјном колу представљају извор електричне енергије (Дољак, 2020).

## 2.2. Укупни потенцијал соларне енергије у Србији

Иако је на територији Србије број сунчаних дана знатно већи него у многим европским земљама (између 1500 и 2200 часова годишње), због високих трошкова пријемника сунчевог зрачења примена овог извора енергије готово је занемарљива у Србији. Србија спада у повољне зоне за коришћење соларне енергије. Насеља у Србији су мале густине насељености а објекти су слободностојећи, без већих препрека приступу сунчевим зрацима што омогућава повољно коришћење соларне енергије.<sup>1</sup>

Просечно сунчево зрачење у Србији је за око 40% веће од европског просека и износи око 1400 kWh/m<sup>2</sup> годишње. Енергија коју Сунце током године емитује на 1 m<sup>2</sup> крова куће у Србији је већа од еквивалентне енергије 130 литара нафте.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Стратегија просторног развоја Републике Србије – Студијско аналитичка основа



### 2.3. Предности и ограничења примене соларне енергије

#### Предности:

- Сунчева енергија је бесплатна и доступна.
- Најчистији облик енергије – еколошки чиста енергија,
- Припада ОИЕ и не може доћи до њеног исцрпљивања,
- Доприноси одрживом развоју,
- У комбинацији са класичним изворима енергије повећава енергетску ефикасност постројења,
- Предвиђени пораст цене фосилних енергената повољно утиче на већу примену сунчеве енергије и на краћи период отплате инвестиције у соларно постројење.

#### Недостаци:

- Сунчево зрачење је изричито променљивог карактера,
- Са падом спољне температуре смањује се ефикасност термалних пријемника сунчеве енергије,
- Током зимског периода може доћи до замрзавања инсталација,
- Топлотни губици у испоруци топлотне енергије могу да буду знатни уколико је лоша термичка изолација топловода,
- За велике соларне системе потребна је знатна грађевинска површина,
- Недостају прописи и пројектни параметри који би омогућили веће коришћење сунчеве енергије у даљинском грејању у Србији.<sup>1</sup>

### 3. МЕТОДОЛОГИЈА РАДА

#### 3.1. ГИС метод

Историју ГИС-а можемо поделити у четири фазе. У првој фази поједине личности су биле од пресудног значаја за одређивање онога што је постигнуто. У другој фази, дошло је до регулисања експеримената и праксе под надзором и унутар државних служби. Трећу фазу одликује комерцијална доминација. Четврта фаза је фаза корисника. Зачеци рачунарске обраде датирају из 60-тих година када се појавио ИГС (рачунарски подржана картографија) (Кукрика, 2000).

ГИС је база података посебне намене, у којој се као основни кохезиони фактор користи општеприхваћени просторни координатни систем. Он је систем за креирање и управљање просторним подацима са припадајућим атрибутима. Дефиниције ГИС-а заснованих на организацији: ГИС представља институционалну целину, која одражава организациону структуру која интегрише технологију са базама података, експертска и стална финансијска подршка у току времена (Кукрика, 2000).

Основне компоненте ГИС-а су:

- Унос података са постојећих премера и других извора;
- Спремање, претраживање и упуту над подацима;
- Обрада података, трансформације, анализе и моделирање просторних података, укључујући и просторне статистике;
- Приказ просторних података у форми географских карата, извештаја и планова.

Предности ГИС-а су у визуелизацији података, повезивању географских и атрибутивних обележја, као и у могућности интердисциплинарног одлучивања. ГИС производ је у суштини геокодирана информација (Кукрика, 2000).

Геоинформационе технологије у будућности ће постати незаобилазан фактор примене у разним струкама, од оних које се баве животном средином као што су: геолошко-рударска, шумарство, водопривреда итд., па до урбаних попут грађевинарства, просторног планирања, менаџмента и других (Кукрика, 2000).

### 3.2. Fuzzy АХП метод проширене анализе

Техника fuzzy АХП може се посматрати као напредна аналитичка метода развијена од традиционалног АХП метода. АХП-ова субјективна процена, избор и преференција доносилаца одлука имају велики утицај на успех методе. Да би избегли ове проблеме развијена је fuzzy АХП метода (Özdağoğlu, Özdağoğlu, 2007).

Већина основних корака укључених у fuzzy АХП су слични онима у АХП методи. Употреба fuzzy бројева уместо дискретних бројева и процес издвајања приоритета из ПМЦ-а разликују fuzzy АХП од АХП метода (Gardašević - Filipović, Šaletić, 2010).

Дефиниција (Теодоровић и Кикучи, 1994): Fuzzy скуп  $A$  на непразном скупу  $U$  назива се уређени пар  $(\mu_A(x), x)$ , где је  $\mu_A(x)$  степен припадности елемента  $x \in U$  у fuzzy скупу  $A$ . Степен припадности је број из интервала  $[0, 1]$ . Што је већи степен припадности, елемент универзалног скупа  $U$  у тој мери одговара карактеристикама fuzzy скупа.

Формално, расплинути скуп  $A$  је дефинисан као скуп уређених парова:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X, 0 \leq \mu_A(x) \leq 1\}$$

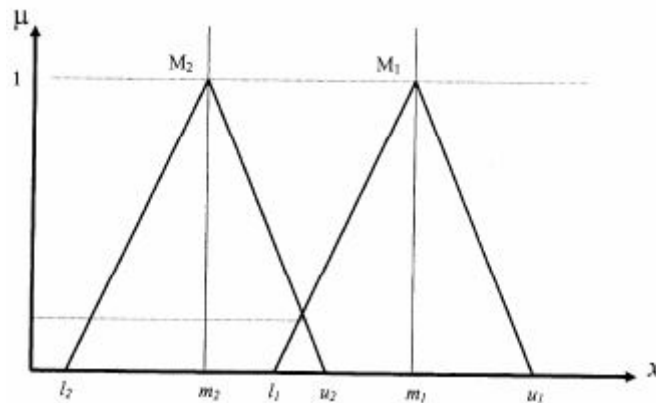
Ако дефинишемо референтни скуп  $V = \{o, p, r, s, t\}$ , fuzzy скуп би могао изгледати овако  $B = \{(0,3, o), (0,1, p), (0, r), (0, s), (0,9, t)\}$ . То значи да елемент  $o$  припада скупу  $B$  са степеном 0,3,  $p$  са степеном 0,1,  $t$  са степена 0,9, а  $r$  и  $s$  не припадају скупу  $B$  (Памучар, 2010).

$\mu_A(x)$  представља fuzzy функцију чланства са вредностима степена припадности у интервалу од 0 до 1 (Stojić, 2012) :

$$\mu_A(x): X \rightarrow [0, 1]$$

У контексту fuzzy АХП методе неопходно је детерминисати fuzzy број, његову форму и екстремне вредности критеријумске функције (вредност интервала). У раду се користи троугласти fuzzy број који је условљен и окарактерисан обликом функције припадности  $\mu(x)$  ( Gardašević - Filipović, Šaletić, 2010):

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & x < l \\ \frac{x-l}{m-l} & l \leq x \leq m \\ \frac{u-x}{u-m} & m \leq x \leq u \\ 0 & x > u \end{cases}$$



Слика 1 Пример троугластог fuzzy броја.

Извор: (Zhu et. al., 1999)

Основне аритметичке операције два троугласта fuzzy броја  $A = (a_l, a_m, a_u)$  и  $B = (b_l, b_m, b_u)$  су следећи (Gardašević - Filipović, Šaletić, 2010):

- Сабирање два fuzzy броја  
 $(a_l, a_m, a_u) \oplus (b_l, b_m, b_u) = (a_l + b_l, a_m + b_m, a_u + b_u),$
- Одузимање два fuzzy броја  
 $(a_l, a_m, a_u) \ominus (b_l, b_m, b_u) = (a_l - b_u, a_m - b_m, a_u - b_l),$
- Множење два fuzzy броја  
 $(a_l, a_m, a_u) \otimes (b_l, b_m, b_u) = (a_l \cdot b_l, a_m \cdot b_m, a_u \cdot b_u),$
- Множење било ког реалног броја  $K$  и fuzzy броја  
 $k \otimes (a_l, a_m, a_u) = (k \cdot a_l, k \cdot a_m, k \cdot a_u),$
- Дељење два fuzzy броја  
 $(a_l, a_m, a_u) \oslash (b_l, b_m, b_u) = (a_l / b_l, a_m / b_m, a_u / b_u),$
- Реципрочна вредност fuzzy броја или инверзни вектор  
 $(a_l, a_m, a_u)^{-1} = (\frac{1}{a_u}, \frac{1}{a_m}, \frac{1}{a_l})$

Баклијеве методе се примењују да би се одредиле релативне тежине важности и за критеријуме и за алтернативе. Доносилац одлука упоређује критеријуме или алтернативе помоћу лингвистичких термина приказаних у табели. Поступком фазификације се

лингвистичке варијабле конвенционалног АХП модела, детерминисане апсолутним вредностима од 1 до 9, конвертују у интервални троугласти fuzzy АХП број (Ayhan, 2013).

Табела 1. Лингвистички термини и одговарајући троугласти fuzzy бројеви

Сатијева скала	Дефиниција поређења	Fuzzy троугласта скала	Реципрочне вредности
		$= (l_i, m_i, u_i)$	$= (1/u_i, 1/m_i, 1/l_i)$
1	Исти значај	(1,1,1)	(1,1,1)
3	Слаба доминантност	(2,3,4)	(0.25, 0.33, 0.5)
5	Јака доминантност	(4,5,6)	(0.17, 0.2, 0.25)
7	Демонстритана доминантност	(6,7,8)	(0.125, 0.14, 0.17)
9	Апсолутна доминантност	(9,9,9)	(0.11, 0.11, 0.11)
2	Међувредности	(1,2,3)	(0.33, 0.5, 1)
4		(3,5,4)	(0.2, 0.25, 0.33)
6		(5,6,7)	(0.14, 0.17, 0.2)
8		(7,8,9)	(0.11, 0.125, 0.14)

Извор: Ayhan, 2013;

Први корак у поступку подразумева креирање fuzzy матрице поређења, користећи fuzzy број и фазиковану Сатијеву скалу. Fuzzy матрица поређења има следећу форму (Feizizadeh, 2014):

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} (1,1,1) & (l_{12}, m_{12}, u_{12}) & \dots & (l_{1n}, m_{1n}, u_{1n}) \\ (l_{21}, m_{21}, u_{21}) & (1,1,1) & \dots & (l_{2n}, m_{2n}, u_{2n}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ (l_{n1}, m_{n1}, u_{n1}) & (l_{n2}, m_{n2}, u_{n2}) & \dots & (1,1,1) \end{bmatrix}$$

Након креирања матрице следи израчунавање вредности fuzzy проширења, за i-ти критеријум. Вредност се рачуна на основу следеће формуле:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1}$$

Где  $\otimes$  представља параметар проширене мултипликације два fuzzy броја.

Да би се израчунала вредност fuzzy проширења ( $S_i$ ), прво се рачуна сума fuzzy бројева сваког реда матрице поређења применом математичке операције проширеног сабирања, према следећој формули:

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left( \sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right)$$

Затим се израчунава сума fuzzy бројева свих колона матрице поређења, односно:

$$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right] = \left( \sum_{j=1}^n l_j, \sum_{j=1}^n m_j, \sum_{j=1}^n u_j \right)$$

Потом се израчунава инвертни вектор добијене вредности на основу формуле:

$$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left( \frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right)$$

Након израчунавања инверзних вектора, потребно је израчунати степен могућности, односно да је  $M_2 \geq M_1$ , који се дефинише:

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} [\min(\mu_{M_1}(x), \min(\mu_{M_2}(x)))],$$

А израчунава се на следећи начин:

$$V(M_2 \geq M_1) = \text{hgt}(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1 & \text{ако је } m_2 \geq m_1 \\ 0 & \text{ако је } l_1 \geq u_2 \\ \frac{(l_1 - u_2)}{(m_2 - l_2) - (m_1 - l_1)} & \text{у осталим случајевима} \end{cases}$$

Где је  $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$  и  $M_1(l_1, m_1, u_1)$ , а параметар  $d$  представља ординату највећег пресека у тачки  $D$ .

Затим се анализира степен могућности да конвексни fuzzy број буде већи од  $k$  конвексног броја  $M_i (i=1,2,3,\dots, k)$ , који се дефинише изразом: (Özdağoğlu, Özdağoğlu, 2007)

$$V(M \geq M_1, M_2, M_3, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1) \text{ и } (M \geq M_2) \text{ и } (M \geq M_3) \dots (M \geq M_k)] = \min V(M \geq M_i), i=1,2,3,\dots, k.$$

Из чега проистиче израз:

$$d^i(A_i) = \min V(S_i \geq S_k) \text{ за } k=1,2,3,\dots, n; k \neq i.$$

Затим се преко следеће једначине добијају тежински фактори:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), d'(A_3), \dots, d'(A_n))^T$$

Где се  $A_i$  ( $i=1,2,3,\dots, n$ ) састоји од  $n$  елемента.

Тежински фактори се свде на основу једначине:

$$W = (d(A_1), d(A_2), d(A_3), \dots, d(A_n))^T$$

Где  $W$  не представља fuzzy број (Özdağoğlu, Özdağoğlu, 2007).

Као и код АХП метода потребно је израчунати конзистентност матрице.

У раду је примењена crisp метода, односно Weighted Mean Method. троугласти fuzzy број може бити дефузификован у crisp број помоћу следеће једначине:

$$A_{\text{crisp}} = \left( \frac{l+4m+u}{6} \right)$$

Потом се израчунава индекс конзистентности (CI), као и вредност  $\lambda_{\max}$  како би се могао израчунати степен конзистентности (CR). Исти је поступак као код АХП метода.

Према претходно наведеним правилима и поступцима изведена је fuzzy АХП матрица. Критеријуми су подељени у две матрице  $A_1$  и  $A_2$ . Док матрица  $B$  представља однос матрице  $A_1$  и  $A_2$ .

Табела 2. проширена матрица  $A_1$

		Радијација	Експозиција	Нагиб	Облачност	Хипсометрија	Геологија
1.	Радијација	(1;1;1)	(1;1,5;2)	(1;1,5;2,5)	(1;2,5;3)	(1;2;3)	(1;2;3)
2.	Експозиција	(0,5;0,66;1)	(1;1;1)	(2;2,5;3)	(1;1,7;2)	(1,5;2;2,5)	(1,5;2;2,5)
3.	Нагиб	(0,4;0,6;1)	(0,33;0,4;0,5)	(1,1,1)	(1;1,5;2)	(1;2;3)	(1;2;3)
4.	Облачност	(0,33;0,4;1)	(0,5;0,58;1)	(0,5;0,56;1)	(1,1,1)	(1;1,5;2)	(1;1,5;2)
5.	Хипсометрија	(0,33;0,5;1)	(0,4;0,5;0,66)	(0,33;0,5;1)	(0,5;0,66;1)	(1,1,1)	(1,1,1)
6.	Геологија	(0,33;0,5;1)	(0,4;0,5;0,66)	(0,33;0,5;1)	(0,5;0,66;1)	(1,1,1)	(1,1,1)

Табела 3. проширена матрица A2

		CORINE Land Cover	Заштићена подручја	Реке	Близина насеља	Саобраћајнице и пруге
1.	CORINE Land Cover	(1;1;1)	(1;2;3)	(1;2,5;3)	(1;2,5;3,5)	(1;2,5;3,5)
2.	Заштићена подручја	(0,33;0,5;1)	(1;1;1)	(1;1,5;2)	(1;2;3)	(1;2;3)
3.	Реке	(0,33;0,4;1)	(0,5;0,66;1)	(1;1;1)	(1;1,5;2)	(1;2;3)
4.	Близина насеља	(0,28;0,4;1)	(0,33;0,5;1)	(0,5;0,66;1)	(1;1;1)	(1;1,5;2)
4.	Саобраћајнице и пруге	(0,28;0,4;1)	(0,33;0,5;1)	(0,33;0,5;1)	(0,5;0,66;1)	(1;1;1)

Табела 4. проширена матрица Б

	Матрица A1.	Матрица A2.	Тежински коефицијент
Матрица A1.	(1;1;1)	(0,5;1,5;2,5)	0,6
Матрица A2.	(0,4;0,67;2)	(1;1;1)	0,4

Табела 5. Вредности тежинских коефицијената за сваки од критеријума

	Коефицијент појединачног критеријума	Коефицијент табеле Б	Јединствени коефицијент
Радијација	0.248102	0.6	0.148861212
Експозиција	0.236168	0.6	0.141700987
Нагиб	0.193296	0.6	0.11597777
Облачност	0.14509	0.6	0.087054037
Хипсометрија	0.088672	0.6	0.053202997
Геологија	0.088672	0.6	0.053202997
CORINE Land Cover	0.302425	0.4	0.120970181
Заштићена подручја	0.236708	0.4	0.094683361
Реке	0.197998	0.4	0.079199177
Близина насеља	0.147947	0.4	0.059178612
Саобраћајнице и пруге	0.114922	0.4	0.045968669

Ефикасност АХП методе је изражена формулом:

$$CR = CI/RI$$

где је: CR = однос конзистенције, CI = коефицијент субјективне грешке, RI = насумични индекс. Насумични индекс је изражен у Сатијевој скали за укупан број коефицијената.

Табела 6. Сатијева скала

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49



CR мора бити испод 0,1 да би било конзистентно.

Индекс конзистентности добијамо тако што множимо тежинске коефицијенте са вредностима из почетне матрице. Затим сумирамо редове, па суму редова поделимо са тежинским коефицијентом. Из последње добијене колоне бирамо  $\lambda_{\max}$ .

Формула за коефицијент субјективне грешке је:

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$$

где n означава број критеријума, а  $\lambda_{\max}$ -највећи број у колони (Дољак, 2020).

Добијени резултати убачени су у формулу ефикасности АХП метода, где су добијени следећи резултати:

- Матрица A1 - CR = 0.059903714,
- Матрица A2 - CR = 0.054809097,
- Матрица Б - CR = 0,0003.

Изведена је и fuzzy АХП матрица за fuzzy MULTIMOORA метод.

Табела 7. и 8. Проширена матрица за fuzzy MULTIMOORA методу

		1.	2.	3.	4.
		Удео најбоље оцене	Губитак пољ./деградација пејзажа	Укупна површина	Трафостанице
1.	Удео најбоље оцене	(1;1;1)	(1;2;1)	(1;1,5;2)	(1;1,5;2,5)
2.	Губитак пољ./деградација пејзажа	(1;0,5;1)	(1;1;1)	(1;1,5;1)	(1;1,5;1,5)
3.	Укупна површина	(0,5;0,6;1)	(1;0,6;1)	(1,1,1)	(1;1,5;1,5)
4.	Трафостанице	(0,4;0,6;1)	(0,6;0,6;1)	(0,6;0,6;1)	(1,1,1)
5.	Саобраћајнице	(0,4;0,6;1)	(0,5;0,5;1)	(0,6;0,5;1)	(0,33;0,5;1)
6.	Заштићено добро	(0,4;0,5;1)	(0,33;0,5;1)	(0,5;0,4;1)	(0,5;0,4;1)
7.	Насеље	(0,33;0,5;1)	(0,28;0,4;1)	(0,33;0,4;1)	(0,4;0,33;1)

		5.	6.	7.
		Саобраћајнице	Заштићено добро	Насеље
1.	Удео најбоље оцене	(1;1,5;2,5)	(1;2;2,5)	(1;2;3)

2.	Губитак пољ./деградација пејзажа	(1;2;2)	(1;2;3)	(1;2,5;3,5)
3.	Укупна површина	(1;2;1,5)	(1;2,5;2)	(1;2,5;3)
4.	Трафостанице	(1;2;3)	(1;2,5;2)	(1;3;2,5)
5.	Саобраћајнице	(1;1;1)	(1;1,5;1,5)	(1;1,5;1,5)
6.	Заштићено добро	(0,6;0,6;1)	(1;1;1)	(1;1,5;1)
	Насеље	(0,6;0,6;1)	(1;0,6;1)	(1;1;1)

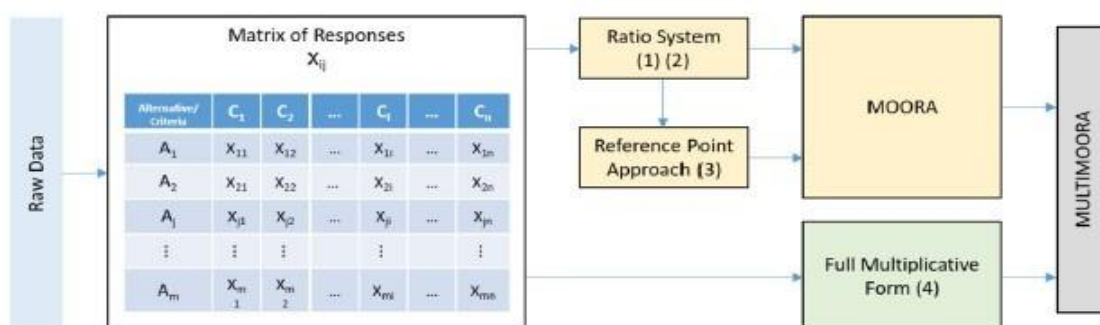
Табела 9. Вредности тежинских коефицијената за сваки од критеријума

	Коефицијент
Удео најбоље оцене	0,195
Губитак пољ./деградација пејзажа	0,189
Укупна површина	0,175
Трафостанице	0,179
Саобраћајнице	0,105
Заштићено добро	0,082
Насеље	0,074

Ефикасност fuzzy АХП методе - Матрица - CR = -0.88384

### 3.3. Fuzzy MULTIMOORA - Multi-objective optimization

MOORA метода има за циљ да истовремено оптимизује два или више преклапајућих квалитета или циљева под ограничењима. Иако је то релативно нова метода у поређењу са другим методама као што су ахс (AHS), топсис (TOPSIS), елиминација и избор који изражава стварност (ELimination Et Choix Traduisant la REalite), моора се често појављује у новијој литератури. Под именом Моора постоје различите методе односно систем односа и приступ референтној тачки. MULTIMOORA укључује три или више метода које међусобно контролишу и наређује алтернативе у зависности од њихових вредности перформанси (Kabak et al ,2018).



Слика 1. приказује 3 различите методе MULTIMOORA и њихове односе

Извор: (Kabak et al ,2018)

#### 9.1.1. Систем односа вишециљне оптимизације анализом односа (Ratio system of multi-objective optimization by ratio analysis)

Метода система односа почиње одређивањем критеријума и вредности перформанси алтернатива према овим критеријумима. Матрица испод представља овај метод.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

Где је:

$j = 1, 2 \dots m$ ;  $m$  је број алтернатива

$i = 1, 2 \dots n$ ;  $n$  је број критеријума

$x_{ij}$  - Одговор алтернативе  $j$  на критеријум  $i$

$x_{ij}^*$  - А бездимензонални број који представља одговор алтернативног  $j$  на критеријум  $i$

$u_j^*$  - Укупна процена алтернативе у односу на све критеријуме

$g$  - број критеријума који су максимизирани

$n$  - Број критеријума који су минимизирани

Помоћу једначине (1) матрица је нормализована. Укупна процена сваке алтернативе је одређена једначином (2) у којој је  $y_j^*$  редни ранг доносиоца одлука који гради матрицу.

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^m x_{ij}^2}} \quad (1)$$

$$y_j^* = \sum_{i=1}^{i=g} x_{ij}^* - \sum_{i=g+1}^{i=n} x_{ij}^* \quad (2)$$

У зависности од намере доносиоца одлуке у погледу релативног значаја одговора критеријума на алтернативу, тј. бездимензионални број се може помножити са вредношћу важности, као што је приказано у једначини (3).

$$y_j^* = \sum_{i=1}^{i=g} s_i x_{ij}^* - \sum_{i=g+1}^{i=n} s_i x_{ij}^* \quad (3)$$

$s_i$  - Тежинска важност критеријума (Kabak et al ,2018).

#### 9.1.2. Приступ референтне тачке вишециљне оптимизације анализом односа (Reference point approach of multi-objective optimization by ratio analysis)

Овај приступ се заснива на нормализованим подацима добијеним методом Моор система односа. Највећа вредност се узима као референтна вредност ( $r_i$ ) за максимизацију алтернатива према сваком критеријуму, а најнижа вредност се узима као референтна вредност у случају минимизације. Удаљеност алтернатива до референтне тачке према сваком критеријуму се израчунава помоћу једначине (4).

$$r_i - x_{ij}^* \quad (4)$$

$$\min_{(j)} \left\{ \max_{(i)} |r_i - x_{ij}^*| \right\} \quad (5)$$

Алтернативе су сортиране од ниске вредности до високе вредности и одређује се рангирање. Алтернатива са најнижом вредношћу сматра се најбољом.

Једначина (6), формула за приступ референтној тачки, одражава релативни значај који доносилац одлуке преписује на одговор критеријума на алтернативу (Kabak et al ,2018).

$$\left| s_i r_i - s_i x_{ij}^* \right| \quad (6)$$

### 9.1.3. Потпуни мултипликативан облик (Full multiplicative form)

У овом приступу, подаци максимизације сваке алтернативе се множе и деле множењем података ради минимизације. Овај приступ је изражен једначинама (7-9) (Kabak et al ,2018).

$$U_j = \frac{A_j}{B_j} \quad (7)$$

$$A_j = \prod_{g=1}^i x_{gi} \quad (8)$$

$$B_j = \prod_{k=i+1}^n x_{kj} \quad (9)$$

$j$  1, 2 ...,  $m$  - је број алтернатива,

$I$  - Број критеријума који треба максимизирати,

$n-i$  Број критеријума који треба минимизирати,

$U_j$  Корисност алтернативе  $j$  са критеријумима које треба максимизирати и критеријуми које треба минимизирати.

Вредности  $U_j$  су сортиране од високе до ниске вредности и алтернатива првог реда са највишом оценом сматра се најприкладнија алтернатива (Kabak et al ,2018).

## 4. ИСТРАЖИВАНА ПОДРУЧЈА

Град Сомбор и општина Књажевац су изабране као предмет овог рада јер су општине сличне површине. Сомбор се налази на северозападу, а Књажевац на југоистоку Србије. У погледу рељефа су у потпуности различите, а како ће то утицати на касније добијене резултате видеће се у наставку рада.

### 4.1. Град Сомбор

Град Сомбор обухвата простор у северозападном делу Србије, налази се у Аутономној покрајини Војводина. Територија Града Сомбора граничи се на западу са Републиком Хрватском, а на северу са Републиком Мађарском, на истоку се граничи са општинама Суботица и Бачка Топола, затим на југоистоку са општином Кула, а јужна и југозападна граница је са општинама Озаци и Апатин. Државни гранични прелази који се налазе на територији општине Сомбор су: Бачки брег и Растина са Републиком Мађарском, Бездан са Републиком Хрватском (Просторни план Града Сомбора, 2014).

Град Сомбор простира се на укупној површини од 1.213,73 km<sup>2</sup>, према попису становништва из 2011 године има укупно 85.903 становника. Просечна густина насељености износи 70,77 ст./km<sup>2</sup>. Састоји се од градског насеља Сомбора са 14 салашних насеља, која су посебна особеност овог краја, и још 15 насељених места. Насеља у општини Сомбор: Алекса Шантић, Бачки Брег, Бачки Моноштор, Бездан, Гаково, Дорослово, Кљајићево, Колут, Растина, Риђица, Светозар Милетић, Сомбор, Станишић, Стапар, Телечка и Чонопља. Сомбор је уједно и административни центар Западнобачког округа (Сабадош, 2019).

Саобраћајна инфраструктура Града Сомбора је развијена, развој водног саобраћаја посебно је значајна близина и добра саобраћајна повезаност Сомбора са међународним пловним путем – коридор VII - река Дунав.

У геоморфолошком погледу од истока према западу, заступљени су следећи геоморфолошки облици: лесна заравн, лесна тераса и алувијална равна Дунава са алувијалном терасом и инундациона равна. Осим поменутих облика рељефа присутне су још: речне долине, лучна удубљења, предолице и пешчани брежуљци на лесној тераси и дине, интерколинске депресије, преколице и долови на лесној заравни. Што се тиче стенске подлоге најзаступљенији је лес, са различитим типовима песка (Цупић, 2018).

На територији Града Сомбора најдуже реке су: Дунав, Киђош/Плазовић и Мостонга, међутим, значајна је каналска мрежа са каналима ДТД, Велики канал и Бајски канал.

Град Сомбор има континенталну климу. Пролећа су у првом делу сува и ветровита док су мај и јун са падавинама. Више падавина је карактеристично за почетак лета, док је други део лета веома топао и сув. Јесен је са знатно више падавина, осим у октобру. Зиме су хладне, некада и екстремно, без значајних количина снега (Сабадош, 2019). Средња годишња температура ваздуха је 12,4 °С. Најхладнији месец је јануар са средњом месечном температуром 0,2°С, а најтоплији август са 23 °С (Метеоролошки годишњак, 2020).

#### 4.2. Општина Књажевац

Општина се налази у источном делу Републике Србије, у Тимочкој крајини и припада Зајечарском управном округу. Територија општине Књажевац граничи се са градом Зајечаром на северу, на истоку са Републиком Бугарском, општинама Пирот и Бела Паланка на југоистоку, општином Сврљиг на југозападу, општином Сокобања на западу и општином Бољевац на северозападу. Иако се на целој источној граници општине пружа државна граница са Републиком Бугарском на територији Књажевца нема граничних прелаза (Просторни план општине Књажевац, 2011).

Укупна површина општине Књажевац је 1.207,03 km. Према попису из 2011. године број становника износио је 31 491, од тога 18 404 становника живело је у урбаној средини. Густина насељености је 26,20 ст/km<sup>2</sup>. Састоји се од 86 насеља, распоређених у 85 катастарских општина и организованих у 76 месних заједница.

Подручје општине захвата горњи део сливног подручја Белог Тимока, са извориштима Сврљишког и Трговишког Тимока. На северу обухвата јужне обронке Тупижнице (Глоговачки врх 1.160 m н.в.), истоку и југоистоку обронке Старе планине (до 2.070 m н.в.), а у централном делу северне обронке Тресибабе (до 786 m н.в.). Подручјем Општине доминира књажевачка котлина, која опредељује главни саобраћајни правац (коридор државног пута I реда бр. 25) и отвара је са северне стране, ка Зајечару, док је долином Сврљишког Тимока повезана са Нишем, а долином Трговишког Тимока са Пиротом. Дисецираност рељефа је изражена, са надморским висинама од око 170 m н.в., код Минићева, до око 2.070 m н.в. на Старој планини (у близини Миџора) (Просторни план општине Књажевац, 2011)

Према Ракићевићу општина Књажевац припада сокобањско-књажевачком климатском реону, као и старопланинском климатском реону. Сокобањско-књажевачки климатски реон представља зону умерено континенталне климе. Одликује се топлим летом, влажним зимама, док је код старопланинским климатски реон заступљена права алпска клима где су дуге и хладне зиме са доста снега смежују са свежим и хладним летима. Просечно трајање снежног покривача је преко 200 дана годишње (Павловић, 2018.).

Средња годишња температура ваздуха је 12,3 °C. Најхладнији месец је јануар са средњом месечном температуром 1,9 °C, а најтоплији август са 22 °C (Метеоролошки годишњак, 2020).



## 5. КРИТЕРИЈУМИ ЗА FUZZY АХП МЕТОД

Највеће количине енергије на северној хемисфери су на располагању у периоду од априла до септембра, што се подудара са вегетационим периодом. Прецизнија процена расположиве Сунчеве енергије добија се коришћењем података за нагнуте површине. Наиме, пошто прилив енергије одређеној површини зависи од њеног нагиба и оријентације у односу на Сунчеве зраке, то је за примену важно како је осунчана површина постављена (Студија НПЕЕ, 2004).

Важне карактеристике:

- Највећи годишњи приход енергије се добија ако је површина оријентисана према југу и има нагиб од 30 степени; ова оријентација и нагиб су оптимални и за периоде март-април и август-септембар.
- Највећи месечни приходи енергије су у мају, јуну и јулу, ако је површина оријентисана према југу и има нагиб од 10 степени.
- Највећи месечни приходи су у зимском периоду, од октобра до фебруара, ако је површинама оријентисана према југу и има нагиб од 60 степени.

Важно је констатовати да је енергија дифузног зрачења скоро једнака енергији директног зрачења, што се види из односа вредности  $G_m$  (Средња дневна енергија глобалног зрачења) и  $D_m$  (Средња дневна енергија дифузног зрачења); апсолутни приход енергије од дифузног зрачења већи је у летњим месецима, али релативни приход је већи зими, због повећане облачности и краћег трајања осунчаности (Студија НПЕЕ, 2004).

За израду погодности простора коришћено је једанаес критеријума. Сваки критеријум је оцењен оценом од 1 до 5. За обе општине узети су исти критеријуми и заједнички распони за сваки критеријум који је оцењиван. Нпр. радијација за општину Сомбор је у распону од 4,217 до 4,277, а за општину Књажевац од 3,151 до 4,383, узет је распон од 3,151 до 4,383.

## 5.1. Радијација

Сва енергија коју атмосфера и Земљина површина примају од Сунца назива се сунчево зрачење (радијација). Она је климатски елемент који се састоји из више компонената. Под зрачењем се подразумева преношење зрачне енергије од зрачног извора на све стране у виду таласа праволинијским путем. Сунчева енергија настаје претварањем огромних количина водоника у хелијум. Количина енергије која ће доспети до неке планете зависи углавном од њене удаљености од Сунца (Дуцић et al., 2005).

Јединица за мерење количине енергије, топлоте, је џул. Ват је јединица за снагу, али се користи и за интензитет зрачења, односно означава проток или флукс енергије. Уместо  $J/m^2$  узима се  $W/m^2$  (Дуцић et al., 2005).

Подаци који су коришћени у овом раду су дугорочни годишњи просек глобалног зрачења при оптималним нагибом (GTI) у  $kWh/m^2$ , који обухвата период од 1994. до 2018. у западном делу и од 1999. до 2018. године у источном делу региона (ГТИ Geographic information – Metadata, ISO 19115:2003/19139)

За радијацију је узет распон од 3.151 до 4.383  $kWh/m^2$ .

Табела 10. Валоризација радијације

Радијација $kWh/m^2$	Оцена
<3.200	1
3.200-3.800	2
3.800-4.250	3
4.250-4.400	4
>4.400	5

Радијација града Сомбора је у распону од 4.217 до 4.277  $kWh/m^2$ , где цела територија Сомбора припада класи 3 и 4. Класи 3 припада 7,48% територије, док класи 4 припада 92,52% територије.

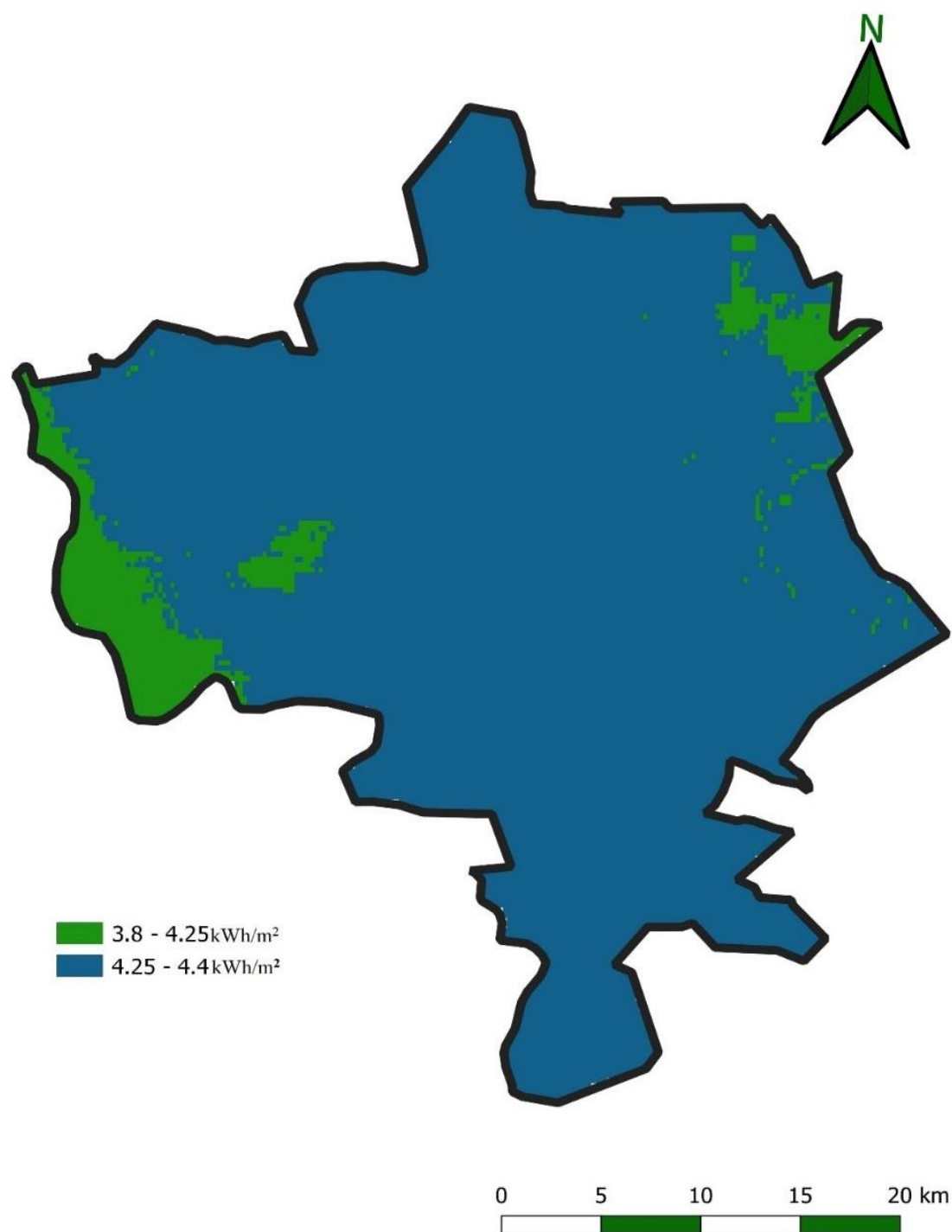
Табела 11. Површина и удео по класама општине Сомбор

Класа	Површина [ $km^2$ ]	Удео у површини класа[%]
3	90,75	7,48
4	1122,98	92,52
Укупно	1213,73	100

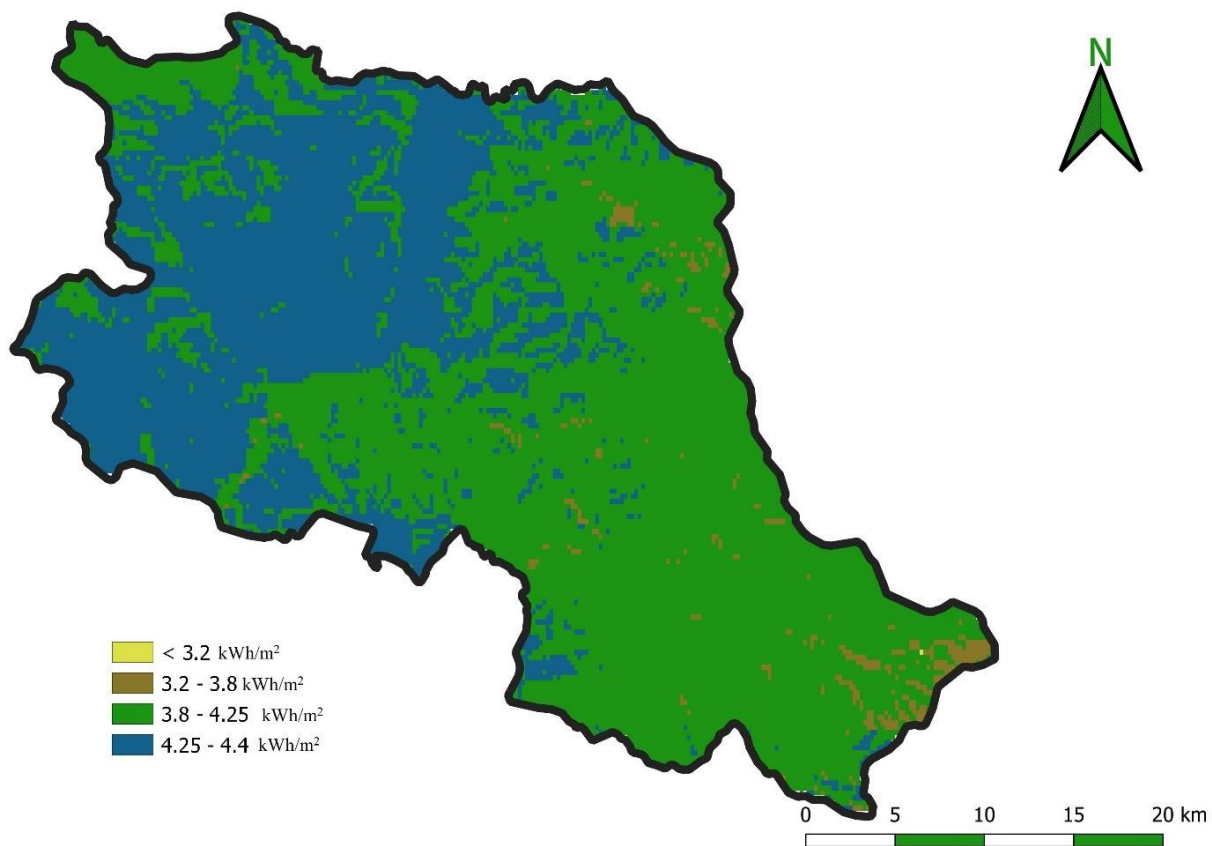
Општина Књажевац и распон радијације од 3.151 до 4.383 kWh/m<sup>2</sup>, обухвата 1,2,3 и 4 класу. Највећу површину заузима класа 3, 61.06% територије. Значајни део територије заузима и класа 4, 36,87% територије. Ове две класе заједно заузимају скоро 98% територије.

Табела 12. Површина и удео по класама општине Књажевац

Класа	Површина [km <sup>2</sup> ]	Удео у површини класа[%]
1	0,08	0,01
2	24,94	2,07
3	737,03	61,06
4	444,98	36,87
Укупно	1207,03	100



Слика 2. Радијација под оптималним углом Града Сомбора



*Слика 3. Радијација под оптималним углом општине Књажевац*

## 5.2. Хипсометрија

Хипсометријске карактеристике представљају основу свих даљих истраживања и омогућују целокупну представу о терену који анализирамо. Од зависности надморске висине терена намећу се и могућности њеног планирања и правилног коришћења. Подела рељефа према висинским зонама извршена је у три категорије, низије 0-200 m надморске висине брдски простор 200-500 m надморске висине (ниско побрђе 200-300 метара надморске висине и високо побрђе 300-500 m надморске висине) и планински простор изнад 500 m надморске висине (Драгићевић, Филиповић, 2016).

Табела 13. Валоризација надморске висине

Висина (m)	Оцена
<100	5
100-200	5
200-500	4
500-700	3
700-1000	3
1000-1300	2
1300-1500	1
>1500	0

Највишу оцену добијају терени нижи од 200 m надморске висине, најнижу оцену од 1300m до 1500 m, оцену 1. Док су висине изнад 1500 m елиминисане.

Табела 14. Висинске зоне, површина и удео Града Сомбора

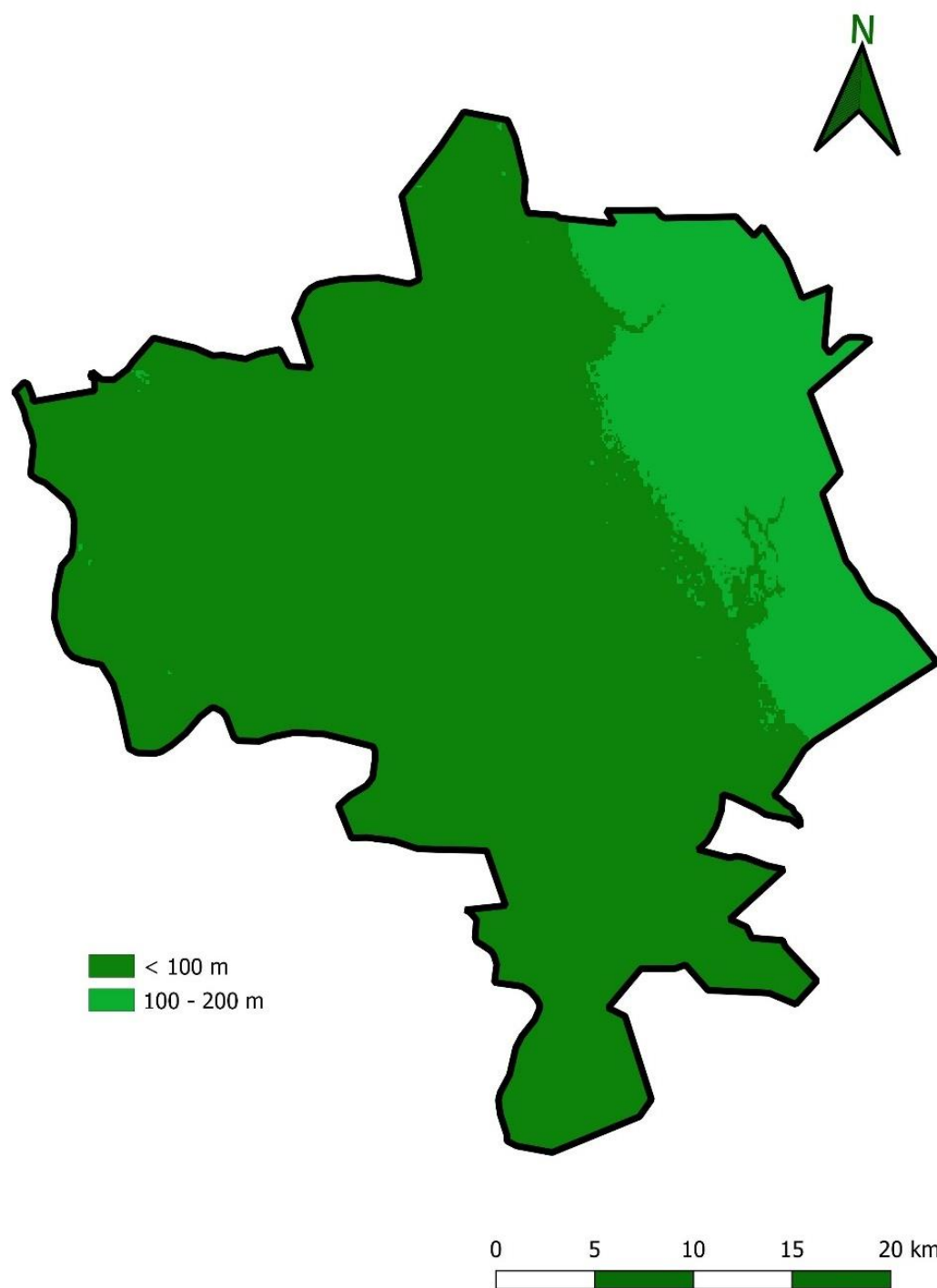
Висинске зоне	Површина [km <sup>2</sup> ]	Удео у укупној површини [%]	Класа [Оцена]	Површина по класама [km <sup>2</sup> ]	Удео у површини класа[%]
0-100	979,78	80,72	5	1213,7	100
100-200	233,95	19,28			
Укупно	1213,73	100			

Зоне Сомбора као и цела Војводина улазе у састав Панонског басена. Због уједначених рељефних облика нема значајнијих висинских варирања терена. Најнижа тачка налази се у југозападном делу општине, близина границе изласка Дунава са територије Сомбора и износи 84 m н.в., док је највиша тачка у источном делу, на лесној тераси и износи 125 m н.в.. Зона до 100 m н.в. заузима површину од 979,78 km<sup>2</sup> са уделом од 80,72 %. На површине од 100 - 200 m н.в. отпада 19,28% (233,95 km<sup>2</sup>). Просечна надморска висина износи 89 метара. Цела територија оцењена је оценом 5.

Табела 15. Висинске зоне, површина и удео општине Књажевац

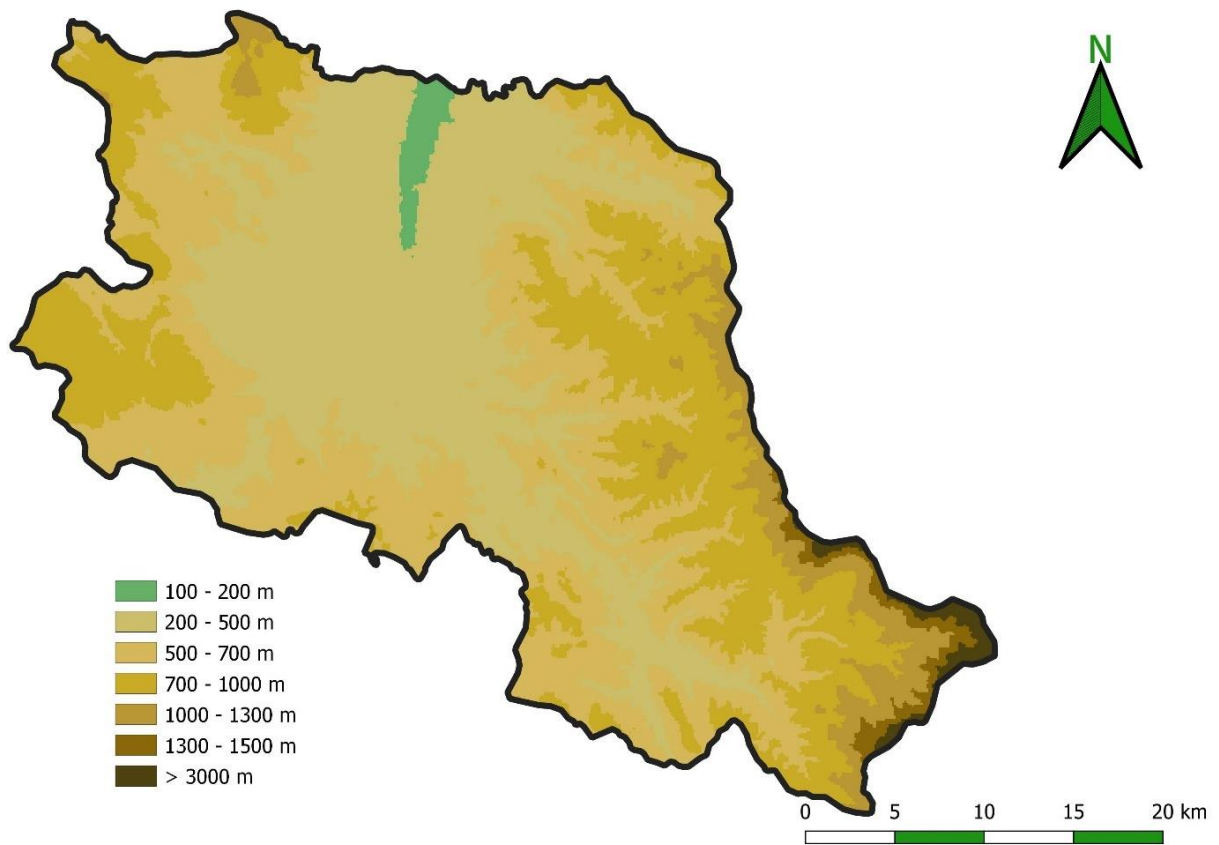
Висинске зоне	Површина [km <sup>2</sup> ]	Удео у укупној површини [%]	Класа [Оцена]	Површина по класама [km <sup>2</sup> ]	Удео у површини класа[%]
100-200	14,38	1,19	5	14,38	1,19
200-500	401,04	33,23	4	401,04	33,23
500-700	395,63	32,78	3	699,76	57,11
700-1000	303,13	25,11	2	63,78	5,28
1000-1300	63,78	5,28	1	16,78	1,39
1300-1500	16,78	1,39	0	12,29	1,02
>1500	12,29	1,02			
Укупно	1207,03	100			

У општини Књажевац дисецираност рељефа је изражена, најнижа тачка налази се код насеља Минићево са надморским висинама од 174 m н.в. на месту где Бели Тимок напушта територију општине Књажевац. Највиша кота је на Старој планини у близини Миџора са 2032 m н.в. Просечна надморска висина износи 622,76 m. Површински највише заузима класа 3, са 699,76 km<sup>2</sup>, односно 57,11%. Висине које су оцењене класом 5, заузимају свега 1,19% територије. Класа 0, елиминациона, висине изнад 1500 m, заузимају 1,02% територије.



*Слика 4. Хипсометрија Града Сомбора*





Слика 5. Хипсометрија општине Књажевац

### 5.3. Експозиција

Експозиција рељефа према странама света утиче на светлост, влажност и температуру. Од експозиције терена зависи дужина трајања Сунчевог сјаја, температура ваздуха и њене амплитуде. Северне експозиције су слабије осветљене, хладније и влажније. Јужне експозиције су најтоплије, најсувље и најбоље осветљене (Драгићевић, Филиповић, 2016).

Табела 16. Валоризација експозиције по странама света

Експозиција	Оцена
N	1
NE	2
E	3
SE	4
S	5
SW	4
W	3
NW	2
Неекспонирано	0

Најбољу оцену добиле су јужне експозиције, затим југоисточне и југозападне са оценом 4, потом оцену 3 припале су источним и западним експозицијама. Северне експозиције су оцењене тако да северозападне и североисточне оценом 2, а северна најнижом оценом.

Табела 17. Експозиција Града Сомбора, површина и удео.

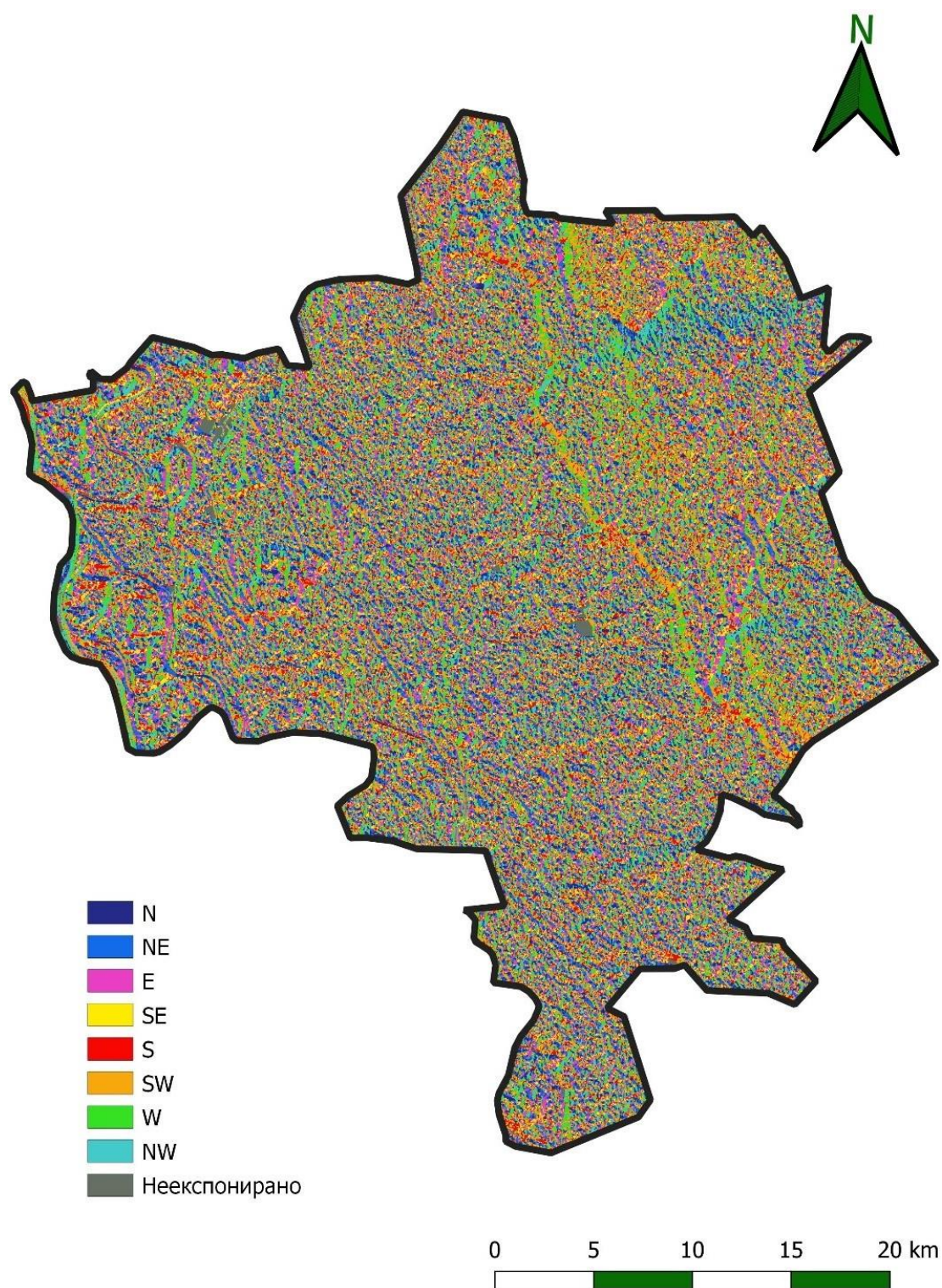
Експозиција [°]	Површина [km <sup>2</sup> ]	Удео у укупној површини [%]	Класа [Оцена]	Површина по класама [km <sup>2</sup> ]	Удео у површини класа[%]
N	122,70	10,11	0	3,99	0,33
NE	145,61	12,00	1	122,70	10,11
E	172,94	14,25	2	279,40	23,02
SE	136,56	11,25	3	358,46	29,53
S	139,83	11,52	4	309,36	25,49
SW	172,80	14,24	5	139,83	11,52
W	185,52	15,28			
NW	133,78	11,02			
Неекспонирано	3,99	0,33			
Укупно	1213,73	100			

У Сомбору површински највише заузима класа број 3, са оценом 3, односно југозападних и југоисточних експозиција, које чине 29,53 % територије. Код најмање територије заузима неекспонирана класа, са оценом 0, са 0,33% територије.

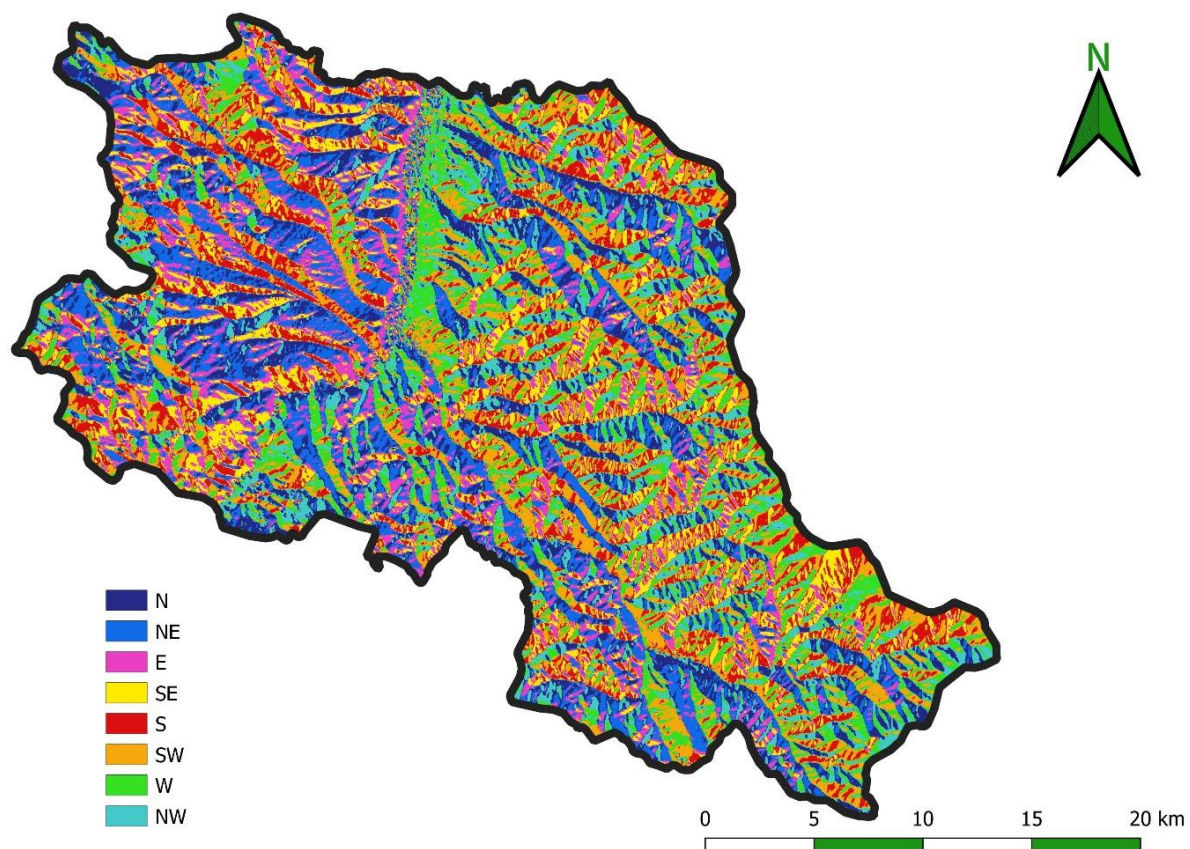
Табела 18. Експозиција општине Књажевац, површина и удео

Експозиција [°]	Површина [km <sup>2</sup> ]	Удео у укупној површини [%]	Класа [Оцена]	Површина по класама [km <sup>2</sup> ]	Удео у површини класа [%]
N	158,13	13,10	1	158,13	13,10
NE	170,53	14,13	2	305,55	25,31
E	124,73	10,33	3	277,86	23,02
SE	128,06	10,61	4	305,95	25,35
S	159,54	13,22	5	159,54	13,22
SW	177,89	14,74			
W	153,13	12,69			
NW	135,02	11,19			
Укупно	1207,03	100			

У општини Књажевац површински највише заузима класа 4, са оценом 4, односно, југоисточне и југозападне експозиције које чине 25,35% територије. Код најмање територије заузима класа 1, са оценом 1, односно северна експозиција са 13,1% територије.



Слика 6. Експозиција по странама света Града Сомбора



Слика 7. Експозиција по странама света општине Књажевац

## 5.4. Нагиб терена

Нагиб терена се изражава величином угла нагиба, то је вертикални угао који заклапа површина терена са хоризонталном равни и изражава се у степенима. Према геоморфолошкој класификацији нагиба терена, нагиби до  $5^{\circ}$  сматрају се благо нагнутим теренима, нагиби од  $5^{\circ}$  до  $12^{\circ}$  су нагнута терени, док су нагиби од  $12^{\circ}$  до  $32^{\circ}$  јако нагнута терени (Јовановић, 2017).

Табела 19. Валоризација нагиба терена

Нагиб	Оцена
$<3^{\circ}$	5
$3-5^{\circ}$	4
$5-10^{\circ}$	3
$10-15^{\circ}$	2
$15-20^{\circ}$	1
$>20^{\circ}$	0

Највећом оценом (5) оцењени су нагиби терена који су мањи од  $3^{\circ}$ . Нагиби терена од  $3^{\circ}$  до  $5^{\circ}$  оцењени су оценом 4. Све што је преко  $20^{\circ}$  оцењено је оценом 0, односно елиминисани су такви терени.

Табела 20. Нагиб терена, површина и удео општине Сомбор

Нагиб терена [ $^{\circ}$ ]	Површина [km <sup>2</sup> ]	Удео у укупној површини [%]	Класа [Оцена]	Површина по класама [km <sup>2</sup> ]	Удео у површини класа [%]
$<3^{\circ}$	1187,19	97,81	5	1187,19	97,81
$3-5^{\circ}$	19,62	1,62	4	19,62	1,62
$5-10^{\circ}$	6,34	0,52	3	6,34	0,52
$10-15^{\circ}$	0,54	0,04	2	0,54	0,04
$15-20^{\circ}$	0,04	0	1	0,04	0
$>20^{\circ}$	0,01	0	0	0,01	0
Укупно	1213,73	100			

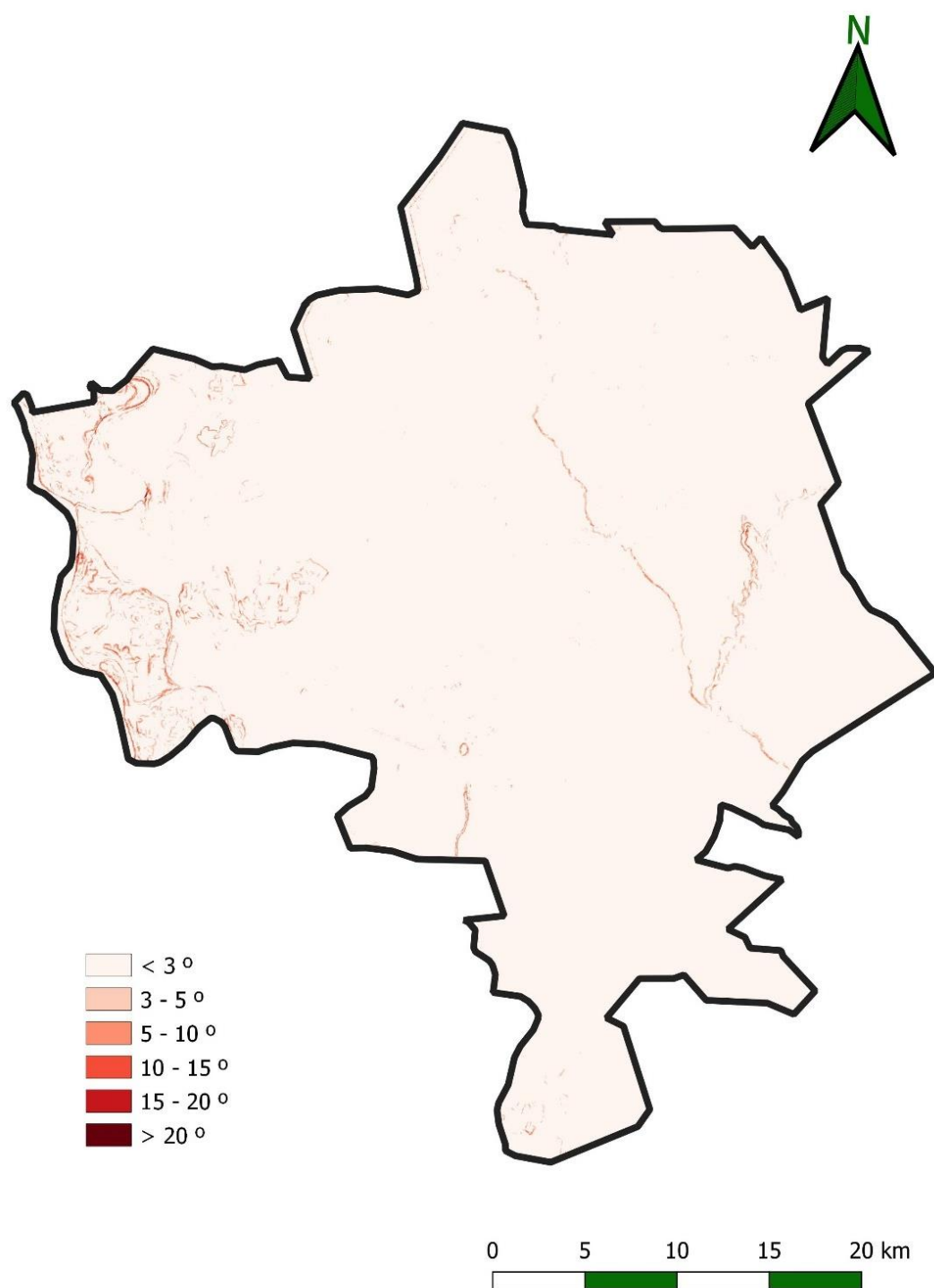
На територији Града Сомбора нагиб терена је у распону од 0 до  $21^{\circ}$ . Највећу површину заузима нагиб терена мањи од  $3^{\circ}$ , чак 97,81 % територије, затим нагиб терена од  $3^{\circ}$  до  $5^{\circ}$ , 1,62% или 19,62 km<sup>2</sup>. Најмању територију заузимају нагиби преко  $15^{\circ}$  свега 0,05 km<sup>2</sup>. Средњи нагиб Града Сомбора износи  $0,4^{\circ}$ .

Табела 21. Нагиб терена, површина и удео општине Књажевац

Нагиб терена [°]	Површина [km <sup>2</sup> ]	Удео у укупној површини [%]	Класа [Оцена]	Површина по класама [km <sup>2</sup> ]	Удео у површини класа [%]
<3°	85,00	7,04	5	85,00	7,04
3-5°	87,08	7,21	4	87,08	7,21
5-10°	284,00	23,53	3	284,00	23,53
10-15°	272,25	22,56	2	272,25	22,56
15-20°	218,39	18,09	1	218,39	18,09
>20°	260,31	21,57	0	260,31	21,57
Укупно	1207,03	100			

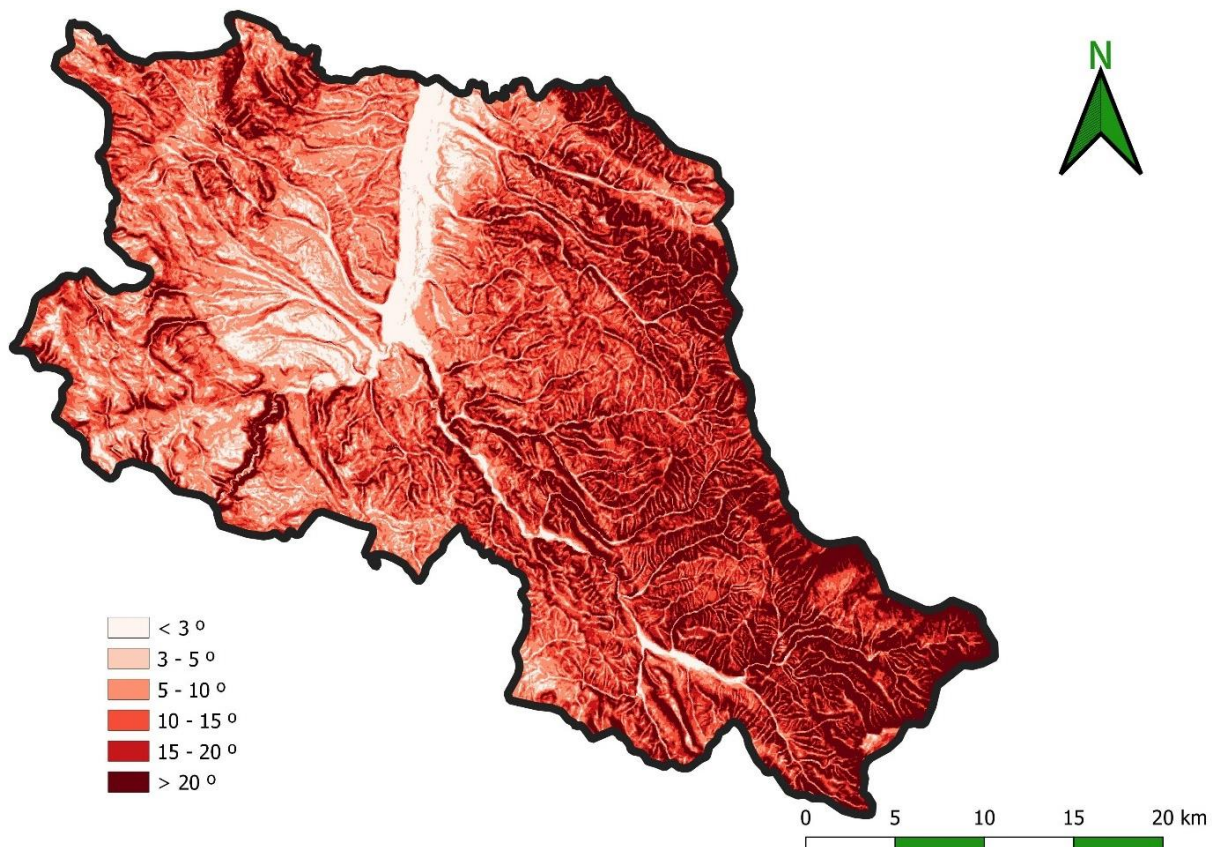
У општини Књажевац нагиб терена је у распону од 0 до 48°. Највећу површину заузима нагиб терена од 3° до 5°, 284 km<sup>2</sup>, односно 23,53% територије, који има оцену 3. Најмању површину заузима прва класа (оцена 5), мања од 3°, свега 7,4% територије. Укупно 21,57% територије припада класи 0, односно нагиб терена је већи од 20°, те су оне елиминисане. Средњи нагиб терена износи 12,18°.





Слика 8. Нагиб терена Града Сомбора





Слика 9. Нагиб терена општине Књажевац

## 5.5. Облачност

Облак је скупина водених капљица или кристала леда у атмосфери. Облаци настају испаравањем воде с површине Земље и њеном накнадном кондезацијом или сублимацијом у ваздуху. Облаци су важни из разлога: слабе Сунчево зрачење, спречавају осунчавање, смањују Земљино излучивање и из њих се могу излучити падавине (Дуцић et al., 2005).

Облачност се подразумева степен покривености неба облацима, тј величина облачног покривача у односу на цело небо. Углавном се изражава и бележи целим бројем од 0 до 10. У умереном топлотном појасу најмања облачност је у летњим, а највећа у зимским месецима. Просечна облачност на целој Земљи је 54.4%. Она је већа изнад океана за 10% него изнад континента (Дуцић et al., 2005).

У овом раду коришћен је податак који представља средњу годишњу учесталост облака током 2000 – 2014. године. Вредности се крећу од 0 до 10 000 и помножене су са 0,01 да и се добио % облачних дана (<https://www.earthenv.org/cloud.html>).

Облачност у Србији је између 52-88 % облачних дана, према томе је одрађена валоризација облачности.

Табела 22. валоризација облачности у процентима

Облачност [%]	Оцена
<55	5
55-61	4
61-73	3
73-85	2
>85	1

Најбољој категорији припадају облачности које су испод 55 %, а најлошије са оценом 1 су оне преко 85%.

Табела 23. Облачност, површина и удео у Граду Сомбору

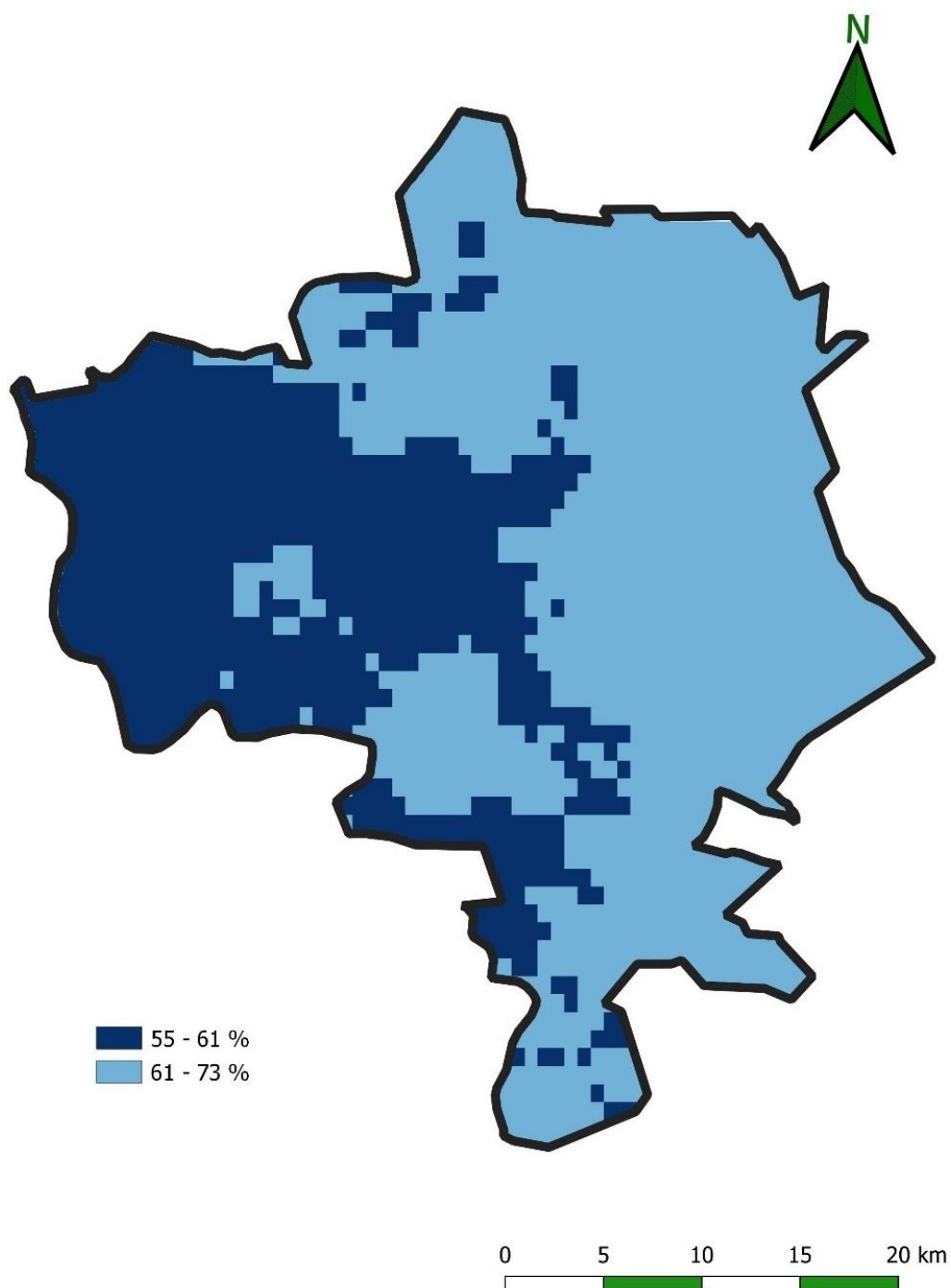
Облачност [%]	Класа [Оцена]	Површина [km <sup>2</sup> ]	Удео у укупној површини [%]
61-73	3	760,99	62,70
55-61	4	452,73	37,30
Укупно		1213,73	100

Територија Града Сомбора има распон од 59 до 63 % облачних дана. Укупно 62,7% територије Града Сомбора заузима класа 3, док 37,3% заузима класа 4.

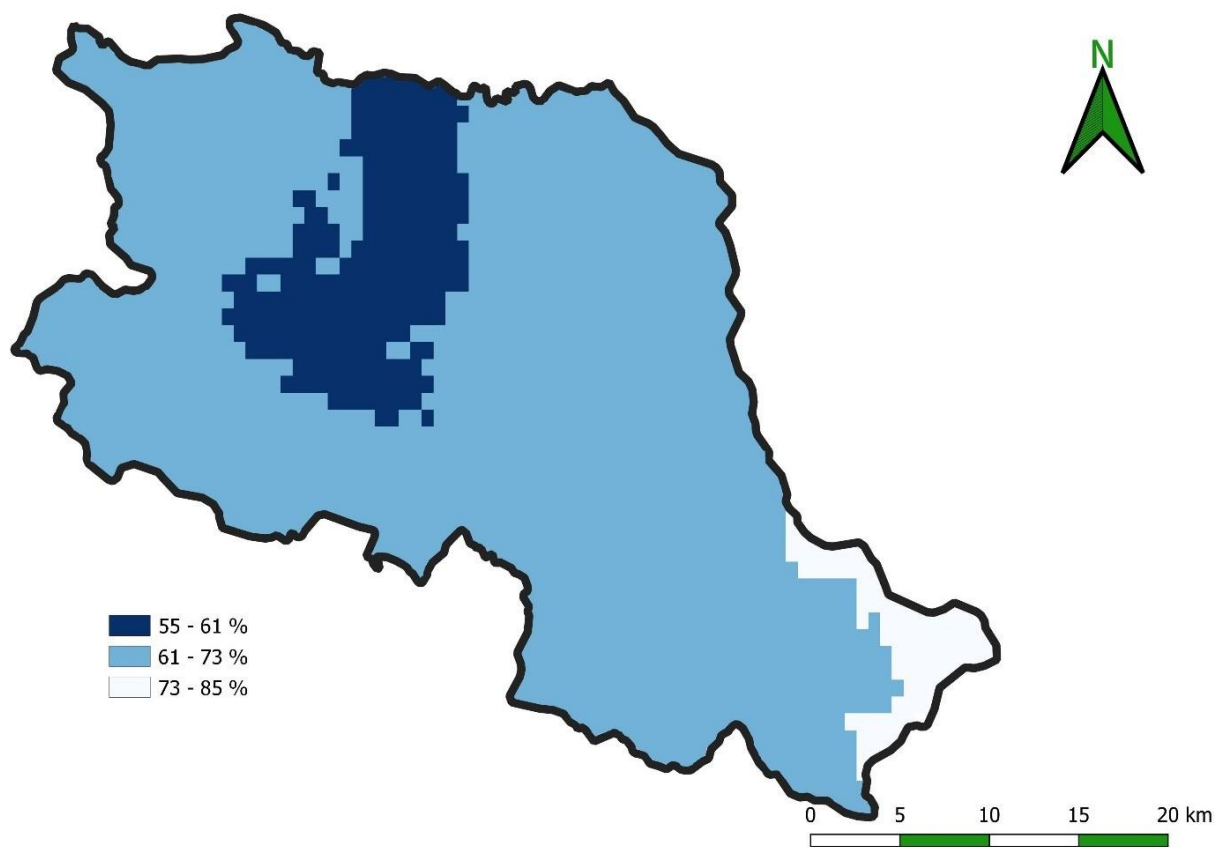
Табела 24. Облачност, површина и удео у Општини Књажевац

Облачност [%]	Класа [Оцена]	Површина [km <sup>2</sup> ]	Удео у укупној површини [%]
73-85	2	57,61	4,77
61-73	3	998,21	82,70
55-61	4	151,21	12,53
Укупно		1207,03	100

У општини Књажевац површински највише заузима класа 3, са оценом 3, које чине 82,7% територије. Код најмање територије заузима класа 2, са 4,77% територије.



*Карта 10. Облачность Града Сомбора*



*Карта 11. Облачност општине Књажевац*

## 5.6. Геологија

Код анализе литолошког састава, неопходно је водити рачуна о карактеристикама физичко-механичких својстава стена, нарочито према њиховом степену опорности на процесе физичког и хемијског распадања и остале ерозивне процесе. Карбонатне стене спадају у чврсте и постојане стене, које су подложне хемијском распадању, тј корозији. Температурном распадању веома су подложни кречњаци.

Геолошке формације утичу на носивост подлоге, позорност и на отпорност на смицање. Носивост подлоге веома је битна како не би дошло до одређених деформација. Високом носивошћу карактеришу се магматске стене, неки кварцити и пешчари. Већа носивост подлоге омогућује изградњу виших грађевина. За изградњу важна карактеристика стена је и отпорност на смицање. Што се порозности стена тиче, што је она мања то је боље за изградњу соларне електране. Највећу порозност поседују глинене стене, а најмању магматске стене (Драгићевић et al, 2016).

Табела 25. Валоризација геологије

Назив формације	Оцена
Алувијални седименти	4
Делувијум – пролувијум	2
Еолски седименти	5
Слатине	4
Седименти речне терасе	3
Бигар	1
Магматске стене	4
Метаморфне стене	3
Мезозојски карбонатни седименти	3
Мезозојски кластични и карбонатни седименти	3
Мезозојски кластични седименти	3
Палеозојски кластични седименти	2
Речно – језерска тераса	4
Сипар	1
Терцијарни карбонатни седименти	3
Терцијарни кластични седименти	2
Ултрамафити	2
Вулканокластичне стене	2

Највиша оцена 5 додељена је еолским седиментима. Оцена 4 припала је магматским стенама, речно-језерској тераси, слатинама и алувијалним седиментима. Оцена 3 седиментима речне терасе, метаморфним стенама, мезозојским карбонатним и кластично карбонатним и кластичним стенама, терцијарно карбонатним стенама. Оцена 2 делувијум – пролувијум, палеозојски кластични седименти, терцијарни кластични

седименти, ултрамафити, вулканокластичне стене. Најнижу оцену 1 имају бигар и сипари.

Табела 26. Геологија, површина и удео Града Сомбора

Тип стене	Површина [km <sup>2</sup> ]	Удео у укупној површини [%]	Класа [Оцена]	Површина по класама [km <sup>2</sup> ]	Удео у површини класа[%]
Алувијални седименти	288,95	23,80	2	510	42,03
Седименти речне терасе	7,95	0,65	3	7,95	0,65
Делувијум - пролувијум	510	42,03	4	295,45	24,38
Еолски седименти	400,33	32,98	5	400,33	32,98
Слатине	6,50	0,54			
Укупно	1213,73	100			

Најмању површину чине седименти речне терасе и слатине укупна површина ових формација износи 14,45 km<sup>2</sup>, односно имају удео 1,19% у односу на површину целе територије. Највећу површину заузимају делувијум – пролувијум који се простиру на површини од 510 km<sup>2</sup> (42,03%), који чини 2 класу. Друга геолошка формација према површини коју обухвата су еолски седименти и распрострању се на 400,33 km<sup>2</sup> (32,98%), са оценом 5. У оквиру Града Сомбора налазе се и стенске формација алувијални седименти (површина обухвата је 288,95 km<sup>2</sup>, односно у укупној површини територије учествују са 23,8%).

Најмању површину територије општине Књажевац чине седименти речне терасе, геолошка формација делувијум-проловијум, бигар, ултрамафити, терцијарни карбонатни седименти, речно-језерски седименти и сипар укупна површина ових формација износи 28,64 km<sup>2</sup>, односно имају удео 2,37% у односу на површину целе територије.

Највећу површину заузимају мезозојски кластични и карбонатни седименти који се простиру на површини од 337,03 km<sup>2</sup> (27,92%). Друга геолошка формација према површини коју обухвата су магматске стене и распрострању се на 252,08 km<sup>2</sup> (20,88%).

У односу на класе највећу површину заузима 3 класа, са оценом 3, укупне површине 553,69 km<sup>2</sup>, са уделом у површини 45,91%. Класа 2 заузима укупно 351,51 km<sup>2</sup> површине (29,15%). Класа 4 заузима укупно 297,9 km<sup>2</sup> територије са уделом од 24,7% и класа 1 заузима 2,94 km<sup>2</sup>, са уделом од 0,24%.

Табела 27. Геологија, површина и удео општине Књажевац

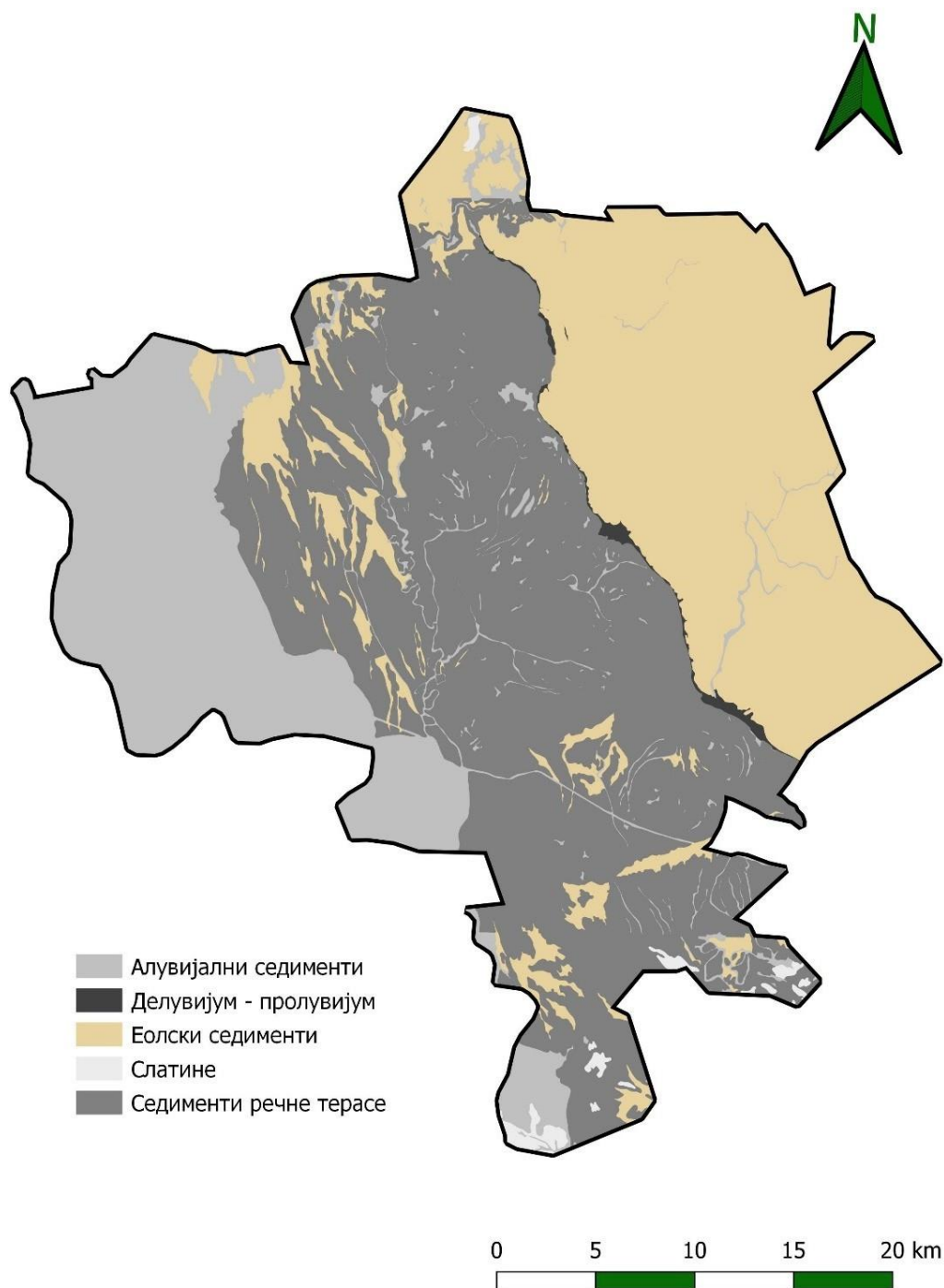
Тип стене	Ознака	Површина [km <sup>2</sup> ]	Удео у укупној површини [%]	Класа [Оцена]	Површина по класама [km <sup>2</sup> ]	Удео у површини класа[%]
Алувијални седименти	ALU	44,06	3,65	1	2,94	0,24
Делувијум – пролувијум	DPR	4,27	0,35	2	351,51	29,15
Седименти речне терасе	SRT	11,95	0,99	3	553,69	45,91
Бигар	BIG	0,1	0,01	4	297,9	24,70
Магматске стене	MAG	252,08	20,88			
Метаморфне стене	MET	111,48	9,24			
Мезозојски карбонатни седименти	MKB	38,93	3,23			
Мезозојски кластични и карбонатни седименти	MKK	337,03	27,92			
Мезозојски кластични седименти	MKL	51,01	4,23			
Палеозојски кластични седименти	PKL	79,19	6,56			
Речно – језерска тераса	RJT	1,36	0,11			
Сипар	SIP	2,86	0,24			
Терцијарни карбонатни седименти	TKB	4.38	0.36			
Терцијарни кластични седименти	TKL	239.46	19.84			
Ултрамафити	ULT	3.72	0.31			
Вулканокластичне стене	VKL	25.15	2.08			
Укупно		1207.03	100			

На слици 12. уочавамо да на западном делу територије највећу распрострањеност имају алувијални седименти, где се уједно налази и плавна зона Дунава. На истоку преовладавају еолски седименти, на дужини где се налази Телечка лесна заравн.

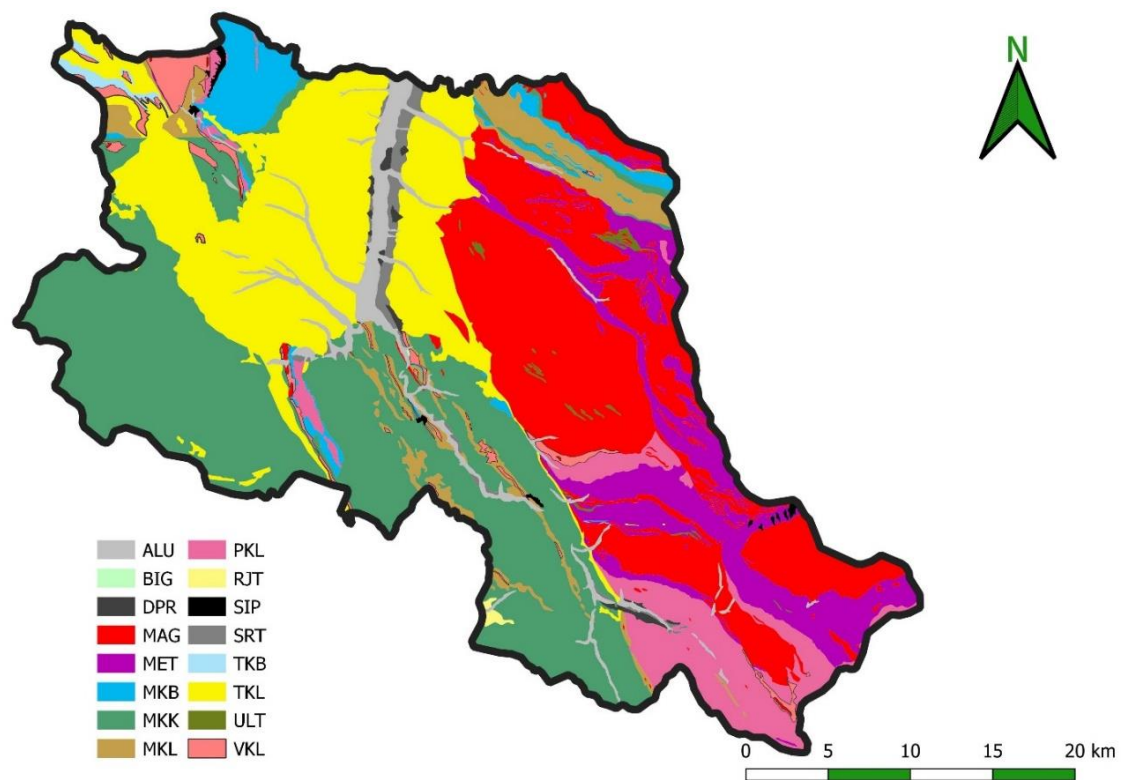
Може се закључити да је у централном делу територије најзаступљенија геолошка формација седименти речне терасе.

На слици 13. уочавамо да на истоку доминирају магматске и метаморфне стене. На југу доминира геолошка формација мезозојски кластични и карбонатни седименти, док у централном делу и северозападном доминирају терцијарни кластични седименти. Уочава се да седименти речне терасе и алувијални седименти доминирају коритом Белог Тимока.





Слика 12. Геолошке формације Града Сомбора



Слика 13. Геолошке формације општине Књажевац

## 5.7. Начин коришћења земљишта – CORINE Land Cover

CORINE Land Cover је осмишљена 1980их година како би стандардизовала прикупљање података на површини Европе и подржала политику заштите животне средине. Подаци које пружа CORINE Land Cover исказују биофизичке карактеристике Земљине површине. Снимци који су прикупљени путем сателита представљају основни извор података у даљој анализи намене и коришћења простора (Кукрика,2000).

Табела 28. Валоризација начина коришћења земљишта

Корина шифра	Корина класа	Оцена
112	Већа насеља	0
121	Индустријске и комерцијалне површине	0
131	Експлатација минералних сировина	1
142	Спортско рекреативни објекти	2
211	Пољопривредне површине	5
221	Виногради	4
222	Воћњаци	4
231	Ливаде	5
242	Комплекс пољопривредних парцела	4
243	Пољ. површине са значајним уделом природне вегетације	3
311	Листопадне шуме	0
312	Четинарске шуме	0
313	Мешовите шуме	0
321	Пашњаци	5
324	Дрвенасто-жбунаста вегетација	4
333	Област оскудна вегетацијом	5
411	Мочваре	2
511	Водени токови	0
512	Водене површине	0

Оценом 5 означене су пољопривредне површине, ливаде, пашњаци и области оскудне вегетацијом, која представљају најбоља места за постављање соларне електране. Оценом 4 виногради, воћњаци, комплекс пољопривредних парцела и дрвенасто жбунаста вегетација. Оцену 3 добиле су пољопривредне површине са значајним уделом природне вегетације. Оцену 2 спортско рекреативни објекти и мочваре. Најнижом оценом 1 означена је површина експлатације минералних сировина. Елиминационе површине са оценом 0 су водене површине, водени токови, листопадне, четинарске и мешовите шуме, као и индустријске и комерцијалне површине и већа насеља.

Табела 29. Начин коришћења земљишта, површина и удео Града Сомбора

Корина шифра	Површина [km <sup>2</sup> ]	Удео у укупној површини [%]	Класа [Оцена]	Површина по класама [km <sup>2</sup> ]	Удео у површини класа[%]
112	52,49	4,32	0	141,99	11,71
121	4,71	0,39	1	0,29	0,02
131	0,29	0,02	2	14,15	1,17
142	0,57	0,05	3	8,33	0,69
211	927,11	76,39	4	68,99	5,68
221	0,89	0,07	5	979,9	80,73
222	2,17	0,18			
231	42,89	3,53			
242	31,20	2,57			
243	8,23	0,68			
311	63,86	5,26			
321	10,47	0,86			
324	34,64	2,85			
411	13,59	1,12			
511	16,24	1,34			
512	4,38	0,36			
Укупно	1213,73	100			

Према начину коришћења земљишта на територији Града Сомбора доминирају пољопривредне површине са укупном површином од 927,11 km<sup>2</sup>, односно са укупним уделом у површини од 76,39%. Због велике пољопривредне површине оцена 5 заузима чак 80,73% укупне територије. Најпогоднији су из разлога што овакве целине захтевају најмањи степен припреме за постављање соларних електрана. Не долази до угрожавања биљног фонда јер не условљава сечу шума и смањене шумске вегетације. Такође финансијска улагања би била знатно умањена. Ове површине су веома погодне за постављање соларних електрана. Укупно 5,26 % територије заузимају листопадне шуме, а 4,32% већа насеља. Све остале класе корине заузимају доста мања прострства. Класа 4, са оценом 4 заузима 5,68% територије. Класи 3 припада 0,69%, а 2 класи 1,17%. Најнижој оцени 1 припада 0,02% територије. Класи 0 која је елиминациона класа припада 141,99 km<sup>2</sup> територије, односно 11,71%, овој класи припадају листопадне шуме, водене површине, од којих је најзначајнија река Дунав, већа насеља и индустријске и комерцијалне површине.

Табела 30. Начин коришћења земљишта, површина и удео општине Књажевац

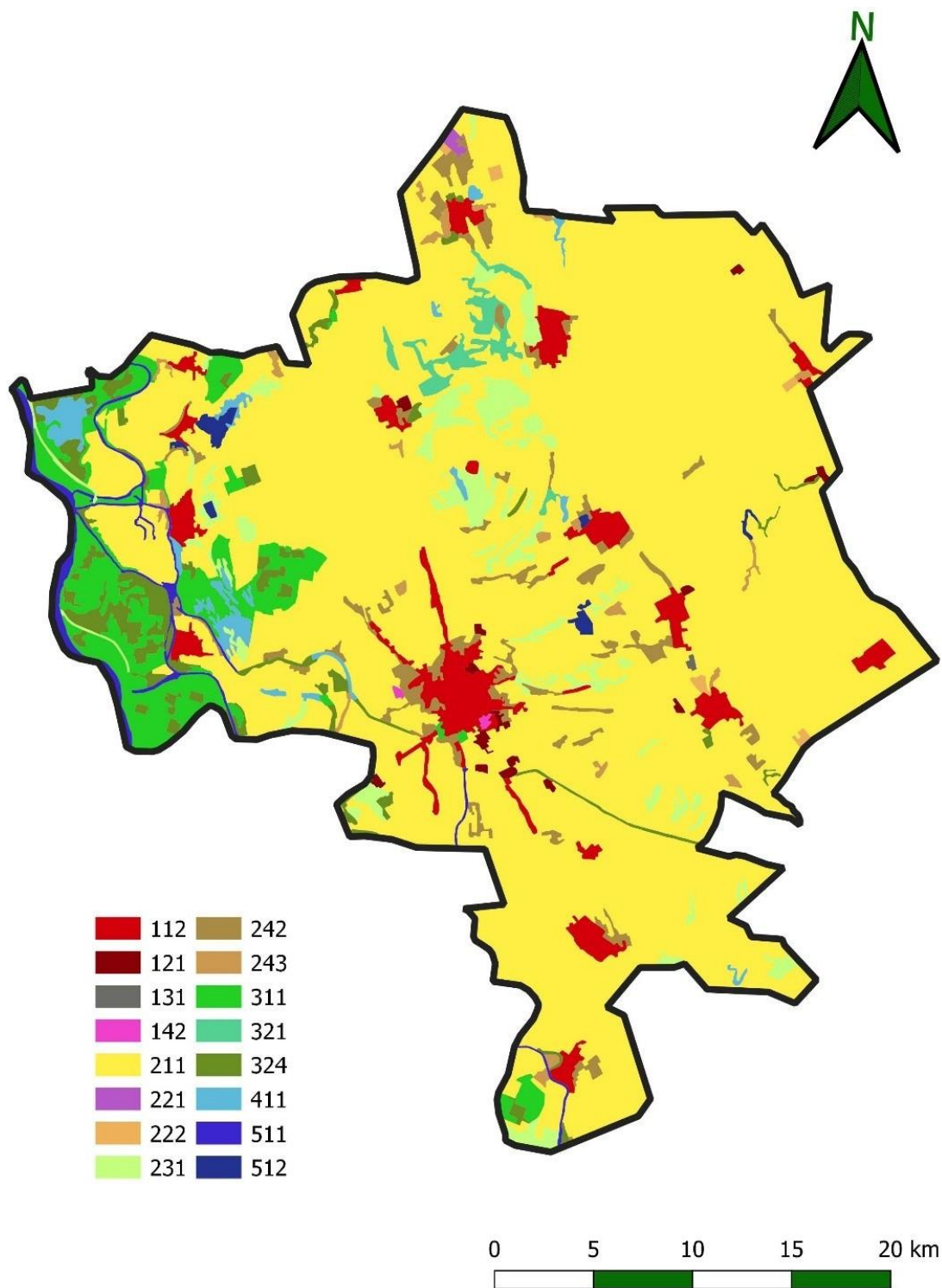
Корина шифра	Површина [km <sup>2</sup> ]	Удео у укупној површини [%]	Класа [Оцена]	Површина по класама [km <sup>2</sup> ]	Удео у површини класа[%]
112	10,34	0,86	0	642,33	53,21
121	0,9	0,07	2	0,2	0,02
142	0,27	0,02	3	119,64	9,91
211	30,83	2,55	4	364,76	30,22
221	4,28	0,35	5	79,39	6,58
222	4,99	0,41			
231	18,92	1,57			
242	169,54	14,05			
243	137,98	11,43			
311	357,74	29,64			
312	30,16	2,5			
313	20,07	1,66			
321	130,12	10,78			
324	288,83	23,93			
333	2,06	0,17			
Укупно	1207,03	100			

Према начину коришћења земљишта на територији општине Књажевац доминирају листопадне шуме са укупном површином од 357,74 km<sup>2</sup>, односно са укупним уделом у површини од 29,64%. Дрвенасто жбунаста вегетација заузима 288,83 km<sup>2</sup> (23,93%). Комплекс пољопривредних парцела заузима 169,54 km<sup>2</sup>, односно 14,05% територије.

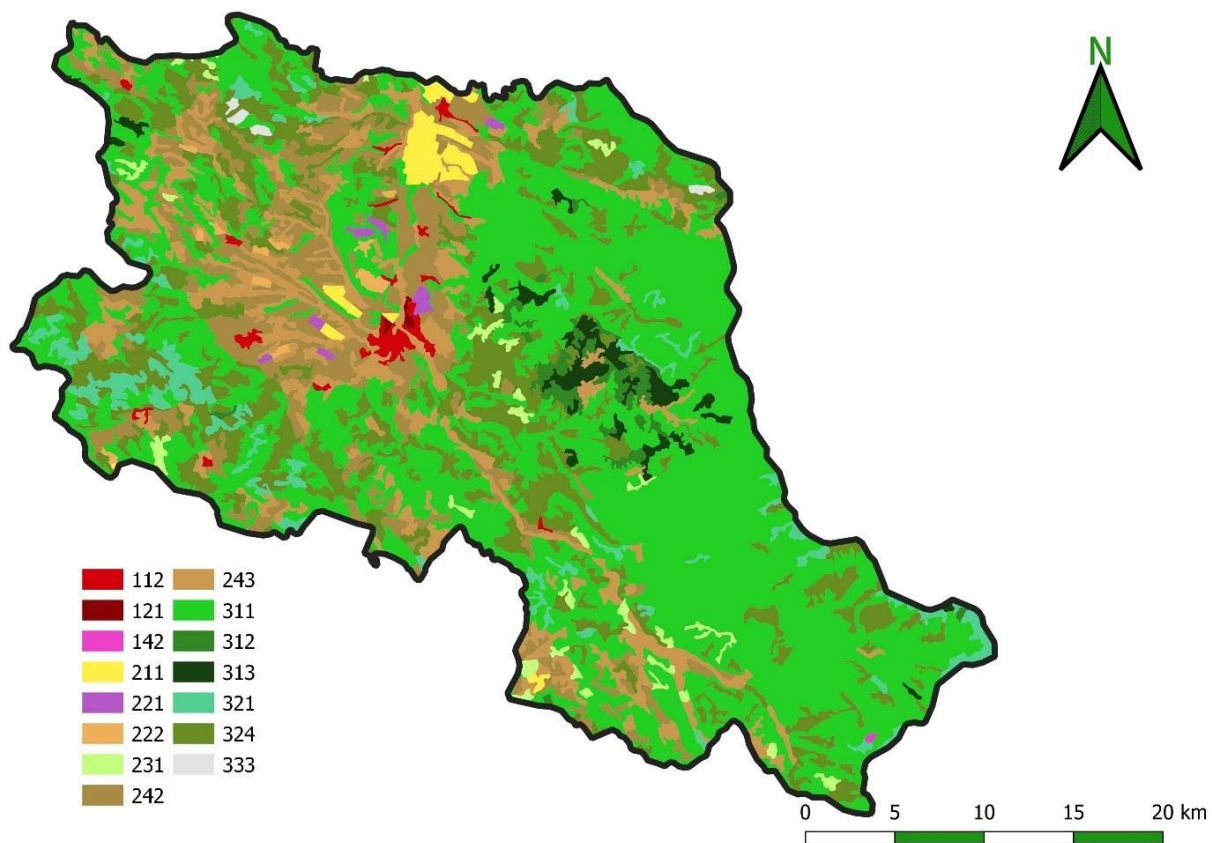
Најпогоднијој класи, са оценом 5 одговара 79,39 km<sup>2</sup> површине територије, односно 6,58%. Класа 4, са оценом 4 заузима 30,22% територије. Класи 3 припада 9,91%, а 2 класи 0,02%. Класи 0 која је елиминациона класа припада 642,33km<sup>2</sup> територије, односно 53,21%, овој класи припадају листопадне шуме које у укупној површини највише заузима, али и четинарске и мешовите шуме. Шуме се избегавају за избор локација соларних електрана услед њихових природних и екосистемских вредности, одржавања фонда и квалитета шума.

На слици 14. доминирају пољопривредне површине на целој територији осим на западу где доминирају листопадне шуме и дрвенасто жбунаста вегетација.

На слици 15. која представља начин коришћења земљишта за општину Књажевац. На планинама доминирају шуме, највише има листопадних шума, али и дрвенасто жбунасте вегетације. Пољопривредних површина има у котлинама, у централном и северном делу општине.



Слика 14. Начин коришћења земљишта Града Сомбора



Слика 15. Начин коришћења земљишта општине Књажевац

## 5.8. Заштићена подручја

Заштићена подручја су подручја која имају изражену геолошку, биолошку, екосистемску и/или предеону разноврсност и због тога се актом о заштити проглашавају заштићеним подручјима од општег интереса. Поред наведених вредности, дефинисана су и станишта врста птица и других миграторних врста значајних у складу са међународним прописима, која се могу прогласити за заштићена подручја од општег интереса. Вредновање, односно утврђивање вредности и значаја заштићеног подручја, према Правилнику о критеријумима вредновања и поступку категоризације заштићених подручја („Сл. гласник РС“, бр. 97/15) врши се у односу на израженост главних природних обележја, појава и процеса од интереса за заштиту подручја, као и функције и намене подручја. Сходно томе, заштићена подручја се сврставају у 3 категорије: од изузетног (међународног, националног), великог (покрајинског/регионалног) и локалног значаја (<https://www.zzps.rs/wp/zasticena-podrucja/>).

Заштићене зоне су категорисане тако што су направљене око њих више зона одређених димензија. Што је већа удаљеност од заштићеног подручја то је оцењено са вишом оценом.

Табела 31. Валоризација зона око заштићених подручја.

Удаљеност од заштићеног подручја	Оцена
<300	0
300-500	1
500-800	2
800-1300	3
1300-2000	4
>2000	5

Највишу оцену 5 имају површине које су удаљеније од 2000 m од заштићених подручја. Оцена 4 припада подручјима удаљености од 1300 m до 2000 m. Класи 3 удаљености од 800 m до 1300 m. Од 500 m до 800 m припада 2 класи. Најнижа оцена припала је удаљеностима од 300 m до 500 m. Док су заштићене зоне и удаљености до 300 m елиминисане.



Табела 32. Удаљеност од заштићеног подручја, површина и удео Града Сомбора

Удаљеност од заштићеног подручја	Класа [Оцена]	Површина [km <sup>2</sup> ]	Удео у укупној површини [%]
<200	0	121,88	10,04
200-300	1	11,31	0,93
300-500	2	16,23	1,34
500-1000	3	23,92	1,97
1000-1500	4	29,06	2,39
>1500	5	1011,33	83,32
Укупно		1213,73	100

Елиминациона зона заузима 121,88 km<sup>2</sup>, односно 10,04% територије. Највећи део територије заузима класа 5, са оценом 5, чак 1011,273km<sup>2</sup>, са 83,32% територије.

На територији Града Сомбора налазе се следећа заштићена природна добра: СРП Горње Подунавље, ПС рогови европског јелена и ПС Алекса Шантић.

Специјални резерват Горње Подунавље је ритски комплекс, налази се на крајњем северо-западом делу Бачке, у плавном подручју реке Дунав. Чини комплекс ритских шума, бара, мочвара, влажних ливада, тршћацима и шеварима. Овај јединствени мозаик екосистема је центар екосистемског, специјског и генетског диверзитета. Очуван је већи број ретких и угрожених биљних врста и њихових заједница од националног и међународног значаја, као и осетљива станишта која представљају међународни приоритет у заштити. Ово подручје станиште је ретких биљних врста као што су кукурјак, ребратица и борак, значајно плодиште и миграторна стаза риба, гнездилиште орла белорепа и црне роде и станиште највеће популације јелена у Србији. Еколошки проблем представља губитак и фрагментација станишта, нарочито природних шума лужњака, врбе, беле и црне тополе, влажних ливада и бара. Подручје представља IPA, IBA, Emerald, Ramsar локалитет, као и МаБ подручје под називом Бачко Подунавље<sup>2</sup>.

Природни споменик рогови европског јелена награђени су првом наградом на међународној изложби у Дизелдорфу 1954. године. Европски јелен припада породици из реда папкара, карактеристика мужијака јелена јесу рогови, чији раст отпочиње у пролеће, а одбацују их обично на крају зиме<sup>2</sup>.

Парк-арборетум "Алекса Шантић" заштићен је као природни споменик. Налази се у насељу Алекса Шантић. Овај парк се налази на листи еколошке мреже покрајинског завода за заштиту природе<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Просторни план Града Сомбора, 2014.

Табела 33. Удаљеност од заштићеног подручја, површина и удео општине Књажевац

Удаљеност од заштићеног подручја	Класа [Оцена]	Површина [km <sup>2</sup> ]	Удео у укупној површини [%]
<200	0	432,38	35,82
200-300	1	12,89	1,07
300-500	2	19,16	1,59
500-1000	3	31,71	2,63
1000-1500	4	41,81	3,46
>1500	5	669,08	55,43
Укупно		1207,03	100

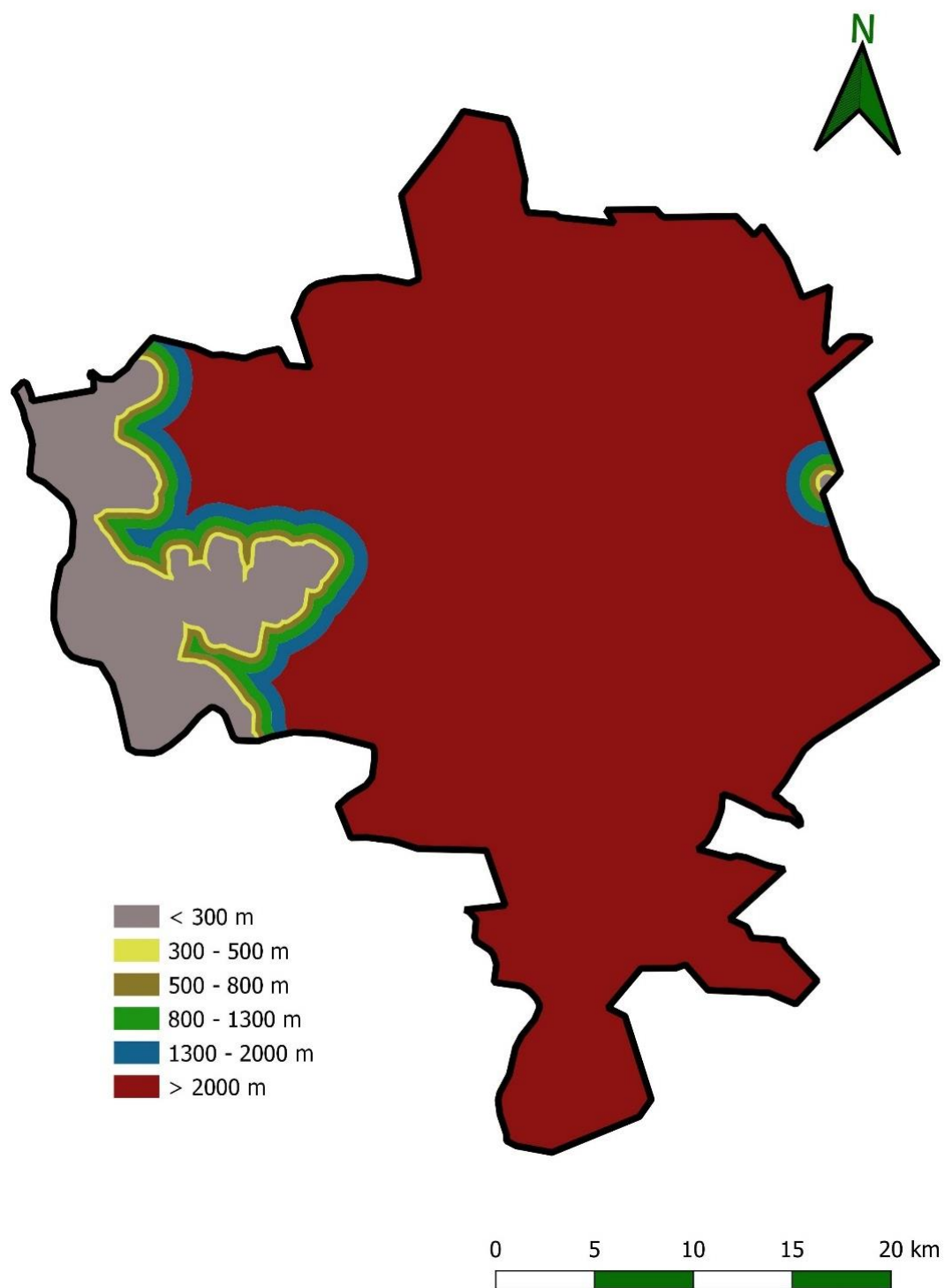
Елиминациона зона заузима чак 432,38 km<sup>2</sup>, односно 35,82% територије. Највећи део територије заузима класа 5, 699,08 km<sup>2</sup>, са 55,43% територије.

На територији општине Књажевац налазе се следећа заштићена природна добра: ПП Стара планина, Тупижничка леденица и СП Долина потока бигар.

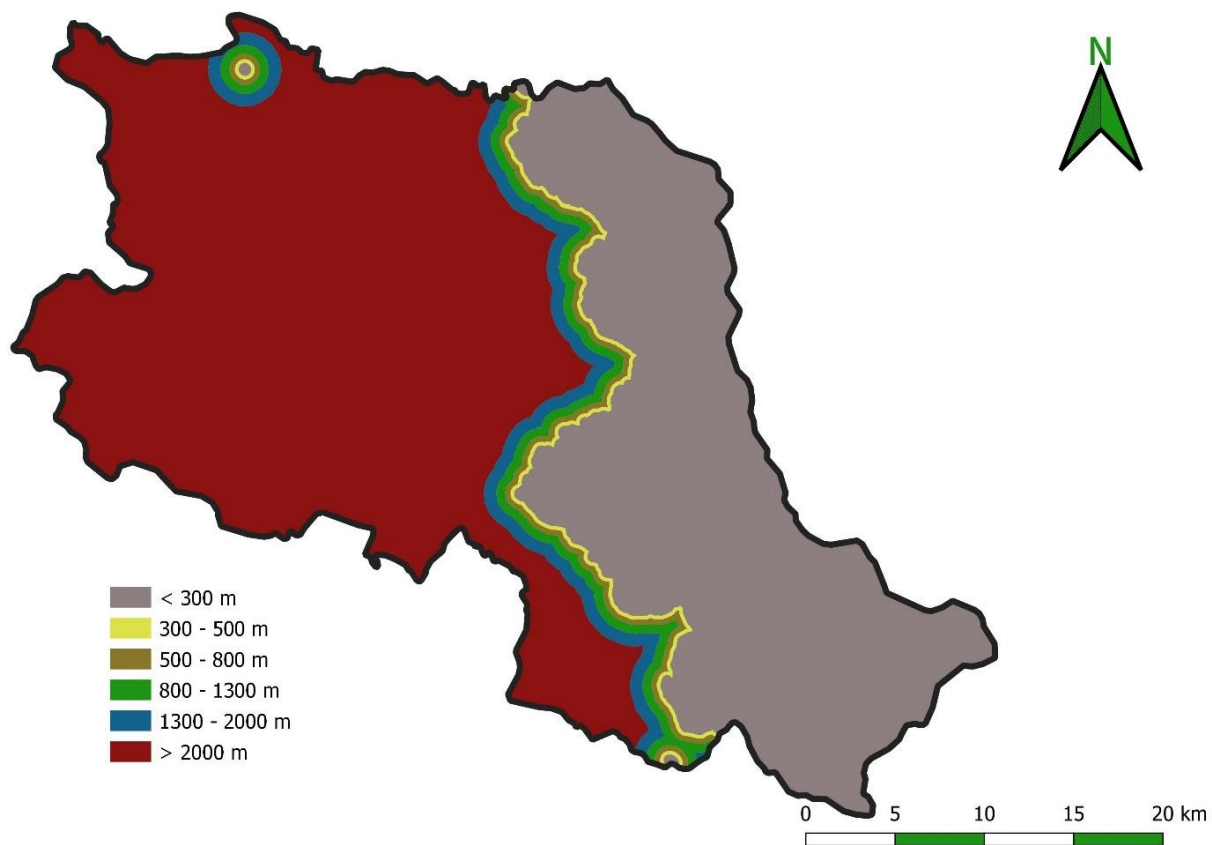
Парк природе „Стара планина“ проглашен 2009. године за заштићено природно добро од изузетног значаја на укупној површини од 114.332 ha, од чега се на територији општине Књажевац налази 42.293 ha, са тростепеним режимом заштите, као једно од централних подручја националне еколошке мреже (ИВА подручје, ИРА подручје, РВА подручје, ЕМЕРАЛД подручје, подручје прекограничне сарадње и европског зеленог појаса и споменик природе). Ова планинска лепотица је подручје са изузетним вредностима са становишта разноврсности биљног и животињског света и њихових заједница, као и геоморфолошких, геолошких, хидролошких и хидрогеолошких особености, у којем је присутан традиционални облик живота и културних добара. На Старој планини налази се 1195 таксона васкуларне флоре, 51 врста маховине, што у односу на националну флору чини 34% од укупног фонда флоре Србије. Овде се налазе и терцијарне и ендемореликтне биљне врсте, које су се задржале у клисурама, а глацијални рекликти и ендеми налазе се на високим деловима планине. Изузето су значајне угрожене биљне вредности, било да су малобројне или да су им станишта угрожена. Ових биљака на Старој планини има 147 врста, а на њеним обронцима расте и 40 биљних врста, које су као природне реткости на подручју Србије стављене под заштиту. Неке од њих су: патуљаста перуника, планинска саса, гороцвет, косовски божур, жбунаста јова, степски лужњак, росуља, планински јавор, шумски љиљан, тресавски каћун и др (<http://www.jpstaraplanina.rs>).

СП „Тупижничка леденица“, Под заштиту се ставља природно подручје површине од око 1,24 ha, у чијем обухвату је крашка јама – спелеолошки објект типа леденице. Сврстава се у I категорију – националног, односно изузетног значаја (<https://www.zzps.rs>).

Водопад Бигреног потока (проглашен 1981. године, на површини 1,67 ha као један од најрепрезентативнијих бигрених водопада у источној Србији). Споменик природе „Долина потока Бигар” ставља се под заштиту ради очувања геоморфолошких и хидролошких вредности, снажног крашког врела, потока Бигар са слаповима и језерцима у чијој долини се налази највећа акумулација бигра у Србији и импресивним водопадом пред ушћем у Стањанску реку (<http://skr.rs/znRR>).



Слика 16. Удаљеност од заштићених подручја Града Сомбора



Слика 17. Удаљеност од заштићених подручја општине Књажевац

## 5.9. Саобраћајна инфраструктура

Један од критеријума за бирање најпогоднијих локација за изградњу соларних електрана је свакако и саобраћајна инфраструктура. Да би се до електране могло најефикасније и најлакше стићи битна је саобраћајна повезаност локације.

Табела 34. Валоризација удаљености од саобраћајне инфраструктуре

Удаљеност од саобраћајнице (m)	Оцена
<3000	5
3000-4500	4
4500-6000	3
6000-8000	2
>8000	1

Највећу оцену имају удаљености које су најближе коловозима, све што је мање од 3000 m удаљено од саобраћајне инфраструктуре. Оцену 4 додељене су удаљеностима од 3000 m до 4500 m, затим оцену 3 удаљености од 4500 m до 6000 m. Оцену 2 удаљености од 6000 m до 8000 m. Најнижа оцена, оцена 1 додељена је удаљеностима преко 8000 m од саобраћајне инфраструктуре.

Поред коловоза, на територији Града Сомбора развијена је и железничка инфраструктура. Железничке пруге су заједно са коловозима категорисане.

Табела 35. Удаљеност саобраћајне инфраструктуре Града Сомбора

Удаљеност саобраћајница	Класа [Оцена]	Површина [km <sup>2</sup> ]	Удео у укупној површини [%]
<3000	5	733,19	60,41
3000-4500	4	204,76	16,87
4500-6000	3	138,49	11,41
6000-8000	2	108,48	8,94
>8000	1	28,81	2,37
Укупно		1213,73	100

Највећу површину заузима класа 5 са 60,41% територије или 733,19 km<sup>2</sup>. Оцену 4 имају повољне удаљености које заузимају укупно 204,76 km<sup>2</sup> или 16,87% укупне територије.

Кроз подручје Града Сомбора пролазе следећи државни путеви:

- а) три државна пута IB реда (броја 12,15,16);
- б) два државна пута ПА реда (броја 106,107);
- в) шест коридора путног праваца регионалног значаја;
- г) места у Граду Сомбору су углавном повезана локалном путном мрежом (Л-405, Л-406, Л-407, Л-410)

На подручју Града Сомбора налазе се следећа железничка инфраструктура: железничка пруга број 26, 33,81. Постоји и два коридора железничке пруге која су тренутно ван функције. (Стратегија одрживог развоја Града Сомбора за период од 2014. године до 2020. године, 2015).

Табела 36. Удаљеност саобраћајне инфраструктуре Општине Књажевац

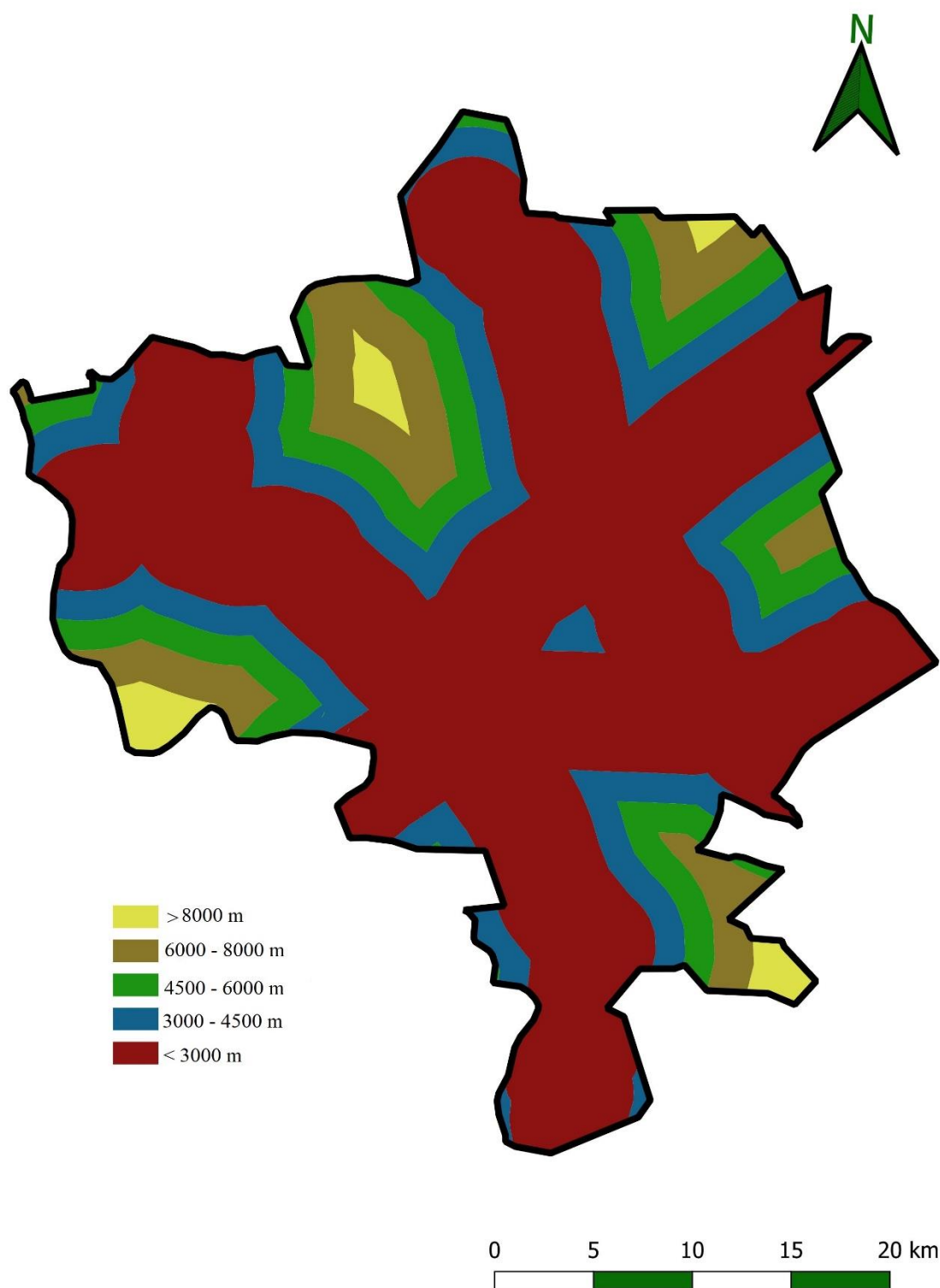
Удаљеност саобраћајница	Класа [Оцена]	Површина [km <sup>2</sup> ]	Удео у укупној површини [%]
<3000	5	821,50	68,10
3000-4500	4	184,48	15,29
4500-6000	3	91,60	7,59
6000-8000	2	64,82	5,37
>8000	1	43,93	3,64
Укупно		1207,03	100

Највећу површину заузимају простори до 3000 метара са 68,10% територије или 821,50 km<sup>2</sup>. Оцену 4 имају повољне удаљености које заузимају укупно 184,48 km<sup>2</sup> или 15,29% укупне територије.

Мрежу државних путева у општини Књажевац чине и путни правци:

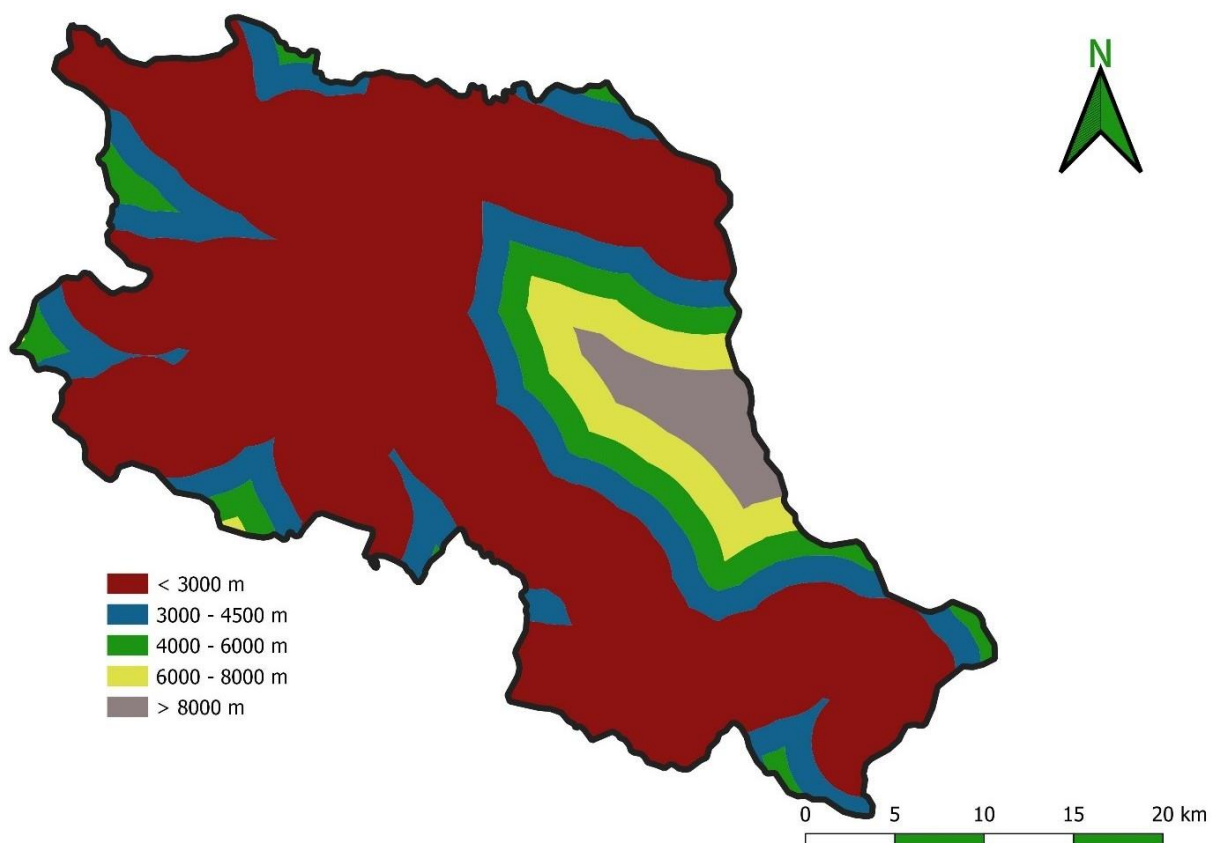
- државни пут I реда бр. 25;
- државни путеви II реда и то: бр. 121; 243; 246; 247; 247а; 247б; и 248.

Укупна дужина државних путева износи 218 km од чега је I реда 33 km (15%), а II реда 185 km (85%). Мрежу категорисаних локалних путева чини 44 деонице, укупне дужине око 275 km (Просторни план општине Књажевац 2011).



Слика 18. Удаљеност од саобраћајне инфраструктуре Града Сомбора





*Слика 19. Удаљеност од саобраћајне инфраструктуре општине Књажевац*

## 5.10. Водени токови

У водене токове уврштени су: реке, речице, повремене токове и канале. Водени токови и њихове обале често представљају еколошке коридоре, које служе за кретање врста приликом њихових миграција, али и обезбеђују већини врста станишне услове. Према томе у близини водених токова не би требало да се граде соларне електране, али ни нека слична инфраструктура, како не би угрозили животне услове многим врстама, али и њихов опстанак. У општини Књажевац због великих нагиба и надморских висина, честе су појаве водених бујица, нарочито у пролеће, када је топљење снега са високих планинских врхова интензивно. Због бујичног карактера реке погоднија су подручја која су удаљенија од обале.

Табела 37. Валоризација зона удаљености водених токова

Зоне удаљености водених токова	Оцена
<200	0
200-400	1
400-600	2
600-800	3
800-1000	4
>1000	5

Највишу оцену 5 имају површине које су више од 1000 m удаљене од водених токова. Оцена 4 припада подручјима удаљености од 800 m до 1000 m. Класи 3 удаљености од 600 m до 800 m. Од 400 m до 600 m припада 2 класи. Најнижа оцена припала је удаљеностима од 200 m до 400 m. Док су зоне удаљености водених токова до 200 m елиминисане.

Табела 38. Зоне удаљености водених токова, површина и удео Града Сомбора

Удаљеност водених токова	Класа [Оцена]	Површина [km <sup>2</sup> ]	Удео у укупној површини [%]
<200	0	318,92	26,28
200-300	1	207,46	17,09
300-400	2	134,30	11,07
400-500	3	93,97	7,74
500-1000	4	73,23	6,03
>1000	5	385,83	31,79
Укупно		1213,73	100

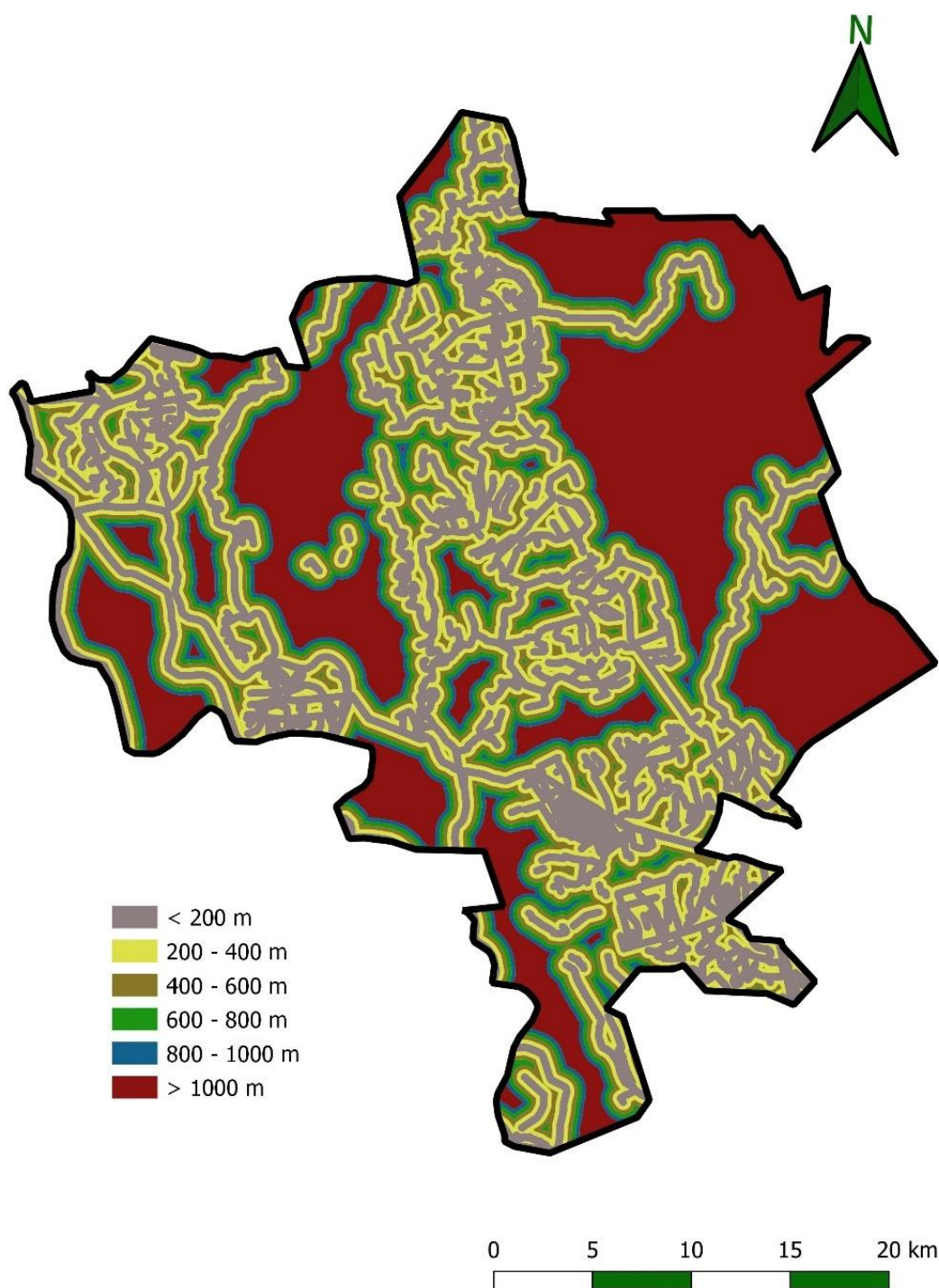
Највећу површину заузима класа 5, 385,83 km<sup>2</sup>, са уделом у укупној површини од 31,79%. Класа 4 заузима 6,03% територије. Елиминациона класа, класа 0 заузима 318,92 km<sup>2</sup>, са уделом у укупној површини од 26,28%.

Основна хидрографска карактеристика Града Сомбора је присуство реке Дунав на њеној западној граници. На територији Града Сомбора најдуже реке су: Дунав, Киђош/Плазовић и Мостонга, међутим, значајна је каналска мрежа са каналима ДТД, Велики канал и Бајски. Реке и канали су на територији Сомбора мирни, са малом брзином протицаја, што их не сврстава у реке са бујичним карактером. Укупна дужина речних токова износи 369,74 km, а густина речне мреже износи 0,30 km/km<sup>2</sup>. Док дужина речних токова са каналима износи 998,39 km, густина речне и каналске мреже 0,82 km/km<sup>2</sup>.

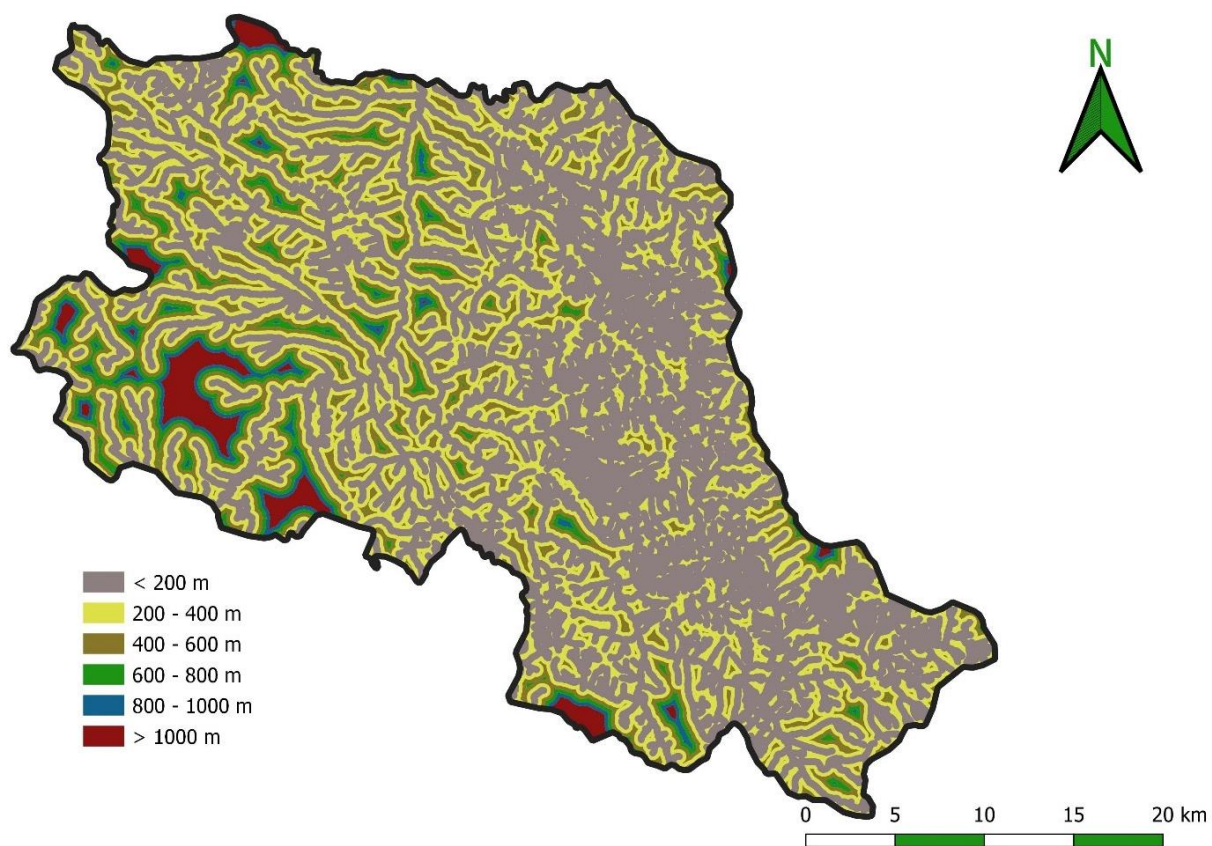
Табела 39. Зоне удаљености водених токова, површина и удео општине Књажевац

Удаљеност водених токова	Класа [Оцена]	Површина [km <sup>2</sup> ]	Удео у укупној површини [%]
<200	0	666,69	55,23
200-400	1	315,50	26,14
400-600	2	123,94	10,27
600-800	3	50,76	4,21
800-1000	4	22,67	1,88
>1000	5	27,47	2,28
Укупно		1207,03	100

Класа 5 заузима 27,47 km<sup>2</sup>, са уделом у укупној површини од 2,28%. Класа 4 заузима 1,88% територије. Елиминациона класа, класа 0 заузима 666,69km<sup>2</sup>, са уделом у укупној површини од 55,23%, што нам указује да је територија општине Књажевац испресецана са доста водених токовима, које су најчешће бујичног карактера. Најважнији речни токови општине Књажевац су Бели, Сврљишки и Трговишки Тимок. Укупна дужина речних токова износи 2211,81 km, а густина речне мреже износи 1,83 km/km<sup>2</sup>.



Слика 20. Удаљеност од водених токова Града Сомбора



Слика 21. Удаљеност од водених токова Општине Књажевац

## 5.11. Насеља

Насеље је свако стално или привремено место за становање са посебним именом и територијом. Најопштија подела је на сеоска и градска насеља. За одређивање типова насеља користи се одређени критеријуми. Један од критеријума је демографско - статистички добијен комбинацијом два показатеља: број становника и удео непољопривредног становништва у укупном активном становништву, а други је административни, по коме се насеља законским прописима проглашавају за градска (Стаменковић et al., 1992).

Насеља у Граду Сомбору и општини Књажевац су издигиталисана, а валоризација је одређена према удаљености од насеља. Све што је ближе од 500 метара од насеља је елиминисано. Најнижу оцену је добила зона између 500 и 1000 метара. Највишу оцену има зона преко 3000 метара од насеља.

Табела 40. Валоризација зона удаљености од насеља.

Зоне удаљености водених токова	Оцена
<500	0
500-1000	1
1000-1500	2
1500-2000	3
2000-3000	4
>3000	5

Град Сомбор распростире се на 17 катастарских општина. 15 насељених места и једно градско насеље. Укупно 29,32% територије Града Сомбора означено је као најбоље, са оценом 5, док је најлошију оцену добило 11,23% територије. Елиминисано је 16,03% територије. Насеља Сомбора заузимају велику површину, према томе је и елиминисани део значајан.

Табела 41. Зоне удаљености насеља, површина и удео Града Сомбора

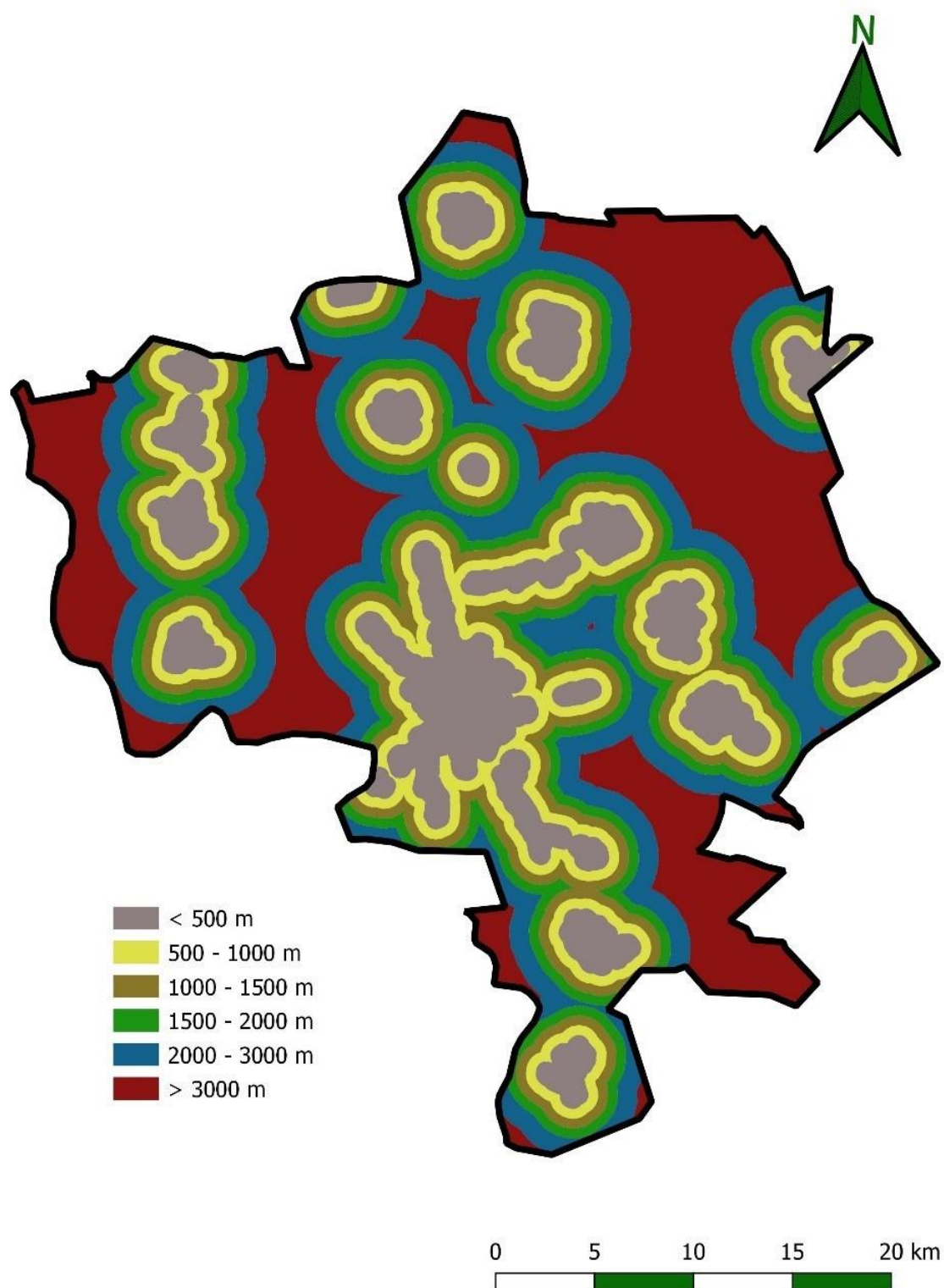
Удаљеност од насеља	Класа [Оцена]	Површина [km <sup>2</sup> ]	Удео у укупној површини [%]
<500	0	194,60	16,03
500-1000	1	136,31	11,23
1000-1500	2	142,00	11,70
1500-2000	3	142,21	11,72
2000-3000	4	242,80	20,00
>3000	5	355,81	29,32
Укупно		1213,73	100

Табела 42. Зоне удаљености насеља, површина и удео општине Књажевац

Удаљеност од насеља	Класа [Оцена]	Површина [km <sup>2</sup> ]	Удео у укупној површини [%]
<500	0	64,41	5,34
500-1000	1	64,11	5,31
1000-1500	2	70,76	5,86
1500-2000	3	72,55	6,01
2000-3000	4	136,57	11,31
>3000	5	798,63	66,16
Укупно		1207,03	100

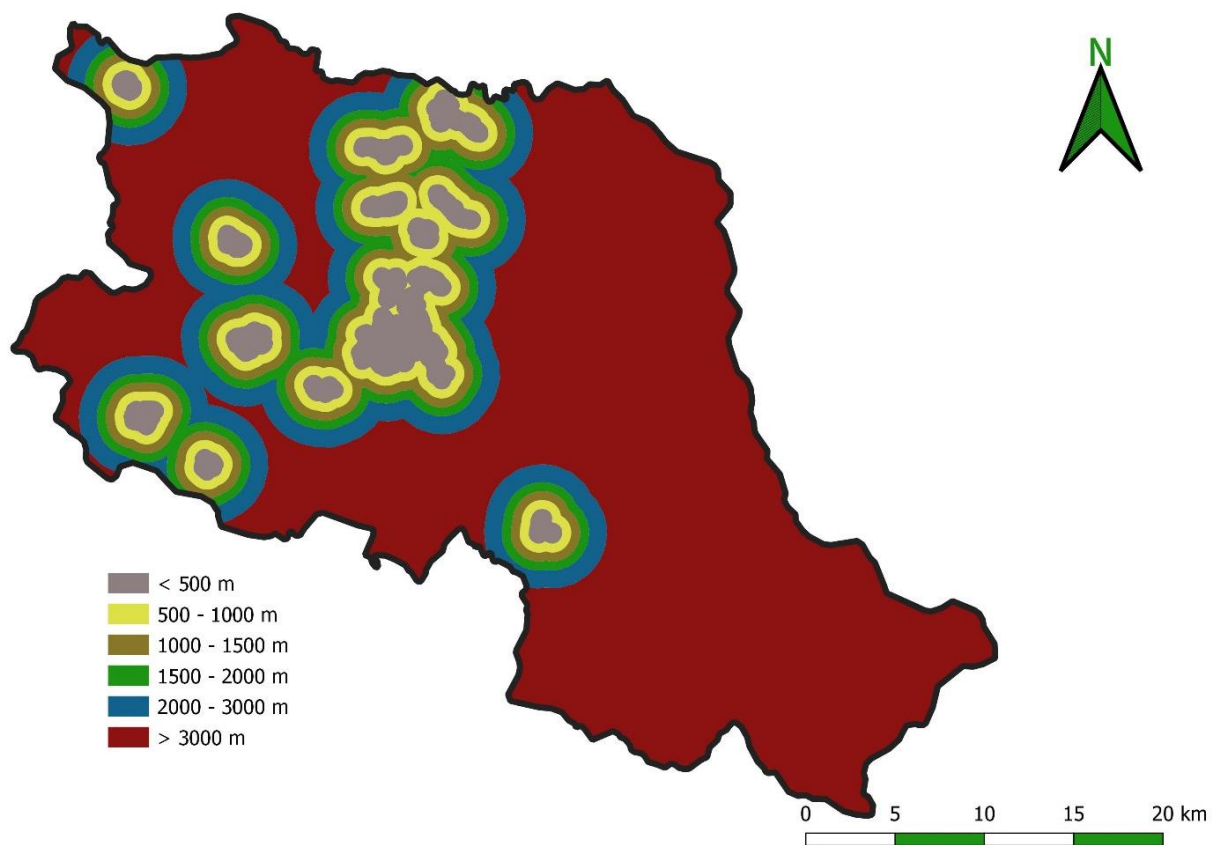
Општина Књажевац има 73 насеља. Највећу површину заузима класа 5, са укупним уделом од 66,16%. Елеминисано је 5,34% територије.

Иако Књажевац има више насеља у својој општини од Града Сомбора, већи део тих насеља чине пар кућа, која у овом случају нису ни узета у обзир. Група од више кућа узимала се у обзир. Због тога Сомбор има више територије која је елиминисана.



Слика 22. Зоне насеља Града Сомбора





Слика 23. Зоне насеља општине Књажевац

## 6. ОЦЕНА ПОВОЉНОСТИ ТЕРЕНА ПРЕМА FUZZY АХП МЕТОДИ

Када смо горе наведене критеријуме убацили у формулу са одређеним тежинским коефицијентима, добијене су површине повољности терена. Добијени резултати су се даље рекласификовали на следећи начин за обе територије:

Табела 43. Валоризација повољности

Вредност	Класа	Повољност
4,5-5	5	Веома повољно
3,5-4,5	4	Повољно
2,5-3,5	3	Делимично повољно
1,5-2,5	2	Неповољно
1-1,5	1	Врло неповољно
0	0	Елиминационо

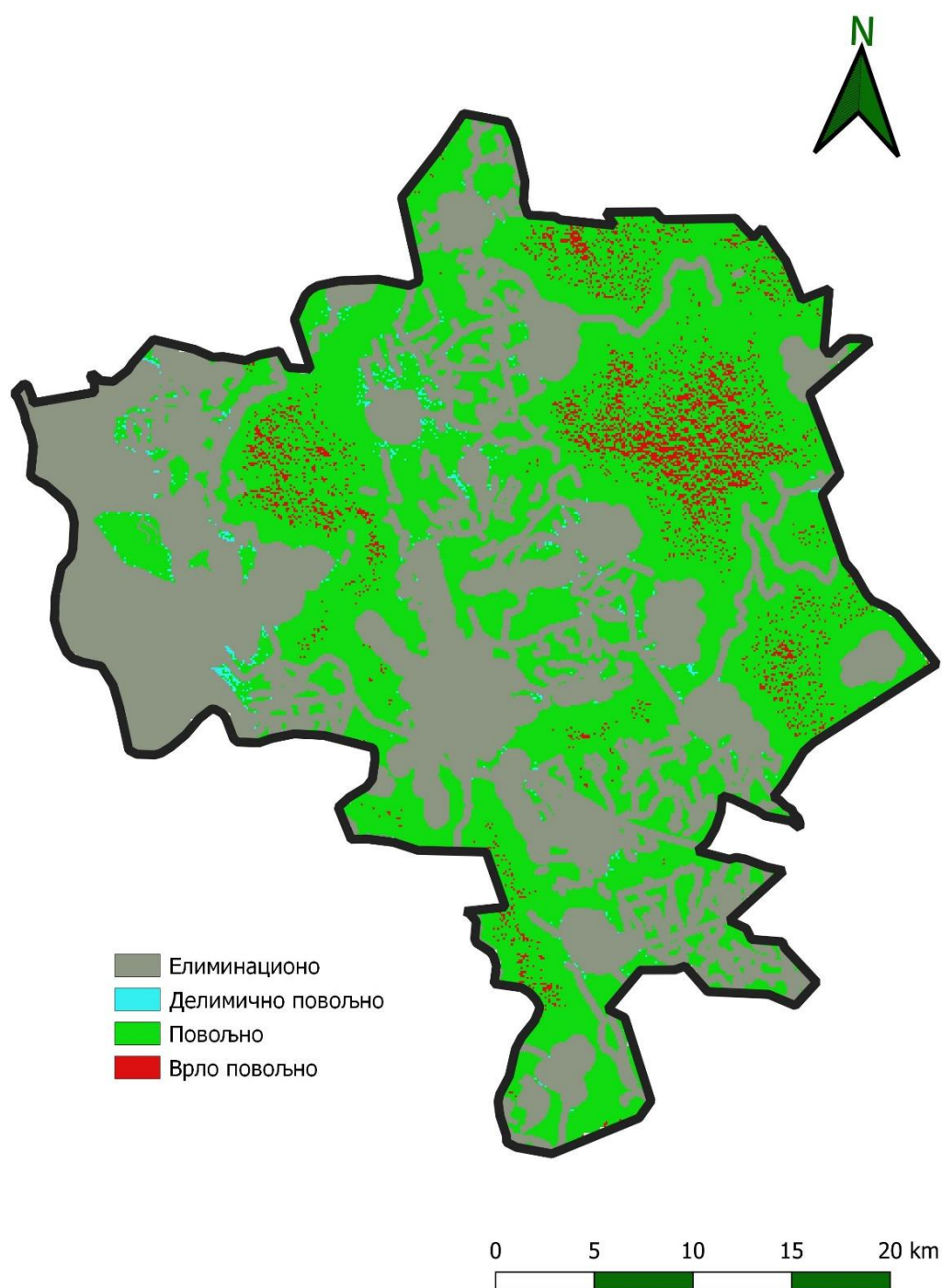
Табела 44. Класе повољности за обе општине

Класа повољности	Град Сомбор		Општина Књажевац	
	Површина [km <sup>2</sup> ]	Удео у укупној површини [%]	Површина [km <sup>2</sup> ]	Удео у укупној површини [%]
Веома повољно	45,76	3,77	/	/
Повољно	609,32	50,20	108,05	8,95
Делимично повољно	7,52	0,62	124,17	10,29
Неповољно	/	/	0,10	0,01
Врло неповољно	/	/	/	/
Елиминационо	551,13	45,41	974,71	80,75
Укупно	1213,73	100	1207,03	100

Анализом података, на територији Града Сомбора веома повољној локацији припада 45,76 km<sup>2</sup>, са уделом у укупном површини од 3,77%. Веома повољне територије налазе се највећим делом на истоку, на Телечкој лесној заравни, односно на пољопривредним површинама. Због врло погодних локација у односу на намену земљишта где је Град Сомбор имао удео у укупном површини 80% у највишој класи, такође треба истаћи и нагиб терена где 99,6% територије припало највише оцењеној класи. Код према надморској висини, цела општина налази се на мање од 200 метара надморске висине, која је оцењена оценом 5. Повољна локација заузима 609,32 km<sup>2</sup> или 50,20% од укупне територије Града Сомбора. Ове локације доминирају општином на слици 23. представљене зеленом бојом. Делимично повољних територија има највише у близини речних токова, па су управо због тога ове територије припале овој класи, распрострају се на 7,52 km<sup>2</sup>, односно 0,62% територије. Врло неповољних и неповољних територија нема. Елиминисано је 551,13 km<sup>2</sup>, са уделом у укупној површини од 45,41%. Површине

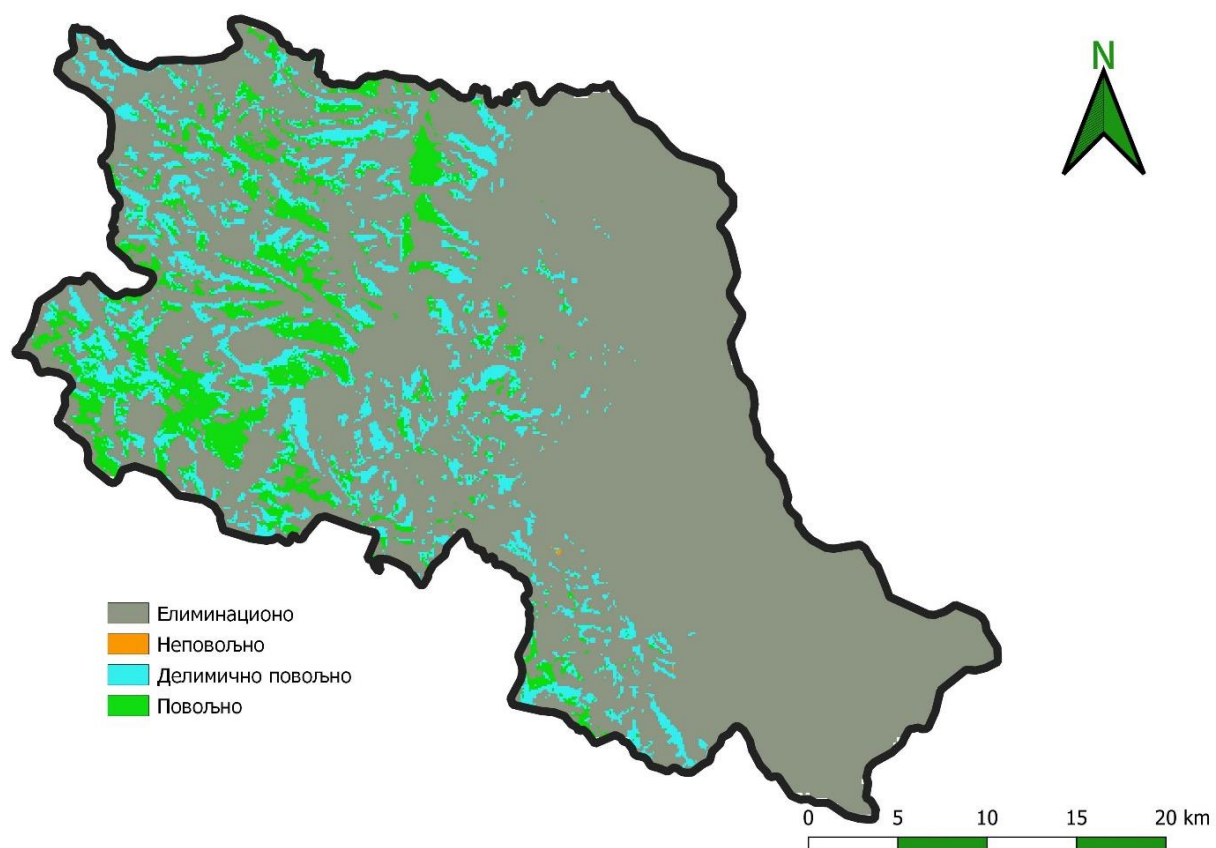
које су биле елиминисане су заштићена подручја, водени токови, насеља и листопадне шуме. Највеће заштићено подручје Града Сомбора је СП Горње Подунавље, које се налази на западу, уз леву обалу Дунава.

На слици 24. можемо да уочимо да на северу доминирају територије које припадају повољној класи. На североистоку и истоку поред повољне класе значајан је удео и врло повољне класе. у централном делу територију од југа према северу има доста канала и речних токова, али између њих могу се наћи на веома повољне, повољне и делимично повољне територије. На западу доминира елиминациона класа.



Слика 24. Класе повољности Града Сомбора

Веома повољне локације у општини Књажевац нема. Локације које су означене као повољне заузимају 108,05 km<sup>2</sup>, са укупним уделом од 8,95%. Делимично погодне локације заузимају 124,17 km<sup>2</sup> или 10,29%. Повољних и делимично повољних терена има на целој територији, осим на истоку. Ове територије су доста изфрагментоване, преплићу се између водених токова. Врло неповољних територија нема, док неповољне заузимају свега 0,01% територије. Највише заузима елиминациона класа са укупном површином од 974,71 km<sup>2</sup>, што је 80,75% од укупне територије. Површине које су биле елиминисане су заштићена подручја, ПП Стара планина која се пружа источном границом општине, заузимајући око 35% територије. Нагиб терена преко 20° такође је био елиминисан, насеља са зоном од 500 метара, као и висине изнад 1500 метара. Ове територије су елиминисане због неповољности изградње конструкције на таквим теренима, као и слабије развијеној саобраћајној инфраструктури која би отежавала комуникацију са соларном електраном. Елиминисане су све врсте шума (четинарске, листопадне и мешовите), као и водени токови. Шумски фонд је веома битан пре свега за стварање кисеоника, без којег човечанство не би могло да опстане, али шуме имају велики утицај и у апсорпцији загађења ваздуха. Сходно томе нећемо да вршимо дефорестацију. Реке у општини Књажевац, док се не спусте у котлине, имају бујични карактер. Честа изливања из корита довеле би до прекидања рада соларне електране или потпуног уништења исте. Елиминисане су зоне до 200 метара од корита.



Слика 25. Класе погодности општине Књажевац

## 7. КРИТЕРИЈУМИ ЗА FUZZY MULTIMOORA МЕТОД

За истраживано подручје добијене су класе погодности помоћу fuzzy ахп метода. Уз помоћ растера погодности издвојена су 4 локалитета за општину Сомбор, односно 3 за општину Књажевац. У даљем раду користи се fuzzy MULTIMOORA метод, са следећим критеријумима:

### 7.1. Укупна површина простора

Овај критеријум узет је у обзир за оба простора. Он је позитиван и што је већа површина локалитета то је погодније. Изражен је у километрима.

Табела 45. Укупна површина локалитета.

Град Сомбор		Општина Књажевац	
Локалитет	Површина [km]	Локалитет	Површина [km]
1	38,54	1	5,55
2	24,27	2	6,78
3	31,56	3	26,66
4	24,28		

Највећу површину код Сомбора има локалитет 1, а код Књажевца локалитет 3.

### 7.2. Удео најбоље оцењене класе

Код Сомбора узима се удео врло повољних површина. Код Књажевца узима се удео повољних површина. Према претходној методи установљено је да Књажевац нема веома повољне локације. Овај критеријум је позитиван и изражен је у процентима, што је већи проценат то је погодније.

Табела 46. Удео најбоље оцењене класе.

Град Сомбор		Општина Књажевац	
Локалитет	Удео [%]	Локалитет	Удео [%]
1	38,72	1	76,22
2	17,39	2	52,50
3	18,86	3	56,60
4	13,15		

Највећи удео код оба подручја имају локалитети који су означени јединицом.

### 7.3. Удаљеност од саобраћајница

Удаљеност од саобраћајница представља негативан критеријум, све што је даље је погодније. Изражен је бројевима од 1 до 3. Бројем један означен је локалитет кроз који пролази пут. Двојком локалитети који су удаљени максимум километар од пута, а тројком локалитети који су даљи од једног километра од пута.

Табела 47. Удаљеност од саобраћајница

Град Сомбор		Општина Књажевац	
Локалитет	Изабрани број	Локалитет	Изабрани број
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	1
4	1		

Од 4 локалитета Града Сомбора два се налазе на путу, као и код Књажевца.

### 7.4. Губитак пољопривредног земљишта

Као критеријум узет је у обзир само за простор Града Сомбора. У ове просторе убрајају се пољопривредне површине, комплекси пољопривредних парцела и пољопривредне површине са значајним уделом пољопривредне вегетације. Он је негативан. Локалитет који има мање пољопривредних површина је погоднији. Губитак је изражен у процентима. Сва 4 локалитета имају удео преко 97%, док локалитети 1 и 4 се у потпуности налазе на оваквим површинама.

Табела 48. Губитак пољопривредних парцела.

Град Сомбор	
Локалитет	Удео [%]
1	100,00
2	97,29
3	97,10
4	100,00

### 7.5. Деградација пејзажа

Уместо критеријума губитак пољопривредних површина, на простору општине Књажевац узет је критеријум деградација пејзажа. Он је негативан. Изражен је бројевима



од 1 до 5. Бројем 1 означен је локалитет који има најмањи степен деградације, бројем 3 средњи степен и бројем 5 локација која би највише била подложна деградацији.

Табела 49. Деградација пејзажа

Општина Књажевац	
Локалитет	Изабрани број
1	1
2	3
3	5

Локација 1 налази се на 100% пољопривредном земљишту, па је и степен деградације низак на овој локацији и из тог разлога локација је означена бројем 1. Локација 2 означена је бројем 3. 75% ове територије налази се на пољопривредним површинама, док је 35% територије елиминисано за изградњу према fuzzy АХП методи. Локације 3 означена је као локације која би била највише изложена деградацији. Свега 11 % локације налази се на пољопривредним површинама. 30% територије је елиминисано за изградњу према fuzzy АХП методи. Осталих 60% територије се налази на пашњацима и дрвенасто-жбунастој вегетацији. Највећи проценат природне вегетације налази се на локацији 3, услед њихових природних и екосистемских вредности ова локација је означена као најлошији избор по степену деградације.

## 7.6. Могућност прикључивања - удаљеност од трафостанице

На простору Града Сомбора приказане су 3 трафостанице, а једна у општини Књажевац. Критеријум је негативна, локалитет који је ближи трафостаници је погоднији. Изражен је у километрима.

Табела 50. Удаљеност од трафостаница

Град Сомбор		Општина Књажевац	
Локалитет	Удаљеност [km]	Локалитет	Удаљеност [km]
1	12,96	1	7,62
2	21,03	2	3,64
3	7,77	3	8,14
4	10,09		

На територији Сомбора најближи трафостаници је локалитет 3, а код Књажевца локалитет 2.

### 7.7. Удаљеност од заштићеног подручја

Локалитет који се налази најдаље од неког заштићеног подручја је најпогоднији. Критеријум је позитивна и изражен је у километрима.

Већ је наведено да на територији Града Сомбора се налазе заштићена природна добра: СРП Горње Подунавље и ПС Алекса Шантић. На простору општине Књажевац налази се: ПП Стара планина, Тупижничка леденица и СП Долина потока бигар.

Табела 51. Удаљеност од заштићеног природног добра

Град Сомбор		Општина Књажевац	
Локалитет	Удаљеност [km]	Локалитет	Удаљеност [km]
1	2,20	1	3,96
2	12,90	2	12,70
3	1,03	3	14,90
4	4,62		

На територији Сомбора најудаљенији од заштићеног природног добра је локалитет 2, а код Књажевца локалитет 3.

### 7.8. Удаљеност од насеља

Критеријум удаљеност од насеља представља позитиван критеријум. Локације које су удаљеније од насеља погодније су.

Табела 52. Удаљеност од насеља.

Град Сомбор		Општина Књажевац	
Локалитет	Удаљеност [km]	Локалитет	Удаљеност [km]
1	2,53	1	0,22
2	1,72	2	0,59
3	1,91	3	0,01
4	1,23		

Све локације Града Сомбора су удаљене преко једног километра од насеља, док су у општини Књажевац све ближе од једног километра. У Сомбору најповољније је локација 1, а у Књажевцу локација 2.

## 8. РЕЗУЛТАТИ FUZZY MULTIMOORA МЕТОДЕ

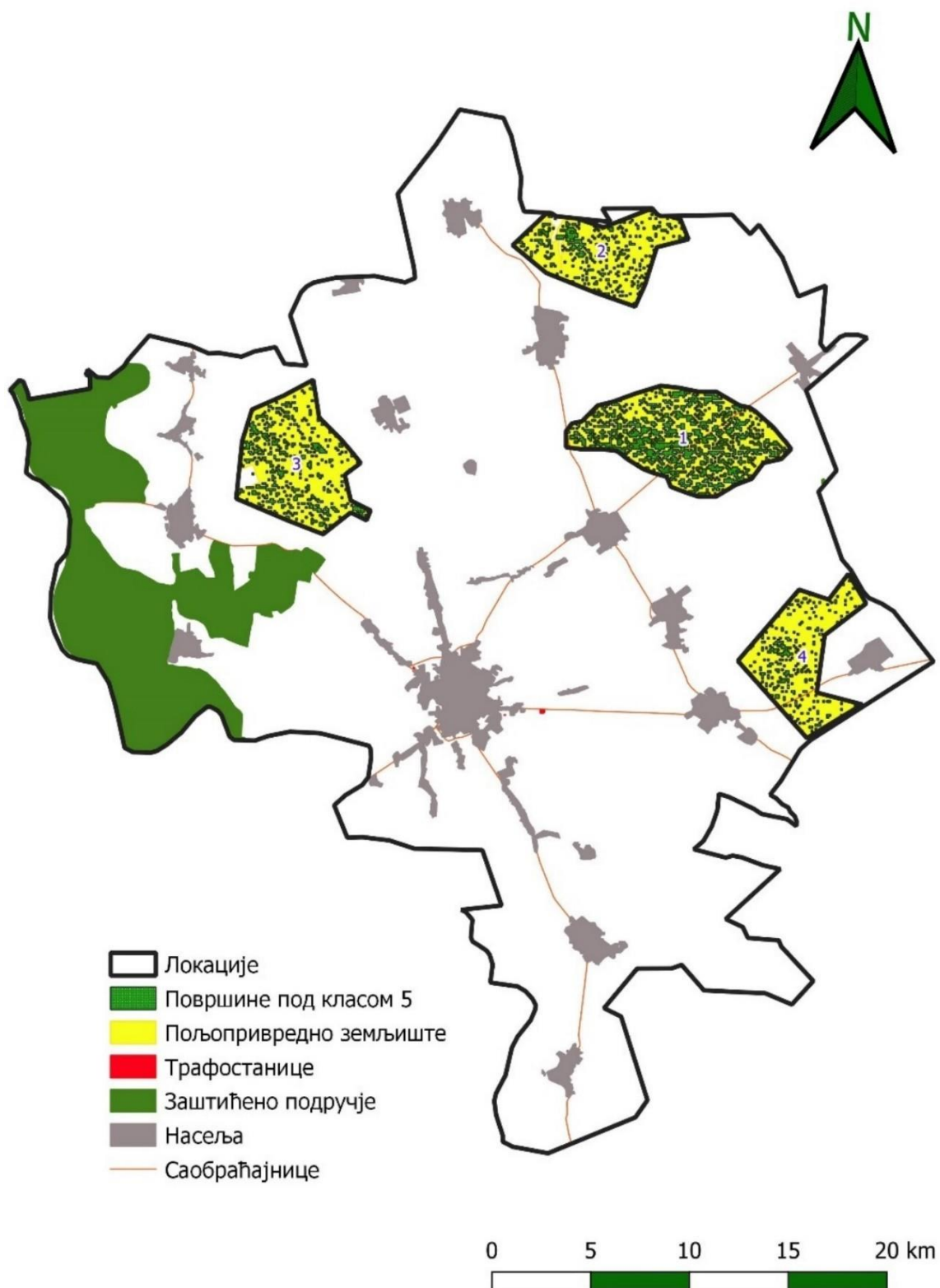
Помоћу fuzzy MULTIMOORA методе, добијене су најбоље локације на простору Града Сомбора и општине Књажевац за изградњу соларних електрана.

Табела 53. Fuzzy MULTIMOORA метод за Град Сомбор

Локација	FRPA	FRS	FFMF		Финално
1	1	1	1	1	1
2	3	4	4	3,666	4
3	2	3	2	2,333	2
4	4	2	3	3	3

Помоћу ове методе установљено је да је локација означена као 1 најбоља за изградњу соларне електране на простору Града Сомбора. Ова локација имала је најбољи ранг у све три наведене методе. Друго место заузела је локација број 3.

Локација 1 налази се на источном делу општине. Цела територија заузима пољопривредне површине, оваква предела не захтевају много припреме терене за изградњу електране. Кроз њега пролази магистрални пут Сомбор – Суботица, те је добро регионално повезан. Укупна површина локације износи 38,54 km<sup>2</sup>, од чега се 38,72% територије налази на најбоље оцењеној класи према fuzzy ахп методи. Најближе заштићено природно добро удаљено је 2 километра, док је Горње Подунавље, као најважније природно добро у Сомборској општини удаљено је преко 15 километара. Локација је смештена између три насеља, Алекса Шантић, Светозар Милетић и Станишића.



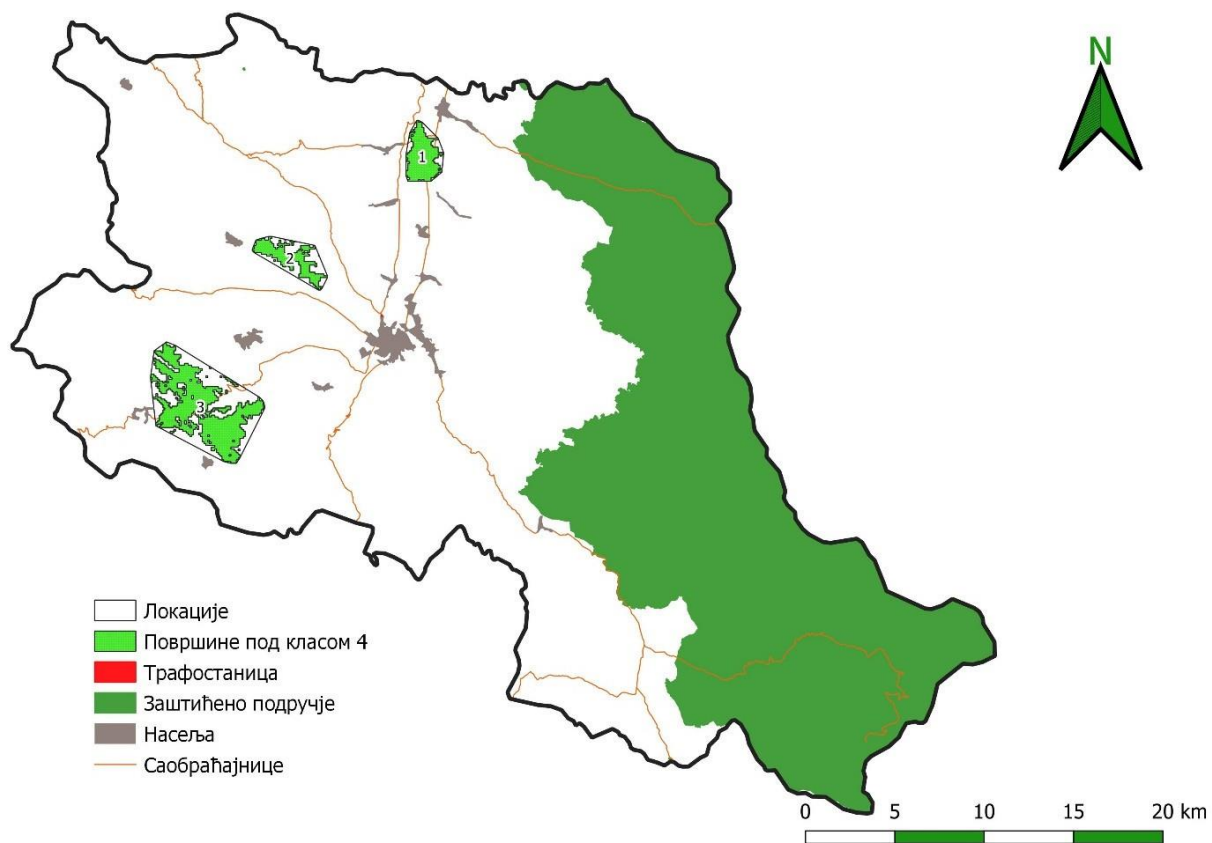
Слика 26. Локације Града Сомбора

Табела 54. Fuzzy MULTIMOORA метод за општину Књажевац

Локација	<b>FRP A</b>	<b>FR S</b>	<b>FFM F</b>		<b>Финално</b>
A1	3	1	1	1.666	1
A2	1	2	3	2	2
A3	2	3	2	2.333	3

Помоћу ове методе установљено је да је локација означена као 1 најбоља за изградњу соларне електране на простору општине Књажевац. Према FRS и FFMF методи локације 1 је рангирана као најбоља, док је према FRPA методи она заузела последње место, али у укупном збиру она је имала најбољи резултат. Према FRPA методи локација 2 заузела је прво место.

Локација 1 налази се на северном делу општине у котлини Белог Тимока. По геолошкој грађи највећи део територије сачињен је од алувијалних седимената и седимената речне терасе. Укупна површина локације износи 5,55 km<sup>2</sup>, од чега се 76,22% територије налази на најбоље оцењеној класи према fuzzy АХП методи. Кроз њега пролази магистрални пут Зајечар – Књажевац, те је добро регионално повезан. Цела територија заузима пољопривредне површине. Пољопривредне површине не захтевају много припреме терене за изградњу електране. Највеће заштићено природно добро – ПП Стара Планина налази се на 4 километра од локације. Окружен је са 5 већих насеља. Ова локација је идеална због преноса енергије, насеља су у близини те су и потрошачи близу и не би се енергија трошила на пренос исте.



Слика 27. Локације општине Књажевац

## 9. ЗАКЉУЧАК

Анализирајући Град Сомбор и општину Књажевац, са наведеним критеријумима, закључено да је Град Сомбор погоднији и има више простора за изградњу соларних електрана од општине Књажевац. Територија која је означена као веома повољна и повољна заузима 53,92% територије Града Сомбора, док у општини Књажевац нема веома повољних територија, а повоље заузимају 8,95% територије.

Када се пореди радијација територија Сомбора је погоднија. Сомбор има боље услове у погледу нагиба терена, 99% територије се налази на нагибу терена до 10°, док нагиб терена територије Књажевца има вредности и до 48°. Такође општина Књажевац има дисециран рељеф где највише коте прелазе 2000 метара надморске висине, док се Сомбор налази у Панонској низије и највиша кота не прелази 150 m. Еолски седименти су најповољнији за постављање соларних електрана, када се гледају геолошке формације. Оне су најстабилније за постављање конструкције. Од укупне територије Града Сомбора, 32,98% налази се на лесу, док општина Књажевац нема такве територије. Постављању соларних система више одговара заступљеност пољопривредних површина и ливада у чему се Град Сомбор истиче, мањи су трошкови обраде и припреме терена.

Овакав потенцијал Града Сомбора требало би искористити, да инвестира у пројекте из којих се добија енергија из ОИЕ. Постављањем соларних електрана добијамо електричну енергију, тиме смањујемо коришћење фосилних горива, али се смањује и загађење ваздуха, воде и земљишта (Лежаић А., 2021)

У Сомборској општини најпогоднија локација за изградњу према моора методи је локација 1 која се налази на истоку општине, на Телечкој лесној заравни. Ова локација је на магистралном путу Сомбор – Суботица, те је добро регионално повезана.

У општини Књажевац најпогоднија локација према моора методи је такође локација која је означена бројем 1. Она се налази на северу општине у котлини Белог Тимока. Ова локација је такође регионално повезана, с обзиром да кроз њу пролази магистрални пут Зајечар – Књажевац.

Србија спада у земље код којих потрошња енергије није рационална, технологија у домаћинствима је углавном стара у неким домаћинствима и преко 10 година, таква технологија није прилагођена ефикаснијој коришћењу електричне енергије. Управо из тог разлога просечној породици у Србији треба много више електричне енергије него у

земљама ЕУ. Како би обезбедили електричну енергију требамо да се окренемо обновљивим изворима енергије и искористимо потенцијале које се налазе око нас (Лежаић А., 2021).



## ЛИТЕРАТУРА

1. Ayhan, M.B. (2013). A Fuzzy AHP Approach for Supplier Selection Problem: A Case Study In A Gearmotor Company. International Journal of Managing Value and Supply Chains (IJMVSC), vol.4, no. 3, pp 11-23.
2. Gardašević-Filipović, M. & Šaletić, D. (2010). Multicriteria optimization in a FUZZY environment: The FUZZY Analytic Hierarchy Process. Yugoslav Journal of Operations Research, vol. 20, pp 71-85.
3. Гвозденац Д., Накомчић-Смарагдакис Б., Гвозденац-Урошевић Б. (2011): *Обновљиви извори енергије*. Универзитет у Новом Саду – Факултет техничких наука, Нови Сад.
4. GTI Geographic information – Metadata, ISO 19115:2003/19139.
5. Дољак, Д. (2020). *Вредновање геопростора за потребе планирања фотонапонских електрана у Србији*. Докторски рад. Универзитет у Београду – Географски факултет, Београд.
6. Драгићевић, С., Филиповић, Д. (2016): Природни услови и непогоде у планирању и заштити простора. Универзитет у Београду – Географски факултет, Београд.
7. Дуцић В., Анђелковић Г. (2005): *Климатологија - Практикум за географије*. Универзитет у Београду – Географски факултет, Београд.
8. Дукић, Д. (2006). *Климатологија*. Универзитет у Београду – Географски факултет, Београд.
9. Zhu, K.J., Jing, Y., and Chang, D.Y., "A discussion on extent analysis method and applications of fuzzy AHP", European Journal of Operations Research, 116 (1999) 450–456.
10. Јовановић, Ј. (2017): Тематска картографија – практикум. Универзитет у Београду – Географски факултет, Београд.
11. Kabak M., Erbas M., Cetinkaya C., Özceylan E. A GIS-based MCDM approach for the evaluation of bike-share stations. Journal of Cleaner Production 201 (2018) 49-60.
12. Кукрика М. (2000): *Географски информациони системи*. Универзитет у Београду – Географски факултет, Београд.
13. Лежаић А. (2021). *Примена ГИС-а у избору локације за изградњу соларних електрана на примеру града Сомбора и општине Књажевац*. Дипломски рад. Универзитет у Београду – Географски факултет, Београд.

14. Метеоролошки годишњак - климатолошки подаци 2020, (2021). Републички хидрометеоролошки завод, Београд.
15. Özdağoğlu, A. & Özdağoğlu, G. (2007). Comparison of AHP and Fuzzy AHP for the Multi-Criteria Decision Making Processes with Linguistic Evaluations. Journal of Science of University of Istanbul, vol. 6, no. 11, pp 65-85.
16. Павловић, М., (2018). *Географија Србије I*. Универзитет у Београду – Географски факултет, Београд.
17. Pamučar, D. (2010). Using fuzzy logic and neural networks during a decision making proces in transport. Military Technical Courier, 58 (3), 125–143.
18. Просторни план општине Књажевац (2011) – са линка [https://knjazevac.ls.gov.rs/images/stories/ppo/ppo\\_knjazevac.pdf](https://knjazevac.ls.gov.rs/images/stories/ppo/ppo_knjazevac.pdf)
19. Просторни план Града Сомбора (2014). Јавно предузеће за просторно и урбанистичко планирање „Урбанизам“ и заштиту споменика културе, Сомбор.
20. Сабадош, В.,(2019). Земљиште, пољопривреда и рурални развој Града Сомбора. Пољопривредна стручна служба „Сомбор“ доо, Сомбор.
21. Стаменковић, С., Бачевић, М. (1992). Географија насеља. Универзитет у Београду – Географски факултет, Београд.
22. Stojić, G. (2012). Using Fuzzy Logic for Evaluating the Level of Countries' (Regions') Economic Development. PANOECOMICUS, vol. 3, pp 293-310.
23. Стратегија одрживог развоја града Сомбора за период од 2014. године до 2020. године, (2015). Град Сомбор.
24. СТУДИЈА НПЕЕ, евиденциони број ЕЕ704-1052А, Београд.
25. Стратегија просторног развоја Републике Србије – Студијско аналитичка основа: Просторни и еколошки аспекти коришћења обновљивих извора енергије
26. Teodorović, D., & Kikuchi, S. (1994). Fuzzy sets and applications in traffic and transport. Faculty of Transport and Traffic Engineering, University of Belgrade.
27. Feizizadeh, B., Shadman Roodposhti, M., Jankowski, P., Blaschke, T. (2014). A GIS based extended fuzzy multi-criteria evaluation for landslide susceptibility mapping. Computers & Geosciences. doi: 10.1016/j.cageo.2014.08.001i.
28. Цупић Г., (2018). *Демографске промене у насељима општине Сомбор после другог светског рата*. Универзитет у Нишу – Природно-математички факултет, Ниш.

Интернет извори:

- <http://www.jpstaraplanina.rs>, коришћено 03.09.2022. године,
- <https://www.zzps.rs/wp/zasticena-podrucja/>, коришћено 01.09.2022. године,
- <https://www.pravno-informacioni-sistem.rs/SlGlasnikPortal/eli/rep/sgrs/vlada/uredba/2015/72/6/reg>, коришћено 01.09.2022. године,
- <https://www.earthenv.org/cloud.html>, коришћено 01.09.2022. године.