



УНИВЕРЗИТЕТ „КИРИЛ И МЕТОДИЈ“ ВО СКОПЈЕ
АРХИТЕКТОНСКИ ФАКУЛТЕТ СКОПЈЕ



Кире Тасе Ставров

СОЛАРЕН ПОТЕНЦИЈАЛ НА ИЗГРАДЕНИ ПОКРИВНИ ПОВРШИНИ ЗА
ПРОИЗВОДСТВО НА ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА И ПОСТИГНУВАЊЕ НА
ОДРЖЛИВОСТ ВО ГРАДСКИТЕ СРЕДИНИ ВО МАКЕДОНИЈА

Докторски труд

Скопје, Македонија, 2026

Докторанд:
КИРЕ ТАСЕ СТАВРОВ

Тема:
СОЛАРЕН ПОТЕНЦИЈАЛ НА ИЗГРАДЕНИ ПОКРИВНИ ПОВРШИНИ ЗА
ПРОИЗВОДСТВО НА ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА И ПОСТИГНУВАЊЕ НА
ОДРЖЛИВОСТ ВО ГРАДСКИТЕ СРЕДИНИ ВО МАКЕДОНИЈА

Ментор:
Проф.д-р СТРАХИЊА ТРПЕВСКИ,
Архитектонски Факултет- Скопје

Комисија за одбрана:
Проф.д-р Димитар Папастеревски (претседател)
Архитектонски Факултет- Скопје

Проф.д-р СТРАХИЊА ТРПЕВСКИ,
Архитектонски Факултет- Скопје

Проф.д-р АНА ТРОМБЕВА ГАВРИЛОСКА,
Архитектонски Факултет- Скопје

Проф.д-р ОГНЕН МАРИНА,
Архитектонски Факултет- Скопје

Проф.д-р ЃОРЃИ ЃОРЃИЕВ,
Градежен Факултет- Скопје

Научна област:
АРХИТЕКТУРА (АРХИТЕКТОНСКО ИНЖЕНЕРСТВО)

Датум на одбрана:

Кире Тасе Ставров

**СОЛАРЕН ПОТЕНЦИЈАЛ НА ИЗГРАДЕНИ ПОКРИВНИ ПОВРШНИ ЗА
ПРОИЗВОДСТВО НА ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГИЈА И ПОСТИГНУВАЊЕ НА
ОДРЖЛИВОСТ ВО ГРАДСКИТЕ СРЕДИНИ ВО МАКЕДОНИЈА**

- А п с т р а к т -

Основниот поттик на истражувањето произлегува од препознавање на поволната позиционираност на градските средини во Македонија за производство на електрична енергија од обновливи извори. Централна тема на предложеното истражување се врзува за определување на соларниот и енергетскиот потенцијал на изградените покривни површини. Истражувањето претставува студија на случај во која се анализирани урбани сегменти од неколку македонски градови (Гевгелија, Градско, Неготино, Пехчево и Скопје) врз основа на неколку параметри: густина на изграденост, позиционираност во климатска зона, типологија на станбено домување и густина на населеност. Урбаните сегменти се анализирани првин преку документирање на покривните површини, а потоа преку квантифицирање на влијанието и апсорпцијата на сончевите зраци со цел да се определат капацитетите за производство на електрична енергија од интегрирани ФВ системи. Во процесот на документирање на покривните површини применети се податоци од LiDAR технологијата кои се добиени од страна на Агенција Катастар на Недвижности. Податоците се интегрирани во ГИС системите кои при тоа имаат висок степен на точност и прецизност од најмалку 2-5 точки/m². Врз основа на документираните покривни површини, при тоа со примена на дигитални софтверски алатки за симулација на сончевите зраци квантифицирана е на финалната електрична енергија врз покривните површини од месечни и годишни временски распони. Просторно-енергетската симулација резултира со податоци за производството на електрична енергија при тоа со дополнителна емпириска анализа се утврдени бројот на станбени единици и потрошувачката на електрична енергија согласно типологијата на домување (куќа, блок и кула). Резултатите посочуваат дека високата густина на изграденост преку покривните површини во Гевгелија и Дебар Маало придонесува кон висок степен на производство на електрична енергија од интегрирани ФВ системи. Од друга страна, високата густина на населеност во анализирните урбани сегменти во Скопје (Дебар Маало, Капиштец, Карпош, Ново Лисиче и Скопје Север) посочува на висок степен на енергетска потрошувачка која во однос на производството на финална електрична енергија од покривните површини изнесува 11,44-37,51%. Овие показатели посочуваат дека анализирните урбани сегменти во град Скопје не задоволуваат производство на електрична енергија од покривните површини и во идните истражувања се предлагаат чекори за постигнување на енергетска автономност. Од друга страна, резултатите од урбаните сегменти надвор од Скопје (Гевгелија, Градско, Неготино и Пехчево) поради низок интензитет на населеност, односот помеѓу производството и потрошувачката на електрична енергија изнесува 118,96%-148,99% што јасно ја покажува енергетската автономност. При производството на електрична енергија поголемо во однос на потрошувачката се предлагаат две сценарија. Првото сценарио претставува растеретување на постоечката централна енергетска мрежа од произведената енергија. Второто сценарио се однесува на складирање на енергијата во батерии.

Клучни зборови: Покрив, сончева енергија, ФВ системи, одржливост, архитектура

Kire Tase Stavrov

**SOLAR POTENTIAL OF BUILT ROOF SURFACES FOR ELECTRICITY
PRODUCTION AND SUSTAINABILITY IN URBAN AREAS IN MACEDONIA**

- A b s t r a c t -

The main motivation for this research evolves from recognizing the relevant position of urban areas in Macedonia for producing electrical energy from renewable sources. The central topic of the proposed research is related to determining the solar and energy potential of existing built roof surfaces. The research is designed as a case study in which urban segments from several Macedonian cities (Gevgelija, Gradsko, Negotino, Pehčevo, and Skopje) are analyzed based on several parameters: building density, climatic zone, housing typology, and population density. The urban segments are first analyzed through the documentation of roof surfaces, and then through the quantification of the impact and absorption of solar radiation in order to determine the capacity for producing electrical energy from integrated photovoltaic (PV) systems. In the process of documenting the roof surfaces, LiDAR data provided by the Agency for Real Estate Cadastre are used. These data are integrated into GIS systems, which provide a high level of accuracy and precision of at least 2-5 points per square meter. Based on the documented roof surfaces, and with the use of digital software tools for simulating solar radiation, the final electrical energy on the roof surfaces is quantified for monthly and yearly time periods. The spatial-energy simulation results in data on the production of electrical energy, and through additional empirical analysis, the number of housing units and their electricity consumption are determined according to the housing typology (house, block, and tower). The results indicate that the high building density and extensive roof surfaces in Gevgelija and Debar Maalo contribute to a high level of electricity production from integrated PV systems. On the other hand, the high population density in the analyzed urban segments in Skopje (Debar Maalo, Kapishtec, Karpoš, Novo Lisice, and Skopje North) indicates a high level of electricity consumption, which, in relation to the production of final electrical energy from rooftop surfaces, ranges from 11.44% to 37.51%. These indicators show that the analyzed urban segments in the city of Skopje do not meet their electricity needs through rooftop production, and future research should propose steps toward achieving energy autonomy. In contrast, the results from the urban segments outside Skopje (Gevgelija, Gradsko, Negotino, and Pehčevo), due to their lower population density, show a ratio between production and consumption of electrical energy ranging from 118.96% to 148.99%, which clearly demonstrates energy autonomy. When the production of electrical energy is higher than consumption, two scenarios are proposed. The first scenario involves relieving the existing central energy grid by transferring the surplus electricity. The second scenario refers to storing the surplus energy in batteries.

Keywords: Roof, solar energy, PV systems, sustainability, architecture

Изјава

Изјавувам дека докторскиот труд е оригинален труд што го имам изработено самостојно.

Своерачен потпис на докторандот
м-р Кире Ставров

Изјавувам дека електронската верзија на докторскиот труд е идентична со отпечатениот докторски труд.

Потпис на авторот, с.р
м-р Кире Ставров

Содржина

- А п с т р а к т -	iii
- A b s t r a c t -	iv
Изјава	v
Содржина	1
Листа на графички прилози	4
Листа на табели	10
Листа на кратенки	11
1. Вовед	13
2. Преглед на достигнувањата во дадената научна област поврзани со предметот, целите на истражување, работните хипотези и тези	16
2.1. Контекст на истражувањето.....	17
2.2. Дефинирање проблем	18
2.3. Предмет на истражувањето.....	20
2.4. Пресек на претходни истражувања	21
2.4.1. Енергетски системи	22
2.4.2. Геореференцирани истражувања	24
2.4.3. Начин на прибирање просторни податоци.....	27
2.4.4. Документирање на покривните површини.....	30
2.4.5. Определување сончев, фотоволтаичен и енергетски потенцијал	34
2.4.6. Производство на електрична енергија	41
2.4.7. Визуелни дијаграми и емпириски истражувања.....	49
2.4.8. Проекција на иден раст и развој	51
2.4.9. Идентификувани недостатоци во претходните истражувања	53
2.5. Цели на истражувањето.....	54
2.6. Тези и хипотези	56
2.7. Методологија на истражувањето.....	59
2.8. Организација на истражувањето	60
2.9. Придобивки од истражувањето	61
3. Применети научни методи и начин на работа	62
3.1. Законодавство како основа за дефинирање на методите	62
3.1.1. Препораки од меѓународни институции.....	62
3.1.2. ЕУ законодавство	63
3.1.3. Македонско законодавство	70
3.2. Документирање покривни површини	78
3.2.1. Извор на просторни податоци	80

3.2.2.	Алатки за документирање покривни површини	82
3.2.3.	Метод на разграничување (класификација) просторни податоци	84
3.2.4.	Метод на интерполација на класифицирани точки	91
3.2.5.	Метод на извлекување линија од покривни површини.....	93
3.2.6.	Наклонет агол и правец на покривни површини	95
3.3.	Сончев потенцијал и производство на електрична енергија	98
3.3.1.	Гранични параметри на сончева радијација.....	99
3.3.2.	Алатки за определување на влијанието на сончеви зраци и производство на електрична енергија.....	100
3.3.3.	Методи за квантифицирање сончева енергија	101
3.3.4.	Определување корисна покривна површина.....	104
3.3.5.	Методи за производство на електрична енергија од ФВ системи	109
3.4.	Емпириски истражувања.....	112
3.4.1.	Работа со податоци: симулација, квантификација и визуализација	113
3.4.2.	Алатки за емпириско истражување.....	114
3.4.3.	Метод на транскрипција од графички во нумерички податоци.....	116
3.4.4.	Метод на квантифицирање број на станбени единици	117
3.4.5.	Метод на изработка визуелни дијаграми.....	118
4.	Резултати.....	121
4.1.	Применети параметри во истражувањата.....	122
4.1.1.	Урбан сегмент	122
4.1.2.	Број на градби.....	123
4.1.3.	Основа од покривна површина.....	123
4.1.4.	Покривна површина за интегрирање ФВ системи	124
4.1.5.	Сончева енергија.....	125
4.1.6.	Електрична енергија	125
4.1.7.	Број на станбени единици	126
4.1.8.	Електрична енергија за секоја станбена единица	126
4.1.9.	Однос на производство и потрошувачка на електрична енергија	127
4.2.	Сегментирани резултати	127
4.2.1.	Урбан сегмент- Гевгелија.....	128
4.2.2.	Урбан сегмент- Градско	134
4.2.3.	Урбан сегмент- Дебар Маало.....	143
4.2.4.	Урбан сегмент- Капиштец.....	150
4.2.5.	Урбан сегмент- Карпош	154

4.2.6.	Урбан сегмент- Неготино.....	159
4.2.7.	Урбан сегмент- Ново Лисиче.....	168
4.2.8.	Урбан сегмент- Пехчево.....	173
4.2.9.	Урбан сегмент- Скопје Север	180
4.2.10.	Споредбена анализа	186
4.3.	Производство и потрошувачка на електрична енергија според типологии на домување: куќа, блок и кула	190
4.4.	Месечно производство и потрошувачка на финална електрична енергија....	193
5.	Примена на резултатите од истражувањето и можни насоки за натамошно истражување	197
6.	Заклучок.....	199
	Библиографија.....	202
	Листа на закони и легислативни документи:	207

Листа на графички прилози

Слика 1- Геореференцирани истражувања на светско ниво од страна на (Molnár, Ürgе-Vorsatz and Chatterjee, 2022).....	25
Слика 2- Геореференцирани истражувања на национално ниво на Еквадор од страна на (Idrovo-Macancela et al., 2025).....	25
Слика 3- Геореференцирани истражувања на национално ниво на Куба од страна на (Soto Calvo and Lee, 2025)	25
Слика 4- Геореференцирани истражувања на национално ниво на Швајцарија од страна на (Walch et al., 2020).....	26
Слика 5- Геореференцирани истражувања на градско ниво преку примерот на Сингапур од страна на (Urech, Mughal and Bartesaghi-Кос, 2022)	26
Слика 6- Сателитски снимнки како основа за истражување на изградената средина од страна на (Абујауаб et al., 2023)	27
Слика 7- Фотографии како основа за истражување на изградената средина од страна на (Ward et al., 2023)	27
Слика 8- Податоци облак од точки како основа за истражување на изградената средина од страна на (Romanengo, Falcidieno and Biasotti, 2024a)	28
Слика 9- Ортофотографии како основа за документирање на покривните површини според (Kolibarov et al., 2022)	30
Слика 10- Документирање на покривните површини според (Zhao, Persello and Stein, 2022)	30
Слика 11- Документирање на покривните површини според (Абујауаб et al., 2023) ...	31
Слика 12- Метод на машинско учење за документирање изградени покривни површини според (Agathangelidis et al., 2025)	31
Слика 13- Документирање на покривните површини според (Lingfors, Johansson and Lindahl, 2025).....	31
Слика 14- Документирање на покривните површини според (Martín-Jiménez et al., 2020)	31
Слика 15- Документирање на просторни облици според (Liu et al., 2024)	31
Слика 16- Класификација на просторни податоци за документирање на кровни површини според (Adam et al., 2023)	32
Слика 17- Интерполација на просторни податоци за документирање покривна површина	33
Слика 18- Вредност на сончева радијација според атмосферски фактор АМ.....	34
Слика 19- квантитативна вредност на сончеви зраци	34
Слика 20- Влијание на сончеви зраци според ориентација и наклонети површини.....	34
Слика 21- Наклонет агол на сончеви зраци.....	35
Слика 22- Ориентација на сончеви зраци.....	35
Слика 23- Метод на определување корисна покривна површина според (Idrovo-Macancela et al., 2025)	36
Слика 24- Метод на определување корисна покривна површина според (Soto Calvo and Lee, 2025)	36
Слика 25- Метод на определување корисна покривна површина според (Lambarki et al., 2025)	36
Слика 26- Метод на определување корисна покривна површина според (Soha, Sugár and Hartmann, 2024)	37

Слика 27- Анализа на сончевата радијација врз наклонети покривни површини според (Chiabrando et al., 2017)	37
Слика 28- Аналитички метод на определување сончева радијација според (Brito et al., 2017)	37
Слика 29- Метод на определување корисна покривна површина на основа на влијание на сончеви зраци според (Jiang et al., 2022).....	39
Слика 30- Пример на поврзување на инвертери во рамки на ФВ системи според (Weller et al., 2010, System technology).....	41
Слика 31- Интегрирање на ФВ системи во рамки на архитектонска обвивка според (Bakmohammadi et al., 2025).....	42
Слика 32- Распоред на ФВ системи во рамки на анализиран објект од страна на (Borodinecs, Lebedeva and Odinesa, 2024)	42
Слика 33- Промена на перформансите на ФВ системи со промена на температурата според (Abdirahman et al., 2025)	43
Слика 34- ФВ модул според (Weller et al., 2010, Modules)	43
Слика 35- Препознавање на грешки според (Masita et al., 2025)	44
Слика 36- Набљудување на поврзување и ефикасност на ФВ модули со помош на термовизиска камера според (Osama et al., 2025)	44
Слика 37- Зголемување на ефикасноста на ФВ модули со одржување на системите според (Touaref, Seres and Farkas, 2025)	45
Слика 38- Влијание на наклонет агол врз перформанс на ФВ модул според (Alami et al., 2025)	45
Слика 39- Видови ФВ ќелии според (Weller et al., 2010, Solar cells – turning light into electricity)	46
Слика 40- Анализа на засенување на ФВ ќелии според (Brec1, Bokalič and Topič, 2021)	47
Слика 41- Геореференцирани податоци (облак од точки).....	79
Слика 42- Разграничени облак од точки .LAS/.LAZ	85
Слика 43- Разграничени точки од тло.....	88
Слика 44- Разграничени точки од покрив	90
Слика 45- Интерполација на растерскио-површински DSM модел.....	93
Слика 46- Методи на извлекување основа на кров	94
Слика 47- Сегментиран растерски модел од наклонет агол на покривни површини	96
Слика 48- Сегментиран растерски модел од правец (ориентација) од наклонети покривни површини.....	97
Слика 49- Растерски модел од влијание на сончева енергија врз наклонети покривни површини	103
Слика 50- Редуцирани покривни површини со висок наклонет агол.....	105
Слика 51- Редуцирани покривни површини со низок степен на сончева радијација ...	106
Слика 52- Редуцирање на покривни површини со северна ориентација (определување корисна покривна површина)	107
Слика 53- Процент на ефикасност на ФВ ќелии според извештај од страна на (Fraunhofer, 2024)	109
Слика 54- Преклопување на векторски форми и растерски модели.....	115
Слика 55- Извлекување на податоци за број на станбени единици	115
Слика 56- Табеларен приказ од примена на алатка Zonal Statistics as Table.....	117

Слика 57- Столбест дијаграм.....	118
Слика 58- Дијаграм на хорди.....	118
Слика 59- Едноцентрична распределба на вредности.....	119
Слика 60- двоцентрична распределба на вредности	119
Слика 61- повеќецентрична распределба на вредности.....	120
Слика 62- Векторски модел и аналитички дијаграми од покривна површина од Гевгелија	130
Слика 64- Растерски модел и аналитички дијаграми од корисна покривна површина од Гевгелија	130
Слика 63- Растерски модел и аналитички дијаграми од сончева енергија (MWh) Гевгелија	131
Слика 65- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од финална електрична енергија (MWh) од Гевгелија	132
Слика 66- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од број на станбени единици од Гевгелија	132
Слика 67- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од финална електрична енергија за секоја станбени единици од Гевгелија.....	133
Слика 68- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од однос помеѓу потрошувачка и производство на електрична енергија од Гевгелија	133
Слика 69- Векторски модел и аналитички дијаграми од покривна површина (m ²) од Градско.....	138
Слика 70- Растерски модел и аналитички дијаграми од корисна покривна површина (m ²) од Градско.....	139
Слика 71- Растерски модел и аналитички дијаграми од сончева енергија (MWh) Гевгелија	139
Слика 72- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од финална електрична енергија (MWh) од Градско.....	140
Слика 73- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од број на станбени единици од Градско.....	141
Слика 74- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од финална електрична енергија за секоја станбени единици од Градско	141
Слика 75- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од однос помеѓу потрошувачка и производство на електрична енергија од Градско	142
Слика 76- Векторски модел и аналитички дијаграми од покривна површина (m ²) од Дебар Маало	145
Слика 78- Растерски модел и аналитички дијаграми од корисна покривна површина (m ²) од Дебар Маало	146
Слика 77- Растерски модел и аналитички дијаграми од сончева енергија (MWh) Дебар Маало	146
Слика 79- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од финална електрична енергија (MWh) од Гевгелија	147
Слика 81- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од финална електрична енергија за секоја станбени единици од Дебар Маало.....	148
Слика 80- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од број на станбени единици од Дебар Маало	148

Слика 82- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од однос помеѓу потрошувачка и производство на електрична енергија од Дебар Маало	149
Слика 83- Векторски модел и аналитички дијаграми од покривна површина (m ²) од Капиштец	150
Слика 84- Растерски модел и аналитички дијаграми од корисна покривна површина (m ²) од Капиштец	151
Слика 85- Растерски модел и аналитички дијаграми од сончева енергија (MWh) Капиштец	151
Слика 86- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од финална електрична енергија (MWh) од Капиштец	152
Слика 87- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од број на станбени единици од Капиштец	152
Слика 88- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од финална електрична енергија за секоја станбени единици од Капиштец.....	153
Слика 89- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од однос помеѓу потрошувачка и производство на електрична енергија од Капиштец	153
Слика 90- Векторски модел и аналитички дијаграми од покривна површина (m ²) од Карпош.....	155
Слика 91- Растерски модел и аналитички дијаграми од корисна покривна површина (m ²) од Карпош.....	156
Слика 92- Растерски модел и аналитички дијаграми од сончева енергија (MWh) Карпош.....	156
Слика 93- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од финална електрична енергија (MWh) од Карпош.....	157
Слика 94- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од број на станбени единици од Карпош.....	157
Слика 95- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од финална електрична енергија за секоја станбени единици од Карпош	158
Слика 96- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од однос помеѓу потрошувачка и производство на електрична енергија од Карпош	158
Слика 97- Векторски модел и аналитички дијаграми од покривна површина (m ²) од Неготино	163
Слика 98- Растерски модел и аналитички дијаграми од корисна покривна површина (m ²) од Неготино	163
Слика 99- Растерски модел и аналитички дијаграми од сончева енергија (MWh) Неготино	164
Слика 101- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од број на станбени единици од Неготино	165
Слика 100- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од финална електрична енергија (MWh) од Неготино	165
Слика 102- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од финална електрична енергија за секоја станбени единици од Неготино.....	166
Слика 103- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од однос помеѓу потрошувачка и производство на електрична енергија од Неготино	167
Слика 104- Векторски модел и аналитички дијаграми од покривна површина (m ²) од Ново Лисиче	169

Слика 105- Растерски модел и аналитички дијаграми од корисна покривна површина (m ²) од Ново Лисиче	169
Слика 106- Растерски модел и аналитички дијаграми од сончева енергија (MWh) Ново Лисиче	170
Слика 107- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од финална електрична енергија (MWh) од Ново Лисиче	171
Слика 108- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од број на станбени единици од Ново Лисиче	171
Слика 109- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од финална електрична енергија за секоја станбени единици од Ново Лисиче	172
Слика 110- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од однос помеѓу потрошувачка и производство на електрична енергија од Ново Лисиче	172
Слика 111- Векторски модел и аналитички дијаграми од покривна површина (m ²) од Ново Пехчево	175
Слика 112- Растерски модел и аналитички дијаграми од корисна покривна површина (m ²) од Пехчево	176
Слика 113- Растерски модел и аналитички дијаграми од сончева енергија (MWh) Ново Пехчево	177
Слика 114- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од финална електрична енергија (MWh) од Пехчево	177
Слика 116- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од број на станбени единици од Пехчево	178
Слика 115- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од финална електрична енергија за секоја станбени единици од Пехчево	178
Слика 117- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од однос помеѓу потрошувачка и производство на електрична енергија од Пехчево	179
Слика 118- Векторски модел и аналитички дијаграми од покривна површина (m ²) од Ново Скопје Север	181
Слика 119- Растерски модел и аналитички дијаграми од корисна покривна површина (m ²) од Скопје Север	182
Слика 120- Растерски модел и аналитички дијаграми од сончева енергија (MWh) Ново Скопје Север	182
Слика 121- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од финална електрична енергија (MWh) од Скопје Север	183
Слика 122- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од број на станбени единици од Скопје Север	183
Слика 123- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од финална електрична енергија за секоја станбени единици од Скопје Север	184
Слика 124- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од однос помеѓу потрошувачка и производство на електрична енергија од Скопје Север	184
Слика 125- Споредбена анализа од категоризирани покривни површини	186
Слика 126- Споредбена анализа од покривна површина m ² /ha	186
Слика 127- Споредбена анализа од корисна покривна површина m ² /ha	187
Слика 128- Споредбена анализа од категоризирани вредности на корисна покривна површина	187
Слика 129- Споредбена анализа од категоризирани вредности од сончева енергија ..	187

Слика 130- Споредбена анализа од сончева енергија MWh/ha	187
Слика 131- Споредбена анализа од категоризирани вредности од електрична енергија	188
Слика 132- Споредбена анализа од електрична енергија MWh/ha	188
Слика 133- Споредбена анализа од категоризирани вредности од број на станбени единици	188
Слика 134- Споредбена анализа од број на станбени единици/ha	188
Слика 135- Анализа на електрична енергија за секоја станбена единица.....	189
Слика 136- Анализа на однос помеѓу потрошувачка и производство на електрична енергија	189
Слика 137- резултати од поединечни објекти: сателитска снимка, DSM модел, сончева енергија и корисна покривна површина.	191
Слика 138- Анализа на производство и потрошувачка на електрична енергија	195

Листа на табели

Табела 1- Категоризација на вредности: просторни, енергетски и станбени	117
Табела 2- Резултати од урбан сегмент во Гевгелија.....	128
Табела 3- Резултати од површина хектар од урбан сегмент во Гевгелија	134
Табела 4- Резултати од урбан сегмент во Градско	134
Табела 5- Резултати од површина хектар од урбан сегмент во Градско.....	143
Табела 6- Резултати од урбан сегмент во Дебар Маало.....	143
Табела 7- Резултати од површина хектар од урбан сегмент од Дебар Маало	149
Табела 8- Резултати од урбан сегмент во Капиштец.....	150
Табела 9- Резултати од површина хектар од урбан сегмент во Капиштец	154
Табела 10- Резултати од урбан сегмент во Карпош	154
Табела 11- Резултати од површина хектар од урбан сегмент во Карпош	159
Табела 12- Резултати од урбан сегмент во Неготино	159
Табела 13- Резултати од површина хектар од урбан сегмент во Неготино	167
Табела 14- Резултати од урбан сегмент во Ново Лисиче.....	168
Табела 16- Резултати од површина хектар од урбан сегмент во Ново Лисиче	173
Табела 17- Резултати од урбан сегмент во Пехчево.....	173
Табела 18- Резултати од површина хектар од урбан сегмент во Пехчево	179
Табела 19- Резултати од урбан сегмент во Скопје Север	180
Табела 20- Резултати од површина хектар од урбан сегмент во Скопје Север.....	185
Табела 21- пропорционална распределба на годишната сончева радијација и електрична енергија во месечен интервал.....	193
Табела 22- месечно производство и потрошувачка на електрична енергија	193

Листа на кратенки

Кратенки на латиница

AIoT - Artificial Intelligence of Things
AM / AM1.5 - Air Mass
ALS - Airborne Laser Scanning
CFD - Computational Fluid Dynamics
CNN - Convolutional Neural Network
DEM - Digital Elevation Model
DIF - Diffuse Horizontal Irradiance
DNI - Direct Normal Irradiance
DSM - Digital Surface Model
DTM - Digital Terrain Model
EL - Electroluminescence
EPBD - Energy Performance of Buildings Directive
ETL - Electron Transport Layer
EU / EC - European Union / European Commission
FODPSO - Fractional Order Darwinian Particle Swarm Optimization
GHI - Global Horizontal Irradiance
GIS - Geographic Information System
HTML - HyperText Mark-up Language
I V - Current-Voltage Curve
LAS/LAZ - Формати за облак од точки
LCOE - Levelized Cost of Energy
LiDAR - Light Detection and Ranging
LoD 1-4 - Level of Detail / Development
NEB - New European Bauhaus
PV - Photovoltaic
PVGIS - Photovoltaic Geographical Information System
REPowerEU - EU Energy Transition Plan
SAM - Segment Anything Model
SD - Stable Diffusion
SDG - Sustainable Development Goals
SLS - Spaceborne Laser Scanning
TLS - Terrestrial Laser Scanning
UNECE - United Nations Economic Commission for Europe
UN - United Nations

Кратенки на кирилица

АКН - Агенција Катастар на Недвижности
ГЕ - Гевгелија
ГИС - Географски информациски систем
ГР - Градско
ГУП - Генерален урбанистички план
ДМ - Дебар Маало
ДУП - Детален урбанистички план
ЕВН - Електростопанство на Македонија
КП - Капиштец
КР - Карпош
МАКСТАТ - Државен завод за статистика

МЕПСО - Македонски електропреносен систем оператор
МЖСПП / МЖССП - Министерство за животна средина и просторно планирање
НЕБ - Нов Европски Баухаус
НГ - Неготино
НЛ - Ново Лисиче
ОН - Обединети Нации
ПЕ - Пехчево
РКЕ - Регулаторна комисија за енергетика
СС - Скопје Север
ФВ - фотоволтаични системи / модули / келии
УХМР - Управа за хидрометеоролошки работи

1. Вовед

Идејата за развој во градските средини се соочува со услови на интензивно градење и зголемена потрошувачката на електрична енергија. Дополнително се присутни предизвици поврзани со засилените климатски влијанија и потребата за одржливото управување со ресурсите. Суштински проблем во развојните процеси на градските средини претставува потреба за промена на постојните енергетски модели кои ги следат централизираните обрасци на енергетските системи, доминантно зависни од фосилни горива. Постоечките развојни обрасци е неопходно да се променат со енергетски модели што поттикнуваат децентрализацијата, енергетската автономност и употреба на обновливите извори на енергија. Според наведените предизвици и високата сончева зададеност карактеристична за македонското поднебје, сончевата енергија има значителен потенцијал за општествена промена преку енергетската транзиција.

Изградената средина преку своите просторни потенцијали содржи капацитети за трансформација на акумулираниот простор од архитектонски, урбанистички и инженерските зададености. Елементите од изградената средина како што се покривните површини, поради нивната форма и ориентација претставуваат значаен просторен потенцијал за апсорпција на сончевите зраци. Сепак, за да се разбере суштината на потенцијалите од покривните површини и нивната функција во создавање електрична енергија, потребен е пристап кој развива прецизна методологија на документација, симулација и анализа.

Наведените услови произлегуваат од потребата за продлабочување во истражувања за влијанието на сончевите зраци врз изградени покривни површини како точка на пресек помеѓу дисциплинарните истражувања во архитектурата, урбанизмот, енергетиката и дигиталните технологии. Предложеното истражување претставува обид да се воспостави методологија за определување на сончев, фотоволтаичен и енергетски потенцијал од изградените покривни површини во градските средини во Македонија. Од овде започнува целта на истражувањето да развие методологија за квантифицирање на сончев и енергетски потенцијал од изградените покривни површини кои се засновани врз просторни податоци, дигитални алатки и аналитички техники. Истражувањето дефинира пристап во кој се определуваат потенцијалите за производство на електрична енергија во домаќинствата преку поврзани параметри: геометрија на покривни површини, сончева енергија, ФВ системи и капацитетите на потрошувачката на електрична енергија во домаќинствата. Предложеното истражување квантифицира количество на електрична енергија од изградени покривни површини преку проценка која може да ги покрие реалните потреби за потрошувачка на електрична енергија во домаќинствата. На овој начин, трудот се заснова на техничко мерење со примена на дигиталните аналитички алатки кои ја надминуваат симулационата парадигма преку енергетска проценка на карактеристичните домаќинства преку обрасците на потрошувачка на електрична енергија на годишно ниво.

Наведениот истражувачки пристап се обидува да одговори на неколку дефинирани истражувачки прашања. Првото истражувачко прашање се однесува на производството на количеството електрична енергија од покривните површини во рамки на станбените објекти во македонските градови. Ова прашање е директно поврзано со типологијата на домување (куќа, блок и кула) која влијае во густината на населеност. Второто прашање се однесува на тоа дали градските средини можат да постанат енергетски автономни ентитети. Третото прашање е поставено на начин дали дисциплините на архитектонското проектирање и урбанистичкото планирање можат да ги применат податоците од сончев и енергетски потенцијал во процесите на проектирање односно планирање.

Одоговорите на поставените прашања во истражувањето се анализираат преку тематските истражувања кои произлегуваат од неколку предизвици врзани со изградениот простор и енергијата. Во истражувањето се прави пресек на легислативните документи на национално и меѓународно ниво од кои се издвојува директивата за енергетски перформанс и обновливи извори на енергија. Токму законските одредби се поставени во насоките на енергетска ефикасност и примена на обновливите извори на енергија во рамки на изградената средина. Истражувањето исто така се заснова на националните цели за намалување на увозот на електрична енергија. За надминување на енергетската зависност потребни се промени кои преку истражувачките пристапи придонесуваат кон децентрализација на енергетските системи на ниво на урбана средина. Истражувањето тематски се врзува за просторниот потенцијал на градските средини како ресурс во интегрирање на енергетските системи за производство на електрична енергија од обновливи извори.

Тематската рамка отвора прашање на изложеноста на сончевите зраци врз изградени покривни површини. Со помош на истражувачките техники просторниот дискурс на покривните површини ги надминуваат конструктивните функции во термодинамички, односно покривните постануваат активни термодинамички површини за производство на енергија. Темата на енергијата и просторот на одреден начин прави редефинирање на просторниот дискурс од просторно планирање во просторно-енергетско планирање. Темата на производство на електрична енергија во рамки на изградената средина е недоволно и нецелосно обработена во Македонија. Во постоечките истражувања постојат недостатоци кои интегрираат просторно-енергетски истражувачки дискурс преку дигиталните алатки на истражување и просторните податоци.

Изборот на темата на истражување произлегува проблемските аспекти. Македонските градови имаат висок степен на сончева радијација во временски распон од една година што поставува поволни климатски услови за примена на ФВ системи. Покрај климатскиот дискурс, темата на истражувањето се врзува со просторните аспекти на покривните површини кои во истражувањето се третираат како активни енергетски ентитети за интегрирање на ФВ системи со цел производство на електрична енергија. Процесот на нивното интегрирање потребно е да се преиспита во планерската и проектантската пракса што повлекува потреба од создавање соларен катастар. Во моментот во Македонија не постојат национални податочни системи за соларен катастар што создава простор за дефинирање на методологија за термодинамичка симулација и изработка на соларен катастар. Процесот на изработка термодинамичка симулација и соларен катастар повлекуваат примена на податоци. Од тие причини во истражувањето се применуваат LiDAR податоци кои се добиени од страна на Агенција Катастар на Недвижности и кои со примена на дигитални и ГИС алатки придонесуваат кон развој на методи за документација и симулација. Квантифицирањето на енергијата од аспект на производство и потрошувачка во станбените објекти претставува тема која се врзува со густината на населеност и демографските процеси. Покрај просторните податоци, во истражувањето се вклучени податоци од густината на населување преку бројот на станбени единици превземен од јавно достапните податоци од страна на АКН. Истражувањето исто така вклучува податоци за просечна потрошувачка на електрична енергија која изнесува 6.8 MWh годишно за секое домаќинство од страна на РЕК, МЕПСО и МЖСПП. Наведените податоци (посторни, број на домаќинства и енергетски) во комбинација со методите на истражување резултираат со показатели и индикатори потенцијалите за енергетска автономност која е релевантна за домаќинствата во Македонија.

Темата на истражувањето придонесува кон дефинирање на истражувачките пристапи и методи кои имаат научен придонес. Во рамки на истражувањето развиени се

методолошки пристапи за документирање на покривните површини и квантифицирање на сончевиот и фотоволтаичниот потенцијал од градските средини во Македонија. Постапката на документација и симулација применува податоци од LiDAR технологијата и дигитални алатки. Комбинирањето на двете методолошки постапки овозможува комбинација на просторно-енергетска анализа во која се вклучени геометриските карактеристики на покривните површини за производство на електрична енергија во станбените објекти. Вкрстувањето на просторните и енергетски методи резултираат со податоци од голем обем кои се анализираат преку емпириски методи на истражување. Следствено, просторно-енергетските резултати преку емпириска анализа дефинираат податоци за потрошувачка и производство на електрична енергија кои се неопходни параметри за определување на степенот на енергетската автономност.

Наведените проблеми и теми претставуваат основа за предметот и целите на истражувањето. **Предмет** на истражувањето се покривните површини од градските средини во Македонија, анализирани со цел да се определи сончевиот потенцијал за производство на електрична енергија. Врз основа на предметот е дефинирана главната **цел**: утврдување на степенот на енергетска автономност во градските средини во Македонија како основа за одржливоста во пошироко национално ниво. Предметот и целите го формираат методолошкиот пристап структуриран во три клучни методи: **методи на документација, симулација и емпириски метод** на истражување кои произлегуваат од законските одредби на национално и меѓународно ниво. **Резултатите** претставуваат одговор на применетата методологија кои прикажуваат просторно-енергетски вредности и кои преку емпириска анализа откриваат однос помеѓу производство и потрошувачка на електрична енергија во рамки на анализираниите урбани сегменти. Изборот на анализираниите урбани сегменти е последица од неколку критериуми: позиционирање во климатската зона, типологија на станбено домување, густина на изграденост и демографски параметри преку густина на населеност. Резултатите од анализираниите урбани сегменти покажуваат дека густината на изграденост на покривните површини и густината на населеност преку бројот на станбените единици претставуваат клучни параметри во определување на односот на енергетско производство и енергетска потрошувачка. Добиените податоци покажуваат две својства: поголемо (енергетска автономност) и помало производство на енергија во однос на потрошувачката. Во случај на енергетска автономност, се предлагат две сценарија: предавање на дополнителната енергија во централната електроенергетска мрежа и складирање во батерии. Во случај на помало производство во однос на потрошувачката се предлага дополнителни истражувања со цел да се постигне енергетска неутралност.

2. Преглед на достигнувањата во дадената научна област поврзани со предметот, целите на истражување, работните хипотези и тези

Темелите на предложеното истражување произлегуваат од вкрстувањето на три аспекти: изградениот простор, енергијата и податокот. Овие три категории формираат аналитичка рамка на истражувањето и овозможуваат систематско определување на сончевиот и енергетскиот потенцијал од изградената средина.

Изградениот простор се анализира преку **покривни површини** како основен елемент на архитектонските објекти. Просторниот дискурс е развиен преку географско позиционирање и геореференцирање на покривните површини од градските средини во Македонија. Карактеристично за покривни елементи од изградениот простор се параметрите наклонетиот агол и ориентацијата, кои директно ја условуваат нивната изложеност на сончева радијација. Истражувањето е насочено кон препознавање на квалитетите на изградениот простор од градските средини во Македонија. Иако поимот градски средини има широк опфат на просторни и функционални типологии, истражувањето прави фокус на станбените објекти, односно објектите од семејно домување.

Покрај просторот, енергијата е опфатена како втора категорија од која започнува истражувањето. Поимот **енергија** има широк опфат на значење во контекст на изградениот простор, но во рамки на ова истражување самата енергија е анализирана од аспект на препознавање на просторните потенцијали за производство на електрична енергија. Овој процес опфаќа две нивои:

- **Сончева енергија** која претставува резултат на влијанието на сончевата радијација врз наклонетите покривни површини
- **Електрична енергија** која произлегува од трансформацијата на сончевата во електрична енергија преку фотонапонски системи.

Процесот на производство на финална електрична енергија е условено од гранични параметри на фотонапонски елементи и од нивната ефикасност како системски ентитети кои овозможуваат трансформација од сончева во финална електрична енергија. Истражувањето ја поставува оваа трансформација во поширок контекст на бројни законски документи во поширок правно-институционален контекст: глобалните, европските и македонските законодавни акти кои се опфатени со проблематиката на обновливи извори на енергија. Една од клучните карактеристики на законодавството од областа на енергетиката на државно и меѓународно ниво се однесува на производство на енергија од обновливи извори. Поради се поголемата урбанизација, потрошувачката на електрична енергија е во постојан раст во градските средини. Според тоа проблемите со енергијата неопходно е да се решаваат преку истражување на потенцијалите на изградениот простор, односно преку анализа на потенцијалите на изградената средина како ресурс за локално производство на енергија. Изградената средина или поточно архитектонските објекти претставуваат значаен двигател во препознавање на потенцијалите за производство на енергија. Македонското поднебје со својата поволна географска позиционираност се карактеризира со висок степен на сончева радијација во текот на целата година. Сончевите капацитети претставуваат основа за развивање методолошки пристапи за пресметка на сончевиот и енергетскиот потенцијал.

Третиот темел на истражувањето е податокот кој претставува значаен елемент за прецизна емпириска анализа. Во современите истражувања на изградениот простор брзината, достапноста и точноста на **податоците** влијаат врз методологијата и валидноста на резултатите. Иако податокот теоретски може да се согледа како апстрактна категорија, во аналитички контекст тој добива материјална вредност и претставува просторна интерпретација на просторните и енергетски параметри. Во истражувањето се користат податоци од неколку видови на групи:

- Просторни податоци за документирање на покривните површини. Форматот на податоците е облак од точки кои се добиени како резултат од примена на LiDAR технологија.
- Термодинамички податоци за дефинирање на влијанието на сончевите зраци, обачноста и атмосферските услови
- Енергетски податоци за пресметка на потенцијалите на финална електрична енергија преку ефикасноста на фотонапонски ќелии
- Функционални (демографски) податоци за квантифицирање на бројот на станбени единици според AREC/OSSP порталот од страна на Агенција Катастар за недвижности
- Податоци за потрошувачка на електрична енергија кои се добиени од РКЕ, МЕРСО и МЖСПП (Министерство за животна средина и просторно планирање)
- Аналитички податоци обработени преку алатки за емпириска анализа и визуелизација на податоци.

2.1. Контекст на истражувањето

Идејата на предложеното истражување произлегува од три дефинирани ентитети: архитектонски простор, енергија и податок. Архитектонскиот простор во истражувањето се анализира преку покривните површини од градбите во Македонија. Енергијата е анализирана преку формите на сончева односно примарна енергија и финална електрична енергија. Податоците се анализирани како медиум во документирање и определување сончев потенцијал врз наклонети покривни површини. Во рамки на истражувањето опфатена е анализа на изградени покривни површини во градските средини во Македонија. Покривните површини се составен дел од архитектонската обвивка и содржат специфични геометриски карактеристики како што се наклонет агол и ориентација. Поради својата поставеност, тие се директно изложени на влијание од сончевите зраци. Влијанието на сончевите зраци врз наклонети покривни површини резултира со производство на сончева енергија. Предложеното истражување ги опфаќа пристапите преку кои се определува ова влијание во градските средини во Македонија. Широко дефинираната основа на истражување неопходно е да се анализира преку специфични истражувачки постапки.

Во предложеното истражување се користат податоци од ласерско скенирање кои претставуваат медиум за документација на покривни површини од изградената средина. Податоците од ласерско скенирање се во формат облак од точки, организирани во геореферентен систем што ги прикажува елементите од изградената средина. Облак од точки претставува интегрирана претстава просторот составена од децентрализирани делови и која неопходно е извлекување на геометриските карактеристики од градбите преку следните постапки: геопроектирање, интерполирање и извлекување на облиците од покривните површини. Покрај просторните податоци, во истражувањето се вклучени климатски применливи кои се однесуваат на капацитетот на сончевите зраци и присуството на облачна маса. Вклучување просторни и климатски (сончеви) податоци претставува клучен параметар во истражување на сончев и енергетски потенцијал од изградени покривни површини во градските средини во Македонија. Денес податоците претставуваат референтни ентитети преку кои се возможни трансформативни постапки. На пример, податоците облак од точки претставуваат просторни вредности кои имаат потенцијал за растеризација во форма на растерски модели. Токму растерските модели содржат информации и податоци за сегментите и елементите од градбите кои претставуваат подлога за испитување и квантифицирање енергетски потенцијал од изградените покривни површини.

Елементите од архитектонската обвивка, односно покривните површини во принцип содржат две природи: носечка и контактна (урбан контекст и пејзаж). Сепак, предложеното истражување прави преиспитување на двојноста на покривните површини преку воведување трета природа која претставува термодинамичка категорија. Со други зборови, во истражувањето покривни површини претставува енергетски активни ентитети преку производство на електрична енергија. Покривните површини ги надминуваат витрувијанските категории на *firmitas* и *venustas* и на одреден начин прават редефинирање на идејата на *utilitas*. Утилитарната карактеристика на покривните површини за производство на електрична енергија во временски контекст на денешницата претставува предмет на голем број на легислативни документи во Македонија и надвор од неа. Идејата за производство на електрична енергија во рамки на архитектонскиот објект е во линија со целите за одржлив развој на глобално ниво. Во европски рамки, производство на електрична енергија од ФВ системи претставува предмет на европската директива за перформанс на градбите, европскиот зелен договор и европскиот Баухаус. Во рамки на македонското законодавство производство на електрична енергија од обновливи извори во рамки на архитектонските објекти претставува категорија на следните закони: градење, енергетска ефикасност, енергетика, обновливи извори на енергија. Покрај анализа на законодавството, производство на енергија во рамки на архитектонските објекти претставува предмет на два клучни документи за дисциплината на архитектурата: урбанистички план и основен проект.

2.2. Дефинирање проблем

Проблемската рамка на предложеното истражување произлегува од три аспекти: покривните површини како дел од обвивката на архитектонскиот простор, сончевата (и електрична) енергија и станбените единици како функционален параметар на производството и потрошувачката на електричната енергија. Секоја од овие аспекти содржи специфични предизвици кои го определуваат истражувачкиот проблем.

Првиот проблем се однесува на документирањето на изградени покривни површини и прецизно утврдување на нивната геометрија. Производството на електрична енергија од сончевите зраци повлекува точни податоци за документирање и определување наклонет агол и ориентација на покривни површини. Бидејќи најголем дел од покривните површини се достапни за *in-situ* документирање, постоечките техники за документација и извлекување на геометријата често се соочуваат со ограничување со прецизноста. Дополнителен проблем во однос на покривните површини се однесува на различниот вид материјалност кои предизвикуваат рефлексивни, топлински и енергетски реакции. Исто така, присуството на постоечките инсталациони канали како што се оаци, димни канали, цевките од издушниците на канализационите инсталации значително влијаат на точноста при определување на геометријата на наклонетите покривни површини, особено при изложеноста на сончевите зраци. Влијанијата од околниот контекст (зеленило, соседни објекти и просторни елементи од инфраструктурни системи) дополнително предизвикуваат проблеми со прецизноста при документирање. Наведените ограничувања кои се однесуваат на изградени покривни површини укажуваат на неопходноста од развој на методологија која придонесува кон надминување и решавање од просторен аспект со цел објективна и рационална постапка на документирање.

Покрај проблемите поврзани со покривни површини, во истражувањето е опфатена проблематика со сончевата енергија. Влијанието на сончевите зраци врз наклонетите покривни површини повлекува неколку проблеми кои се однесуваат на пресметка на сончевиот капацитет изразен преку **сончева енергија**. Начинот на квантифицирање на сончевите зраци претставува проблем за кој неопходно е решавање неколку сегменти со

цел добивање целост. Еден од аспектите се однесува на квантифицирање сончеви зраци од директна светлина. Вториот аспект е поврзан со влијанието на облачната маса, која ја променува структурата на светлината и предизвикува појава на дифузна светлина. Третиот аспект се однесува на сенката, која настанува како резултат на влијание на зеленилото и околните објекти. Поставените три проблеми неопходно е да се решат во насока на објективно квантифицирање на влијанијата на сончевите зраци со цел добивање показатели кои придонесуваат кон определување на надворешните влијанија врз покривните површини.

Квантифицирањето на капацитетите од сончева енергија претставува основа за истражување на проблемите поврзани со електрична енергија. **Производството на електрична енергија** од сончевите зраци на наклонети покривни површини најчесто е проблем кој се решава во техничките и инженерските дисциплини, но основните ограничувања се јавуваат во дисциплината на архитектура и изградената средина. Постоечкиот технолошки развој на ФВ системи е домен кој неопходно е да се земе предвид, сепак клучен аспект е како да се решаваат аспектите на просторно позиционирање на покривните површини со цел да се квантифицираат и определат енергетските потенцијали. Од овде се повлекува проблемот на истражување производство на електрична енергија на изградени покривни површини на основа на определување на карактеристиките на граничните параметри на ФВ системи. Овој проблем е директно поврзан со степенот на влијание на технологијата врз квантитетот на електрична енергија. Втор правец на проблемот од електрична енергија е недостаток на јасни просторни детерминанти во определување на енергетскиот потенцијал. Денес при определување производство на електрична енергија од ФВ системи се тргнува од граничните карактеристики на ФВ модули според универзални параметри на ориентација и наклон се предвидува идното производство на енергија. Проблемите со позиционирањето и ориентацијата претставуваат клучни детерминанти во определување просторни карактеристики на секој објект поединечно. На тој начин се утврдува сончевиот потенцијал на основа на кој би се пресметал енергетскиот потенцијал. Наведената проблематика во рамки на предложеното истражување се отвора преку методологија со чија помош се предлага решение за надминување на просторните и термодинамички проблеми.

Покрај просторните и енергетските проблеми, истражувањето опфаќа и проблематика поврзана со квантифицирањето на станбените единици. Како дел од пошироката рамка на истражувањето, се појавува потреба да се утврди точниот број на домаќинства кои се наоѓаат во рамки на анализираните градби. Од овде се повлекува клучен проблем на истражување кој се однесува на начинот на утврдување на бројот на домаќинства од изградените објекти од кои се анализираат покривните површини. Во Македонија постојат ограничувања во однос на достапноста, точноста и конзистентноста на податоците за бројот на станбените единици, како и податоци во однос на потрошувачката на електрична енергија во рамки на домаќинствата. Поради фрагментираноста и достапноста се појавува проблем кој неопходно е да се утврди преку квантифицирање податоци во услови на дисперзираност на информациите и недостаток (недоволен број) на јавно достапни информации и податоци.

Проблемите со станбени единици се однесуваат и на сложеноста на работа со различни типови на податоци преку проблеми поврзани со **анализа на податоци**. Различниот обем и карактер на информации и податоци повлекуваат предизвици во однос на квантитетот и квалитетот на податочната обработка. Како проблем во процесот на анализа на податоци се поставува начинот на емпириска анализа со цел објективно и реално анализирање на параметрите од електричната енергија и просторот. Вториот

правец на проблематиката се однесува на квантифицирањето на параметрите се цел добивање јасни насоки за определување на степенот на енергетска независност.

Наведените проблеми ја дефинираат проблемската рамка на истражувањето и ја нагласуваат потребата од развој на методологија која ќе овозможи интегрирање на просторните, енергетските и емпириските параметри во единствен аналитички модел поврзан со централната тема на истражување.

2.3. Предмет на истражувањето

Предмет на предложеното истражување претставува влијанието на сончевите зраци врз наклонети покривни површини и можностите за производство на електрична енергија преку функционална рамка на станбените објекти. Покривните површини се третирали како клучен елемент на архитектонската обвивка и како критични површини за документирање и термодинамичка анализа на градбите во Македонија. Во рамки на истражувањето е опфатена анализа на **изградени покривни површини** од македонското поднебје. Истражувањето опфаќа просторна анализа на изградени покривни површини во следните македонски градови: Гевгелија, Градско, Неготино, Пехчево и Скопје. Изборот на локацијата и урбаните сегменти од наведените градови е направена врз основа на неколку критериуми: густина на изграденост, климатска зона, населеност според домаќинства и типологија на станбено домување. Просторниот дискурс е развиен врз основа на геопросторна позиционираност и документирање преку податоци во формат облак од точки, добиени од Агенција Катастар на Недвижности. Податоците во формат облак од точки се применуваат за документирање на изградени покривни површини со цел дефинирање на две клучни просторни карактеристики: наклонет агол и правец. Податоците облак од точки се геореференцирани и претставуваат основа на начинот на документирање изградени покривни површини. Постапката на документирање претставува комплексен процес кој започнува со точката како елемент која влијае во резултатите за определување геометриски карактеристики на изградени покривни површини.

Покрај просторниот дискурс, предмет на истражување е влијанието на сончевите зраци врз документираните покривни површини. Во предложеното истражување од аспект на сончевата енергија се анализира **влијание на сончевите зраци** врз наклонети покривни површини во градските средини во Македонија. Влијанието на сончевите зраци е опфатено во две комплементарни насоки. Од една страна, определување и квантифицирање на влијанието на сончевата енергија, а од друга страна определување на енергијата којашто се произведува како резултат на контакт на сончевите зраци врз наклонети покривни површини. Влијанието на сончевата енергија е директно поврзано со аспектите на трансформација во електрична енергија. **Сончевата енергија** која е добиена под влијание на сончевите зраци претставува основа во предметот на истражување за производство на електрична енергија. Кога се зборува за електрична енергија во рамки на покривните површини се подразбира определување на квантитетот за производство на електрична енергија во зависност од технолошките капацитети на ФВ системи. Во зависност од ФВ келии дефинирани се вредностите на процентот на трансформација од сончева во електрична енергија. Најчесто применуваните повеќекристални ФВ келии имаат процент на трансформација од 18%. Во таа насока неопходни се алатки за квантифицирање на енергетскиот капацитет. Со други зборови, предмет во предложеното истражување претставува квантифицирање на електричната енергија како резултат од потенцијалот на сончевата радијација од изградени покривни површини во Македонија.

Покрај просторните, сончевите и енергетски аспекти од изградената средина, во предложеното истражување се опфатени **станбени објекти**. Предмет на истражувањето

од аспект на станбените објекти е фокус на урбани сегменти кои имаат три типологии на домување: кула, блок и куќа. Определување на енергетскиот капацитет од покривните површини е поставен во насока на домувањето. Со тоа се поставува функционалната рамка на истражување каде што произведената енергија е ставена во функција на потрошувачка на електрична енергија во домаќинствата. Во рамки на анализираниите градби од истражувањето во секој објект се уврдува бројот на станбените единици. Во зависност од типологијата на домување произлегува густината на населеност.

Процесот на квантифицирање број на домаќинства е врзан со анализа на податоци и претставува клучен елемент од емпириското истражување. **Емпириската основа** на студијата ги поврзува процесите на документирање покривни површини, определување сончев и енергетски потенцијал, како и квантитет на станбени единици. Идејата за емпирирска анализа подразбира примена на широк обем на податоци од различен квалитет и карактер.

2.4. Пресек на претходни истражувања

Претходните истражувања кои се поврзани со предложената тема вклучуваат широк опфат на теоретски и применети пристапи кои се поврзуваат со податоците, технологиите и енергијата во контекст на покривните површини. Суштината на анализираниите истражувања се состои од методологии за документирање покривни површини, симулација на сончевите зраци и определување енергетски потенцијал. Постоечката научна литература е анализирана преку неколку поврзани теми: геореференцирање, извор и работа со податоци, класификација и интерполација на податоци, производство на електрична енергија и примената во станбените објекти.

Во прегледот на претходни истражувања се опфатени различни извори на литература: научни трудови од списанија и конференции, книги, прирачници, тематски атласи, технички стандарди како и публикации од електронски платформи. Пристапот до анализираниата литература е обезбеден преку универзитетски библиотеки, академски репозиториуми, комерцијални бази на трудови (на пример ScienceDirect), издавачки куќи (на пример Birkhauser), како и електронски списанија од областа на обновливи извори на енергија (на пример PV magazine). Покрај литературата, составен дел од прегледот опфаќа анализа на софтверски алатки кои имаат интегрирано стандарди во научните истражувања. Пример се посочува примена на софтверите ArcGIS и PVGIS кои како платформи имаат капацитети за обработка на голем обем на податоци преку научните пристапи на далечинско сондирање просторни податоци. Наведените софтверски алатки се клучни за анализа на просторните податоци, симулација на сончевата радијација и анализа преку квантифицирање на производството на електрична енергија.

Структурата на поглавјето е поделено во неколку единици кои започнуваат со теоретски основи се до примена на енергетските анализи во станбените објекти. Во првиот сегмент е опфатена анализа на производството на електрична енергија преку централизирани и децентрализирани енергетски системи. Анализа на претходните истражувања вклучува податоци и техники за документирање на изградени покривни површини. Просторните анализи се неопходни во деловите за определување сончев, фотоволтаичен и енергетски потенцијал од изградените покривни површини. Процесот на производство на електрична енергија во рамки на покривните површини е во директна зависност од вертикалната хиерархија на фотонапонските ентитети: ФВ системи, ФВ панели и ФВ келии. При определување на енергетските капацитети се вклучени голем обем на податоци кои се рационализираат и структурираат во визуелни дијаграми применливи за емпириски истражувања. Завршниот дел ги обработуваат препознаените недостатоци во претходните истражувања.

Поставената анализа од претходните истражувања обезбедува преглед кадешто секоја тематска целина е систематизирана. Дополнително секоја поединечна тема е поврзана со централната тема на трудот за определување сончев, фотоволтаичен и енергетски потенцијал од покривните површини преку современи дигитални методологии.

2.4.1. Енергетски системи

Изворите на енергија претставуваат значајна одреденица во дефинирање на системот на производство и дистрибуција на електрична енергија. Наведениот процес е во директна зависност од видот на енергенси. Во моментот кога се произведува енергијата неопходна е дистрибуција до потрошувачките единици. Во рамки на истражувањето, електричната енергијата е анализирана од аспект на дистрибуција до станбените единици. Во принцип, постојат два вида на енергетски системи: централизирани и децентрализирани. Анализа на постоечките енергетски системи од тематски и проблемски аспект според изворите на енергија во насока на производство на дистрибуција на финална електрична енергија се широко истражени од страна на (Hegger, 2008). Во истражувањата се опфатени енергетските системи на светско ниво. Во национални и регионални граници, производството и дистрибуција на електрична енергија претставува предмет на истражување. Во истражувањата од страна на (Хартман *et al.*, 2011) претставен е пресек на системите за производство и дистрибуција на електрична енергија на основа на сончевата енергија во Македонија. Истражувањата од страна на (Хартман *et al.*, 2011) вклучуваат разграничување на системите за ФВ-постројки на два вида: островски и времезени. Островски ФВ системи се дефинирани како усогласување помеѓу потрошувачката на енергија и енергетскиот принос. Во истражувањето се посочува дека во случај кога енергетскиот принос е повисок во споредба со енергетската потрошувачка, тогаш се користат системи за складирање на вишокот на енергија како што се батериите. Од друга страна, кај вмрежени ФВ системи производството на вишокот на енергија е спроведено преку централната енергетска мрежа. Како идни проекции се посочува дека во наредните 40^{тина} години ФВ системи ќе покријат една третина од снабдувањето електрична енергија. Од друга страна, вмрежени ФВ системи претставуваат поврзување на технологијата на ФВ со централна енергетска мрежа за снабдување електрична енергија. Покрај истражувањата на енергетските системи од научен аспект, голем број на институционални и меѓународни организации изготвуваат истражувања поврзани со енергетските системи. На пример, Светската енергетска заедница редовно изготвува извештаи за производство и дистрибуција во рамки на енергетските системи на светско ниво. На регионално ниво или поточно на ниво на Југо-источна Европа функционира Енергетска Заедница кога ги таргетира земјите-членки во процесот на пристапување во ЕУ. Голем број на законски и легислативни документи Македонија ги има имплементирани на основа на препораките од страна на Енергетската Заедница. На национално ниво, министерство за животна средина и просторно планирање, секои две години изготвува извештаи кои се однесуваат на енергетски индикатори. Во рамки на извештаите се посочуваат различни критериуми и показатели поврзани со производство и потрошувачка на електрична енергија. На пример, производство на електрична енергија е опфатено од различни видови на енергенси (фосилни горива, обновливи извори), како и потрошувачката на електрична енергија според различна типологија на намени (домување, индустрија, транспорт итн.).

- Централизирани системи

Главна карактеристика на централизирани системи претставува производство и дистрибуција на електрична енергија во пошироки размери. Производството на електрична енергија во рамки на централизираните системи се карактеризира со

доминантни центри за производство на голем капацитет на енергија како што се: нуклеарни реактори, термо-централи, широк опфат на ветерници и соларни централи. Во насока на големината во размерноста, дистрибуцијата се одликува со големи размери кои најчесто зафаќаат енергетско времежување територија на една држава. Централната енергетска мрежа на национално ниво претставува мрежен систем за обезбедување електрична енергија во различни сегменти од општеството: домаќинства, јавен сектор, транспорт, индустрија, земјоделство итн. При дистрибуција на електричната енергија во централната енергетска мрежа доаѓа до големи енергетски загуби и повремени прекини во мрежата. Од тие причини потребни се значителни трансмисиони инфраструктурни системи за намалување загуби. Организирање на енергетските системи во централизиран тип влијае врз животната средина, трансмисијата и технологијата. Во зависност од изворите на енергија се применуваат фосилни и обновливи извори. Примена на фосилните извори значи исцрпување кое потребно е долго време на одново-создавање на енергенсите кое трае и по илјадници години. Од друга страна, централизираните системи од обновливи извори на енергија повлекуваат големи просторни барања како што се широк опфат на земјиште и територија. Исто така, потребна е технологија која ги врамнотежува големите енергетски оптеретувања. Сепак, централната енергетска мрежа има поволни економски карактеристики преку тоа што крајните единици како што се домаќинствата имаат мали трошоци за користење на енергијата. Во примерот на централизираните енергетски системи од видот на соларни централи за производство на енергија се препознаваат концентрација на ФВ модули на една локација која е најчесто надвор од градските средини, поставени на територијални пространства. Нивната концентрираност е директно поврзана со географската широчина која значително влијае во позиционираноста на системите во однос на сончевите зраци. Централизираните соларни системи претставуваат консолидирани инсталации кои лесно се управува во концентриран систем. Од економски аспект, производството на енергија е во голем обем со релативно краток временски период за повраток на инвестицијата. Сепак од аспект на животната средина овие системи предизвикуваат значителни проблеми како што се: поставување земјоделско земјиште, подлежност на временските услови и влијанието на тешките метали во контаминација на почвата.

- Децентрализираните системи

Главна карактеристика на децентрализираните енергетски системи претставува производство на електрична енергија во близина до точката на потрошувачка на енергетските единици. Доколку во централизираните системи производството на електрична енергија е концентрирано во рамки на големи производни системи (реактори, термоцентрали, соларни системи итн.) кај децентрализираните системи се појавува вмрежена матрица на неповрзани точки кои произведуваат релативно мал степен на електрична енергија во рамки на мали единици како што се домаќинствата. Значајни истражувања за типологијата и начинот на имплементирање на децентрализираните системи се среќаваат во истражувањето од страна на (Hegger, 2008, chapter: decentralized systems). Во однос на размерот, децентрализираните системи претставуваат модуларни системи кои се со релативно мали димензии. Примена на овој вид на системи се препознава преку следните практични примери: покривни ФВ системи, соларни заедници, како и микро мрежи. Производството на енергија од децентрализираните системи како позитивна карактеристика се наведува флексибилност и адаптабилност. Кога се зборува за овие две карактеристики во однос на изградената средина е тоа што нивното позиционирање во населените места. Децентрализираните енергетски системи се применливи за мали енергетски заедници како што се домаќинствата, маалски заедници, општествени објекти и друг вид на општествени здружувања. Самиот поим децентрализираните сугерира намалена зависност од

енергетските трансмисиони мрежи при што се намалува ризикот од прекини поради самата природа на системите. Од економски аспект, карактеристично е намалување на трошоците за енергетска потрошувачка на енергетските единици. Сепак, децентрализираните системи имаат предизвици на имплементирање кои се поврзани со високите трошоци за воспоставување и инсталирање на овие системи, како и начинот на управување со децентрализираната мрежа.

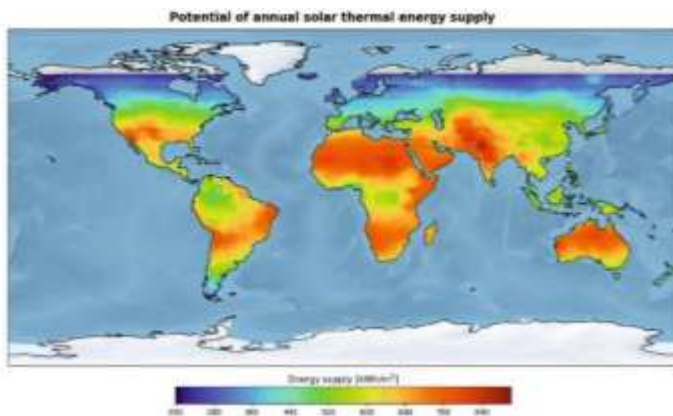
Децентрализираните енергетски системи доколку се анализираат од аспект на архитектурата, во тој случај се во доменот на активни системи на архитектонската обвивка. Активниот концепт претставува интегрирање во рамките на покривните и фасадните површини од архитектонските објекти кои стануваат елемент за производство на електрична енергија. Најчесто овие стратегии се врзуваат со децентрализираните енергетски системи, сепак со либерализација на пазарот на енергијата, ФВ системи од архитектонската обвивка стануваат елементи за производство на електрична енергија која вишокот го предава на централната енергетска мрежа.

Покрај системските истражувања во рамките на децентрализираните системи за производство и дистрибуција на енергија, во постоечката литература се среќаваат и теоретски пристапи. Предмет на истражување од страна на (Zhu *et al.*, 2023) претставува развој на сончев град преку шест интегрирани модули: сончева радијација, просторни структури, просторно-временска анализа за дистрибуција на сончева енергија од просторни елементи, планирање соларни ФВ системи, влијание на сончевите зраци во различни урбани системи и последиците од социо-економски аспекти кои се поврзани со животната средина.

2.4.2. Геореференцирани истражувања

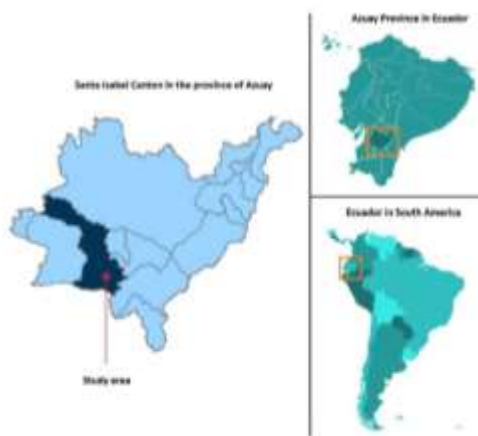
Идејата за истражувања кои се геореференцирани се поврзани со процесот на работа со податоци. Постапката на далечинско сондирање просторни податоци вклучува голем обем на информации кои повлекуваат географско референцирање. Врзувањето на податоците со конкретна географска област или подрачје овозможува истражувањата директно да се поврзат со предметот на анализата. Најчесто, географски референцираните истражувања се однесуваат на две нивоа: национални (во рамки на државата) и урбани (во рамки на град). Примена на ГИС (геоинформациони системи) системите во претходните истражувања се однесува на определување на сончевите влијанија врз архитектонските објекти. Во случај на анализирани примери, геореференцираноста е широко применувана во квантифицирање на влијанието на сонцето врз наклонети покривни површини. ГИС системите имаат клучна улога во развој на алатките за симулација на сончевата енергија и дистрибуција на енергетските системи. Во тој процес вклучени се податоци од различен вид и различен карактер како што се: тематски мапи, спектрални дијаграми и графички прикази во кои се опфатени топлинските влијанија. Геореференцираноста на податоците се применува за определување сончев и фотоволтаичен потенцијал на покривните површини од повеќе размерности: светско, национално и градско.

Претходните истражувања од страна на (Molnár, Ürge-Vorsatz and Chatterjee, 2022)

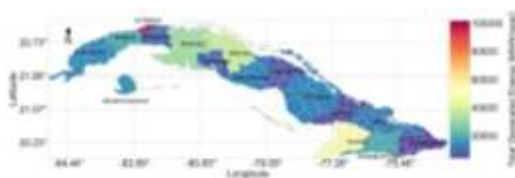


Слика 1- Геореференцирани истражувања на светско ниво од страна на (Molnár, Ürge-Vorsatz and Chatterjee, 2022)

претставуваат геореференцирано истражувње во светски рамки. Во истражувањето се опфатени покривни површини на 11 региони во различен дел од светот. Поради широкиот размер на истражување, податоците за геопросторна анализа вклучуваат сателитски снимки. Применетите извори на податоци претставуваат модел со висока резолуција за гео-просторна енергетска анализа за определување корисна покривна површина од анализираните региони. Во рамки на истражувањето се вклучени следните видови аналитички постапки за производство на електрична енергија: просторни, географско-топографски и временски. Од добиените резултатите се заклучува дека покривните површини од архитектонските објекти на Блискиот Исток, Јужна и Пацифичка Азија имаат поволна географска позиција, со тоа и поволна изложеност на сончевите зраци за производство на енергија од ФВ системи.



Слика 2- Геореференцирани истражувања на национално ниво на Еквадор од страна на (Idrovo-Macancela et al., 2025)



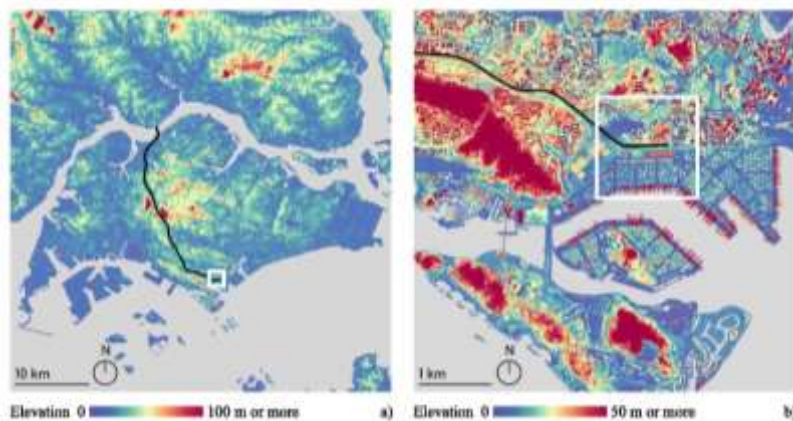
Слика 3- Геореференцирани истражувања на национално ниво на Куба од страна на (Soto Calvo and Lee, 2025)

фотоволтаичниот потенцијал развиена од страна на (Idrovo-Macancela et al., 2025). Во рамки на истражувањето опфатени се објектите од изградената средина на национално ниво на екваторските подрачја во урбаните средини во Еквадор. Во слична насока, трудот на (Soto Calvo and Lee, 2025) е географски насочен кон територијата на Куба,

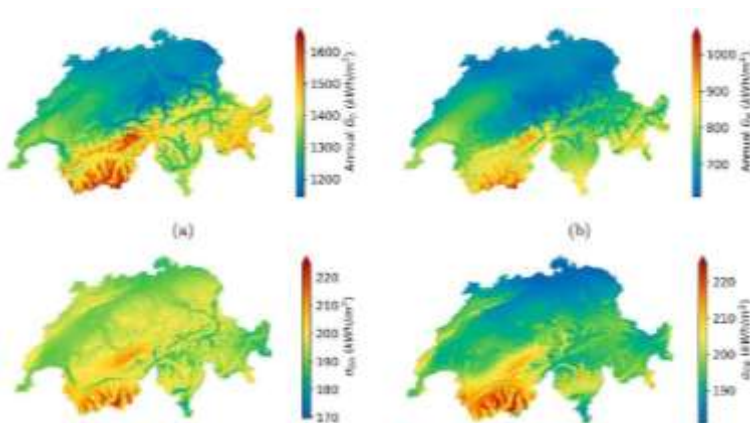
Геореференцираните истражувањата во национални рамки во насока на определување сончев и ФВ потенцијал најчесто со врзуваат со развојни и економски политики. Прв пример се посочува преку интегрирање ФВ системи на станбени објекти во Австралија (Zander et al., 2019). Предмет на истражувањето претставува анализа на влијанието на државните и федералните политики за ко-финансирање на постоечките развојни програми. Слични истражувања кои вклучуваат геореференцирање на податоците за определување на енергетските капацитети во насока на развојните програми се опфатени во: Јапонија, САД и бројни држави во Европа. Втор пример за геореференцирано истражување на национално ниво е трудот од страна на (Lemay, Wagner and Rand, 2023). Во рамки на истражувањето опфатени се сегашните состојби и идниот потенцијал за примена на сончеви системи на изградените покривни површини во САД. Геореференцираноста и термодинамичката природа на истражувањето се врзани со климатскиот контекст на одделни држави. Трет пример се посочува методологијата за определување на сончевиот и

каде што е направена анализа на сегашната состојба во определувањето на сончевиот потенцијал и се развиени шест сценарија врз основа на променливите параметри кои влијаат врз технологијата на фотоволтаични системи. Друг пример на геореференцирани истражувања на ниво на цела држава се посочува од страна на (Walch *et al.*, 2020) кое претставува определување сончев потенцијал на национално ниво на Швајцарија. Наведеното истражување содржи значителен квалитет на архитектонските објекти, односно во истражувањата се вклучени сите објекти во Швајцарија, или поточно 9,6 милиони објекти.

Покрај истражувањата во национални рамки, значаен дел од литературата опфаќа и географски ориентиран истражувања на ниво на **градски средини**. На пример,



Слика 5- Геореференцирани истражувања на градско ниво преку примерот на Сингапур од страна на (Urech, Mughal and Bartesaghi-



Слика 4- Геореференцирани истражувања на национално ниво на Швајцарија од страна на (Walch *et al.*, 2020)

2023) претставува интегрирање ФВ системи во рамки на покривните површини на градот Торино. Во истражувањето се опфатени голем број на архитектонски објекти, вклучувајќи сите архитектонски објекти доминантно од домување, со исклучок на монументалните објекти, религиозните и кулите. На крај, предмет на истражување од страна на (Aboushal, 2018) претставува градот Александрија. Во истражувањето направена е анализа за оптималниот избор на ФВ системи за интегрирање во рамки на градот, исто така истражувањето вклучува и анализа за видот на ФВ системи според геометријата и позиционираниоста на објектите.

истражувањата од страна на (He *et al.*, 2024) претставува анализа на развојни процеси во Германија преку процена на капацитетите за производство на електрична енергија од покривните површини во градските средини. Сличен пример се посочува истражување од страна на (Lambarki *et al.*, 2025) каде што акцентот е ставен на градот Надор во Мароко. Во истражувањето се идентификуваат стратешки места за поставување ФВ системи со цел да се утврди енергетскиот потенцијал на урбано ниво. Дополнително, (Urech, Mughal and Bartesaghi-Koc, 2022) во своите истражувања применуваат методологијата на далечинско сондирање просторни податоци во рамки на градот Сингапур, што претставува уште еден пример за географско референцирање на урбаното ниво. Друг пример од страна на (Massano *et al.*,

2.4.3. Начин на прибирање просторни податоци

Податокот претставува основен елемент во истражувањата на изградената средина. Изворот на податоците се поврзува со термодинамичките и просторните истражувања од изградената средина. Во пресек на претходните истражувања на прибирање на податоци се опфатени следните видови на извори: сателитски снимки, ортофотографии, облак од точки, комбиниран вид на податоци, области со ограничен вид и пристап на податоци, како и јавно достапни податоци. Изворот на податоци кои е анализиран во ова



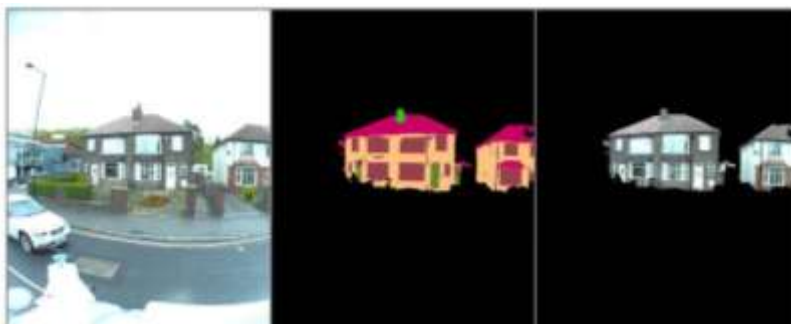
Слика 6- Сателитски снимки како основа за истражување на изградената средина од страна на (Abujaayab et al., 2023)

сателитски снимки (тип Sentinel-1 и Sentinel-2). На основа на податоците од сателитско снимање создадени се растерски DSM модели кои се сегментирани во ортогонална мрежа од 10m. Поради обемот на податоци применета е методологија на автоматско процесирање на сателитските снимки од кои извлечени се геометриските карактеристики од градбите и покривните површини.

Покрај сателитски снимки, во пресек на досегашните истражувања се применуваат **фотографии и ортофотографии** како основа за документирање на покривните површини.

(Kolibarov et al., 2022) применува фотографии и ортофотографии во документирање покривни површини.

(Idrovo-Macancela et al., 2025) применува фотографии добиени од беспилотно летало за дефинирање на геометриски податоци од покривните површини. Постапката на документирање со дрон е со поставеност 100m од тлото, при што добиените податоци имаат прецизност од 3,5cm и густина на точките од снимка со дрон од 71 точка/m². Фотографијата како извор на информации претставува основен податок во



Слика 7- Фотографии како основа за истражување на изградената средина од страна на (Ward et al., 2023)

поглавје претставува пред сè начинот на прибирање на податоци за дефинирање на просторните карактеристики на градбите и климатските карактеристики за влијанието на сончевите зраци со цел определување на сончев и енергетски потенцијал.

(Abujaayab et al., 2023) користи **сателитски снимки** како основа за добивање на гео просторни податоци за извлекување на покривните површини.

(Li, Matgen and Chini, 2025) на сличен начин применува

истражувањата од страна на (Ward et al., 2023)

пренува фотографии за документирање на постоечките градби од истражувањето.

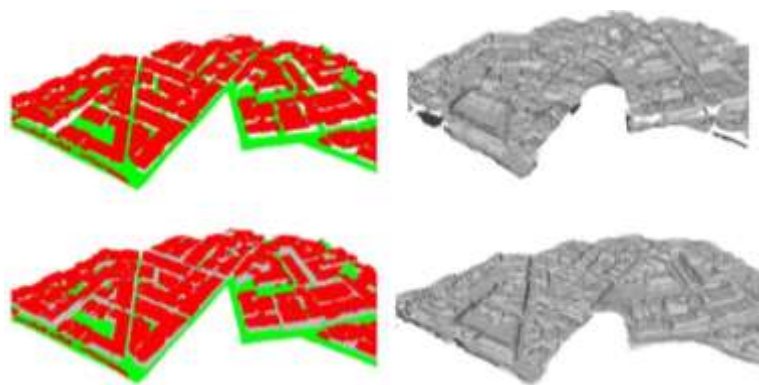
Фотографиите се направени од самите автори и претставуваат основа во документирање на објектите при што се добива просторна геометрија.

(Yu *et al.*, 2025) во истражувањата вклучува фотографии преземени од улично ниво од страна на алатката (Google Street View). Сликите се трансформираат во орто фотографии, при што се врши откривање и параметризација на прозорските отвори. Применетата постапка резултира со ниво на деталност LoD3 на дигиталните модели од архитектонските објекти.

Наведените примери за извор на податоци се однесуваат во насока на определување на геометријата на изградената средина, како и определување на сончев потенцијал. Сепак, изворот на податоци се применува и при анализа и надзор (мониторинг) на постоечката состојба на ФВ системи и изградената средина. Фотографиите претставуваат значаен извор во постапката на дефинирање на фотограметрија од каде се извлекуваат просторни податоци во форма на облак од точки.

(Cardoso *et al.*, 2024) применува беспилотно летало за добивање на податоците или поточно фотографиите. Истражувањето претставува надзор (мониторинг) на постоечките ФВ центри. Значењето на истражувањето е начинот на добивање на податоци од беспилотно летало (дрон) од каде се дефинира постапката на фотограметрија од која се добиваат облак од точки и ортофотографии. Придонесот во истражувањето е во два сегмента. Во првиот сегмент е создавање на просторни модели на основа на термовизиска камера со висока резолуција (висок квалитет) кои придонесуваат кон документирање на постоечките објекти, особено разграничување помеѓу објект и ФВ систем. Вториот придонес претставува препознавање на поединечните ФВ модули во просторна поставеност во однос на ориентираната наклонета површина. Дополнително во истражувањето е наведена можноста за реплицирање во различни сценарија од изградената средина. Добиените податоци се со висока прецизност. Напредокот во истражувањето е во насока на автоматски процес за детален надзор на ФВ системи, постапка која е во доменот на далечинско сондирање на просторни и енергетски податоци.

Примена на ласерското скенирање од LiDAR технологијата резултира со просторни податоци од **облак од точки** кои се врзуваат со геометријата на покривни површини и енергетскиот потенцијал. Податоците во формат облак од точки се применуваат во различни видови на документирање на изградената средина. Облак од точки како податок претставува основа за определување на сончев катастар (Mahir *et al.*, 2025). Во



Слика 8- Податоци облак од точки како основа за истражување на изградената средина од страна на (Romanengo, Falcidieno and Biasotti, 2024a)

истражувањето од страна на (Romanengo, Falcidieno and Biasotti, 2024a) применети се облак од точки со цел документирање на покривни површини. Во истата насока, при тоа на основа на добиените податоци од облак од точки од страна на локални административни тела на општина Надор, Мароко документирани се покривните површини (Lambarki *et al.*, 2025). За целите на

истражувањето, пристап до податоците се добиени по барање од страна на авторите поради тоа што податоците не се јавно достапни. Форматот на добиените податоци е во формат .LAS и квалитет, т.е. густина на точки изнесува $0,8/m^2$. Квалитетот директно влијае на точноста при што облакот од точки изнесува 7-16cm и планиметричка точност

5-37cm. Слични истражувања се спроведени од страна на (Ramafikeng, Ajayi and Adeleke, 2025) каде што на основа на облак од точки добиени се растерски DSM модели.

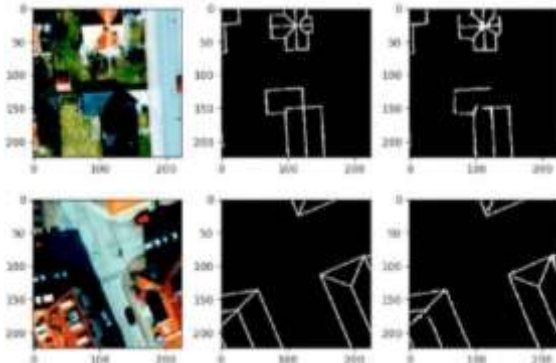
Начинот на документирање на покривните површини и определување на сончев потенцијал не е секогаш од единечен извор на податоци. При комбинирање на **податоците од различен извор** најчесто се комбинираат: фотографии, сателитски снимки и облак од точки. Во истражувањето од страна на (Brooks *et al.*, 2015) вклучени се четири вида на податоци: ортофотографии, LiDAR облак од точки, урбанистички планови (основа од објекти) и подлоги од патна инфраструктура- податоци кои се добиени од страна на јавно достапните административни тела на општина Нанмио во Канада. Друг пример на повеќе извори се посочува комбинација со податочни системи на национално и европско ниво кај истражувањето од страна на (Agathangelidis *et al.*, 2025). Во рамки на истражувањето се вклучени различен вид на податоци: растерски модели, сателитски снимки, климатски податоци и подлоги од катастарски и урбанистички планови. Сепак, најчест начин на комбинирање на податоците претставува орто фотографија и облак од точки (добиени од LiDAR технологијата) присутни во истражувањата од страна на (Lingfors, Johansson and Lindahl, 2025), (Yao *et al.*, 2025) и (Li *et al.*, 2024). Понатаму, основа за документирање на архитектонските објекти во истражувањето од страна на (Molnár, Ürge-Vorsatz and Chatterjee, 2022) вклучува три вида на податоци: растерски, сателитски и катастарски. На основа на трите вида на податоци, при тоа со примена на алатки за геопроектирање и програмирање извлечени се карактеристиките од покривни површини: наклонет агол и ориентација. Од овде дополнително се филтрирани покривни површини за интегрирање ФВ системи. Друг вид на истражувања за податоци од различен извор се посочува од страна на (Mewes *et al.*, 2017). Просторните податоци се добиени од катастарски подлоги, додека пак климатски податоци се добиени од страна на метеоролошки и хидролошки институт на град Стокхолм (SMHI- Stockholm's Meteorological and Hydrological Institute). Наведените податоци се основа за документирање на анализираните објекти од студијата на случај од истражувањето.

Во одредени случаи како што е истражувањето од страна на (Sheng *et al.*, 2025) поради **ограничен пристап на податоци** од градските средини се применува широко достапните податоци од страна на повеќе платформи од интернет.

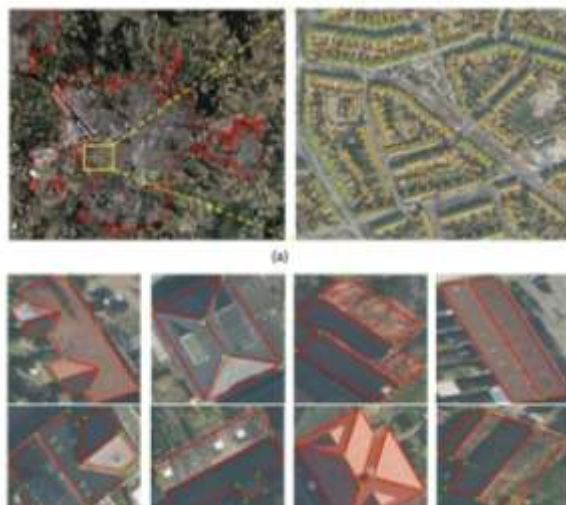
Во пресек на претходните истражувања се вклучени примери во кои се применуваат **јавно достапни податоци**. Во истражувањето од страна на (Skeie *et al.*, 2025) вклучени се единствено податоци кои се јавно достапни од различни институции во Норвешка од следните видови: потрошувачка на енергија во однос на час (достапни јавно од норвешка енергетска индустрија), национална статистика за користење на енергија и транспорт, податоци од архитектонски објекти, детални геореференцирани податоци од изградени објекти, височина на објекти, податоци за технологии за греење, климатски податоци за симулација. Сепак, во одредени истражувања локациите се во различни држави или континенти како што е случајот со (Rađen *et al.*, 2024). Во двете студии на случај се применуваат јавно достапни податоци од Холандија и САД. Понатаму, во истражувањето од страна на (Massano *et al.*, 2023) се применуваат јавно достапни податоци од општина Торино. Во истражувањето се опфатени следниот вид на податоци: катастарски мапи (во рамки на граница на опфат, информации за сопственоста и намената на објектот). Како дополнителен извор на податоци се посочува геометријата од архитектонските објекти која е директно достапна од изворите на податоци од општината: мрежни, линијски и облак од точки. На основа на достапните податоци се изработува растерски (DSM) модел во кој се вклучени: висока резолуција, точниот наклон и препознавање на просторните елементи од покривите како што се инсталациони системи. Следува истражувањето од страна на (Walch *et al.*, 2020) во кое

применети се јавно достапни податоци од Швајцарија. За таа цел применета е техника на далечинско сондирање на податоци во голем обем со цел висока прецизност и во висока резолуција за определување на енергетски потенцијал. Во рамки на истражувањето се комбинираат следните податоци: метеоролошки, просторни и DSM модели со различна резолуција и различен просторен опфат. Од метеоролошки аспект применети се следните видови податоци: податоци за сончева радијација кои се добиени во комбинација со податоци од сателитско снимање и климатски податоци. Додека од просторен аспект применети се следните податоци: катастар на изградени објекти на национално ниво на Швајцарија (LOD 2) со наклонет агол на покривни површини и ориентација и површина на покрив. Во истражувањето се вклучени сите објекти на територија на Швајцарија. На основа на просторни податоци добиени се следните растерски модели: DSM податоци од LiDAR технологија со резолуција/квалитет (2×2 m² и $(0,5 \times 0,5)$ m²).

Во истражувањето од страна на (Memme, Fossa and Rousse, 2025) опфаќа **податоци за производство и потрошувачка на енергија од ФВ системи** во повеќесемејни станбени објекти. За целите на истражувањето се применуваат податоци за потрошувачката на електрична енергија за секоја станбена единица. Податоците од секое семејство се документирани со помош на уред наречен „smart electric meter“ кој е интегриран во анализираните станбени единици во Рига, Латвија. Податоците за потрошувачката на енергија варираат од час, ден, месец се до година. Како дополнување на анализата на потрошувачката на енергија се вклучуваат различен вид на електрични апарати кои се применуваат во секое домаќинство.



Слика 9- Ортофотографии како основа за документирање на покривните површини според (Kolibarov et al., 2022)



Слика 10- Документирање на покривните површини според (Zhao, Persello and Stein, 2022)

2.4.4. Документирање на покривните површини

Документирање покривни површини претставува клучна методолошка постапка во истражувања сончев и фотоволтаичен потенцијал на изградената средина. Во литературата се издвојуваат повеќе пристапи базирани на различни извори на податоци, меѓу кои се фотографиите, облак од точки, како и примена на машинско и длабоко учење.

- Документирање на основа на ортофотографии.

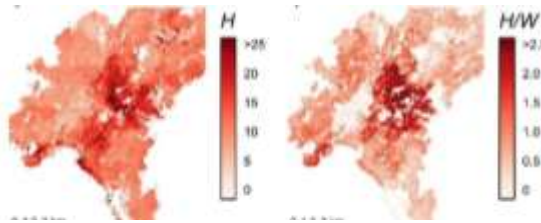
Врз основа на ортофотографии, (Kolibarov et al., 2022) развива метод на длабоко учење насочен кон семантичко сегментирање на покривни површини. Постапката овозможува документирање на целината, како и на поединечни наклонети површини. Резултатот е извлекување на геометрија од покривните површини со ниво на деталност LoD2.

- Документирање на основа на машинско и длабоко учење

Покрај ортофотографиите како извор на податоци за документирање на покривни површини се применува постапката на делечинско сондирање на просторни податоци во



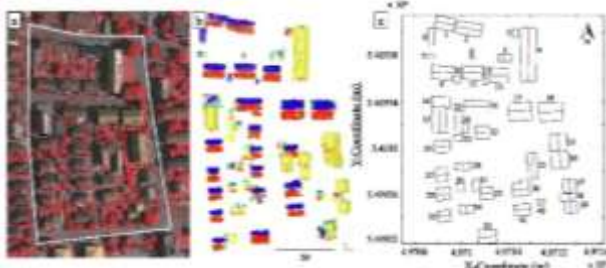
Слика 11- Документирање на покривните површини според (Абујауаб et al., 2023)



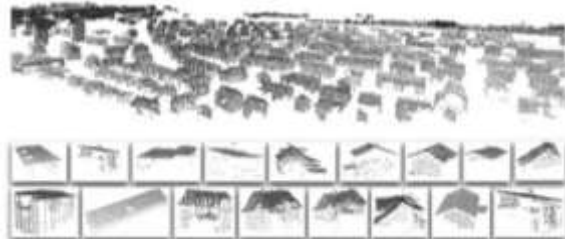
Слика 12- Метод на машинско учење за документирање изградени покривни површини според (Агатаџелидис et al., 2025)



Слика 13- Документирање на покривните површини според (Lingfors, Johansson and Lindahl, 2025)



Слика 14- Документирање на покривните површини според (Martín-Jiménez et al., 2020)



Слика 15- Документирање на просторни облици според (Liu et al., 2024)

доменот на **машинско и длабоко учење**. Во истражувањето на (Agathangelidis *et al.*, 2025) се применуваат три пристапи за документирање на градски средини: ГИС податоци класифицирани за добивање на височина, метод на далечинско сондирање преку класификација и сегментирање на сателитски снимки, и хибриден метод кој ги комбинира првите два за поголема точност и достапност. Овие постапки се користат за испитување на идни климатски сценарија и справување со климатските промени. Од друга страна, определување на геометриските карактеристики на покривните површини во истражувањето (Абујауаб *et al.*, 2023) интегрираат алгоритам за машинско учење за прецизно разбирање на сателитските снимки. Податоците се обработуваат преку два пристапи: објектно и пикселно сегментирање, со користење на методи на машинско учење. Резултатите обезбедуваат висока прецизност во дефинирањето на основите на објектите. Во таа насока, постапката на длабоко учење за семантичко сегментирање на изворот на податоци е применета во истражувањето од страна на (Li *et al.*, 2024) при комбинација на ортофотографии со висока резолуција. Постапката на семантичко сегментирање е составен дел од методите на длабоко учење од каде се извлекуваат поединечни просторни елементи при тоа се групираат во заеднички категории. Во истражувањето ортофотографиите се основа за извлекување на поединечни карактеристики од покривните површини како што се: камен, керамида, прозорец итн. Дополнително, методот структурирање невронски мрежи се применува за извлекување на покривните линии врз основа на снимки со примена на техниката далечинско сондирање на податоци (Zhao, Persello and Stein, 2022). Постапката се состои од два модули: модул за повеќезначно учење и модул за релативно резонирање.

- **Документирање на основа на облак од точки**

Во процесот на документирање изградени покривни површини се применуваат податочни системи во формат облак од точки. Претходните истражувања на документирање на покривните површини на основа на облк од точки вклучуваат широк

опфат на пристапи. На основа на **облак од точки** развиена е методологија на генеративен модел кој ја предвидува просторната геометрија во истражувањето од страна на (Liu *et al.*, 2024). Постапката вклучува развивање од облак од точки во просторна геометрија. Во рамки на истражувањето се предлага модел на „учење“ од облакот од точки со цел да се надминат грешките и да се потврди прецизноста при развивање на геометријата од архитектонските објекти. Понатаму, истражувањата од страна на (Lingfors, Johansson and Lindahl, 2025) применуваат податоци од облак од точки како основа за документирање на изградени покривни површини користат извор на LiDAR податоци од страна на институциите во Шведска. Податоци се со резолуција 1-2 точки/m² кои се ажурирани на секои 7 години. Податоците се делумно претходно класифицирани во следните категории: low point (noise), highpoint (noise), вода, мостови, точки од тло и некласифицирани точки. На основа на некласифицираните точки извлечени се информации за архитектонските објекти. Трет пример се посочува истражувањето со отворени податоци и како тие можат да се применат за извлекување на информации за изградените објекти со цел развојна рамка за документирање на градските средини преку геореференцирани визуелизации (Skeie *et al.*, 2025). Во истражувањето се применува облак од точки и развој на методологија на извлекување на геометрија на архитектонски објекти со цел создавање на просторни модели кои интегрираат енергетски податоци. Четврт пример, истражувањето на (Pađen *et al.*, 2024) комбинира облак од точки со основа од објект за создавање модели со повеќе нивоа на деталност (LoD1,2, LoD1,3, LoD2,2). Постапките вклучуваат сегментирање, поделба и оптимизација на покривните површини, како и нивно интегрирање во просторен модел. Документацијата е тестирана во Холандија и САД, при што се постигнува автоматизирано моделирање со точност од 95% и 90% соодветно, во согласност со ISO 19107 стандардот.

Петти пример, во истражувањето од страна на (Martín-Jiménez *et al.*, 2020) вклучува методологија на автоматско комбинирање на облак од точки (од LiDAR технологија) со ортофотографски податоци на процесирање со цел геометриско карактеризирање на покривните површини. Со примена на методологијата се определува геометријата на покривот, наклонот со цел пресметка на сончев и фотоволтаичен потенцијал. На крај, најголем дел од постапките на извлекување на геометриски и нумерички карактеристики на покривните површини е на основа на облак од точки присутен во следните истражувања: (Idrovo-Macancela *et al.*, 2025), (Lambarki *et al.*, 2025), (Martín-Jiménez *et al.*, 2020).

- Процес на класификација и интерполација при документирање покривни површини

Изворот на просторни податоци повлекува примена на постапки за класификација и интерполација со цел документирање на покривните површини. Со цел препознавање на покривните површини, потребна е **постапка на класификација**. Во истражувањето од страна на (Idrovo-Macancela *et al.*, 2025) во кое се опфатени определување на фотоволтаичен потенцијал од покривни површини класифицирани се облак од точки кои се добиени од снимање со беспилотно летало. Во истата насока, истражувањето од страна на (Yao *et al.*, 2025) применува класификација на просторни податоци (од видот ALS) во насока на извлекување на геометријата од урбаните средини со цел симулација



Слика 16- Класификација на просторни податоци за документирање на кровни површини според (Adam *et al.*, 2023)

на влијанието на сончевите зраци. Постапката на класификација се применува во видливоста на ФВ системи во градски средини кои се составен дел од светско

културно наследство (Soha, Sugár and Hartmann, 2024). Методологијата на класификација се применува при разграничување на облакот од точки во дефинирање различен степен на деталност при моделирање на покривните површини (Romanengo, Falcidieno and Biasotti, 2024b). Во пресек на досегашните истражувања најчест начин на примена на постапката на класификација (Lambarki *et al.*, 2025) е при филтрирање на облакот од точки во компјутерскиот софтвер ArcGIS со цел просторно и растерско моделирање на покривните површини. Сепак, методологијата на класификација на просторни податоци (Adam *et al.*, 2023) се применува при сегментирање на просторни мрежи (3D meshes). Во тој процес при семантичко сегментирање се извлечени поединечни просторни елементи од слеана геометрија со цел извлекување на поединечни класи и категории од просторните елементи како што се покривните површини.



Слика 17- Интерполација на просторни податоци за документирање покривна површина

Суштината на процесот на интерполација на просторни податоци претставува трансформирање во растерски модели. Во таа насока, со примена на алатките за растеризација добиени се растерски модели од полу-автоматски начин (Brooks *et al.*, 2015). Друг пример на интерполирање на податоци од облак од точки (кои се добиени од беспилотно летало) со цел препознавање на покривните површини за определување фотоволтаичен потенцијал на објекти позиционирани во екваторските зони (Idrovo-Macancela *et al.*, 2025). Постапката на интерполација се применува при растеризирање на сателитски снимки (Li, Matgen and Chini, 2025). На основа на податоците од сателитски снимки создадени се растерски модели кои се сегментирани во ортогонална мрежа од 10m. Како дополнителен параметар во

интерполацијата претставува метод на длабоко учење- параметар кој се применува за извлекување на просторните карактеристики од сите анализирани градски средини од квантитативното истражување. Процесот на интерполирање облак од точки се применува и во истражувања на определување наклон и ориентација на покривни површини од кои се извлечени DSM сегментирани модели во рамки на ФВ потенцијал во градски средини со објекти од културно наследство (Soha, Sugár and Hartmann, 2024). Сепак, најширока примена на интерполацијата е со компјутерски софтвер ArcGIS при трансформација на .LAS податочни системи во DSM растерски површински модели (Lambarki *et al.*, 2025).

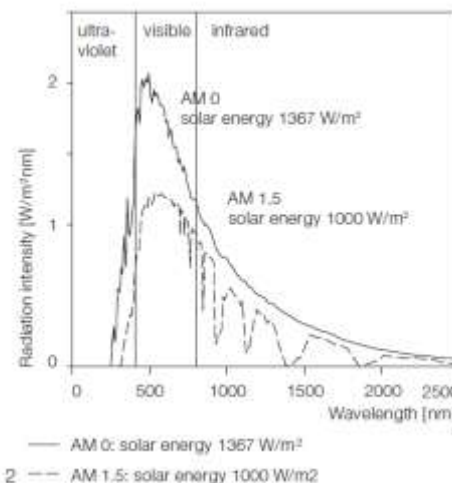
- Документирање на покривни површини во Македонија

Процесот на документирање изградени покривни површини во претходните истражувања се препознава во Македонија. Истражувањата од страна на (Adjiski, Kaplan and Mijalkovski, 2023) применуваат LiDAR податоци кои потоа во рамки на компјутерскиот софтвер QGIS спроведуваат документирање на изградените покривни површини на сегмент од градот Скопје. Магистерскиот труд од страна на (Малијанска, 2024) вклучува облак од точки преземени од страна на Агенцијата Катастар на Недвижности за документирање на изградени покривни површини во град Струмица.

Во претходните истражувања од страна на (Dimeski and Malijanska, 2021) анализирани се LiDAR податоците од облак од точки кои посочуваат можна примена на документирање изградени покривни површини во Македонија.

2.4.5. Определување сончев, фотоволтаичен и енергетски потенцијал

Идејата за определување на сончев потенцијал од изградената средина повлекува определување на влијанието на сончевите зраци на пошироко просторно ниво или со други зборови се нарекува **глобална сончева радијација**. Во моментот кога сончевите зраци се во контакт со површината од земјата се ослободува сончева енергија. Во тој процес постои разлика во интензитетот на сончевата светлина. Претходните истражувања од страна на (Weller et al., 2010, Global irradiation) посочуваат поделба на сончевата светлина во три дела: директна, дифузна и рефлективна светлина. Директна радијација доаѓа од сонцето и во тој пат не постојат значителни пречки за влијание на сончевите зраци врз површините од изградената средина. За тоа директната сончева светлина има највисок енергетски капацитет, но при тоа создава остри сенки. Дифузна радијација претставува дисперзирање (расејување) на светлината во атмосферата и се појавува при облачно време.

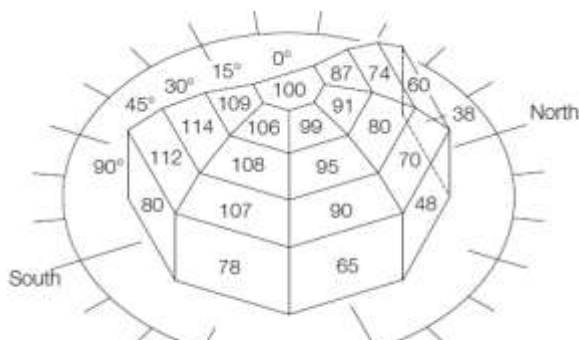


Слика 18- Вредност на сончева радијација според атмосферски фактор AM

Рефлектирана радијација или алbedo настанува при одраз на светлината која е во директна зависност од следните надворешни фактори: снег, метални површини, битумен и др. Кај рефлективната радијација процентот на рефлективност на интензитетот на сончевите зраци е во зависност од материјалот: почва 20%, снег 90%, алуминиумска површина 50%, битумен 7%. Различниот карактер на светлина повлекува различен интензитет на сончеви зраци преточени преку сончевата радијација. Во принцип, директната и дифузната светлина имаат највисок степен на разлика и контрастност. При директна сончева светлина, во просек интензитетот на сончеви зраци постигнува 1000 W/m² (Слика 18), додека за време на присуство на облачна маса, интензитетот на сончевите зраци изнесува 50 W/m². Покрај влијанието на сончевата светлина во однос на сончевата радијација, интензитетот на сончевите зраци е во зависност од географски (ширина, должина) и временски (ден, месец, година) параметри.

Влијанието на светлината има значителни разлики во однос на хоризонтална и наклонета површина. Во претходните истражувања од страна на (Weller et al., 2010,

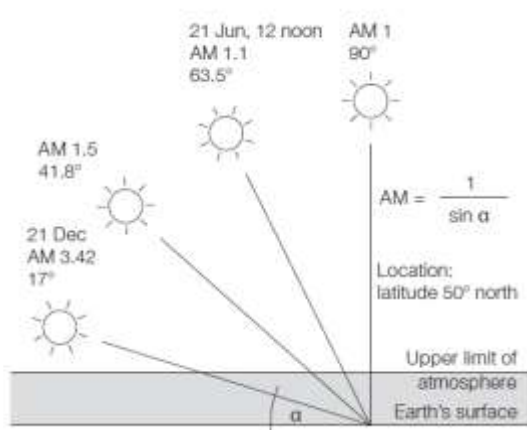
Irradiation on inclined surfaces) претставени се **влијанието на сончевата светлина врз наклонети површини**. Во принцип, сончевата енергија на одредена површина се зголемува кога сегментот е директно изложен на сончеви зраци. Влијанието на сонцето е највисоко изразено на јужната страна која претставува најдобра позиција за интегрирање на ФВ системи. Исто така, наклонетиот агол претставува важен параметар во



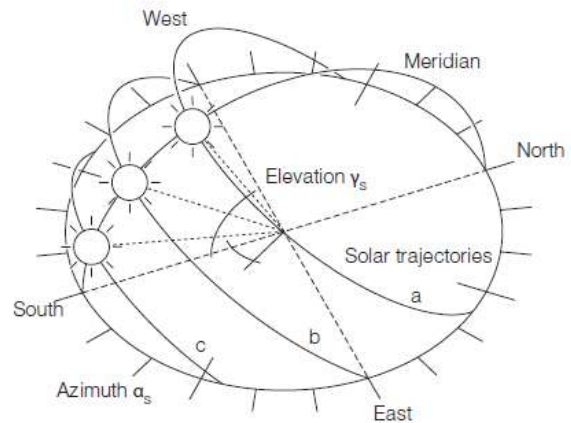
Слика 20- Влијание на сончеви зраци според ориентација и наклонети површини

определување на влијанието на сончевите зраци. Според тоа аголот од 30° придонесува кон зголемување на вредноста на сончевата радијација. За споредба, доколку позиционирање на ФВ системи на хоризонтална рамнина изнесува 100% од вредноста на сончевата енергија, позиционирање на наклонет агол вредноста се зголемува 110-115% во однос на хоризонталната површина. Оптималниот агол на поставување ФВ системи кои се ориентирани на југ од искусвени показатели изнесува 10-15% повеќе во однос на хоризонталните површини. Покрај ориентација на јужната страна, прифатливи се ориентирањата на југо-источна и југо-западна страна со наклонет агол 15-50 степени кои имаат исто така висок потенцијал на сончева енергија (Слика 20).

Во истражувањето (Weller et al., 2010, Irradiation on inclined surfaces) се посочени **оптималниот наклонет агол** во однос на хоризонтална површина и ориентацијата на наклонетите површини (Слика 21). Се посочува дека површините кои се ориентирани кон југ, југоисток и југозапад при наклонет агол помеѓу $15-50^\circ$ се прифатливи при интегрирање на ФВ системи. Покрај анализа во однос на хоризонтална површина, во истражувањето е посочена анализа за поставување на ФВ системи во однос на вертикална површина. Вертикалните површини кои најчесто се свртени кон југ имаат 30% намалување на сончевата енергија во споредба со хоризонталните површини. Вертикалните површини кои се свртени кон исток и запад имаат 35% сончева енергија



Слика 21- Наклонет агол на сончеви зраци



Слика 22- Ориентација на сончеви зраци

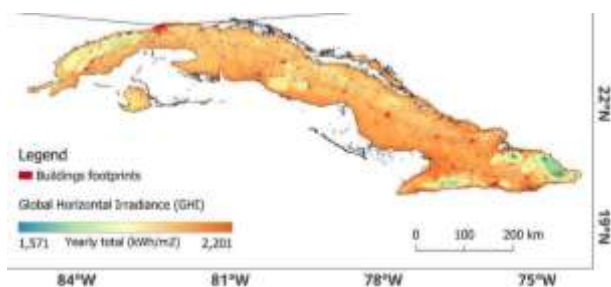
помалку
во

споредба со хоризонталните површини кои имаат иста ориентација. И покрај разликата од 30%, односно 35% сепак, ФВ системи поставени на вертикални површини се исто така поволни за производство на електрична енергија. Од друга страна, вертикалните површини ориентирани кон северната страна генерално не се препорачуваат (Слика 21).

Насоките за пресметка на **влијанието на сончевите зраци врз наклонети површини** се исто така опфатени во истражувањето од страна на (Weller et al., 2010, Irradiation on inclined surfaces). Во насоките посочени се универзални параметри кои влијаат на реактивноста на сончевите зраци врз наклонети површини. Позиционирање на сонцето во текот на денот е со различна височина во однос на хоризонтот на поставеноста на објектот, според тоа должината на сенката е променлива. Во истражувањето прикажан е дијаграм во кој се определува дневната патека на сонцето за кој месец во годината преку крива која се содржи два параметра (Слика 22). Првиот параметар претставува агол од азимут кој претставува агол помеѓу сонцето позициониран во однос на јужната страна на хоризонтална рамнина. Вториот параметар претставува наклонетиот агол на сончевите зраци кои претставуваат проекција во висинска рамнина, односно аголот помеѓу сонцето и хоризонтот. Целта на анализа на овие два параметра е во насока на определување на оптималниот наклонет агол на

сончевите зраци. Во истражувањето се наведува дека хоризонтот треба биде непречен над надморска височина од околу 15 степени претставува оптимален агол при што сончевите модули оптимално ги применуваат сончевото зрачење во текот на трите месеци од двете страна во текот на летото и во текот на годината.

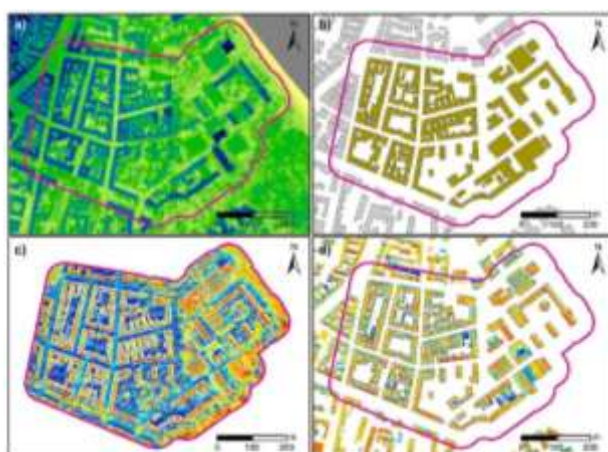
Последица од влијанието на сончевите зраци предизвикува појава на сенки. (Weller et al., 2010, Shadows). Кога странува збор на засенувањето од временска гледна точка од еден ден, во раните утрински и доцните попладневни часови или неколку зимски денови се прифатени нивното присуство поради тоа што појавата на сенките предизвикуваат минимални загуби споредбено со сончевата енергија која се акумулира во текот на целиот ден. Иако овие насоки со помош на графички дијаграми се корисни во постапката на определување на сончеви зраци, сепак посочени се прецизни алатки како што се компјутерски софтвери и дигитални фотографии/ модели за определување на сончевите зраци. Практичноста се состои во тоа што дигиталните алатки помагаат во определување на влијанието на сончевите зраци преку сончева радијација во текот на целата година, односно приказ на динамички параметри во квантифицирање на влијанието на сончевите зраци. Тој параметар е со висок квалитет за процена на сончевиот поенцијал. Како дополнителен критериум е посочена можноста за репродуктирање на сенките во сложени просторни проекции, како и пошироки опфати на урбано и топографско ниво. Под влијание на засенчани површини се намалува процентот на ефикасност на ФВ системи, а со тоа и загубите за производство на електрична енергија се намалуваат во распон 60-80% според истражувањата од страна на (Weller et al., 2010, Shadows). Во случај на делумно засенчени површини износот на загуби е во граници 30-40%. Сепак, овие два параметри се многу генерални и потребна е анализа на специфични фактори кои влијаат на загубите во производство на енергија од влијанието на сенките. Покрај статичните сенки за кои е наведена загубата 60-80%, динамичните сенки не може да се определи приближната загуба поради времениот карактер на влијанијата. Со цел земање предвид на динамичните сенки, неопходна е динамичка анализа на факторите кои влијаат врз појавата на сенките и засенчените површини. Како пример на



Слика 24- Метод на определување корисна покривна површина според (Soto Calvo and Lee, 2025)



Слика 25- Метод на определување корисна покривна површина според (Lambarki et al., 2025)

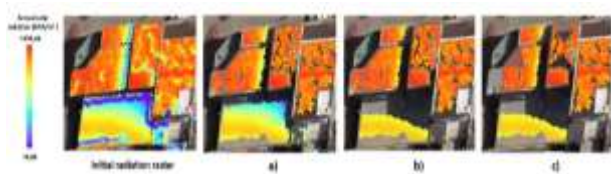


Слика 23- Метод на определување корисна покривна површина според (Idrovo-Macancela et al., 2025)

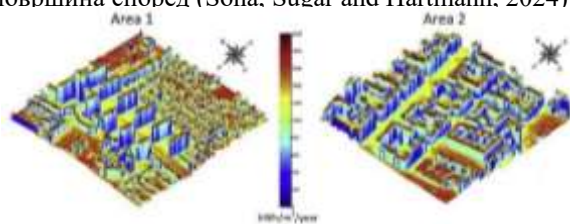
цел земање предвид на динамичните сенки, неопходна е динамичка анализа на факторите кои влијаат врз појавата на сенките и засенчените површини. Како пример на

динамични сенки се посочуваат следниот вид на влијанија: снег, нечистотија и лисје. Карактеристично е што во случај на редовно одржување на ФВ модули динамичните влијанија се сведуваат на нула.

Определување на сончев и фотоволтаичен потенцијал на изградени покривни површини во општа рамка на претходните истражувања се опфатени со пресметка на **корисна покривна површина** за инсталирање ФВ системи. Постапката на определување сончев потенцијал од страна на (Idrovo-Macancela *et al.*, 2025) се темели на препознавање на наклонот и правецот на покривните површини со цел отфрлање на сегментите од покривната површина кои имаат неповолни карактеристики: висок наклонет агол и северна ориентација, како и засенчани површини. Со примена на методологијата утврден е сончев и фотоволтаичен потенцијал од корисна покривна површина за поставување на ФВ системи. Резултатите од истражувањето покажуваат дека во просек 68% од покривните површини од анализираниот урбан сегмент се погодни за поставување ФВ системи. Во слична насока, истражувањата од страна на (Soha, Sugár and Hartmann, 2024) применуваат метод на определување сончева радијација со симулација во компјутерски софтвер ArcMap со примена на алатката Area Solar Radiation. При определување на сончева радијација земени се предвид засенчување од околни објекти, како и испитување на сегменти од покривот кои имаат годишна сончева радијација поголема од 900 kWh/m². Понатаму, авторите на истражувањето (Lambarki *et al.*, 2025) интегрираат пресметка на ефективна сончева радијација на покривните површини кои се опфатени следните параметри: ориентација, сенка, оптимален агол, достапност и дополнително се исклучуваат несоодветните делови од покривните површини. Добиените резултати претставуваат 61% од вкупна покривна површина. Во тој контекст, истражувањето од страна на (Soto Calvo and Lee, 2025) вклучува пресметка на сончева радијација преку web-алатка Solar resource maps & GIS data од каде се извлечени податоци за влијанието на сончевите зраци преку три параметра: директна светлина (direct normal irradiance DNI), дифузна светлина (diffuse horizontal irradiance DIF) и хоризонтална ирадијација (global horizontal irradiance GHI).



Слика 26- Метод на определување корисна покривна површина според (Soha, Sugár and Hartmann, 2024)



Слика 27- Анализа на сончевата радијација врз наклонети покривни површини според (Chiabrando *et al.* 2017)



Слика 28- Аналитички метод на определување сончева радијација според (Brito *et al.*, 2017)

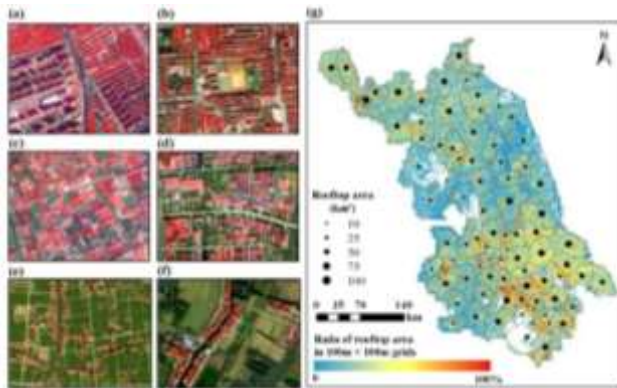
Добиени се податоци за квантифицирање на сончевите зраци кои во просек изнесуваат изнесуваат 5,4 kWh/m² на ден. Во ова истражување се испитуваат достапните покривни површини за производство на електрична енергија на регионално и национално ниво во Куба.

Покрај пристапите на отфрлање и редуцирање на несоодветните делови од покривните површини, голем број на истражувања интегрираат различни пристапи на определување на сончев и фотоволтаичен потенцијал. За целите на истражувањето (Alfouly, Halilovic and

Namacher, 2025) се применува термодинамичка анализа на влијанието на зраци добиени се резултати кои имаат потенцијал за оптимизација на градската форма и подобрување на енергетските карактеристики на архитектонските објекти. Понатаму, со примена на GRASS

GIS алгоритми во компјутерскиот софтвер QGIS направена е анализа на сончевата радијација врз наклонети покривни површини (Chiabrando *et al.*, 2017). Пресметката на влијанието на сончевите зраци е преку 5 постапки/чекори: директно влијание на сончеви зраци, време на влијание на сончевите зраци, влијание на дифузната светлина, рефлексија од земјата и глобална сончева радијација. Во пресметката се земаат единствено сончевите зраци, без антиципирање на облачната маса што е значителен недостаок на истражувањето. Анализата се темели на DSM модел, од кои се извлекуваат следните параметри: правец, наклон, географска позиција, степен на наклон, процент на дифузна компонента од радијацијата. Следствено, во истражувањето од страна на (Mohammadzadeh Bina, Fujii and Toriya, 2025) се определува влијанието на сончевата радијација на наклонети покривни површини. На основа на податоци од снимање со беспилотно летало (дрон), при тоа со постапка на интерполација на просторни податоци се создава DSM- површински модел. На основа на растерски модел се прави испитување на сончевата радијација со примена на ArcGIS Pro софтвер. Влијанието на сончевите зраци е анализирано од страна на: тип на покрив, ориентација и разлики во месечна сончева радијација. Овој пристап се применува на три анализирани урбани блокови како студија на случај од пошироки размер со цел определување на сончев и фотоволтаичен потенцијал на изградени покривни површини. Од друга страна, предмет на истражување од страна на (Brito *et al.*, 2017) претставува препознавање фотоволтаичен потенцијал од фасадите и вертикалните површини од изградената средина. На основа на облак од точки создаден е површински модел кој во комбинација со податоците од влијанието на сончевите зраци се пресметува капацитетите на сончевата енергија. Сончевата радијација е пресметана со примена на SOL алгоритам кој се основа на геореференцирани податоци од облак од точки кои се интерполирани во растер 1x1m. Поради тоа што точките од вертикалните фасади не се препознаени во голем обем од LiDAR технологијата, малиот број на точки се декомпонирани во хиперточки со цел препознавање на вертикалните површини за примена на алгоритам за определување на сончев потенцијал. Резултатите претставуваат сончеви и енергетски добивки во временски распон од еден час преку споредбена анализа на зимските и летни денови. Дополнително, предмет на истражување од страна на (Rodríguez-Gómez *et al.*, 2022) претставува препознавање на наклонети покривни површини за интегрирање на фотоволтаични системи. Истражувањето вклучува примена на софтвер URSUS-PV во определување на оптималните локации за инсталирање на ФВ системи во градските средини. Во рамки на софтверот извлечени се следните податоци од покривот: ориентација, наклон, гео позиционирање и површина. На основа на податоците од покривот, при тоа со промена на методологијата определен е вкупен сончев и енергетски потенцијал. Понатаму, определување на сончев и фотоволтаичен потенцијал (Jiang *et al.*, 2022) на основа на широка рамка која опфаќа сателитски снимки од различни извори. Со примена на метод на длабоко учење се прави анализа на сончевите зраци за определување на покривните површини за производство на електрична енергија. Во насока на определување на сончев потенцијал, претходните истражувања се темелат на просторно-временски пристап (Žalik, Mongus and Lukač, 2024) од изградени покривни површини. Методологија на примена на CNN (Convolutional neural network) е во насока на просторно-временски истражувања за определување на сончев потенцијал со податоци од далечинско сондирање.

Претходните истражувања за определување на сончевиот и фотоволтаичен потенцијал претставуваат широко поле кое е истражено од голем број на автори. Во досегашното објаснување на поглавјето анализирани се тематските пристапи во определување на сончев и фотоволтаичен потенцијал, додека пак во текстот кој следи



површина за интегрирање на ФВ системи за производство на електрична енергија.

Слика 29- Метод на определување корисна покривна површина на основа на влијание на сончеви зраци според (Jiang et al., 2022)

издвоени се истражувањата преку поединечни специфики за секој од примерите.

Определување на сончев потенцијал во истражување од страна на (Molnár, Ürge-Vorsatz and Chatterjee, 2022) вклучува примена на BISE (Building Integrated solar Energy Production) модел. Процесот на симулација резултира со јасни показатели кои посочуваат дека 60% од покривната површина е соодветна, односно корисна покривна

површина за интегрирање на ФВ системи за производство на електрична енергија. Влијанието на сенките претставува значаен параметар во определување методите за сончев и фотоволтаичен потенцијал. Во истражување од страна

на (Goss et al., 2014) се претставени енергетските загуби како резултат од влијанието на сенките врз ФВ келии. Истражувањето е направено со помош на алгоритам кој преку мапирање на сончевата радијација придонесува кон определување на односот помеѓу распоредот на ФВ келии во рамки на еден ФВ модул. За целите на истражувањето создадена е мапа на сончева радијација како модел за пресметка на перформансот на секоја една сончева ќелија индивидуално или во серија според начинот на поврзување на ФВ келии во рамки на еден ФВ модул. Пресметката на загубата на сончева енергија како резултат од пречките од зеленилото и околните објекти можат да предизвикаат спречување на контакт на директната и дифузна радијација врз ФВ келии. Добиените резултати од истражувањето покажуваат висока прецизност со точност преку грешка не помалку од 1%.

Претходните истражувања од страна на (Mewes et al., 2017) развива методологија за определување на сончев потенцијал со примена на софтверот Pvsyst за анализа на сончевата енергија. Добиените резултати од методологијата придонесуваат кон производство на енергија од обновливи извори која што претставува една од главните цели во истражувањето.

При постапката на идентификација на корисна покривна површина за интегрирање на ФВ системи постојат гранични параметри кои се однесуваат на пејсажот и изградената средина. Еден од важните аспекти во постапката за определување на сончев потенцијал претставува атмосферското влијание. Еден од проблемите на претходните истражувања во насока на определување на сончев потенцијал претставува земање предвид на облачната маса. Во истражувањето (Massano et al., 2023) интегрирани се алатки од ГИС технологија за определување на ФВ потенцијали за производство на електрична енергија преку вклучување на климатските параметри од сончевите зраци и облачната маса. Хипотеза во истражувањето претставува производство на енергија од покривните површини на град Торино која е во линија со енергетската потрошувачка. Во насока на постигнување на поставената хипотеза, направена е пресметка на електрична енергија од ФВ системи во web-истражувачка алатка GeoJSON. Постапката на симулација е временски врзана преку интервал од 10 минути за време од една година.

На основа на податоците со примена на пресметковен модел определена е електрична енергија според две сценарија. Како резултат од постапката на симулација добиени се показатели за идентификација на корисна покривна површина за примена на обновливи извори на енергија на основа на постоечките ограничувања од пејсажот и изградената средина. Дополнително, создадена е инфраструктура за партиципативна симулација на покривните површини за производство на електрична енергија во домаќинствата во Торино на основа на потрошувачката на електрична енергија. Истражувањето резултира со модел кој се основа на висока просторно-временска резолуција во кои се земени предвид наклонот на покривните површини, засенувањето и облачната маса со цел прецизно определување на сончев потенцијал. Резултатите се применуваат преку пристап на податоците до пошироката јавност во однос на геометријата и геореферентноста на податоците. Секое од домаќинствата имаат пристап до резултатите со цел носење на соодветни идни одлуки за производство на енергија согласно степен на потрошувачка.

Во истражувањето од страна на (Ramafikeng, Ajayi and Adeleke, 2025) вклучено е квантифицирање на сончевата енергија со примена на компјутерски софтвери за програмирање: JavaScript и Hypertext Mark-up Language (HTML). Во истражувањето присутна е методологија на пресметка на сончевата радијација со примена на програмски јазици за извлекување на информации за енергетските потенцијали (ветер, сонце и биомаса) заедно со корисните површини за лоцирање на енергетските системи за производство на електрична енергија. Покрај програмските јазици, применети се следните видови на софтвери за сончева анализа од геореференцирани податоци: ESRI ArcGIS PRO 3,1,3 и QGIS 3,30,2. Резултатите од примена на методологијата претставуваат квантифицирање на енергијата која изнесува 70,9-1499,9 kWh/m² годишно. Максималната сончева радијација изнесува 1499 kWh/m² која има потенцијал за генерирање на електрична енергија од 287,9 kW од ФВ модули со ефикасност од 15% при перформанс на ФВ модул од 86%.

Претходните истражувања на (Dong *et al.*, 2025) се фокусираат на определување на сончевиот и енергетски потенцијал на интегрирана архитектонска обвивка. Методологијата на истражување вклучува воспоставување на рамка за длабоко учење без претходно обучување (zero-shot deep learning framework), наменета за анализа на фасадните елементи преку примена на модели за сегментација од висок размер, како што се моделот за универзална сегментација (Segment Anything Model - SAM), трансформерот за детекција со подобро отстранување на шум (DINO), како и моделот на стабилна дифузија (Stable Diffusion - SD). Во рамки на истражувањето се применуваат техники на вештачка интелигенција на нештата (Artificial Intelligence of Things - AIoT), географски информациски системи (Geographic Information Systems - GIS), како и метеоролошки податоци, со цел развивање на модел за прецизно определување на просторно-временските потенцијали на интегрирани фотоволтаични (ФВ) системи во рамки на архитектонската обвивка.

Постапката за пресметка на сончевиот потенцијал од страна на (Aboushal, 2018) вклучува комбинација од неколку софтвери: ArcGIS со Geo-Model и Google Earth ортофотографии. Во истражувањето се прави споредбена анализа на различен вид на ФВ системи кои се произведени за оптимизирање на ФВ системи. Добиените резултати се интегрирани во постоечките податочни бази за олеснување при процесот на планирање во градот Александрија во Египет.

Определување на сончев потенцијал од страна на (Walch *et al.*, 2020) вклучува комбинирана методологија: алгоритми за машинско учење, ГИС податоци и геометриски (физички) модели од градските средини. Применетата методологија е во насока на определување на ФВ потенцијал од покривните површини на поединечни

објекти во временска резолуција од еден час. Резултатите од анализа на сончев потенцијал покажуваат дека 55% од севкупната покривна површина е погодна за интегрирање на ФВ системи со потенцијал од 24TWh (граница на грешка +/- 9TWh). Со овие достигнувања се постигнува повеќе од 40% од потрошувачката на електрична енергија во Швајцарија.

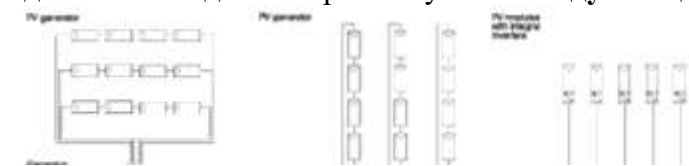
2.4.6. Производство на електрична енергија

Капацитетите за квантифицирање сончева енергија претставуваат основа во процесот на производство на електрична енергија. Со цел трансформација од сончева во електрична енергија неопходни се елементи на ФВ системи. Во истражувањата од страна (Weller et al., 2010, Generating and using solar electricity) се посочува дека главната функција на ФВ системи претставува премин од сончева во електрична енергија. ФВ системи претставуваат комплексни единици кои се разликуваат според материјалот на изработка. Идејата за материјализација претставува клучен параметар во перформансот на ФВ келии. За споредба, кај силициумски ФВ модули процентот на трансформација изнесува 12-20%, кај аморфни, односно микросилициумски коефициентот изнесува 5-9%, понатаму кај ФВ келии изработени од CdTe и CIS процентот е со вредност 6-11% со потенцијал до 18% за CIS. Процентот на трансформација од сончева во електрична енергија денес надминува повеќе од 20%. За споредба, доколку во науката се препознаваат вредности до 35-45%, примената на ФВ системи во најголем број на комерцијални случаи не надминува повеќе од 18-25%. Наведените емпириски проценти на трансформација од сончева во електрична енергија на ФВ модули се добиваат во **лабораториски услови**. Перформансот на ФВ модули во лабораториски услови се тестира при сончева радијација од 1000 W/m², атмосферско влијание од AM=1,5 единици при температура од 25 °C.

Процесот на производство на електрична енергија на основа на сончевата енергија претставува вертикална хиерархија која е зависна од размерноста на елементите. На системско ниво, севкупниот процес на трансформација од сончева во електрична енергија се нарекува фотоволтаични системи. Клучен елемент на секој систем претставува фотоволтаичен модул. Секој еден модул е изработен од фотоволтаични келии. Според тоа, производството на електрична енергија е подредено во вертикала: систем, модул и келија.

- ФВ системи

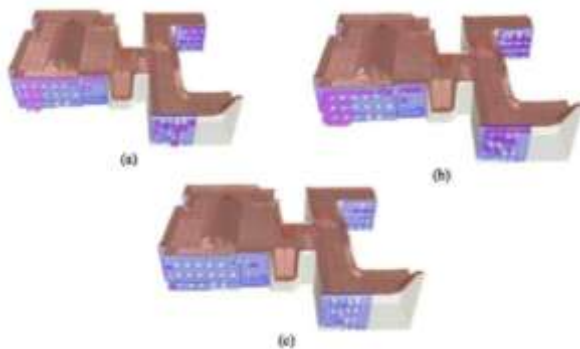
Во истражувањата од страна на (Weller et al., 2010, System technology) се опфатени пресек на техничките компоненти од ФВ системи кои при тоа се состојат од следните делови: ФВ модул, инвертори и кабли за поврзување. Суштината на системот претставува интегрирање на секоја една компонента за производство на електрична енергија. Во процесот на интегрирање неопходно е да се внимава на загубите на енергија во услови на безбедно и сигурно функционирање на ФВ системи. Секоја компонента од наведениот систем се прилагодува на индивидуално ниво според позиционирањето на локацијата, големината на самиот систем и процесот на оптимизација на енергија. Еден од составните делови претставува **ФВ модул**. Модулите од фотоволтаичните системи се



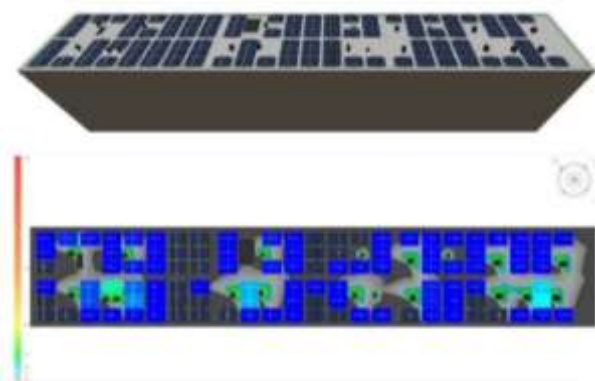
Слика 30- Пример на поврзување на инвертери во рамки на ФВ системи според (Weller et al., 2010, System technology)

само еден сегмент од системот кој се состои од: келии, рамка (која е најчесто алуминумска) и стакло за заштита на ФВ келии. Вториот елемент од ФВ системи претставува **инвертери**. ФВ

системи од аспект на покривните површини се поставуваат под различен агол и ориентација. Од тие причини потребна е поделба на генераторот на помали единици со цел користење на посебни системи со индивидуални (децентрализирани) инвертори. Во рамки на ФВ систем еден инвертор исполнува четири клучни функции: претворање на добиената електрична енергија во наизменична струја, следење на точката со најголемата моќност од системот, заштита на мрежата на ФВ генератор и постојан мониторинг на работењето и начинот на комуникација. За функционирање на инвертерот потребно е соодветен начин на инсталација, па така се разликуваат следните видови на поставување на инверторот во системот: централизирани, децентрализирани и модуларни. Централизираните инвертори поврзуваат повеќе ФВ модули преку еднонасочен кабел. Кај децентрализираните инвертори секој ФВ модул содржи посебен инвертор. Додека кај модуларните инвертори секој инвертор е интегриран кај секој модул. Во истражувањето (Weller et al., 2010, System technology) се наведуваат позиционирање на инверторите во ладни, суви и чисти места. Особено е важно поставување во посебен дел од системот со цел да се избегне дополнително прегревавање. Во случај на поставување на отворено, неопходна е заштита од директна сончева светлина. Третиот елемент од ФВ системи претставуваат поврзувањето на ФВ модули и инвертери со **кабли**. Каблите обезбедуваат поврзување со конектори и за тоа во принцип се едноставни за инсталирање. За непречено функционирање на системот потребно е изолирање на каблите од UV зрачења и да бидат озонски отпорни. Дополнителен критериум претставува отпорност на температура до 125°C. Доколку каблите се



Слика 31- Интегрирање на ФВ системи во рамки на архитектонска обвивка според (Bakmohammadi et al.,



Слика 32- Распоред на ФВ системи во рамки на анализиран објект од страна на (Borodinecs, Lebedeva

поставуваат во внатрешноста на објектот тие се сочинуваат од стандарден кабел, додека од надворешноста, односно на отворено неопходна е заштита со заштитни цевки. Покрај трите клучни елементи од ФВ систем, неопходни се дополнителни елементи кои се однесуваат на: безбедност, отпорност од пожари, отпорност од влијание од гром и дополнителни услови кои се предизвикани од локацијата.

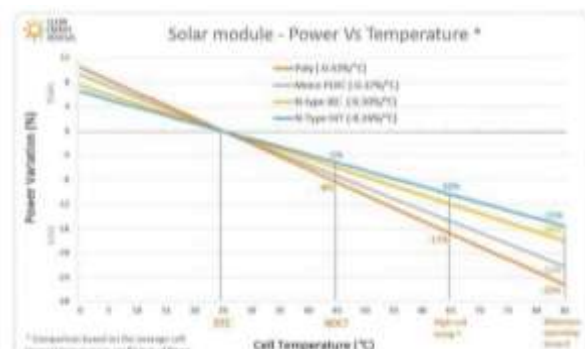
Во наредниот дел од ова поглавје наведени се претходни истражувања на производство на електрична енергија анализирани преку ФВ системи.

(Obatola and Junjie, 2024) развива методи за препознавање на грешки во ФВ системи преку следните постапки: обработка на податоци, филтрирање, извлекување карактеристики и класификација. Во рамки на методологијата се применети алгоритми за оптимизација и идентификација на критични обрасци поврзани со проблемите на нефункционирање на соларните системи.

(Bakmohammadi *et al.*, 2025) анализира интегрирање ФВ системи во рамки на архитектонската обвивка преку автоматско препознавање на погодни површини. За целите на истражувањето се користат прсторни податоци кои дополнително се анализираат преку неколку компјутерски софтвери во кои се комбинираат алгоритми за соларен потенцијал и длабоко учење. Резултатите покажуваат намалување на емисиите и зголемување на енергетска ефикасност преку анализираните студии на случај.

(Amoussou *et al.*, 2025) истражува производство на електрична енергија од ФВ системи со складирање на дополнителната енергија во батерии. Во методите на истражување се применуваат алгоритми за определување на губитокот на енергија што се докажува дека за националната енергетска мрежа на Бенин системот на батерии е економичен развоен модел.

(Memme, Fossa and Rouse, 2025) развива метод за пресметка на оптимален наклонет агол на ФВ системи на основа на географската позиционираниост и останатите транспозициони фактори.



Слика 33- Промена на перформансите на ФВ системи со промена на температурата според потрошувачка на електрична енергија.

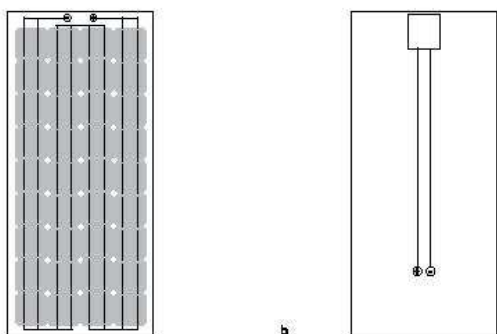
(Borodinecs, Lebedeva and Odinesa, 2024) вклучуваат анализа на односот помеѓу производство и потрошувачка на електрична енергија во повеќесемејна станбена зграда во Рига. Во рамки на истражувањето се опфатени оптималните капацитети на покривни ФВ системи врз основа на реални податоци за енергетскиот товар и потребите за

(Abdirahman *et al.*, 2025) истражува проблематика на намалување на ефикасноста на ФВ системи при температура над 50°C. Во рамки на истражувањето се применува SWOT анализа на стратегии за ладење вклучувајќи вентилација, премази, водено ладење, нанофлуиди и PV-термални хибриди.

(Frischholz, Names and Lehning, 2025) истражуваат акумулација на снег и рефлективност на ФВ системи во планински региони. Примена на компјутерски софтвер HELIOPANT® резултира со моделирање на оптимални површини за поставување ФВ системи преку избегнување на конструктивните оштетувања и енергетски загуби.

- ФВ модули

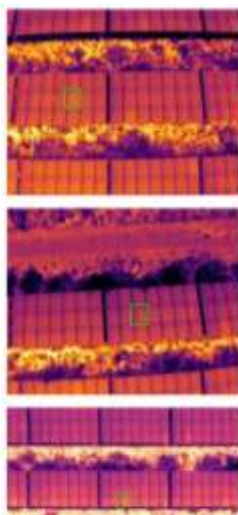
Составен дел од ФВ системи на ФВ технологија претставува **ФВ модули**. Системските истражувања на ФВ модули се спроведени од страна на (Weller et al., 2010, Modules). Поединечните келии доколку се анализираат на поединечно ниво, тие имаат



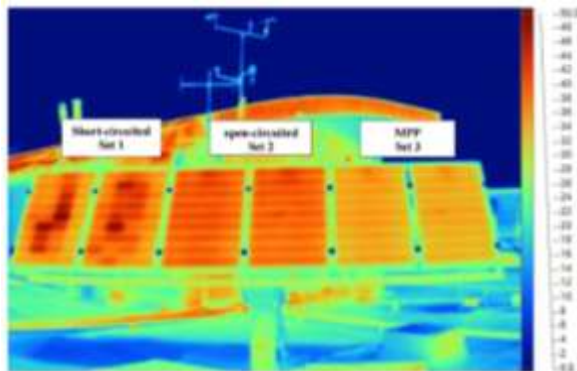
Слика 34- ФВ модул според (Weller et al., 2010. Modules)

ниско напонско и енергетско ниво. Од тие причини потребно е да се поврзат сериски за добивање на поголем напон, а со тоа и поголем проток на електрична енергија. Сериски поврзаните келии се организирани во низа, така што 9-12 келии формираат една низа, а во рамки на еден ФВ модул има 36-72 келии. За функционирање на келиите потребна е поврзаност. Тие се поврзани преку позитивниот слој (кој не е изложен на директна светлина) преку тенки бакарни ленти. Со цел непречено функционирање на ФВ модули, неопходен е процес на инкапсулација (заштита од

надворешни фактори). Начинот на инкапсулација преку интегрирање во транспарентен материјал кој во најголем дел од случаите е стакло со цел заштита од надворешните влијанија и оштетувања како што се механички влијанија и влијанија од временски услови. ФВ модули се дефинираат како елемент преку поврзување на ФВ ќелии, алуминиумска рамка и стакло во еден панел. Во рамки на еден ФВ модул се состојат електрични приклучоци со кутии и споеви во кои се наоѓаат бајпас диоди. Клучната функција на бајпас диодите претставува намалување на локалните жаришта во случај на засенчување и нерамномерна распределба на сончевите зраци во рамки на ФВ модул. При изработка на еден ФВ модул, рамката е најчесто алуминиумска со цел механичка заштита. Формата на ФВ модул е најчесто квадратна или правоаголна. Имаат различни димензии започнувајќи од 0,5 се до 2m, но во исклучителни случаи се надминуваат стандардните димензии. Формата и материјалот од ФВ модули создава дополнителен товар на покривната површина која изнесува до 30 kg/m² за ФВ модули изработени од стакло. Покрај стандардните форми, постојат и посебно направени форми на ФВ ќелии кои се изработени во различни форми и материјали. Во истражувањето од страна на (Weller *et al.*, 2010) се посочени можните разлики во однос на формата и материјализацијата. Како дополнителен критериум се наведува посебно направените ФВ модули како што се модулите интегрирани во елементите од архитектонската обвивка (во рамки на покривот и фасадата). Анализа на ФВ модули е спроведена од неколку



Слика 35-
Препознавање на
гнешки спопел



Слика 36- Набљудување на поврзување и ефикасност на ФВ модули со помош на термовизиска камера според (Osama *et al.*, 2025)

аспекти меѓу кои и животниот век на ФВ системи. Временската рамка на животниот век на ФВ модул изнесува 5-30 годин. Важно е да се напомене дека со текот на времето коефициентот на премин од сончева во електрична енергија се намалува. За 10 години процентот на ефикасност се намалува на 90%, додека за 20-25 години изнесува 80%.

Во делот од поглавието кое следи анализирани се претходни истражувања од различни пристапи од аспект на ФВ модули.

(Basnet *et al.*, 2025) вклучува анализа на силициумски ФВ модули од аспект на циркуларната економија преку споредбена анализа помеѓу рециклирање и одржување. Во рамки на истражувањето вклучена е дополнителна анализа на цената на ФВ модули низ временски распон од животниот век.

(Zhou *et al.*, 2022) прави истражување на силициумските ФВ модули и покажува една технолошкиот напредок и големината на модулите се клучни параметри во повисока ефикасност при петворање на сончевата во електрична енергија.

(Sevillano-Bendezú *et al.*, 2024) преку споредбена анализа прави пресек на три типа ФВ модули: p-type multicrystalline Al-BSF, n-type HIT и Si/ μ c-Si, со цел утврдување на технолошките разлики.

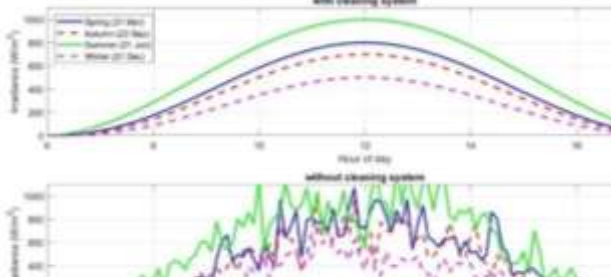
(Masita *et al.*, 2025) развива метод за автоматско препознавање на дефекти во ФВ модули преку термовизиска камери графички слики. Во рамки на истражувањето се применуваат невронски мрежи како модел во класификацијата на

оштетувањата на ФВ модули при тоа укажувајќи на предизвици во

обработка на големи податочни сетови и потреба од беспилотни летала за подобар мониторинг.

(Osama *et al.*, 2025) анализира топлински влијанија врз ФВ модули во различен производствен контекст. Структурањето на ФВ модули влијае во реакцијата на жаришта кои ја намалуваат енергијата за производство и животниот век на ФВ системи.

(Houchmand, Macarulla Martí and Gassó-Domingo, 2024) истражуваат влијанија на топлинската кондукција кај ФВ модули при формирање топлински мостови преку метода на енергетска симулација.

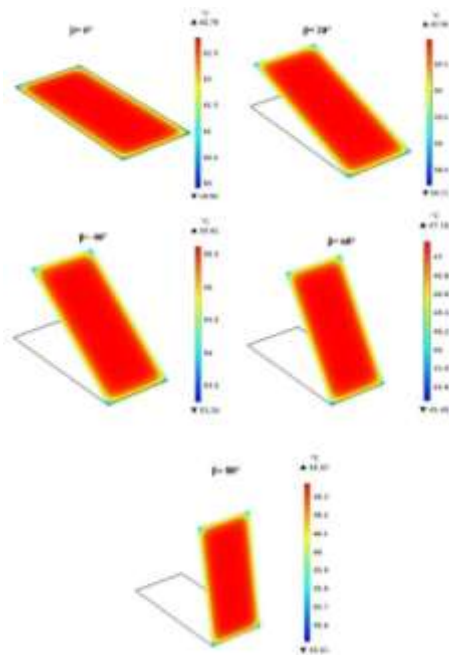


Слика 37- Зголемување на ефикасноста на ФВ модули со одржување на системите според (Touaref, Seres and Farkas, 2025)

(Ebhotu and Tabakov, 2025) анализираат интеграција на ФВ системи во производството на електрична енергија. Во истражување се утврдени дека оптималниот агол и ориентација го зголемуваат производството на електрична енергија, додека пак северната ориентација е поволна од аспект на поголема топлинска стабилност.

(Touaref, Seres and Farkas, 2025) применува метода на мониторинг на ФВ модули со цел подобрување на ефикасноста на силициумските модули преку кои се намалуваат трошоците за одржување.

(Kanters and Davidsson, 2014) анализираат влијание на сенките врз силициумски ФВ



Слика 38- Влијание на наклонет агол врз перформанс на ФВ модул според (Alami *et al.*, 2025)

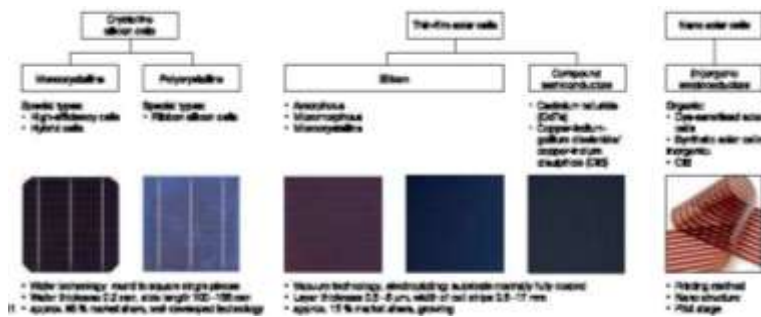
модули на рамни покривни површини и при наклонет агол. Истражувањата се насочени кон процена на производството на електрична енергија и намалување на времето на отплата на инвестицијата во ФВ системи.

(Alami *et al.*, 2025) развиваат 3Д модел за определување на перформансите на силициумски ФВ модули под различни атмосферски услови. Во истражувањето се направени детални анализи преку оценка на ефектите од пращината, радијацијата, ветерот и наклонот.

(Li *et al.*, 2025) истражуваат временски процес на деградација на ФВ модули преку симулација во компјутерскиот софтвер MATLAB. Методите на истражување вклучуваат и моделирање во софтверот PVSYST преку температурните влијанија со цел предикција на животниот век.

(Wang, Wang and Liu, 2017) анализира влијанијата од сенките врз интегрирани ФВ системи и севкупното влијание на енергетскиот перформанс.

- ФВ келии



Слика 39- Видови ФВ келии според (Weller et al., 2010, Solar cells – turning light into electricity)

Еден од клучните елементи на ФВ системи претставува ФВ келии. Во истражувањата од страна на (Weller et al., 2010, Solar cells - turning light into electricity) се опфатени детални објаснувања на функцијата на ФВ келии кои ја претвораат сончевата светлина или поточно сончева енергија во електрична енергија.

Сончевите келии според типологија се делат на две групи: кристални силициумски келии и нови келии со тенок филм кои се изработени од различни полупроводници. Третата група претставува производство на електрична енергија на основа на нано технологија. Структурата и материјалот од кои се изработени ФВ келии влијае во процентот на ефикасност кој се однесува на претворање (конверзија) од сончева во електрична енергија. Во составот на ФВ келии клучна функција имаат полупроводниците во претворање на сончевата во електрична енергија. Во случаи кога надворешната температура е на ниско ниво, полу спроводниците имаат функција на изолатори и не доаѓа до пренос на енергија до моментот на контакт на светлина. Сончевите келии во својот состав содржат комбинација од два слоја на полупроводници и помеѓу нив имаат празнина. Оваа конфигурација е клучна за разликата помеѓу видот на ФВ келии и начинот на спроводливоста на електрична енергија. Во истражувањето се наведени ФВ келии изработени од кристален силициум од аспект на начините на претворање на сончевата енергија во електрична енергија. Во принцип ФВ келии се изработени од два слоја кои се означуваат со следните ознаки (p- и n-). Карактеристично за слоевите е тоа што тие мора да бидат изработени од ист материјал. Од друга страна, кај соларни келии од тенок слој, p- и n- слоевите некогаш се изработуваат од различен материјал. Слојот од страната изложена на сончевата светлина е негативно (n-) допиран со фосфор, односно „контаминиран“ со атоми на фосфор, што создава вишок на негативни носачи на полнеж (електрони). Слојот под него е позитивно (p-) допиран со бор, што пак создава вишок на позитивни носачи на полнеж (т.н. „празнини“). Независно од материјалот, клучна точка е границата помеѓу двата слоја (p и n). На границата доаѓа до дифузија на вишокот носачи на полнеж: електроните од n-слојот преминуваат кон p-слојот, додека празнините од p- слојот преминуваат кон n- слојот. На таа граница настанува p-n спој, кој е основниот елемент што овозможува создавање на електрично поле. Овој процес создава електрично поле кое е неопходно за разделување на електроните и празнината при процесот на апсорпција на сончева светлина. Со други зборови: p-n спојот е „срцето“ на секоја соларна келија - таму настанува внатрешното електрично поле кое овозможува светлината да се претвори во електрична енергија. Поимот на допирање на полупроводници означува додавање на мали количества на атоми од чист силициум со цел промена на електричните својства. Кога силициумот доаѓа во контакт со фосфор (кој има пет електрони во надворешноста на обвивката, за разлика од силициумот кој има 4), тој остава вишок на електрон, а со тоа се создава n-тип на слој кој е негативен. Од друга страна, кога силициумот се допира со бор (кој има само три електрони во надворешноста) се создава недостаток на еден електрон, односно „празнина“ која е спремна да прифати еден електрон и на тој начин создава p-тип на слој кој е позитивен. Процесот на допирање или легирање со примеси на елементите претставува суштината на формирање на двата слоја од p- и n- спој кој овозможува создавање на електрично поле и трансформација на сончевата светлина во електрична енергија. Доколку се

анализира редоследно, процесот на создавање на електрична енергија од влијанието на сончевите зраци се состои од пет дела. Постапката на претворање од сончева во електрична енергија претставува процес кој се одвива во пет логички чекори: апсорпција, генерирање, раздвојување, создавање на напон и проток на струја. Првиот чекор претставува **апсорпција на светлина** кога сончевите зраци реагираат со површината на ФВ келии, фотоните кои се ослободуваат од сончевите зраци се апсорбираат на полупроводничкиот материјал кој е најчесто силициум, на начин на кој енергијата од светлината се пренесува во материјалот од ФВ келија. Во вториот чекор се опфатени **создавањето на носачи на полнеж** кои апсорбираната енергија ја дефинираат во електронска структура на материјалот и создаваат ПЕРзанини (кои претставуваат негативни и позитивни спроведувачи на полнежи). Во третиот чекор доаѓа до раздвојување на носачите или поточно **раздвојување на електроните** и празнините кои се пренасочуваат кон различни страни на ФВ келија. Во четвртиот чекор доаѓа до **создавање на напон** како последица од раздвојување на носачите што доведува до акумулација на полнежите на спротивните страни на келијата. За на крај, во петтиот чекор кога келијата е поврзана во надворешно коло, електроните почнуваат да течат, при што доаѓа до **проток на електрична енергија**.

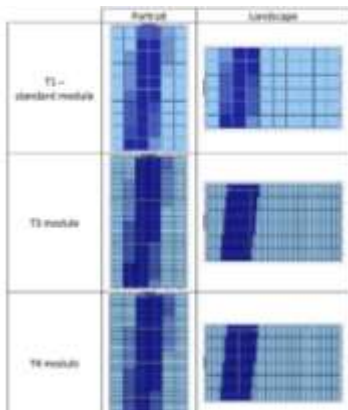
Во претходните истражувања на ФВ келии се препознаваат мноштво на пристапи кои се фокусираат на влијанието на келиите во перформансот на ФВ системи.

(Abdel-Basset *et al.*, 2022) анализираат нелинеарни напонски карактеристики на фотоволтаични (ФВ) системи и нивната оптимизација преку студија на случај.

(Xu and Qiu, 2022) применуваат алгоритми за оценување на перформансите на индивидуални ФВ келии во рамки на еден модул.

(Jordehi, 2016) користи математички модел за подробно објаснување на напонските карактеристики на ФВ келии, со фокус на оптимизација, максимална моќност и дијагностика на грешки.

(Torbatinezhad *et al.*, 2022) проучуваат перформанси на ФВ келии под различни влијанија, како сончеви зраци и температура.



Слика 40- Анализа на засенување на ФВ келии според (Brecl, Bokalič and

Распоредот на ФВ келии во рамки на ФВ модули претставува клучен аспект во намалување на загубите од засенувањето на келиите. Во истражувањето од страна на (Brecl, Bokalič and Torič, 2021) се посочува дека оптималниот распоред приднесува кон намалување на згубите од 30-50%.

Наклонетиот агол и ориентацијата на силициумските ФВ келии интегрирани во архитектонската обвивка претставува предмет на истражување од страна на (Farouk, Samah and Alqsair, 2024). Примена на методите приднесува кон оптимизирање на производството на енергија и намалување на прекумерното загревање на површината од ФВ модули кои се поставени под различен наклонет агол.

(Maurer, Lienert and Cook, 2023) ги анализираат ФВ системите во комбинација со зелени покриви и утврдуваат дека оваа интеграција ја подобрува одржливоста на градбите.

(Kidegho *et al.*, 2021) експериментално ја истражуваат распределбата на температурата кај ФВ келии во надворешни услови, покажувајќи дека температурните варијации значително влијаат врз перформансите во различни клими.

(Hendarti and Sjarifudin, 2016) ги анализираат геометриските карактеристики и позиционирањето на ФВ системи со цел пронаоѓање форма со најнизок степен на засенување. Истражувањето користи симулации и параметарска анализа за да го утврди

оптималното дејство на сончевата радијација врз архитектонски форми со интегрирани ФВ ќелии.

(Ahmed *et al.*, 2022) ги испитуваат перформансите на монокристални и поликристални силициумски ФВ ќелии преку Improved Fractional Order Darwinian Particle Swarm Optimization (FODPSO). Алгоритмот ги оптимизира параметрите кај модели со единечна и двојна диода.

(Hosouli *et al.*, 2024) анализираат пукнатини во силициумски ФВ ќелии предизвикани од топлинска експанзија. Со CFD моделирање предлагаат алуминиумски апсорбери кои ја намалуваат експанзијата за 20%, што ја подобрува топлинската, електричната и вкупната ефикасност.

(Javed *et al.*, 2024) истражуваат нова генерација петровскитни калај-базирани ФВ ќелии ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{SnI}_3$) со органски и неоргански ETL слоеви. Преку SCAPS-1D и PVsyst постигнуваат ефикасност до 29,54%, нудејќи алтернатива на силициумските технологии.

(Javed *et al.*, 2025) анализираат оловно-слободни тенкослојни ФВ ќелии базирани на CuInSe_2 со три различни ETL материјали (TiO_2 , SnO_2 , In_2S_3). Највисока ефикасност од 26,65% е постигната со TiO_2 . Истражувањето предлага одржлива замена за класичните петровскитни ќелии.

(Cao *et al.*, 2020) ги оценуваат ФВ ќелиите како дел од мулти-енергетски системи преку Elephant Herding Optimization. Фокусот е на енергетска сигурност, ефикасност и чинење, без акцент само на покривни интеграции.

(Mateo Romero *et al.*, 2023) применуваат Electroluminescence (EL) и I-V анализа комбинирани со машинско и длабоко учење за дијагностика и оценување на перформансите на ФВ ќелии во лабораториски услови.

(Zeng *et al.*, 2021) истражуваат двојнодиодни модели на ФВ ќелии преку теоретска и софтверска симулација, користејќи адаптивни оптимизациски алгоритми за подобрување на точноста на параметрите на ФВ модули.

(Saadaoui *et al.*, 2021) развиваат алгоритам за прецизно извлекување параметри кај модели на ФВ ќелии со единечна и двојна диода, со цел подобра проценка на перформансите кај различни технологии во ФВ модули.

(Benda and Černá, 2020) прават споредбена евалуација на ФВ ќелии според ефикасност, цена и животен век преку LCOE анализа. Истражувањето оценува интеграција на различни технологии на покривни површини во однос на издржливост и економска оправданост.

(Premalatha and Rahim, 2017) вклучуваат in-situ анализа на монокристални, поликристални и тенкослојни ќелии под различни климатски услови. Со Sandia стандарди ги споредуваат ефектите на сончевата радијација и температурата врз перформансите кај покривно интегрирани ФВ системи.

- Производство на електрична енергија во станбени објекти

Идејата за производство на електрична енергија од обновливи извори е присутна во различен развоен домен на општеството. Домаќинствата претставуваат една од сегментите со висока потрошувачка на електрична енергија. Од тие причини се спроведуваат истражувања од различен обем со цел производство на електрична енергија во рамки на домаќинствата. Процесот на производство е директно поврзан со енергетските системи. Според тоа во двата случаи на централизирани и децентрализирани енергетски системи наоѓаат примена за производство на електрична енергија од ФВ системи. Во тој процес во одредени делови од годината доаѓа до производство на вишок електрична енергија за кој потребно е соодветно третирање. Од претходните истражувања за третирање на производство од дополнителна електрична

енергија во рамки на објектите од домување се однесуваат на два начина: интегрирање во централна електро-дистрибутивна мрежа и складирање во батерии.

Во истражувањето од страна на (Borodinec, Lebedeva and Odinesa, 2024) спроведена е споредбена анализа на производство и потрошувачка на електрична енергија помеѓу едносемеен објект при индивидуално домување и повеќесемеен објект во станбена зграда. Спроведената анализа е направена со примена на симулација во компјутерски софтвер PolySun. Во рамки на компјутерскиот софтвер се поставуваат податоци од потрошувачка на електрична енергија и потенцијалот за производство на енергија. Емпириската природа на истражувањето интегрира податоци кои претставуваат влезни параметри во енергетската анализа. Поради емпирискиот карактер на истражувањето, резултатите од производството и потрошувачка на енергија се анализирани преку визуелни дијаграми кои ја покажуваат временската зависност на енергијата како потрошена, така и произведена. Од резултатите се посочува дека типична 5-катница во повеќесемејна станбена зграда (60 станбени единици) може да покрие 77% од годишна енергетска потрошувачка. Од временски аспект енергетската анализа се однесува на часови интервали на енергетска потрошувачка. Како дополнително спроведена е споредбена анализа помеѓу едносемеен објект и повеќесемејна станбена зграда. Доколку за едонсемеен објект потребни се инсталација 11 kWp, за повеќесемејна станбена зграда потребно е 50 kWp на ФВ системи. Овие податоци се значајни за разбирање на ограничувањата на можностите за поврзување во рамки на постоечката енергетска мрежа. Резултатите од истражувањето се применуваат во две насоки. Првата насока се однесува на оптимизирање на постоечката енергетска мрежа. Со истражувањето се прави насока на оптимизација на складирање на енергијата in-situ со цел да се намали влијанието на ФВ системи на централната енергетска мрежа. Втората насока на примена на резултатите претставува репродуцирање во поширок размери и опфати.

2.4.7. Визуелни дијаграми и емпириски истражувања

Резултатите од истражувањата во науката се прикажуваат на различни начини според природата на дисциплината. Сепак, една од најшироко применуваните техники на прикажување на резултатите претставува примена на графикот преку визуализација на податоци. Низ историјата се среќаваат различни форми на графичко претставување на мисловните процеси на човекот. Начинот на прикажување е во директна зависност од природата на проблемот кој се истражува. Денес со развој на дисциплината на наука за податоци, визуализацијата претставува комплексно прикажување на истражувањата.

Истражувањата од страна на (Lima, 2013) во книгата визуелна комплексност опфаќа графичко претставување на информации и податоци кои претставуваат подлога за откривање на одреден проблем во структуриран систем на графичко претставување. Истражувањата се структурирани во 6 поглавја кои од историски и епистемиолошки аспект се анализирани карактеристиките на графичко претставување на податоци преку дијаграми. Во првото поглавје (Lima, 2013, Chapter 1- The Tree of life) се опфатени историски референци на визуелна претстава преку аналогија со дрвото, наречена **дрво на животот**. Метафората на дрвото визуелно се поврзува со теми како што се: религијата, фамилијата и енциклопедијата. Во тој процес се создава систем на класификација на информациите и на одреден начин претставува предвесник на современите дијаграмски претстави. Во вториот дел (Lima, 2013, Chapter 2- From trees to networks) се опфатени визуелните прикази со премин од **аналогитата на дрво кон мрежи**. Постоечките хиерархиски шеми се заменуваат со мрежи. Оваа промена која е во поширок општествен карактер произлегува од промена на гледалиштето на светот кои се основаат на: диверзитет, децентрализација и не линеарност. Мрежните принципи на организирање на податоци претставуваат предметот на истражување на третото поглавје

(Lima, 2013, Chapter 3-Decoding networks) во кое се опфатени примена на **мрежни визуелизации** преку клучните функции на визуелните дијаграми. Понатаму, во четвртото поглавје (Lima, 2013, Chapter 4- Infinite interconnectedness) се претставени функционални препораки за визуелизации на мрежи. Прикажани се примери на дијаграми кои се категоризирани според предмет на визуелното претставување. Со тоа се нагласува комплексна меѓусебна поврзаност преку **типологија на мрежи** во дијаграмско изразување. Во петтиот дел (Lima, 2013, Chapter 5- The syntax of a new language) прикажани се примери преку **лексикон на мрежни визуелизации**. На крај, во последното поглавје (Lima, 2013, Chapter 6- Complex beauty) насловено комплексна убавина прикажани се разбирање на вмрежувањето како основа за развојот на културата и општеството. Во ова поглавје се прави разграничување помеѓу редот и комплексноста преку откривање на идејата за **убавината во обрасците на мрежните функции**.

Графичкото претставување на функциите помеѓу елементите и податоците се состои од неколку постапки на визуализација на мрежи. Првиот чекор претставува **документирање**. Информацијата, односно податокот претставува основа за секој еден визуелен дијаграм. За таа цел потребна е квалитативна постапка на документирање на поединечните елементи. Следен чекор претставува **разјаснување**, односно комуникација на поединечните елементи на едноставен начин. Овој чекор се однесува на вовед во поставување на ред во понатамошните постапки на множества од информации и податоци. На основа на прецизирање на податоците се дефинира третиот чекор. Истиот претставува откривање, односно **пронаоѓање на образец** или функционални сознанија на системот на податоци и информации. Тоа се однесува пред сè на препознавање на сличностите и спротивставеностите на поединечните податоци. Следниот чекор се однесува на **продлабочување** како основа за портретирање на повеќедимензионални карактеристики на една мрежа. Секоја една информација има една карактеристика кога се согледува како издвоен ентитет, а сосема различна кога се анализира во групирање и во множество со останатите елементи. Од тие причини идејата за продлабочување претставува препознавање на клучните карактеристики за можноста на групирање и филтрирање на податоците преку поединечни и заеднички карактеристики. На крај секоја една мрежа подлежи на **одземање**, односно апстракција. Графичкото претставување преку дијаграми има пред сè апстрактна вредност. Според тоа, секој еден обид за визуализација на податоците во основа има хипотетичка и метафоричка природа која е изразена преку одземање, односно апстрахирање.

Во истражувањето од страна на (Lima, 2013) за графичко претставување на дијаграми наведени се осум принципи на визуализација на податоци кои се структурирани и се во меѓусебна вмреженост. Првиот принцип започнува со поставување на **прашање за видот и карактерот на податоците**. Прашањата кои се поставуваат пред секоја една организација на податоци претставува во кои цели се истражуваат. Исто така се поставуваат прашања за дефинирање на графичката претстава на податокот. Поставување на прашања и обид да се одговори секое едно прашање за структурирање на податоците претставува основа за секој еден податок и секое едно множество на податоци. Вториот принцип претставува **релевантност во графичкиот приказ на податоци**. За таа цел, два параметри се клучни: од една страна податокот, односно содржината на информацијата, а од друга страна методот на визуализација. Односот помеѓу податокот и содржината е на еквивалентно ниво на односот на формата и функцијата во процесот на структурирање на податоците. Третиот пристап претставува **аналитички пристап**. Земање предвид на елементите за мапирање со цел откривање на меѓусебните врски и нивно интегрирање во пошироки податочни системи. Авторот идејата за анализа ја поврзува со идејата за повеќеваријантноста на битијата. Нагласува дека ние сме повеќеваријантни битија вклучени во повеќеваријантни дејства кои

населуваат повеќе варијантен свет. Четвртиот принцип се врзува за **времето**. Структурирањето на поединечни елементи е во постојан напредок, односно постојана промена и адаптација. Категоријата на време претставува значаен параметар во секој динамичен систем. Секој обем на мрежни системи се директно поврзани со развојот во времето. Времето претставува основа во следниот принцип на **поврзување на мрежи**. Овој параметар е последица на две клучни категории: јазли и врски. Поврзувањето на поединечните елементи во графикони се прави преку визуелен јазик на поставување на врските. Постојат неколку фактори на влијание: градација на вредноста, степен на поврзување, интензитет, сличност итн. Шестиот параметар се однесува на **групирање**. Групирањето претставува поедноставување на вредностите во насока на: зајакнување на поврзаноста, намалување на комплексноста и подобрување на разбирање на податоците. Авторот дефинира неколку видови на поврзување: алфабетски, временски, размерни, локациски и поврзувања на специфични категории. Суштината на групирањето се основа на правилата на сличноста кој се применува на графички начин. Овој вид на категорија произлегува од законот на заедничко придвижување каде што елементите кои се во движење симултано во ист правец и еднаква брзина се разбираат, односно перципираат како поврзани ентитети во споредба со елементите во спротивен правец. Преку наведената карактеристика лежи суштината на групирањето на поединечните елементи во визуелните претстави на различни видови дијаграми. Седмиот параметар претставува **размерност**. При визуелизација на податоци, начинот на прикажување на информациите се разликува од еден во друг размер. Мрежните поврзувања на податоци покажуваат различен начин во еден и друг размер. На основа на наведените разлики постојат неколку начини на анализа на мрежно поврзување на податоци преку три сегменти: микро анализа, анализа на односи и макро анализа. Комплексноста на меѓусебните поврзувања повлекува примена на последниот принцип на **управување со сложеност**. Секој еден мрежен систем тргнува со идејата дека е автономен. Покрај автономијата, мрежите треба да обезбедат навигација кој на ефективен начин доаѓа до ориентација на структурирање на информации и податоци. Во тој поглед се прави разлика помеѓу фокус и контекст. При фокусирање на податоците се прави детален поглед на секој ентитет, додека при контекстуално согледување се прави поширок поглед на податоците и информациите.

2.4.8. Проекција на иден раст и развој

Определување сончев и фотоволтаичен потенцијал претставува основа во истражувања кои се однесуваат на предикција на идниот развој на градските средини. Проекција за иден раст се темели да добиените резултати од неколку аспекти: формирање на соларен катастар, образец за користење на енергијата и квантифицирање на произведената енергија.

- Иден развој на основа на капацитетите за производство и потрошувачка на сончева енергија

Методите на развивање соларен катастар од страна на (Mahir *et al.*, 2025) се применуваат во насока иден раст и развој на градските средини. Податоците од соларен катастар овозможуваат репродуцирање во различни географски средини, при тоа анализирајќи различен обем на урбан сегмент. Покрај квантифицирањето на добиената енергијата, определување на сончевиот потенцијал е значаен од аспект на мапирање на видливоста на ФВ системи од идна перспектива на покривните површини (Soha, Sugár and Hartmann, 2024). Резултат од истражувањето претставува создавање на визуелен соларен катастар во заштитни подрачја од културно наследство во градот Будимпештата. Покрај идејата за создавање на соларен катастар, од резултатите од фотоволтаичен потенцијал се ставени во функција на образец за користење на произведената енергија.

Во истражувањето од страна на (Sheng *et al.*, 2025) и покрај ограничениот пристап на податоци предвидува образец за иден развој со цел подобрување на производството и потрошувачката на електрична енергија во градските средини. Во насока на квантифицирање на енергетскиот потенцијал, истражувањата од страна на (Ward *et al.*, 2023) предвидуваат иден образец на потрошувачка на енергијата на основа на променливоста на производството на енергија од фотоволтаични системи. Од друга страна, добиените резултати од фотоволтаичен потенцијал во истражувањата (Lingfors, Johansson and Lindahl, 2025) претставуваат показатели за стабилизирање на централната енергетска мрежа. Понатаму, со примена на методологија на UBEM- Urban Building Energy Models (Skeie *et al.*, 2025), добиени се резултати на иден начин на користење и дистрибуција на произведената електрична енергија во рамки на градските средини. Следствено, на основа на добиени податоци од фотоволтаичен потенцијал од изградени покривни површини (Soto Calvo and Lee, 2025) развиени се шест сценарија на основа на произведената енергија: основен развој (мал пад во населението), умерена стабилност (минимален раст на населението), технолошки развој (умерен раст на населението, но значителен технолошки развој каде што значително се намалуваат трошоците на сончева енергија, а цените на енергијата се стабилизираат), енергетска транзиција (добар демографски раст, висок напредок на сончева технологија и намалување на трошоците за инсталација, нарушувачки напредок и економска стагнација). Во пресек на претходните истражувања се опфатени аспектите на квантифицирање на произведена електрична енергија. Квантифицирање на енергијата од фотоволтаичен потенцијал (Idrovo-Macancela *et al.*, 2025) претставува основа за споредба помеѓу граница на потрошувачка на енергија од граничен капацитет на фотоволтаичните системи. Во резултатите од истражувањето се добива дека вкупниот енергетски потенцијал е поголем неколкукратно во споредба на потрошувачката на електрична енергија. Во насока на квантифицирање на енергијата, истражувањето од страна на (Lambarki *et al.*, 2025) ги препознава оптималните зони од покривните површини од градот Надор за инсталирање на ФВ како клучен сегмент во идниот раст и развој на градот од аспект на енергијата од сонцето. Понатаму, на основа на добиените резултати за потенцијалот за производство на енергија од изградени покривни површини (Rodríguez-Gómez *et al.*, 2022) се прави процена на идните обрасци на производство на фотоволтаичните системи на дневно ниво. На крај, добиените резултати за процена на фотоволтаичен потенцијал (Guillén-Lambea *et al.*, 2023) посочуваат дека 20% од произведената енергија ги задоволува севкупните енергетски потреби на анализираната локација. На основа на добиените податоци се предложени сценарија за иден раст во насока на енергетски независни урбани сегменти.

- Споредбена анализа на идниот развој според производство на енергија од покривна и корисна покривна површина

Добиените резултати од постапката на определување на енергетски потенцијал од страна на (Massano *et al.*, 2023) се анализирани преку две сценарија од идна перспектива. Сценарио 1 претставува производство на електрична енергија од корисна покривна површина од ФВ системи. Резултатите покажуваат корисна покривна површина која е еквивалентна на енергетски потенцијал. Од друга страна, во второто сценарио анализирани се вкупни покривни површини без дополнително редуцирање на корисна покривна површина.

- Складирање на дополнително произведена енергија

Добиените резултати од истражувањето од страна на (Massano *et al.*, 2023) се во насока на проектирање и димензионирање на системот за складирање на енергија во два случаи: батерии и електрични возила како склад на енергија. Со добиените резултати постигната е првичната цел која е дефинирана во истражувањето и се однесува на

интегрирање на платформата за ко-симулација за пресметка на изводливоста на инсталациите од ФВ системи и поширока анализа чии резултати можат да се користат за поттикнување на нови стратегии за донесување на одлуки на севкупно градско ниво на Торино. Примена на добиените резултатите поради широкиот пристап и јавен карактер се достапни на две нивоа: на секоја станбена единица и пошироко достапни во јавноста. Како споредба, истражувањето вклучува јавно достапни податоци и прави придонес кон иден развој на Торино. Со тоа, примената на резултати е достапна до секое домаќинство со цел преиспитување на идните одлуки за начин на производство на електрична енергија.

- Платформа за интегрирање на резултати од различни чинители

Истражувањето од страна на (Ramafikeng, Ajayi and Adeleke, 2025) создава платформа за примена на резултатите од различни чинители: инвеститори, планери, јавни чинители кои можат да пристапат и да придонесе до формирање на одлуки за различни аспекти во насока на прозивводство на енергија од обновливи извори.

- Реплицираност на истражувањата на национално ниво

Развиената методологија за определување соларен потенцијал на национално ниво од страна на (Walch *et al.*, 2020) може да биде реплицирана во поголеми размери за идните енергетски системи. Развиената методологија која се темели на временска пресметка во рамки на еден час се применува во насока на децентрализирање на енергетската мрежа. Примена на резултатите од истражувањето е во насока на политики за интегрирање на ФВ системи на покривните површини на национално ниво во Швајцарија.

- Проекција на идни сценарија за производство на енергија во региони во развој

Истражувањето од страна на (Molnár, Üрге-Vorsatz and Chatterjee, 2022) се применува во две клучни насоки. Во однос на идните проекции, во истражувањето е откриено дека покрај големиот број на објекти во развиените економии (Кина, САД и ЕУ), новоизградените објекти во регионите во развој (во Латинска Америка и Јужна Азија) играат клучна улога во реализација на потенцијалот во наредните децении. Од друга страна, во однос на користење на произведената енергија, инсталирањето на ФВ системи на објекти од едносемејно домување имаат големи потенцијали за покривање на потрошувачката на целиот објект и се врамнотежува потрошувачката со in-situ производството.

2.4.9. Идентификувани недостатоци во претходните истражувања

Иако постоечката литература опфаќа значајни придонеси во анализираните теми во оваа поглавје, сепак се забележуваат празнини кои ја оправдуваат потребата од понатамошно истражување.

Претходните истражувања од **извор на податоци** имаат ограниченост со кохерентноста меѓу раличните извори. Примерите вклучуваат единечен извор или повеќе извори на податоци што посочува на недостаток од унифициран пристап во комбинација на различни видови просторни податоци. Дополнително, секое од истражувањата имаат различен квалитет на податоците и локализираност на истите преку геореферентност. Овој принцип посочува на потешкотии во истражувања на локално ниво кои се релевантни во универзално применлива методологија.

Иако постојат голем број на студии на различно гео-просторно ниво (град, држава, регио), сепак голем дел се **геореференцирани истражувања** од дисперзиран карактер. Сличноста на овие истражувања се однесува на размерноста, сепак поединечните примери користат различни влезни параметри. Во овој случај се препознаваат ограничувања за споредбена анализа, како и недостатоци за просторни сегменти кои би

биле применливи во различна густината на изградба. Дополнително, во претходните истражувања не се препознаваат значителни истражувања во Македонија.

Процесот на работа со просторни податоци најчесто вклучува постапка на **класификација и интерполација**. Во претходните истражувања се препознава широк опфат на методи кои имаат недостатоци со стандардизирани пристапи во документирањето на покривните површини. Дополнително, не се препознава истражувачки пристап за определување корисна покривна површина која е клучен чекор во документацијата на изградени покривни површини и интегрирањето на ФВ системи.

Претходните истражувања од енергетски домен имаат недостаток на интегриран пристап за **сончев, фотоволтаичен и енергетски потенцијал**. Иако влијанието на сончевите зраци преку сончевата радијација се широко применети во истражувањата, сепак постојат празнини кои интегрирани вклучуваат: влијанието на сончевите зраци преку годишна динамика, загубите како последица од сенки, технологијата на фотонапонски системи и просторните карактеристики од покривните површини.

Во пресек на претходните истражувања голем дел од анализираните пристапи вклучуваат динамичка симулација на сончевиот и енергетски потенцијал. Сепак постојат ограничувања во споредбена анализа помеѓу различни **временски променливи** во годишен, месечен и дневен интервал.

Процесот на интегрирање ФВ системи во рамки на изградената средина наоѓа примена во објектите од домување. Сепак во постоечките истражувања се препознава недостаток на анализа која вклучува споредба на **типологии домување**.

На крај, во пресек на претходните истражувања се забележува ограничен обем на **истражувања во Македонија**. Иако постои национален систем на LiDAR податоци, сепак постојат недостатоци кои се однесуваат на развој на соларен катастар. Дополнително, во Македонија нема развиен воедначен пристап за енергетска анализа. Иако постојат законски одредби за производство на електрична енергија од обновливи извори, сепак постојат значителни празнини во адресирање на проблематиката во архитектурата и останатите инженерски дисциплини. Овие недостатоци имаат научен потенцијал за придонес кон одржливоста во изградената средина од македонското поднебје.

2.5. Цели на истражувањето

Целите на истражување произлегуваат од предметот на анализата и претходно препознаените проблеми. Од предметот на документирање на покривните површини, дефинирана е цел за прецизно определување геометрија од покривни површини. Од предметот поврзан со сончевата енергија дефинирана е цел за определување на квантитетот на сончевата енергија. Од предметот за електрична енергија нагласена е целта за производство на финална електрична енергија на основа на сончевите влијанија. Од предметот на адресирање на секторот домување дефинирана е целта за квантифицирање на станбените единици во рамки на покривните површини. На крај, целта на податоци поврзана со постапките на интегрирање, оптимизирање и трансформирање како основа во определување на целите за степен на локална енергетска независност како основа за постигнување енергетска независност на државно ниво. Тие ја определуваат насоката истражувачкиот процес и овозможуваат систематизирање на постапките: документирање, квантифицирање, симулирање и емпириско истражување. Во продолжение се дефинирани поединечните цели преку нивно поврзување со основите на истражувањето.

- Цел 1: прецизно документирање изградени покривни површини

Првата цел започнува со предмет на истражување во кое се наведени покривните површини од изградената средина во Македонија. Таа опфаќа прецизно документирање

на покривните површини од изградени градски средини во Македонија. Целта за прецизното документирање има две значења. Од една страна прецизно определување на наклонетиот агол и правецот на покривни површини. Од друга страна, извлекување на геометриските карактеристики од покривите, како и нумеричките податоци кои се однесуваат на покривна површина.

Дополнување на целта за документирање покривни површини се однесува на разграничување помеѓу покривна и корисна покривна површина. Прецизното документирање на покривните површини претставува основа на утврдување критериуми за определување корисна покривна површина. Во таа насока, целта на истражување од аспект на покривни површини претставува разграничување помеѓу вкупна покривна површина и корисна покривна површина која е соодветна за инсталирање ФВ системи за производство на електрична енергија. Прецизното и геореференцираното документирање на покривните површини е основа за сите понатамошни аналитички постапки.

- Цел 2: определување на сончев потенцијал

Покрај целите поврзани со просторните домени на покривните површини, составен дел на целите од истражувањето се однесуваат на влијанието на сончевата радијација врз наклонетите покривни површини. Квантифицирањето на покривните површини претставува основа за целта поврзана со сончевите зраци и сончевата енергија. Според тоа, цел на истражувањето од аспект на сончевата енергија се однесува на прецизно определување и квантифицирање на сончевата енергија која влијае врз наклонети покривни површини. Показателите за сончевата енергија се однесуваат на симулацијата на сончевите зраци, влијанието на сенките и атмосферските влијанија со цел објективни вредности за влијанието на сончевите зраци. Целта е да се добијат објективни показатели преку кои сончевата енергија е влезен параметар во определувањето на енергетскиот потенцијал.

- Цел 3: Трансформација од сончева енергија во производство на финална електрична енергија

Определување на сончевите влијанија и квантифицирањето на сончевата енергија како цел е директно поврзана со вовед во методологијата за изработка на сончев катастар на изградени покривни површини во градските средини во Македонија. Покрај целите поврзани со влијанието на сончевите зраци во форма на сончева енергија, опфатени се цели поврзани со производство на електрична енергија. Интегрирање соларни системи за трансформација на сончевата енергија претставува цел во истражувањето за производство на финална електрична енергија. Во таа насока, неопходно е разграничување на соларните системи преку типологија на ФВ системи за производство на енергија кои влијаат во степенот на трансформација од сончева кон електрична енергија. Системот на ФВ се состои од неколку компоненти. Цел за разграничување на компонентите од ФВ систем за производство на електрична енергија во кои се сочинуваат: ФВ модули, инвертори и кабли за поврзување. Во однос на ФВ модули целта претставува разграничување од различните материјали од кои се изработени компонентите на модулот. Сепак, најзначаен дел од модулот претставува ФВ ќелии. Според тоа, една од целите за производство на електрична енергија претставува разграничување на материјалите од кои се изработени ФВ за определување на влијанието на процентот на конверзија и степенот на производство на електрична енергија.

- Цел 4: квантификација на бројот на станбени единици

Просторно-енергетскиот дискурс на истражувањето претставува основа за целите поврзани со тематскиот пристап на станбените објекти. Во предметот на истражување опфатени се објектите од домување. Во таа насока, целта на истражувањето претставува

определување на бројот на станбени единици за секоја градба од која се анализирани покривните површини. Бројот на станбени единици се врзува со типологијата на домување: куќа, блок и кула. Врз основа на анализираниите станбени објекти типологијата на домувањето претставува категорија од која зависни густината на населување.

- Цел 5: емпириска анализа преку визуализација на податоци

Целта на истражувањето во насока на податоците претставува интегрирање на податочните системи во насока на препознавање образци. Од друга страна целта е поврзана со оптимизирање на податоците во насока на визуализација на податоци. Постапките на визуелизација на податоците и информациите се поврзани со трансформација на податочните системи преку вкрстување и меѓусебно комбинирање од различен степен и различен карактер на податокот. Оваа категорија е директно поврзана со целта за анализа на податоците во оптимизирање на параметрите на истражување од неколку аспекти: просторни, сончеви, енергетски и функционални. Таа цел директно се врзува со изнаоѓање решенија за комплексноста и обемот на различниот карактер на податоците како параметар во определување на променливите од истражувањето.

- Главна цел: постигнување енергетска независност

Категориите кои се однесуваат на просторот, енергијата и податокот се директно врзани со главната цел од истражувањето која претставува определување степен на локална енергетска независност како основа за постигнување енергетска независност на државно ниво преку квалитетите на покривните површини од изградениот простор.

Од досегашните наведени цели поврзани со покривните површини, сончевите зраци, електричната енергија и станбените површини се забележува дека станува збор за повеќе категории за кои се врзани голем обем на податоци. Од наведените категории се нагласува целта поврзана со определување на енергетските потенцијали од анализираниите покривни површини, како и определување на енергетската потрошувачка во рамки на станбените единици. Според тоа, главната цел на истражувањето претставува определување на однос помеѓу количество на потрошена и произведена енергија.

2.6. Тези и хипотези

Предложеното истражување се основа на тези кои придонесуваат кон целосно разбирање и квантифицирање на потенцијалот од интегрирање ФВ системи во рамки на покривните површини во градските средини во Македонија. Тезите се насочени кон истражување на примената на сончев потенцијал со помош на истражувачки алатки: документирање покривни површини, симулација на енергија од сончеви зраци и емпириска анализа на податочни системи. Во предложениот труд се опфатени целите за постигнување одржлив развој преку примена на технологија на ФВ системи како елемент во производство на електрична енергија. Основна теза на истражување е процесот на документација на покривните површини и определување корисна покривна површина како предуслов за интегрирање ФВ системи.

- Теза 1: влијание на точката од LiDAR технологија во документирање покривни површини

Од просторен аспект се извлекува првата теза на истражувањето која претставува точката како основен елемент во документирање изградени покривни површини. При спојување на повеќе точки се добива множество преку облак од точки. Според принципот на документирање, тезата претставува определување векторски и растерски начин на документирање покривни површини. Определување на геометријата на

покривните површини и контекстот од изградената средина значи прецизно дефинирање на клучните параметри од покривните површини: наклонет агол и правец. Дефинирање на геометриските карактеристики придонесува кон определување на густината на изграденост во градските средини во Македонија.

- Теза 2: капацитет на сончева енергија според климатски карактеристики од географска позиционираност

Покрај тезата која се однесува на просторните аспекти, во истражувањето е вклучена втора теза која се однесува на климатските услови на македонското поднебје. Основната теза од климатски контекст претставува влијание на климатските услови врз ефективната на ФВ системи во рамки на покривните површини. Препознавањето соодветни покривни површини изразени преку геометријата и изложеноста на сончевите зраци е неопходна за трансформација на сончевите потенцијали во електрична енергија. Наведената теза е поврзана со капацитетот за определување сончева енергија според географската позиционираност во однос на изградениот контекст од македонските градови.

- Теза 3: емпириска анализа за определување на одржливоста

Третата теза од истражувањето претставува анализа на податоци со цел определување енергетски потенцијали кои се составен дел од предметот на истражување. Податокот како изразно средство претставува чинител во определување сончев, енергетски и ФВ потенцијал од изградени покривни површини. Вклучување на податоците во емпириските методи на истражување претставува помошно средство во определување на произведената енергија од покривните површини во рамки на станбените единици. Според капацитетот на произведена енергија, градовите од македонското поднебје имаат потенцијал за целосна и делумна енергетска автономност. Тоа значи дека производството на енергија во рамки на покривните површини имаат директен придонес кон постигнување одржливост во поширок контекст на изградената средина. Следствено, соларната енергија придонесува кон постигнување на глобалните цели за одржливост. Покрај анализа во глобални рамки, производството на електрична енергија има потенцијал за примена преку целите од зелениот раст на ЕУ. Во линија на законодавството клучната теза се однесува на производството на енергија од покривни површини во градските средини како основа за постигнување енергетска автономност на национално ниво во Македонија.

Доколку при дефинирање на тезите се опфатени широки аспекти поврзани со целите на истражувањето, хипотезите претставуваат продолжување во конкретни насоки. Работните хипотези претставуваат основа за истражување на геометријата од покривните површини за производство на електрична енергија. При тоа, со интегрирање ФВ системи во рамки на покривните површини се определува енергетскиот потенцијал од изградената средина. Според геореферентната позиционираност на покривните површини во климатски и просторен контекст се диференцираат енергетските добивки, односно степенот на производство на електрична енергија. Работните хипотези се поврзани со примена на дигитални софтверски алатки преку трансформација на податоци поставени во насока на енергетска симулација.

- Основна хипотеза: прецизно определување потрошувачка и производство на електрична енергија од изградени покривни површини

Основна хипотеза на истражувањето претставува прецизно определување на степенот на потрошувачка според бројот на станбените единици и производство на електрична енергија според апсорпцијата на сончевите зраци за интегрирање ФВ системи. Производството на електричната енергија се однесува на енергетските потенцијали од изградени покривни површини, додека пак потрошувачката на електрична енергија се однесува на потрошувачките капацитети во рамки на

домаќинствата во Македонија. Основната хипотеза е поставена од поширок контекст, според тоа неопходно е прецизирање преку поединечни сегменти: просторни, енергетски, станбени и податочни (емпириски).

- Хипотеза 1: прецизно документирање изградени покривни површини

Прва хипотеза сугерира прецизно документирање покривни површини од македонското поднебје. Идејата за документирање на покривните површини содржи просторен и енергетски карактер. Просторниот карактер се однесува на дефинирање и извлекување на клучните просторни параметри: наклонет агол и ориентација на покривни површини. Покрај целовитоста на покривот, составен дел од предметот на истражување се однесува на определување корисна покривна површина за инсталирање фотонапонски системи. Поради високите критериуми за производство на електрична енергија, не секој сегмент од покривната површина е погоден за производство на електрична енергија. Од тие причини хипотезата поврзана со прецизно документирање значи разграничување помеѓу вкупната и корисната покривна површина. Доколку хипотезата поврзана со процесот на определување корисна покривна површина од аспект на производство на електрична енергија се покаже точна, тоа би значело ефективни методи за определување сегменти од анализираните покриви за интегрирање ФВ системи.

- Хипотеза 2: критериуми за определување корисна покривна површина

Втората хипотеза произлегува од постапката на документирање покривни површини преку конкретните критериуми за определување корисна покривна површина за производство на електрична енергија. Просторните параметри од покривните површини (како што се наклонет агол и ориентација), како и климатските параметри од сончевата радијација претставуваат темел во определување на критериумите. Пред се, овие критериуми се поставени за извлекување на целосните енергетски потенцијали од наклонетите покривни површини. Првиот критериум се однесува на наклонетиот агол. Покривните површини со наклонет агол поголем од 45° имаат помал степен на апсорпција на сончевите зраци. Вториот критериум се однесува на ориентацијата на наклонетите површини. Покривните површини кои се наклонети кон северната страна во временски распон од една година имаат низок интензитет на сончева радијација во споредба со ориентацијата од останатите страни (исток југ и запад). Од тие причини се поставува критериум за отфрлање на покривните површини ориентирани на север од анализата. Третиот критериум се однесува на степенот на сончева радијација. ФВ системи имаат гранични параметри за производство на електрична енергија, според тоа во предвид се земаат сегментите од покривните површини кои имаат сончева радијација поголема од 800 kWh/m^2 во временски распон од една година.

- Хипотеза 3: определување степен на енергетска автономност според производство на енергија од покривни површини и потрошувачката на енергија од станбени единици

Третата хипотеза директно се врзува со прецизно определување на процентот на производство на електрична енергија во однос на потрошувачката од поединечните станбени единици во градските средини во Македонија. Оваа хипотеза произлегува од типологиите на станбеното домување кои влијаат врз потрошувачката на електрична енергија преку бројот на домаќинства. Хипотезата е поставена со цел да се анализира произведената електрична енергија од покривните површини според потрошувачката која произлегува од демографските параметри на домаќинствата и густината на населување. Доколку хипотезата се покаже точна, идниот развој го радските средини во Македонија неопходно е да ги дефинира развојните станбени објекти според

капацитетите за производство на електрична енергија во поширок контекст на архитектонската обвивка и во потесен контекст рамки на покривните површини.

2.7. Методологија на истражувањето

Методологијата на истражување е развиена во четири основни чекори: анализа на законодавство, документација, квантифицирање (симулација) и емпириска анализа. Методологијата на истражување започнува со анализа на законодавството од неколку рамки: светски, европски и македонски. На основа на критериумите и одредбите од легислативните документи предложената методологија има за цел да ги интегрира преку научните основи на истражување. Како пример се посочуваат насоките за одржливост во пошироки светски рамки, европските директиви и македонското законодавство за интегрирање системи за производство на енергија во рамки на постоечките градби. Доколку во првиот чекор во методологијата се опфатени легислативните аспекти од темата на истражување, во вториот чекор се опфатени методите за **прецизно документирање на покривните површини** во градските средини во Македонија. Постапката на документирање се основа на добиените податоци во форма на облак од точки од страна на Агенција Катастар на недвижности. При тоа, со примена на алатки за геопроектирање дефинирани се растерски модели кои содржат графички (геометриски) и нумерички карактеристики за покривните површини. Резултат од методите на документирање на покривните површини претставува просторни показатели на геометријата, наклонетиот агол и правецот на покривните површини. Втор чекор во методологијата претставува **определување сончев потенцијал** на изградени покривни површини. Овој дел од истражувањето вклучува просторни податоци од документирани покривни површини и податоци од влијанието на сончевите зраци врз наклонетите површини. Вредностите на квантифицираната сончева енергија се неопходни за определување електрична енергија при интегрирање ФВ системи од анализираните покривни површини. Во истражувањето направена е анализа на различни видови на ФВ ќелии од кои најшироко применувани во моментот претставуваат материјализирани од повеќекристален силициум. Процентот на трансформација од сончева во електрична енергија во рамки на повеќекристални ФВ ќелии изнесува 18%. Производството на електрична енергија претставува финална енергија која директно се применува во домаќинствата во Македонија. Покрај производството, во истражувањето направена е анализа на потрошувачката на електрична енергија во станбените единици во Македонија. Во просек, домаќинствата во Македонија имаат потрошувачка на енергија во износ од 6,8 MWh на годишно ниво. Од добиените енергетски податоци со распределување на бројот на станбени единици се добива енергетскиот капацитет за секоја станбена единица во рамки на секој поединечен објект. Параметар кој претставува значајна одредница во определување на степенот на енергетска самостојност на станбените единици од произведената електрична енергија од покривните површини. Од наведените методолошки постапки се добиваат следните податоци: просторни (покривна површина), енергетски (производство на сончева и електрична енергија, како и потрошувачка на електрична енергија) и податоци кои се однесуваат на бројот на станбени единици. Во тој процес се вклучени голем обем на податоци од различен карактер кои претставуваат основа на **емпириска анализа** на истражувањето. Работата со податоци вклучува алатки на следните процеси: филтрирање, процесирање, сегментирање и групирање. При тоа со вклучување на просторно-енергетските параметри направена е анализа на вкупното производство на електрична енергија и распределување станбени единици од анализираните покривни површини.

2.8. Организација на истражувањето

Предложеното истражување е поделено во 7 поглавја, кои се структурирани во три клучни дела: вовед, методи на истражување и резултати со заклучни согледувања.

Воведниот дел опфаќа основи на истражување во кои се дефинирани тематските, теоретските и проблемските основи на истражувањето. Во истата насока се претставени: предметот, целите, проблемот, тезата и хипотезата од истражувањето. Составен дел од воведната структура е пресекот на претходните истражувања. Во рамки на референтната литературата се анализирани неколку тематски подрачја: дигитални техники за документирање на изградената средина, енергетски системи, геореференцирани истражувања, начин на добивање просторни податоци, класификација и интерполација на просторни податоци, документирање покривни површини, определување сончев потенцијал, производство електрична енергија, емпириски истражувања и анализа на иден развој.

Методите на истражување започнуваат со анализа на законодавството од кадешто се развиваат трите истражувачки методи: документирање на изградените покривни површини, енергетска симулација и емпириска анализа. Составен дел од методологијата на истражување претставува вклучување методи за **документирање покривни површини** кои се засноваат на просторни податоци од LiDAR технологијата. Понатаму, со примена на алатките за геопроцесирање на просторните податоци определени се клучните геометриски параметри од покривните површини: агол на наклонување и ориентација на покривни површини. Просторните параметри од покривните површини претставуваат основа за определување **сончев потенцијал и производство на електрична енергија**. Во ова поглавје се опфатени методите на определување на влијанието на сончевите зраци во насока на квантифицирање на капацитетот за производство на електрична енергија од ФВ системи. Со примена на дигиталните алатки и методите за симулација претставени се клучните аспекти на истражувањето во насока на определување на сончев и енергетски потенцијал на изградени покривни површини. Понатаму, во наредното поглавје се опфатени методите на **емпириска анализа на податоците** кои се добиени од просторен и енергетски карактер.

Резултатите од применетата методологијата се поделени во четири дела. Во првиот дел направена е анализа на параметрите. Во вториот дел од резултатите спроведена е анализа од 9^{те} урбани сегменти. Третиот дел од резултатите на истражувањето опфаќа анализа според типологијата на домување: кула, блок и куќа. Резултатите завршуваат со анализа на производство и потрошувачка на електрична енергија на месечно ниво. Вредностите на просторните показатели и густината на населеност ги дефинираат клучните резултати од истражувањето. Просторните резултати покажуваат дека покривните површини во Гевгелија и Дебар Маало поради високата густина на изграденост на покривните површини имаат висок степен на производство на електрична енергија. Резултатите од густината на населеност покажуваат дека анализираните урбани сегменти во Скопје имаат висок интензитет на населување на станбените единици. Просторните резултати и високите демографски параметри преку анализираните примери во Скопје влијаат на однос на производството на финална електрична енергија од покривните површини изнесува 11,44-37,51%. Со цел постигнување на енергетска самостојност во иднина се предлага дополнителни истражувања. Од друга страна, нискиот интензитет на населеност во градските средни надвор од Скопје (Гевгелија, Градско, Неготино и Пехчево) придонесуваат кон енергетска самостојност прикажана преку односот помеѓу производството и потрошувачката на електрична енергија изнесува 118,96%-148,99%. Со цел третирање на дополнително произведената енергија се предлага дополнителни истражувања за складирање во батерии и предавање во централната електроенергетска мрежа.

2.9. Придобивки од истражувањето

Предложеното истражување има за цел постигнување на одржливост преку определување на енергетскиот потенцијал од изградени покривни површини, а резултатите посочуваат на придобивки од научен, апликативен и поширок контекст на одржливоста.

Научниот придонес се врзува за воспоставената методологија (покрив, енергија и емпириска анализа) каде што резултатите придонесуваат кон целта поврзана за определување на степенот на енергетска независност. Во рамки на истражувањето се развиени постапки на документирање на изградените покривни површини во Македонија. Преку начинот на разграничување на вкупна и корисна покривна површина придонесот се однесува на дефинирање и извлекување на просторните карактеристики од архитектонската обвивка преку примерот на поркивот. Понатаму, развојот на динамичната симулација од годишен и месечен временски карактер на сончевите зраци при тоа вклучувајќи ги сенките и атмосферските влијанија придонесуваат кон развој на соларен катастар во Македонија. Следува примена на методите за квантифицирање на сончевата енергија преку трансформација во електрична енергија која обезбедува научен придонес во проценка на произведената електрична енергија од покривните површини на македонското поднебје. На крај, примена на целите и методите поврзани со емпириската анализа преку потрошувачка на електрична енергија претставува придонес во определување на степенот на енергетска автономија.

Покрај научните придобивки, поставените цели посочуваат на апликативни придобивки кои се отчитуваат од резултатите на истражувањето. Симулацијата на сончевите зраци овозможува проценка на сончевиот потенцијал за секоја анализирана локација. Енергијата од сончевата радијација преку технологијата од фотонапонските системи овозможува примена на оптимални техники за максимално производство на електрична енергија. Утврдувањето на бројот на станбените единици е директно поврзано со густината на населеност (куќа, блок и кула) каде што произведената енергија е ставена во функционална анализа помеѓу енергетските потреби на соодветните станбени типологии. Целите на истражувањето кои ја дефинираат истражувачката методологија придонесуваат кон создавање соларен катастар при планирање на идниот развој преку намалување на ризиците од надворешни влијанија.

Предложената истражувачка рамка од методите придонесува кон придобивки од поширок аспект на одржливоста. Односот помеѓу потрошувачката и производството на електрична енергија придонесува кон квантифицирање на енергетската автономија на локално ниво. Преку јасни податоци за сончевиот потенцијал од изградени покривни површини се добива стратедиска мапа за енергетските капацитети во насока на идна поддршка за енергетска независност. На тој начин се намалува зависноста од енергетскиот увоз, се зголемува енергетската безбедност и се создава широк придонес кон примена на обновливите извори на енергија преку просторните потенцијали од изградената средина.

Придобивките од истражувањето посочуваат на научни решенија кои се засноваат на определување на сончевиот и енергетскиот потенцијал од изградените покривни површини. Предложените пристапи овозможуваат основа за развој на плански решенија од повеќе размери: стратегии на национално ниво, урбанистички планови, просторни решенија преку основен проект и технички решенија во рамки на технологијата на фотонапонските системи. Следствено, резултатите од истражувањето посочуваат на научен, апликативен и поширок придонес кон одржливоста на македонското поднебје.

3. Применети научни методи и начин на работа

3.1. Законодавство како основа за дефинирање на методите

Законодавството претставува почетна методолошка анализа во рамки на истражувањето бидејќи прави пресек на легислативните и развојни политики на одржливиот развој, изградената средина, енергијата и домаќинствата. Преку анализа на легислативните документи се нагласува значењето на правните документи во одржливиот развој на изградената средина. Во рамки на поглавјето се анализираат законите и стратешките документи на три размерни нивоа: светско, европско и национално. Поставената размерност има за цел анализа на легислативните документи на пошироко ниво кои при тоа се транспонираат во европските директиви и адаптираат во македонското законодавство. Аналитичката постапка на законските документи се врзува со следните области: одржливост на постојни градби, домување преку идеите на одржлив развој, производство на електрична енергија од обновливи извори и јавниот домен на информациите и податоците.

Во предложеното поглавје се прави анализа преку споредбен и тематски пристап на одржливоста. Широкиот опфат на целите за одржливост се анализира преку третирањето на постоечките градби во сегментот на домувањето. Во светски рамки се анализираат документите на ОН преку целите за одржлив развој. Во рамки на европа опфатени се директивата за перформанс на градбите (EPBD), Европскиот зелен договор, Европскиот Баухаус и директивата за отворен пристап до податоци. Законодавството вклучува преглед на законски документи во Македонија како што се анализирани следните закони: енергетска ефикасност, градење, енергетика, обновливи извори на енергија, како и индикаторите за домаќинство и потрошувачка на електричната енергија

Во методолошката анализа на законодавството се нагласуваат законските обврски и политиките за одржливост на постоечките градби преку интегрирање на фотонапонски системи. Според предложената структура на истражување се препознаваат законодавните параметри за потенцијалите за производство на електрична енергија преку функционалната рамка на одржливост.

3.1.1. Препораки од меѓународни институции

Легислативата во глобални рамки за одржлив развој се темели на пет столба: домување, територија, обновливи извори на енергија, просторно планирање и праведност. Овие темели се интегрирани во целите за одржлив развој на Обединетите Нации кои претставуваат насока за глобален напредок. Составен дел од целите се градските средини кои имаат централна улога во агендата преку аспектите на одржливо домување и урбан развој. Во рамки на целите за одржлив развој значајна е целта 11 во која се опфатени изградената средина и градските средини. Во дополнените на изградената средина, 11^{та} цел опфаќа Достапно домување, транспорт, управување со населбите, заштита на културното наследство, инклузија на ранливи групи, пристап до зелени површини и прилагодување кон климатските промени. Овие аспекти се поврзани во концептот на отпорни градови (resilient cities) кои создаваат реакција на општествен, економски и климатски влијанија.

Урбаните предивизи во совремието се однесуваат на достапноста на домувањето, проблемите со животната средина, квалитетот на живеење, што е особено изразено за време на пандемијата од Ковид-19. Како дополнителен проблем се посочува нееднаквоста која е се поизразена во градските средини и населените места. Наведените состојби ја нагласуваат потребата за поставување на домувањето како приоритет во јавните политики согласно со насоките на Економската комисија за Европа на ОН (UNECE) и Комитетот за урбан развој, домување и управување со земјиштето.

Регионалниот акциски план, иницијатива на UNECE, ги обединува концептите за достапно домување и ги интегрира со глобални иницијативи како „Домување 2030“, Новата урбана агенда (Habitat III) и Агендата 2030 за одржлив развој. Дополнителни документи, како извештајот „Заедничка одговорност, светска солидарност“ и студијата „Домување 2030“, го нагласуваат значењето на социо-економските аспекти и потребата од достапни, ефикасни и квалитетни станбени политики.

Женевската поврлба при ОН нагласува важност за достапно домување како одговор на глобалните проблеми поврзани со демографијата, климата и економијата. Во рамки на повелбата се опфатени насоки за третирање на постоечките градби од станбените објекти преку подобрување на енергетските перформанси при тоа придонесува кон културолошка прифатливост и порширока општествена инклузивност. Повелбата се засноа на четири принципи за безбедно домување: еколошка одржливост, економска ефикасност, социјална инклузија и кулуролошка адекватност.

Во овој контекст, целите за одржлив развој обезбедуваат интегриран и неделив систем за оценување на напредокот, каде урбаното домување и солидарниот пристап кон општествените групи претставуваат основа за создавање отпорни, одржливи и правично развиени градови.

3.1.2. ЕУ законодавство

Во **европското законодавство** значајна е директивата EPBD (EU, 2024), особено член 10 каде што се опфатени насоките за имплементирање на енергетски системи од сончева енергија. Новите објекти, како и постоечките архитектонски објекти потребно е да интегрираат соларни системи. Тоа значи дека потребно е просторно и конструктивно приспособување на архитектонската обвивка за интегрирање на соларните системи: фотоволтаични, термални и хибридни системи. Директивата се однесува на новопроектираните и постоечките градби. Особено се опфатени станбените објекти преку конкретни временски рамки за реновирање и адаптирање на соларните системи. Во рамки на директивата се опфатени конкретни насоки (реновирање, интегрирање и адаптирање) и конкретни временски рокови (2026, 2027 и 2029 г.) за објектите од изградената средина.

Во европското законодавство, основа за одржлив развој на општеството претставува намалување на стакленички емисии и зголемување на производство на енергија од обновливи извори. Објектите од изградената средина претставуваат еден од најголемите потрошувачи на енергија, а со тоа и предизвикуваат значителна појава на стакленички гасови. На основа на посочените пристапи, целта на голем број на законски документи во рамки на Европска Унија претставува нагласување на одржливоста преку намалување на стакленичките гасови и производство на енергија од обновливи извори. Според енергетската регулатива за објекти, 40% од потрошувачката на енергија и 36% од стакленичките гасови се последица од изградената средина. Друг вид на показател посочува дека 75% од архитектонските објекти не се ефикасни во однос на користењето и примената на енергијата. Во рамки на ЕУ постојат неколку директиви кои ги посочуваат проблемите за подобрување на енергетската ефикасност на постоечките објекти. Голем дел од директивите се потпираат на глобалните насоки како што се: договор од Кјото, договор од Париз, агенда за одржлив развој. Започнувајќи со договорот од Кјото (кој иако не е активен) направи обиди за намалување на влијанијата на развојот во глобалните рамки врз животната средина. После договорот во Кјото, во светски рамки се разви Договорот од Париз кој е сè уште активен. Договорот од Париз се однесува на намалување на емисиите од стакленички гасови до 2050 за 60% во споредба со 2010. Карактеристично за договорот од Париз е тоа што сите земји се сложни за долгорочни стратегии за намалување на емисиите од стакленички гасови.

Голем дел од договорот од Париз е имплементиран во целите и насоките на европските законодавни и легислативни документи. На основа на европското законодавство, клучна насока за архитектонските објекти претставува интегрирање на системите за производство на обновливи извори на енергија. Овој вид на проблематика е интегриран во директивата за енергетски перформанс на објектите во кои се посочени обемот на реновирање на годишно ниво. Исто така опфатени се новопроектираните и постоечките објекти преку јасни насоки и временски сценарија на имплементирање поединечните мерки. Покрај директивата за енергетски перформанс во законодавните документи се интегрираат следните цели: енергетска ефикасност, енергетско реновирање и енергетски перформанс на архитектонските објекти. Овие цели се однесуваат во неколку домена: намалување на зависноста од фосилни горива, примена на енергија која се произведува од обновливи извори на енергија преку различни временски сценарија и различен обем на интервенција во рамки на објектите.

На основа на директивата за енергетски перформанс каде што се адресирани реновирањето на постоечките објекти, потребни се методи на мапирање на објектите од изградената средина. Друг вид на мерки претставува национални насоки за издавање на енергетски пасош. Понатаму, спецификацијата на минималните барања за потрошувачка на енергија. Директивата за одржливост на објектите вклучува и мерки за реновирање на постоечките објекти преку одржливи решенија за греење и ладење во насока на намалување на потрошувачката на енергија. Од овде може да се заклучи дека европските легислативни документи се во насока на пошироки законодавни цели кои се однесуваат на намалување на потрошувачката на енергија и зголемување на производството на електрична енергија од обновливи извори. Од аспект на примена на обновливите извори на енергија, секој потрошувачки ентитет на обновлива енергија да може да произведува, складира и да ја продава својата енергија. Поединечните потрошувачи во рамки на еден објект да се овозможи да ја споделуваат произведената енергија. Во случај станбените единици се поврзани на недоволно централно греење и ладење, можат да се исклучат и да произведат енергија за греење и ладење од обновливи извори.

- Нов Европски Баухаус НЕБ

Идејата за одржливост и енергетска транзиција претставува составен дел од (New European Bauhaus, European Commission, 2021). Во Новиот Европски Баухаус (НЕБ) се опфатени три темелни вредности: одржливост, естетика и вклученост. Одржливоста е поврзана со климатските цели, циркуларноста, нулта загадување и биодиверзитет. Идејата за одржливоста и енергетската транзиција претставува широк опфат на вредности кои можат да се имплементираат на различни начини. Идејата на одржливост и естетика можеме директно да се поврзе со определување на сончев и енергетски потенцијал на изградени покривни површини. Со тоа се препознава потенцијалот од сончевата енергија во насока на разбирање на климатските влијанија, односно влијанијата на сончевите зраци. Во рамката на НЕБ нагласени се пристапите на местото преку просторните трансформации на локално ниво: маало, село, град. Во идните просторни преиспитувања потребна е анализа на локално ниво преку решенија кои придонесуваат кон постигнување на целите на пошироко регионално, национално и европско ниво. Во НЕБ покрај вредностите на просторот, поставени се приоритети од социјален карактер на местата и луѓето кои им е потребна помош. Некои од конкретните мерки претставуваат: реновирање на социјално домување, справување на енергетска сиромаштија и дигитална инклузија. Наведените мерки потребно е да бидат опфатени во идните чекори на социјалните аспекти на социјалната трансформација. Наведените процеси би биле неопходни да се имплементираат со помош на податоци од различен карактер. Во НЕБ се вклучени следните аспекти од архитектонските објекти: животен век и циркуларност. Повторна употреба, регенерација, продолжување на животниот век

на архитектонските објекти во насока на одржливост и примена на дигитални технологии. Поради широкиот пристап кој вклучува различни општествени чинители, во НЕБ интегрирана е идејата за интердисциплинарност. Пристапот вклучува луѓе со различна професионална заднина да мислат и работат заедно на партиципативен начин. Идејата за заедничко создавање на насоки за зелена транзиција на архитектонските објекти како клучна активност на НЕБ. Од аспект на проектирањето, во НЕБ се опфатени пристапи за заедничко размислување и проектирање на изградената средина.

НЕБ се темели на три вредности: одржливост (која се поврзува со климатски цели), естетика и вклученост. Од вредностите произлегуваат три клучни принципи: комбинација на глобални-локални димензии, партиципација и трансдисциплинарност. Идејата за комбинирање на димензиите од глобален и локален размер се основаат на вредностите кои произлегуваат од местата. Со поддршка на иницијативи од мал размер придонесуваат кон постигнување пошироки цели поврзани со одржливоста преку вклучување на: поединци, соседства и заедници. Вклученоста на поединци значи партиципација на личности во различни старосни граници. Идејата за вклучување на професионалци од различни области се врзува со трансдисциплинарноста и поврзува различни чинители кои придонесуваат кон значајни трансформации на основа на компетенции и знаења. Во самата идеја за трансформација се опфатени неколку тематски пристапи: повторно поврзување со природата, чувство на припадност и поставување на приоритет на луѓето кои имаат потреба. Исто така, потребата од долгорочни размислувања за индустријалните екосистеми.

Спроведување на долгорочните цели за одржливост претставуваат суштината на НЕБ. Според тоа, присутни се идеите за интегрирање на целите за одржлив развој во рамки на европските политики и иницијативи. Во начинот на спроведување на НЕБ се посочува постигнување повеќе на основа на постоечките политики и инструменти за финансирање. Придонесот кон овие пристапи претставува синергија помеѓу постоечките и планирани европски политики и програми. Идејата за имплементирање на специфични активности се основа на следните аспекти: промени кои произлегуваат од спецификите на местата, создавање на иновацијата преку различно правење на нештата, подобрување на вештините, како и адаптирање на намерите преку начин на размислување преку човечките постапки. Карактеристична е идејата за промена на основа на спецификите на местото преку различни нивоа: домаќинство, соседство, градски, рурални средини, физички и виртуелни простори. Следните чекори во НЕБ претставуваат соработка на земјите членки и јавните чинители на меѓународно, регионално и локално ниво со вклучување на пошироки општествени групи.

- Директива за енергетски перформанс на градбите

Во рамки на (Directive (EU) 2024/1275 of the European Parliament and of the Council, 2024) дефинирани се неколку видови на производство на електрична енергија од обновливи извори. Составен дел од изворите на енергија претставува сонцето преку сончевата енергија. Особено е нагласено начинот на производство на електрична енергија преку позиционирање на инсталациони системи интегрирани во рамки на архитектонските објекти како што се соларните системи или поставување во нивна близина. Воведниот дел на директивата нагласува итноста од имплементирање на технологиите од сончева енергија. Се посочува брзо воведување на сончеви ФВ системи и технологијата на термални сончеви системи кои придонесуваат кон климатски и финансиски придобивки на граѓаните во рамки на општеството. Сончевата енергија претставува една од изворите на енергија за производство на електрична енергија преку одржливата компонента. Таа игра клучна улога во намалување на зависноста на ЕУ од фосилни горива и севкупниот увоз на енергија. Примена на сонцето како извор на енергија придонесува кон зголемување на безбедноста и е во линија со планот

REPowerEU преку нагласување на технолошкиот напредок и создавање на работни места во насока на регионален развој. Развојот во општеството покрај во градските средини, се посочува и во рамки на руралните средини преку местата кои немаат приклучок на енергија и развој на енергетски заедници. Архитектонските објекти претставуваат клучен елемент во намалување од зависноста на фосилните горива. Од тие причини во воведот од директивата се посочува забрзување на процесот на декарбонизација. Начинот на постигнување на зацртаните цели на одржливост е преку поставување на системи од соларни технологии во рамки на архитектонските објекти. Тоа значи дека архитектонските објекти треба да бидат проектирани преку оптимизирање на потенцијалот за производство на енергија од сончева радијација на самата локација без значителни конструктивни интервенции. Во директивата се наведува дека новопроектираните објекти во проектната документација потребно е да обезбедат интегрирање на инсталации од сончеви системи. Насоките за поставување на сончеви системи и широка примена на овој вид на инсталации е во насока на заштита од потрошувачите од нестабилната цена на фосилните горива. Со тоа се намалува финансискиот товар на граѓаните, при тоа се придонесува кон пошироки економски, еколошки и социјални придобивки кои претставуваат трите столба на одржливоста. Во директивата се наведува ефикасна примена на потенцијалот од сончевата енергија. Сепак, овој вид на технологија многу внимателно треба да се применува поради земањето предвид на принципот на технолошка неутралност. Во директивата се наведува дека соларните системи водејќи се од принципот на технолошка неутралност се комбинираат со други видови на елементи како што се зелени покриви и останатите технички инсталации. Релевантноста на соларните системи во директивата е посочена преку административните процедури. Преку мерките за реновирање на национално ниво, системите за сончева енергија се посочени од аспект на реновирање на архитектонската обвивка. Начинот на реновирање се посочува со замена на постоечките инсталациони системи со следните видови: поврзување на сончевите инсталации со топлински пумпи, како и автоматска контрола на архитектонските објекти.

Директивата се состои од неколку членови за интегрирање на инсталационите системи од сончевата енергија во архитектонските објекти. Предмет на директивата (Directive (EU) 2024/1275, Art. 1) претставува примена на сончевата енергија во рамки на архитектонските објекти. Понатаму, во наредното поглавје, се посочува дефиниција за енергија од обновливи извори (Directive (EU) 2024/1275, Art. 2). Наведени се неколку видови на енергија, каде што изворот на енергија од сонце со примена на соларни термални и соларни фотоволтаични системи претставуваат клучен извор за производство на електрична енергија од обновливи извори. Директивата за енергетски перформанс содржи широки насоки во рамки на ЕУ. Според (Directive (EU) 2024/1275, Art. 3) секоја земја потребно е да оформи национален план за реновирање на постоечките објекти од областа на домувањето, како и останатите објекти: јавни и приватни. Целта наведена во овој дел од директивата претставува создавање на изградена средина за трансформација на постоечките објекти во нулта-емисија. Од административна гледна точка целите се преточени преку национален план за реновирање. Методите за пресметка на енергетскиот перформанс на објектите потребно е да се спроведува на основа на легислативните документи од национален и регионален карактер од секоја земја (Directive (EU) 2024/1275, Art. 4). Според тоа се поставуваат минималните барања за енергетски перформанс преку разграничување помеѓу постоечки и новопроектирани објекти (Directive (EU) 2024/1275, Art. 5). Во наредниот член од директивата посочени се временските рамки на имплементација на целите за трансформирање на архитектонските објекти во нулта потрошувачка според следните насоки: до 01,01,2028 за сите нови јавни објекти и до 01,01,2030 за сите нови објекти

(Directive (EU) 2024/1275, Apt. 5). Клучен дел од директивата претставува член 10 (Directive (EU) 2024/1275, Apt. 10) во кој се опфатени насоките за интегрирање на сончевата енергија во рамки на архитектонските објекти. Во став 1 од овој член е нагласено дека сите новопроектирани архитектонски објекти потребно е да имаат интегрирано и оптимизирано системи за производство на електрична енергија на основа на сончевата радијација. Оваа насока се однесува на производство на електрична енергија во рамки на локацијата на објектот, при тоа со примена на соодветни инсталациони системи на сончевата технологија. Во следниот став 2 се посочени одредбите за издавање на дозвола за инсталирање на опрема од сончеви системи во рамки на архитектонската обвивка како што се ФВ модули. Понатаму, во став 3 се опфатени инсталациите од сончева енергија во рамки на архитектонските објекти од аспект на техничка и економска оправданост. Посочени се временски рамки на примена на овие аспекти: до 31,12,2026 сите јавни објекти и не-станбени објекти со површина поголема од 250 m². Покрај новопроектираните, во директивата се вклучени и временска рамка на постоечките архитектонски објекти. Кај постоечките објекти преку следните параметри: 2000m²- до 12,2027, 750 m²- до 12,2028 и 250 m²- до 2030. Објектите од домување се нагласени како издвоен вид на категорија за имплементирање на насоките до 12,2029. Покрај, станбените објекти, до 12,2029 сите покриени паркинзи кои се физички поврзани со објектите потребно е интегрирање на сончеви системи. Во директивата се наведува дека секоја земја прави имплементирање на наведените насоки на основа на националните плански стратегии за реновирање на постоечките објекти. Овде се наведени вклучување на политики и мерки за примена на соодветен систем на сончева енергија за имплементирање во инсталационите системи на сите објекти. Во став 4 од овој член се посочени дополнителни насоки за следење на целите од директивата. Еден од критериумите во спроведување на директивата претставуваат јавно достапните услови/насоки на национално ниво за практична имплементација со цел исклучување односно изземање на специфичен вид на објекти од директивата. Оние објекти кои се погодни потребно е земање предвид на конструктивното интегрирање во рамки на архитектонската обвивка, зелените покриви и усогласување во однос на топлинската изолација. Дополнителен аспект е посочен преку стабилноста на електроенергетската мрежа и земање предвид на проблеми поврзани со стабилноста. Постигнување на целите на овој член повлекува земање предвид на проблемите поврзани со стабилноста на електричната мрежа. На крај, во став 5 од директивата се посочуваат насока за потребните административни, технички и финансиски мерки кои се во насока на примена на сончевата енергија во рамки на архитектонските објекти вклучувајќи комбинација со системи за инсталации и ефикасни системи за греење. Другите членови од директивата кои се релевантни за истражувањето се следни: објекти со нулта емисија (Directive (EU) 2024/1275, Apt. 11), пасош за реновирање (Directive (EU) 2024/1275, Apt. 12), технички системи (Directive (EU) 2024/1275, Apt. 13), размена на податоци (Directive (EU) 2024/1275, Apt. 16), графички и бензински станици (Directive (EU) 2024/1275, Apt. 18) и сертификат за енергетски перформанс (Directive (EU) 2024/1275, Apt. 19).

- Европски зелен договор

Предмет на (European Commission, 2019, The European Green Deal) претставува трансформација на економијата и општеството во одржлива насока. Зелениот договор како дел од стратегијата е составен дел на агендата за целите на одржлив развој. Еден од клучните елементи на зелениот договор претставува делот кој се однесува на реновирањето на постоечките архитектонски објекти од аспект на ресурсите и енергијата. Во пошироки рамки на Европска Комисија поставени се цели за постигнување на енергетска неутралност до 2050. Во рамки на документот се посочуваат

досегашните аспекти како што се намалување на емисијата од стакленички гасови од 1990 до 2018 за 23%. Според тоа, целите до 2050 според реалистично сценарио се однесуваат на намалување на стакленичките гасови до 60% според сегашните состојби на одржливоста. Обновливите извори на енергија играат клучна улога во процесот на енергетска трансформација. Интегрирање на обновливите извори на енергија е во насока на одржливи решенија низ различни сектори кои придонесуваат кон намалување на емисиите од стакленички гасови и намалување на трошоците. Намалување на трошоците за инсталација на обновливи извори во комбинација со одржливите аспекти на проектирање влијаат на домаќинствата и примена на одржливите решенија на ниво на станбена единици. Една од целите во овој договор претставува зголемување на производство на енергија од обновливи извори која се фокусира од повеќе видови меѓу кои и енергија од сонцето. Тоа придонесува кон децентрализирање на системите за производство преку препознавање на потенцијалите на архитектонските објекти како извор на енергија. Дигиталните технологии и идејата за зелена транзиција исто така е составен дел од договорот. Наведени се дигиталните технологии како алатки за планирање, управување, мониторирање и имплементација на одржливите решенија.

Еден од темелните делови на европскиот зелен договор претставува реновирање на постоечките архитектонски објекти (European Commission, 2019, The European Green Deal, 2,1,4. Building and renovating in an energy and resource efficient way). Во поширока општествена рамка, архитектонските објекти придонесуваат кон потрошувачка на електрична енергија од 40%. Во просек годишно реновирањето изнесува од 0,4 до 1,2% од вкупниот број на градби во граници на членките на ЕУ. Се посочува дека овие тенденции во наредните години потребно е да се удвојат со цел покривање на целите за енергетска ефикасност. Како дополнителен аспект се посочува дека 50 милиони потрошувачи имаат тешкотии за адекватно затоплување на домот. Со цел соочување со предизвиците за енергетска ефикасност, во рамките на ЕУ потребно е спроведување на „бран за реновирање“ на јавните и приватни објекти. Клучна насока за реновирање претставува директивата за енергетски перформанс на архитектонските објекти (Directive (EU) 2024/1275 of the European Parliament and of the Council, 2024). Во рамки на договорот, се посочува отворена платформа во која архитектите, инженерите и локалните власти ќе ги адресираат тешкотиите за процесот на реновирање. Како дополнителни аспекти во процесот на реновирање на архитектонските објекти се посочуваат: финансирањето, пречките во финансирање на енергетски ефикасно реновирање кај објекти со повеќе сопственици, како и социјалното домување. Исто така во договорот се посочени школите и болниците во поддршка на образованието на јавното здравство.

Во зелениот договор се опфатени примена на нови технологии за истражување на чистата енергија во насока на одржливи решенија за постигнување на целите (European Commission, 2019, The European Green Deal, 2,2,3. Mobilising research and fostering innovation). Истражувачката компонента на зелениот договор не се однесува единствено за земјите членки на ЕУ, туку пошироко во глобалниот свет. Во договорот се предвидува 35% од програмата Horizon Europe да вклучува климатски програми/решенија кои се релевантни за зелениот договор. Идејата за знаењето и иновациите од страна на Европски институт за иновација и технологија ќе промовира соработка низ институциите од високо образование, организациите за истражување и компаниите во насока на примена на одржливите енергетски системи во рамки на архитектонските објекти.

- Директива за јавно користење на податоците

Директивата (Directive (EU) 2019/1024, 2019) започнува со идејата за пристап на податоците кои претставуваат основно човеково право. Податоците имаат најширока

примена во јавниот сектор во рамки на кои се собираат, создаваат, размножуваат и споделуваат различни видови на податоци. Тие активности помагаат кон различна примена на податоците: општествени, политички, економски, географски, животна средина, метеоролошки, сеизмички, туристички, бизнис, патент и образовни. Различните видови на податоци најчесто се користат на електронски начин со цел пронаоѓање нови начини на примена и создавање на нови иновативни услуги и производи. Идејата за отворен пристап на податоци произлегува од почетоците на имплементирање на отворениот пристап на податоци во глобални рамки. После првите обиди на отворен пристап на податоци, примената од страна на различни чинители експоненцијално се зголемува, при што се одново создадени нови видови на податоци кои се генерирани и користени. Паралелно со тоа, присутен е постојан напредок на технологиите за анализа, извлекување, процесирање на податоците како што е машинско учење, вештачка интелигенција и интернет на нештата. Информацијата претставува значаен сегмент на користење, агрегирање и комбинација на податоци. Тоа придонесува кон зголемување на брзината на развој на технологиите кои повлекуваат придобивки во создавањето на нови услуги и нови примени во светот. Во директивата се наведени напредок во правец на општество кое се основа на податоци каде што податоци од различни извори и активности се користат. Тоа влијае на животот на граѓаните преку нови начини на пристап и добивање на знаење. Концептот на отворени податоци се разбира како отворен формат кој слободно се користи и споделува од страна на било-кого од која-било причина. Политиките за отворена достапност на податоците се широко достапни во јавниот сектор на информации. Во рамки на директивата се определени минимални барања за јавно достапните податоци за јавни институции во ЕУ. Во општа рамка на условите за пристапување на податоците и документите се неопходни со цел пропорционирањето на политиките за повторна употреба на самите податоци.

Во рамки на академската средина, обемот на податоци експоненцијално расте и содржи потенцијал за постојана употреба на различни видови на истражувања во научните и академски средини. Со цел истражување на различни општествени, научни и просторни домени од суштинско значење претставува примена на податоци од различни извори како и податоци од различни сектори и дисциплини. Природата на податоците за истражување се разграничува во неколку видови: статистички, експериментални, мерливи, резултати кои се добиваат со набљудување од терен, анкети, интервју и слики. Најчесто секој податок содржи мета-податок во кој се опфатени спецификации или друг вид на дигитални податоци. За тоа неопходно е разграничување помеѓу научен податок и научно истражување. Во научното истражување се применети податоци од согледувањата на природата на податокот и истражување на соодветниот истражувачки проблем. Идејата за отворен пристап на податоци е клучна во процесот на истражување. Во рамки на истражувањето, отворениот пристап на податоци се разбира како широк пристап на информации без пречка на користење при тоа се надминува можноста за добивање на признание или авторство. Со примена на отворениот пристап на податоци се обезбедува широк пристап на основа за истражување со цел стекнување на нови знаења и претстава за областа. Со отворениот пристап на податоци се постигнува квалитет во истражувањето и се избегнуваат непотребните дуплирања на истражувањата. Тоа придонесува кон научен напредок. Овој вид на истражувачки пристапи помага во борбата со научна измама што доведува до поширок општествен напредок и иновација.

Во рамките на директивата се наведува дека одреден вид на податоци содржи исклучителна социо-економска важност. Доколку тие податоци се отворени, стандардизирани и применливи, тогаш тие можат да создадат иновација, економски раст и пошироки општествени придобивки. Во општа рамка на класификација на податоците

се опфатени следните видови: геопросторни, податоци кои се добиваат со набљудување (сателитски снимки, in-situ мерења), метеоролошки (in-situ временски податоци, прогноза на времето), статистички (демографски и економски индикатори), сопственост и динамични податоци. Во рамки на директивата (Directive (EU) 2019/1024, Art. 1) се опфатени предметот на интерес преку правилата за раководење и користење на податоците. Во следното поглавје, (Directive (EU) 2019/1024, Art. 2) се опфатени терминолошки објаснувања на следните елементи кои се важни за податоците: документ, универзитет, динамички податоци, истражувачки податоци, податоци со висока вредност, реупотреба, лични податоци, отворен формат на податоци. Отворениот пристап на податоците за целите на различни видови на истражувања се опфатени во (Directive (EU) 2019/1024, Art. 10). Во принцип истражувањата кои се јавно финансирани потребно е резултатите да бидат јавно споделени со исклучок на легитимна причина која го спречува тоа. Доколку одредени податоци се јавно достапни преку репозиториумите на универзитетите, во тој случај тие податоци можат да бидат користени за комерцијални и не-комерцијални цели. Постојат неколку карактеристики на пристапот на податоците. Пред сè тие претставуваат одговорност во национални рамки на институциите на секоја држава. Понатаму, активностите кои се финансирани од јавните финансии, потребно е добиените податоци да бидат достапни. Овде важи правилото на еднакви принципи каде што податоците лесно можат да се пронајдат, пристапат и повторно-користат. Репозиториумите претставуваат еден од најшироките платформи за примена на идејата на отворен пристап на податоци. На крај, во рамки на директивата се посочува дека сите податоци потребно е да бидат отворено достапни за академско истражување и создавање на иновација во индустријата.

3.1.3. Македонско законодавство

Главна карактеристика на **македонското законодавство** е што голем дел од законите се адаптирани според европското законодавство. На пример, во законот за енергетска ефикасност се интегрирани европската директива 2012/27EU за енергетска ефикасност, како и директивата 210/31EC за енергетски карактеристики на зградите. Во рамки на законот за енергетска ефикасност се опфатени два значајни документа: Стратегија за реконструкција на згради и Сертификат за енергетски карактеристики на зградите и потврда за усогласеност на проектната документација. Целите на законот се опфатени во 6 точки. Од аспект на одржливоста, клучна цел претставува зголемување на енергетска ефикасност преку примена на обновливи извори на енергија. Таа цел е преточена преку поглавје „употреба на високоефикасни алтернативни системи“ во кое се посочени децентрализираните системи за снабдување со енергија кои користат обновливи извори на енергија. Конкретни насоки за имплементирање на децентрализираните системи за производство на електрична енергија од обновливи извори се опфатени во законот за градење. Во член 78в се наведени насоки за поставување на фотонапонски централи на архитектонски објекти за производство на електрична енергија. Според член 78в посочени се можностите за енергетска самостојност на архитектонските објекти, каде што произведената енергија се користи за сопствена потрошувачка, а вишокот на произведена енергија се предава во електродистрибутивната мрежа. Во истиот член наведени се граничните капацитети за инсталирање на фотонапонски централи на објектите во согласност со правилникот за обновливи извори на енергија кој во моментот изнесува 4KWh. Дополнително наведена е постапката за документација која се состои од општ и проектен дел. Останати закони во кои целите се однесуваат на производство на енергија од обновливи извори се закон за енергетика и закон за обновливи извори на енергија.

- Закон за енергетска ефикасност

Составен дел од законодавството во Македонија од областа на енергијата и изградената средина претставува законот за енергетска ефикасност. Во рамки на законот се интегрирани следните европски директиви (кои се усвоени од страна на Министерскиот совет на Енергетската заедница) : Директивата 2012/27/EU за енергетска ефикасност, Директивата 2010/31/ЕС за енергетски карактеристики на зградите. Предмет на уредување на законот се опфатени во девет точки. Доколку предметот на законот се анализира од аспект на архитектонските објекти и изградената средина, во тој случај точка 9 претставува енергетска ефикасност на градби. Според тоа, предметната проблематика на законот претставува енергетска ефикасност на објектите од изградената средина. Надлежниот субјект во овој закон претставува Министерството за енергетика, рударство и минерални сировини. Во рамки на законот се дефинирани шест точки од кои клучна цел претставува ефикасно користење на енергијата. Покрај клучната цел, во законот се наведени цели кои се од аспект на изградена средина и одржливост. Од аспект на изградената средина, една од целите претставува зголемување на енергетската ефикасност во станбените објекти преку подобрување на енергетските карактеристики на зградите. Од аспект на одржливоста, целта претставува зголемување на енергетска ефикасност преку примена на обновливи извори на енергија. Од целите се согледува дека политиката за енергетска ефикасност е директно поврзана со политиките од сродните области: економија, одржлив развој и заштита на животната средина. Политиката на ЕЕ од економски аспект опфаќа достапност на користење финансиски механизми како и подобрување на стандардот на населението преку намалување на трошоците на енергијата. Од аспект на човекот, во законот се нагласува зголемување на комфорот во домувањето. Покрај економските и хуманистичките аспекти, значаен е начинот на донесување на енергијата преку обновливи извори на енергија. Политиката на енергетска ефикасност се спроведува преку стратегијата за развој на енергетиката во која се опфатени мерките за подобрување на енергетска ефикасност и исполнување на обврските од меѓународни договори кои Македонија ги има ратификувано. На национално ниво, законот е директно поврзан со документот „Акциски план за енергетска ефикасност“. Овој вид на документ ги вклучува следните компоненти: анализа на приходниот план, мерки за подобрување на енергетска ефикасност и активности насочени кон поттикнување на користење на енергија од обновливи извори. Националниот план за енергетска ефикасност од формален аспект содржи рокови и потребни средства за спроведување на мерките и активностите од акцискиот план. Законот за енергетска ефикасност покрај на национално ниво, се спроведува и на локално ниво преку документот „Програма за енергетска ефикасност на единиците на локалната самоуправа“. Во законот се наведени начините на донесување, спроведување и имплементирање на програмата за енергетска ефикасност. Според тоа, програмата се донесува од страна на советот на општините по претходен предлог од страна на градоначалникот кој пак потребно е да добие позитивно мислење од Министерство за енергетика. Содржината на програмата за енергетска ефикасност е наведена во член 7 од законот. Програмата се изготвува на основа на правилник и се состои од неколку елементи: податоци, анализа (са спроведени мерки и активности од претходна програма), цели за ЕЕ на локално ниво, мерки, рокови, потребни средства и активности.

Во рамки на законот за енергетска ефикасност пропишана е стратегијата за реконструкција на згради. Овој вид на документ се спроведува во временски распон од 10 години. Целта на стратегијата претставува намалување на потрошувачката на енергија во архитектонските објекти преку ефикасни и економски чекори и активности. Идејата на стратегијата произлегува од типологијата на архитектонските објекти, односно опфатени се постоечките објекти од типолошки аспект. Поради идејата за типологијата, критериумот за реновирање претставува финансискиот аспект во кој се

наведени пристапите кои се однесуваат на трошочно-ефективни аспекти. Во рамки на стратегијата се наведува начинот на реконструкција на архитектонските објекти во фази. Следствено на тоа, економските аспекти се однесуваат на процена на очекуваната заштеда со спроведувањето на стратегијата. Постапката на донесување и спроведување на стратегијата е следна. Министерството за енергијата ја доставува стратегијата до секретаријатот на енергетската заедница. Доколку стратегијата се одобри и имплементира, во тој случај се поставува мониторинг на спроведување на секои три години. Во тој временски период се остава можност за координирање со енергетската заедница. На крај, финансирањето на стратегијата е од државниот буџет и комуникацијата со јавноста е преку објавување во службен весник.

Законот за енергетска ефикасност вклучува „Сертификат за енергетски карактеристики на зградите и потврда за усогласеност на проектната документација“. Сертификатот се применува за архитектонски објекти со површина поголема од 250 m². Во овој дел од законот се вклучени следните сегменти: одредби кој го издава сертификатот, висина на надоместокот преку тарифник на енергетски контролори, како и висина на основа на категорија на зградата и вкупна подна површина. Сертификатот директно се поврзува со законот за градење преку тоа што сертификатот се обезбедува пред издавање на одобрение за употреба. Покрај за новопроектираните, сертификатот се издава и за реконструкција на постоечките објекти.

Законот за енергетска ефикасност вклучува употреба на високоефикасни алтернативни системи. За нивна примена потребно е спроведување на анализа: децентрализираните системи кои користат обновливи извори на енергија, комбинирано производство на енергија, системи со топлински пумпи и системи за централно греење и ладење. За примена на алтернативните системи потребно е земање на предвид во следните карактеристики на новопроектираните или постоечки објекти: техничките, урбанистичките еколошки и економски аспекти.

Според член 36 од законот за ЕЕ дефиницијата на згради со потрошувачка на енергија приближно до нула претставуваат згради со многу високи енергетски карактеристики, при што им е потребно приближно нула или многу мало количество енергија, а кое се обезбедува во најголем дел од обновливи извори, вклучувајќи и енергија од обновливи извори која се произведува на самото место на потрошувачка или во близина на таквите згради.

- Закон за градење

Една од суштинските компоненти на законот за градење претставува ефикасно користење на енергијата и топлинска заштита (член 5). Идејата за користење на енергијата и топлинската заштита во рамки на архитектонските објекти е опфатена во (член 9). Во овој дел од законот е наведено дека потрошувачката на енергија при функционирање на градбата е еднаква или пониска од пропишаното ниво за оптимална потрошувачка. Со тоа се обезбедува топлинска заштита и соодветни услови на луѓето кои престојуваат во објектот. Дополнително прецизирање е посочено преку влијанието на климатските услови на локацијата за проектирање на системите за греење, ладење и проветрување. Покрај општата рамка на објекти, во законот се пропишани и условите за реконструкција на постоечките објекти преку содржина на проект за постојна состојба.

Примена на обновливи извори на енергија во законот за градење се опфатени преку член 78 в и 78 г кој претставува фотонапонски централи кои се поставуваат на објекти. Поставување на фотонапонски централи во рамки на архитектонските објекти резултираат со производство на електрична енергија за сопствена потрошувачка. Во летните денови од годината кога сончевите зраци се со највисок интензитет, при што се произведува дополнителна енергија одредени се услови на вишокот на енергија го предаваат во електродистрибутивната мрежа. Одредбите во овој дел од законот се

директно поврзани со „Закон за енергетика“ и „Правилник за обновливи извори на енергија“. Секој систем за производство на електрична енергија на основа на сончевите зраци содржи гранични капацитети, според тоа во законот се наведени капацитети за инсталирање на фотонапонска централа во рамки на архитектонските објекти во согласност со правилникот за обновливи извори на енергија кој во моментот изнесува 4 KWh. Во рамки на законот за градење наведена е постапката за доставување на документација во неколку чекори: известување за поставување на фотонапонска електрана, имотен лист, основен проект за поставување фотонапонска централа и писмена согласност од мнозинство сопственици. Основен проект за поставување на фотонапонска централа на архитектонски објекти се состои од два дела: општ дел и проектен дел. Основниот проект е важен поради тоа што е потребен за ставање во функција на фотонапонската централа вклучително и следните критериуми: гранична моќност и приклучување на електроенергетска инфраструктура. Во рамки на овој дел од законот се пропишани посебни одредби за поставување на фотонапонска централа кај индустриски објекти.

- Закон за енергетика

Целите за енергетската политика се опфатени во член 10, став 9, преку идејата со енергетската политика на Македонија. Еден од клучните аспекти поврзани со целите претставува поттикнување на користење на обновливи извори на енергија. Наведените цели се директно поврзани со стратегијата за развој на енергијата во член 11. Став 9 од овој член определува потенцијали од обновливи извори на енергија. Заедно со мерките за поддршка на искористување на обновливите извори на енергија целите се однесуваат на зголемување на производството на енергија од обновливи извори во бруто финална потрошувачка на енергија. Во таа насока, став 10 опфаќа стимулативни мерки за зголемување на енергетската ефикасност.

Целите за регулирање на енергетски дејности се опфатени во член 23. Во овој член, во став 1, регулаторната комисија за енергетика во соработка со другите државни органи овозможува олеснување на пристапот за нови учесници на пазарот на енергија, особено е наведено енергија произведена од обновливи извори на енергија. Оваа одредба е дел од надлежноста на регулаторната комисија која во соработка со другите надлежни органи и операторите на енергетски системи претставуваат клучни чинители во долгорочните цели на енергетската политика.

Производството на електрична енергија од обновливи извори регулирано преку општите одредби на лиценцата е регулирано во овој закон. Член 38 наведува дека во случај кога се произведува електрична енергија од обновливи извори на енергија, при тоа намената е за сопствени потреби не е потребна лиценца. Дополнителна категорија во овој член се посочува дека вишокот на произведена електрична енергија се предава во електродистрибутивната мрежа. Сепак начинот на предавање на вишокот на енергија е пропишан со дополнителни правила кои се опфатени во овој закон.

- Закон за обновливи извори на енергија

Целите на законот за обновливи извори на енергија се пропишани во член 2 од каде што став 4 претставува намалување на зависноста од увоз на енергија, додека став 5 се однесува на поттикнување на развојот и користењето на нови и иновативни технологии за производство на енергија.

Во рамки на законот се опфатени стратешко-плански документи за обновливи извори на енергија. Еден од клучните документи претставува „Планот за енергија и клима“. Наведениот план е поврзан со политиката на примена на обновливи извори на енергија. Тие се во линија со националните цели за учество на обновливите извори на енергија во потрошувачката на енергија на национално ниво. Планот за енергија и клима преку

постапката на следење на неговата имплементација е пропишан преку законот за енергетика.

Производството на енергија од обновливи извори содржи мерки за поддршка. Целта на програмите за поддршка претставува зголемување на учеството на обновливи извори на енергија во потрошувачката на национално ниво. Во законот за обновливи извори на енергија овие аспекти се опфатени во член 13. Став 4 претставува усогласување на планските документи од различен карактер за производство на електрична енергија од обновливи извори. Овој став претставува насока за спроведување на постапките за издавање на одобрение за градба или реконструкција на постоечките објекти. Дополнително во став 5 од истиот член се намалуваат трошоците за производство на електрична енергија од обновливи извори.

Енергијата која се произведува од обновливи извори има две клучни компоненти: начин на произведување и потрошување. Потрошувачките аспекти се наведени во член 27 насловен активни потрошувачи. Во овој дел од членот наведена е дефиниција за потрошувач. Објаснувањето за потрошувачката на енергија започнува со аспектите на производство. Според тоа наведени се условите за производство на енергија од обновливи извори. Преку дополнителната компонента за вишокот на произведена енергија која може да се предаде во системот во електродистрибутивната мрежа. Наведени се условите во кои количеството на произведена енергија се предава во електродистрибутивната мрежа дека треба да биде поголема во однос на количината на потрошена енергија. Дополнителен услов се наведува за важење на овие одредби дека производството на електрична енергија не смее да биде примарна дејност на субјектите. На крај, се пропишани одредби за поставување на броило преку кое се евидентираат електричната енергија која е преземена и предадена во електродистрибутивната мрежа.

Производството на електрична енергија од обновливи извори станува категорија од законот поради различните карактеристики на производителите. Сопственоста на земјиштето и објектите условуваат здружување во случај на повеќе сопственици. Според тоа, во член 28 се пропишани одредбите од формирање заедници на корисници на обновливи извори на енергија. Член 28 содржи пет дела кои се однесуваат на задругите. Првиот став се однесува на основање и работење на енергетски задруги за производство на енергија од обновливи извори. Целта на формирањето претставува врамнотежување помеѓу енергетските и социјални аспекти на членовите на задругите кој се основа на законот на енергетика и закон на задруги. Вториот став претставува основање на задругите кои се корисници, односно потрошувачи на електрична енергија која се произведува од обновливи извори. Во одредени случаи како што се наведени во став 3, задругата може да биде основана од едно правно лице доколку истата не претставува приоритетна вредност. Понатаму, во четвртиот став се наведени активностите на задругата како што се производство, споделување и пристапување на енергијата на слободниот пазар. Производството на енергија се однесува на начинот на произведување, трошење и складирање на енергија од обновливи извори. Споделување на енергијата произведена од обновливи извори е во линија со пристапување на дополнителната енергија во соодветните енергетски пазари. На крај, став 5 од истиот член опфаќа начин на добивање на лиценца, начин на производство на енергија, правата и обврските на носителите на лиценца, приклучување во електродистрибутивната мрежа и учество на соодветниот пазар за предавање на енергијата.

- Индикатори за домаќинство и енергија.

Министерство за животна средина и просторно планирање на одреден временски период (најчесто на секои две години) објавува извештај за состојбите во животната средина. Еден од документите претставува показателите за влијанието на различни сегменти врз животната средина или т.н. индикатори. Составен дел од наведените

индикатори претставуваат податоците за семејствата и потрошувачката на електрична енергија. Терминологијата на прецизните енергетски показатели произлегува од националната книга на параметри за животната средина. Од аспект на енергијата, наведени се 13 параметри. Првиот параметар „финална енергетска потрошувачка“ претставува потрошувачка на енергија на крајните потрошувачи на сите сектори во општеството: индустријата, сообраќајот, земјоделството, домаќинствата и др. Втор параметар вкупна енергетска интензивност претставува потребната енергија за бруто-домашниот производ. Следниот параметар потрошувачка на обновлива енергија претставува однос на потребната енергија од обновливи извори и потребната енергија од останатите енергенти. Понатаму, обновлива електрична енергија претставува производство на електрична енергија од обновливи извори. Следува параметарот за потребната енергија по жител која се однесува на бројот на населението во референтната година. Понатаму, бруто домашна потрошувачка на енергија се однесува на количината на потрошена енергија во однос на вкупното население. Еден од значајните параметри претставува финална потрошена електрична енергија во домаќинствата по жител. Понатаму, параметарот за енергетска независност претставува однос помеѓу количеството на увезена и потребна енергија. Во рамки на параметрите е дефинирана енергијата од обновливи извори преку потрошувачка и производство на електрична енергија. Наведените параметри претставуваат термилошки одредници од кои се прецизира видот на енергија во однос на производството и потрошувачката. Покрај параметрите, неопходно е да се наведе методологијата на пресметка на параметрите. Пресметка на индикаторите се на основа на податоци од Мкстат базата на државниот завод за статистика во комбинација со македонското законодавство. Во објаснувањето кое следува се посочуваат индикаторите за домаќинствата и животната средина. Поточно, анализата на индикаторите се однесува на последниот извештај од 2024.

Еден од проблемите во домаќинствата претставува сиромаштијата. Во индикаторите за животна средина се посочува дека нискиот животен стандард влијае кон односот на животната средина и нејзиното загадување. На основа на препознаени проблеми во индикаторите за домаќинствата се посочуваат активности за намалување на сиромаштијата. Идејата за намалување на сиромаштијата е во зависност од неколку фактори како што се: создавање на поволен економски раст, политики за социјална заштита, образование, здравство и регионален развој. Во индикаторите се посочува дека намалување на сиромаштијата придонесува кон зголемување на употребата на чиста енергија. Тоа повлекува развој на сите региони во државата. Во Македонија не постојат јасно дефинирани цели во однос на проблемот со сиромаштијата, според тоа не постојат мерила на индикаторите за постигнување во борба со сиромаштијата. Клучната препорака со намалување на сиромаштијата се поврзува со примена на чиста енергија. Дополнителни насоки се посочени за рамномерна миграција која придонесува кон развој на сите региони во државата. Во индикаторите за домаќинствата се посочени неколку чекори во решавање на проблемот на сиромаштијата: изградба на нови живеалишта, пренаселеноста во одредени градови и проблемот со семејствата кои немаат можност за соодветно затоплување на домот. Во однос на параметарот за население кое нема можност за соодветно затоплување на домот се посочени неколку препораки. Примена на обновливи извори на енергија забавува со раст, а енергетската зависност постојано се зголемува. Во текот на 2020 година, 23,8% од населението е дел од домаќинства кои немаат можност за соодветно затоплување на домот (европски просек од 7,4%). Сиромаштијата претставува потенцијален ризик за примена на обновливите извори на енергија преку фактот што 39,6% од населението кое е под линијата на сиромаштија не може да си дозволи затоплување на домот.

Според националните параметри, дефиниција за финална (крајна) потрошувачка на енергија во домаќинствата по глава на жител претставува количество на енергија секој граѓанин што ги троши во својот дом. При тоа се исклучува енергијата што се користи за транспорт на секој член од семејството и енергијата која се губи при транспорт во електродистрибутивната мрежа. Исто така под поимот финална електрична енергија се подразбира енергија која ја користат крајните потрошувачи. Во извештајот од индикаторите финалната потрошувачка на енергија е изразена во мерни единици килограми еквивалент на нафта (kgoe). Методологијата на пресметка на индикаторите за финална енергија се однесуваат за домаќинствата во Македонија. Вклучени се неколку клучни параметри: домаќинства, жители, години и единици на енергија. Податоците се преземени од МАКСТАТ базата на државниот завод за статистика. Во методологијата се применува Упатство за статистики на потрошувачка на енергија во домаќинствата која е на ниво на ЕУ. Во рамки на индикаторите се претставени и неколку цели. Целта на во овој дел од индикаторите претставува намалување на финалната енергија во домаќинствата по глава на жител. Целите се референцираат со постоечките легислативни документи во Македонија. Во рамки на стратегијата за енергетика потрошувачката на финална енергија во домаќинствата потребно е да се намали за 10% до 2040 година. Во линија на намалување на енергијата од домаќинствата е присутна и во националниот план за енергија и клима. Во принцип, при производство на електрична енергија, целта на секоја земја претставува намалување на зависноста од увозната енергија. Во 2022 производството на електрична енергија од обновливи извори во однос на бруто-домашната потрошувачка изнесува 21,6% што е далеку од индикативната цел од 25% во ЕУ и 30% до 2030 година. Податоците за влијанието на обновливите извори за производство на енергија покажуваат за недоволна искористеност на обновливите извори. Покрај негативните податоци за севкупното производство на електрична енергија, влијанието на обновливи извори на енергија се зголемува во индикаторите. Како дополнителен аспект се наведува дека вредноста на финалната енергија од обновливи извори на енергија би можела да достигне 35-45% во 2040. Еден од клучните параметри за производство на електрична енергија од обновливи извори е на релативно ниско ниво. Овој параметар посочува на доминантно присуство на енергија од фосилни горива- податок кој директно се врзува за исцрпување на енергетските ресурси како и загадувањето на животната средина. Во посочените индикатори за енергија, производството на енергија од обновливи извори покажува низок процент во однос на вкупното производство на електрична енергија. Од произведената енергија од обновливи извори, хидроенергијата има најголем удел во производството во споредба со останатите обновливи извори. Покрај производство на енергија, значителни се параметрите за потрошувачка на енергија. Најголемо количество на потрошена енергија е во секторот индустрија, следува транспортот, а потоа домаќинството. Потрошувачката на електрична енергија е во постојан подем во следните три најголеми сектори: транспорт, индустрија и домаќинство. Изразено во проценти, транспортот има удел од 41,9%, домаќинствата 26,9% и индустријата со 20,5%, додека останатите сектори учествуваат со 9,8%. На национално ниво, потрошувачката на примарна електрична енергија во 2022 е намалена за 0,84% споредбено со 2000 година. Во индикаторите се посочува дека Македонија го започнала процесот на енергетска транзиција кој значи намалување на јагленот во сите сектори за производство на енергија. Во последните години зголемено е примена на соларна топлинска и соларна електрична енергија во домаќинствата. Со подобрување на технологиите се подобрува ефикасноста во производство и потрошувачка на енергија. Производството на електрична енергија од обновливи извори во 2022 изнесува 21,6%, додека во 2005 изнесува 17,5%. Овие

податоци покажува дека не постои значителен напредок во производството на електрична енергија од обновливи извори на национално ниво.

Количеството на производство на електрична енергија од хидроцентрали е значително поголемо во споредба со останатите обновливи извори на енергија. На пример, во просек производство на електрична енергија од хидроцентрали изнесува околу 17%, ветерници 1,3% и останатите обновливи извори околу 1%. Биланс кој покажува многу низок степен на производство на електрична енергија од сонцето. Во рамки на индикаторите се претставени аспектите на енергетска зависност. Дефиниција за енергетска независност претставува однос помеѓу нето увозот на енергија и потребната енергија. Од индикаторите се посочува дека најголема енергетска зависност е евидентирана во 2021 кога 67,6% од потрошувачката на енергија е покриена со увоз, наспроти 37,6% во 2003. Овие податоци покажуваат на постојан раст на енергетската зависност поради увоз на потребни енергенси за производство на енергија во индустријата и транспортот. Со цел намалување на посочените негативни параметри во енергијата, во рамки на индикаторите се посочени преземање на активности. Прва активност претставува зголемување на заштедата на енергија. Втората активност претставува намалување на зависноста од увозот преку инвестиции во истражување и создавање нови извори на енергија (со фокусирање на следните видови обновливи извори: сонце, ветар, геотермални извори и биомаса). Во третите активности се посочени мерки за поголемо искористување на енергијата од обновливи извори. Во рамки на активностите се посочува и намалување на потрошувачката на финална енергија во домаќинствата. Овие мерки се во насока на стратегијата за развој на енергетика на Македонија до 2040. За постигнување на зацртаните цели се предложени неколку мерки: проширување на топлификациската мрежа, субвенционирање на печки на пелети, поставување на клима уреди, топловодни пумпи. Покрај посочените насоки во домаќинствата се посочени и насоки во однос на законодавството. Потребен е нов закон за енергетика во кој би се интегрирала директивата 2018/2001 за примена на обновливи извори на енергија. Исто така се посочува измени во законот за енергетска ефикасност. Во препораките се наведени усвојување на правилник за технички спецификации на опрема на обновливи извори на енергија. Понатаму, посочени се примена на регулативата 2010/340 од Европската Унија во националното законодавство. Во препораките се наведува целосно имплементирање на обврските од договорот со енергетската заедница. Исто така посочена е регионална соработка и континуирано усогласување на енергетската заедница. Покрај законските основи, во препораките се наведени дополнителни насоки за заштеда на енергијата. Посочено е намалување на зависноста од увезена енергија преку инвестиции во истражувањето и создавање на енергија од обновливи извори. Исто така нагласена е замена на уредите за затоплување кои работат на фосилни горива со енергија произведена од обновливи извори. На крај, се посочува зголемување на регионалната соработка и континуирано усогласување со енергетската заедница. Од посочените препораки и извештаи во индикаторите се согледуваат два заклучоци. Учеството на домаќинствата во потрошувачката на финална енергија изнесува околу една четвртина, односно 27% од вкупната потрошена енергија во Македонија за 2022. Најголем дел од енергенсите во домаќинствата, односно 70% се користат за греење. Од тие показатели, енергенсите за затоплување од биомаса изнесуваат 50%, додека загревањето на електрична енергија во домаќинствата изнесува 38%. Според индикаторите на потрошувачка на финална енергија во домаќинствата по глава на жител во 2022 изнесува 3,1MWh, додека во 2000 изнесува 2,7MWh. Овие податоци покажуваат дека во просек македонско домаќинство троши помеѓу 8-9MWh. Потрошувачката на финална електрична енергија зависи од неколку параметри: променливи временски услови, користење на електрични апарати и степен на енергетска

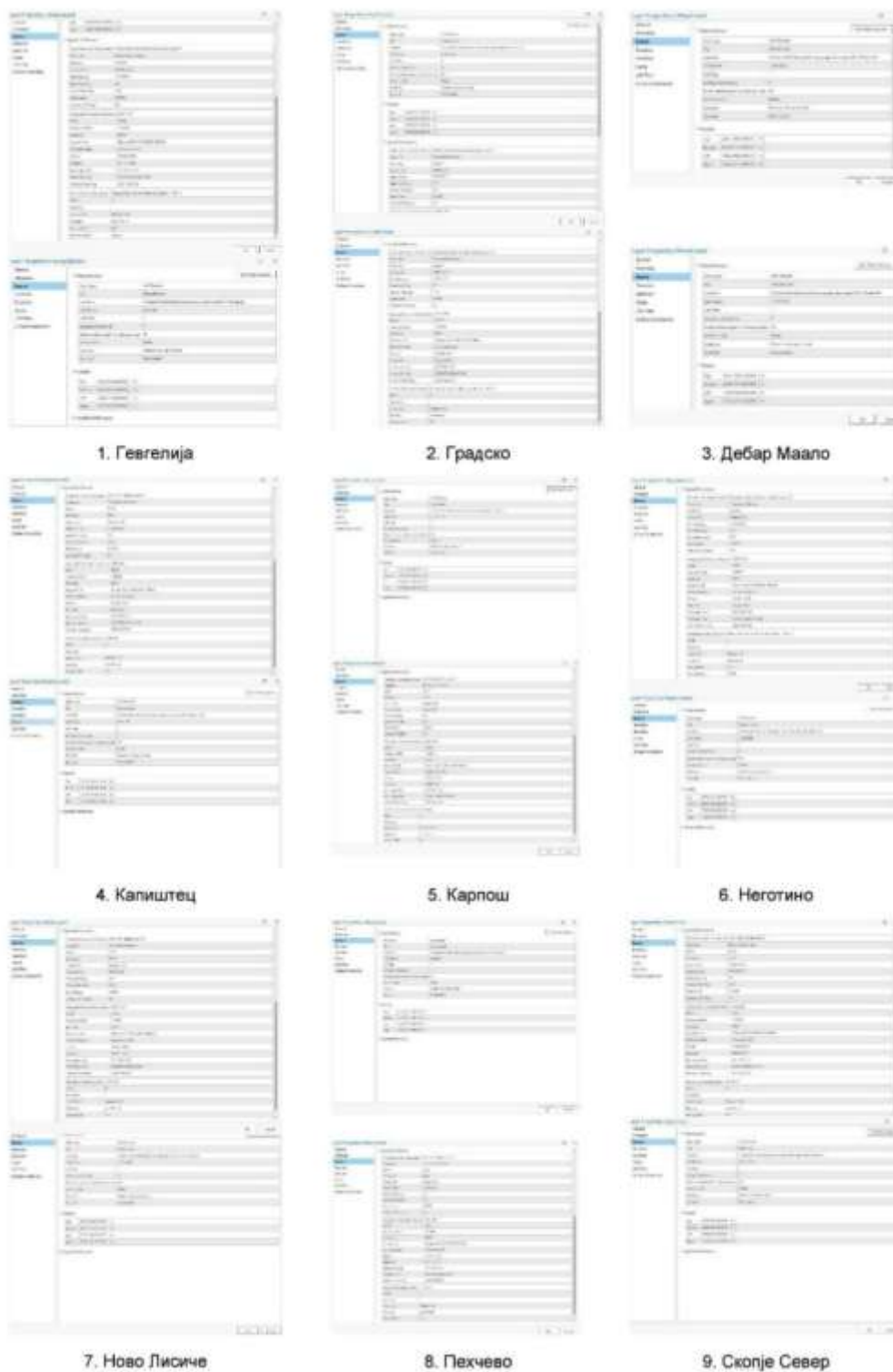
ефикасност. Потрошувачката во зимскиот период е во зависност од енергенсите за загревање (дрва, електрична енергија и топлинска енергија), потрошувачка на енергија за ладење како и потрошувачка на енергија од соларни панели.

3.2. Документирање покривни површини

Во истражувањето се применува метод на документирање покривни површини со цел определување на просторните карактеристики на изградената средина. Идејата за документирање покривни површини произлегува од предметот и целите на истражувањето. Предметот вклучува истражување на просторните карактеристики на покривните површини од градските средини во Македонија, а во целите е нагласена потребата од нивно прецизно документирање. Податокот, а особено изворот на податоци претставува основна категорија за дефинирање на просторните карактеристики од покривните површини. Составен дел од тезите на истражувањето се испитување на влијанието на точката од LiDAR технологијата како параметар во процесот на документирање на изградените покривни површини во Македонија. Дополнително, во хипотезите на истражувањето се наведени аспектите на прецизно документирање на покривните површини кои при тоа се поврзани со методите на квантификација на сончевите зраци и определување на енергетски потенцијал. Процесот на документирање е поврзан со податоци кои се ставени во функција на истражувачките алатки од кои се развиваат методи на документирање покривни површини.

Изворот на податоци претставува основа на документирањето, каде што се определуваат геометриските карактеристики и квантифицирањето на покривните површини. Во предложеното истражување се применува единечен извор на податоци во формат облак од точки, добиени од страна на Агенција Катастар на Недвижности на Македонија. На основа на овие податоци, со примена на истражувачки алатки, дефинирани се неколку методи за документирање на изградените покривни површини. Секој еден податок е добиен како резултат на претходни постапки кои содржат одредени карактеристики. Изворот на податоци кои се применуваат во истражувањето се дел од областа на геоинформациони системи. Тие податоци се добиени како резултат на постапката на ласерско воздушно скенирање кои се во рамките на LiDAR технологија. Работата со податочните системи се нарекува далечинско сондирање просторни податоци. Во зависност од квалитетот на податоците се дефинираат различни нивоа на деталност (LoD) на архитектонските објекти од изградената средина.

Работата со просторни податоци се изведува во рамки на постапките на далечинско сондирање кои служат како основа на **алатки за истражување**. Податоците во формат облак од точки се геореференцирани ентитети, поради што се применуваат алатки за нивно геореференцирање. Поимот на геореферентноста подразбира прецизно позиционирање на елементите од изградената средина во апсолутен координатен систем. Со овие алатки се препознаваат сегментите од градските средини како што се: тло, покрив, зеленило и други елементи. Препознаените елементи претставуваат основа за примена на алатки за интерполација, преку кои се врши трансформација на облакот од точки во растерски модели. Понатаму, се применуваат алатки за векторизација, од кои се извлекуваат векторските податоци на основата на покривните површини. На крај од постапката на документирање се применуваат алатки за препознавање на



Слика 41- Геореференцирани податоци (облак од точки)

наклонетиот агол и ориентацијата на покривните површини од анализираниите градски

средини во Македонија.

На основа на истражувачките алатки развиени се **методи за документирање на покривните површини**. Алатките за геопроектирање се основа за методите на класификација на просторни податоци. Во класификацијата се опфатени податоци од облак од точки кои вклучуваат: LAS податоци, преклопени точки, дополнителни (вишок) точки, тло и класификација на точки од архитектонски објекти или поточно точки од изградени покривни површини. Класифицираните точки претставуваат основа на методите на интерполација, со кои се добиваат растерски модели: растерско-висински модел (DEM Digital Elevation Model) и растерско-површински модел (DSM Digital Surface Model). Понатаму, методите алатки за извлекување на линијата на основата од покривните површини преку постапките: растеризација, векторизација, филтрирање и коригирање неправилни површини. На крајот, методите на документирање се заокружуваат со определување на наклонот и ориентацијата на покривите. Примена на методите резултира со извлекување на клучните геометриски карактеристики релевантни за определување на сончевиот потенцијал: геометрија, правец и наклон. Резултати од методолошките постапки вклучуваат: ортогонална основа на покрив, интегриран растерски модел, сегментиран растерски модел од наклон и сегментиран растерски модел од правецот и ориентацијата.

3.2.1. Извор на просторни податоци

Податокот претставува основен елемент во идејата за документирање на архитектонските објекти од изградената средина. Работата со податоци е условена од идејата за изворот на податоци кои претставуваат неопходен сегмент во дефинирање на податочните системи. Впрочем, изворот на податоци претставува детерминанта во дефинирање на квалитетот и карактерот на самите податоци. Во поглавјето кое следи се опфатени карактеристиките и квалитетите на просторни податоци кои претставуваат основа за документирање изградени покривни површини. Во предложеното истражување, изворот на податоци произлегува од воздушно ласерско скенирање на изградената средина. Резултат од процесот на ласерско скенирање претставува просторни податоци во формат **облак од точки**. Постапките на воздушно скенирање опфаќаат голем обем на пространства од животната и изградената средина. Станува збор за голем зафат кој најчесто е организиран од национални и регионални тела. Во Македонија во временски период 2017-2021 од страна на Агенција Катастар и Недвижности организирано е воздушно скенирање на целата територија. За целите на предложеното истражување доставено е барање за пристап до податоци кое подоцна е одобрено од страна на националната агенција. Добиените податоци претставуваат облак од точки кои се геореференцирани прикажани (Слика 41- Геореференцирани просторни податоци). Наведените податоци кои се добиени по пат на воздушно скенирање претставуваат просторно-нумерички модел кој е во формат од облак од точки. Квалитетот на податоците од облак од точки на национално ниво изнесува најмалку 2-5 точки на површина од m^2 . Секоја една точка претставува просторна категорија. Таа е референцирана со геодетски координати во апсолутен координатен систем. Покрај квалитетот, карактеристични се прецизноста на облак од точки. Во однос на хоризонталната рамнина точките се со (милиметарска до неколку сантиметри) висока прецизност, додека во вертикална рамнина прецизноста не надминува повеќе од 10 cm. Спојот на повеќе точки како резултат од ласерско скенирање се нарекува облак од точки. Во рамки на облакот од точки се вклучени мноштво на елементи како што се: објекти од изградената средина, зеленило, тло, инфраструктурни системи. Секој од наведените елементи во принцип се разграничуваат во категории. Просторните модели во формат облак од точки претставуваат интегрирани просторни модели за кои неопходни се

дополнителни постапки за разграничување на поединечните елементи од животната и изградената средина.

Просторните податоци во формат облак од точки во рамки на истражувањето се структурирани во **ГИС системи**. Податоците кои се геореференцирани претставуваат организирана група на податоци кои се географски позиционирани според: географска широчина, географска должина и надморска височина. Природата на просторните податоци сугерира релевантност и применливост за документирање на изградената средина. Прецизно дефинирани гео-просторни координати претставуваат темел на постапката на документирање на изградени покривни површини, а потоа и определување на сончев и енергетски потенцијал. Податоците кои се геореференцирани содржат капацитет за прецизно документирање на изградени покривни површини во насока на определување на производство на енергија од обновливи извори како што се сончевите зраци. Гео-просторното позиционирање на податоците претставува основа за создавање на графички прилози од изградената средина како што се: растерски модели, векторски модели и аналитички (термални) дијаграми. Резултатите од работата со гео-просторни податоци се во директна зависност од влезните и излезните параметри на податокот. Параметрите на податоците се во директна зависност од начинот на пристапување, визуализација, симулација и анализа на податочните системи. Структурирањето на податоците во геореферентни системи овозможува вклучување на мноштво на алатки и методи во истражувањето на изградената средина. Следствено, изворот на податоци е структуриран во геореферентен систем кој покрај просторните карактеристики за истражување, содржи јасна координација во поставување во однос на апсолутен координатен систем. Наведените процеси се во линија со алатките и податоците за просторно-енергетска анализа кои се зависни од податоци дефинирани и структурирани во координатен системи. За функционирање на наведените процеси неопходни се соодветни перформанси на компјутерските системи како што се: компјутерски хардвер и компјутерски софтвер. Компјутерското процесирање на податоците, покрај од просторно-енергетски аспект се применуваат при анализа од поширок општествено-научен домен: анализа на населението, препознавање на различни видови енергетски извори, справување со ризици од животната средина и слични параметри за истражувања кои имаат проблемска природа. За функционирање на податочните системи потребни се чекори и постапки: ефикасно прибирање, складирање, ажурирање, анализирање и прикажување на податоци во насока на географско референцирање.

Идејата и основите на геореференцираните системи се интегрирани во LiDAR технологијата. Терминот **LiDAR технологија** се однесува на Light Detection and Ranging. Со други зборови претставува ласерско или просторно скенирање. Постојат три основни методи на LiDAR скенирање: воздушно (Airborne Laser Scanning- ALS), копнено (Terrestrial Laser Scanning- TLS) и скенирање од вселената (Space-borne Laser Scanning- SLS). Како резултат на процесот на ласерско скенирање се добиваат просторни модели како што се облак од точки од кои се дефинираат два вида на растерски модели: дигитален висински модел (Digital Elevation Model- DEM) и дигитален површински модел (Digital Surface Model- DSM). Од наведените видови на модели можат да се извлечат графички и нумерички податоци за животната и изградената средина. Податоците кои се извлекуваат од LiDAR технологијата се карактеризираат со: висока прецизност, разновидност и ефикасност во однос на времето на работа со податоци. Во зависност од квалитетот на податоците се дефинира **ниво на деталност**. Од наведените карактеристики кои се однесуваат на видовите на податоци како и степенот на деталност се добива диференцирање на елементите од изградената средина како што се: архитектонска обвивка, зеленило, патна инфраструктура и видливи инфраструктурни

системи. Степенот на деталност се определува во неколку класи како што се: LoD1, LoD2, LoD3 и LoD4. Во зависност од нивото на деталност се извлекуваат соодветните просторни параметри од изградената средина. Во суштина, примената на LiDAR технологијата во рамките на изградената средина е возможна преку две постапки: првата постапка претставува генерирање на сегментирани и интегрирани просторни модели на градските средини, додека втората постапка претставува симулација на сончев, фотоволтаичен и енергетски потенцијал на изградени покривни површини.

Геореференцираните податоци и LiDAR технологијата претставуваат основа за документирање на покривни површини од изградената средина. Работата со податоци претставува процес кој се одвива на далечина. Постапката на работа со податоци се нарекува **далечинска детекција** или **далечинско сондирање** претставува процес на собирање, обработка и анализа на просторни податоци. Процесот на далечинска детекција е во директна зависност од начинот на добивање и прибирање на податоци од различен извор како што се: сателитски снимки, ласерско скенирање, фотографирање. Процесот на далечинско сондирање просторни податоци е директно поврзан со постапките на ласерско скенирање и LiDAR технологија. Податоците облак од точки претставуваат основа во процесите за далечинско сондирање. Примена на постапката на далечинско сондирање просторни податоци претставува дефинирање на растерски и векторски модели од изградената средина. Во рамки на истражувањето се применуваат алатки за геопроецирање од кои се извлекува **геометрија на покривни површини**. Главен чинител во постапката на извлекување на линијата од објектот претставува препознавање на висинските разлики од тлото и нивоите од просторните елементи. Според квалитетот на податоците, геометријата на покривните површини се дефинира со висок степен на прецизност. Покрај извлекување и дефинирање на просторните карактеристики на изградената средина, процесот на далечинско сондирање на просторни податоци се применува при определување на **сончев и енергетски потенцијал**. Процесот на трансформација на податочните системи во просторни модели претставува основа за постапката на определување на енергетскиот потенцијал во рамките на изградената средина. Дефинирањето на просторните модели претставува процес кој е во директна зависност од податочните системи. Со помош на облакот од точки се дефинира растерско-површински (DSM- Digital Surface Model) и растерско-висински (DEM- Digital Elevation Model) модел. Површинскиот и висинскиот модел се неопходни за пресметување на наклонетиот агол, ориентацијата и засенувањето на покривните површини кои при тоа претставуваат основа за квантифицирање на интензитетот на сончева енергија.

3.2.2. Алатки за документирање покривни површини

Изворот и карактерот на просторните податоци претставуваат основа за примена на алатки за документирање на изградените покривни површини. Алатките што се применуваат во градските средини во Македонија произлегуваат од предметот на истражување. Со цел спроведување на постапката на документирање на покривните површини неопходна е примена алатки за работа со самите податоци. Овие алатки се составен дел од LiDAR технологијата и од постапките на далечинско сондирање на просторни податоци. Применетите алатки за документирање се интегрирани во компјутерскиот софтвер ArcGIS, кој овозможува обработка, трансформација и анализа на просторни податоци. Податоците се клучен параметар во определување на просторните карактеристики на изградената средина, а нивниот вид ја определува точноста на добиените параметри. Видот на податокот понатаму претставува основа за начинот на дефинирање на просторните параметри при документирање. Суштината на алатките за документирање се заснова на трансформативни процеси во рамките на

податочни системи. Во методите на документирање се применуваат четири вида на алатки, распределени во последователни методолошки чекори.

Методите за документирање започнуваат со алатките за **разграничување (класификација) на облакот од точки**. Во истражувањето се применуваат облак од точки кои претставува интегриран систем кој содржи податоци од изградената средина. За документирање на покривните површини како издвоен елемент потребно е првин да се препознаат, а потоа да се извлечат карактеристичните точки кои припаѓаат на покривите. Процесот на разграничување на облакот од точки претставува распределување на секоја точка во соодветната категорија: тло, архитектонски објекти (покриви) и неопределени точки. При постапката на разграничување на точките од поединечните елементи од изградената средина се дефинираат висински параметри кои се во граница на препознавање на облакот од точки како последица од ласерското скенирање. На тој начин доаѓа до структурирање на точките во поединечни категории. Самата постапка е неопходна во следните чекори на документирање изградени покривни површини.

Вториот чекор во документирање вклучува постапка на **интерполација на облакот од точки**. Под поимот интерполација се подразбира трансформација од векторски во растерски формат на податоци. Идејата на растеризација претставува трансформација на облак од точки во растерски модели. За функционирање на алатките за интерполација потребно е да бидат интегрирани претходно разграничените категории од точки. На пример за добивање DEM модел потребно е да бидат вклучени единствено точките од тло, додека пак за добивање DSM модел потребно е да бидат вклучени сите класи на точки со исклучок на тлото. Покрај видот на точки, за примена на алатката потребно е да се дефинира квалитетот на растерскиот модел преку големината на растерските модули-пиксели.

Во процесот на документирање покривни површини се применуваат континуирани растерски модели од изградената средина. Со цел извлекување на покривните површини од поединечните градби неопходно е извлекување на основата од покривната површина. Покрај алатките за класификација (разграничување) и интерполација (растеризирање), во истражувањето се применуваат **алатки за извлекување на основата од покривните површини**. Процесот на извлекување на ортогоналната проекција од покривната површина се состои од неколку постапки: растеризација (на облакот од точки), векторизација (на растерските податоци), отфрлање (на несоодветните површини) и регулирање на неправилностите во геометријата. Примена на наведените постапки резултираат со векторска површина на секоја од покривните површини во рамки на анализираните урбани опфати. Овие податоци се неопходни со цел разграничување помеѓу анализираните градби и поширокиот контекст на сегментите од градските средини.

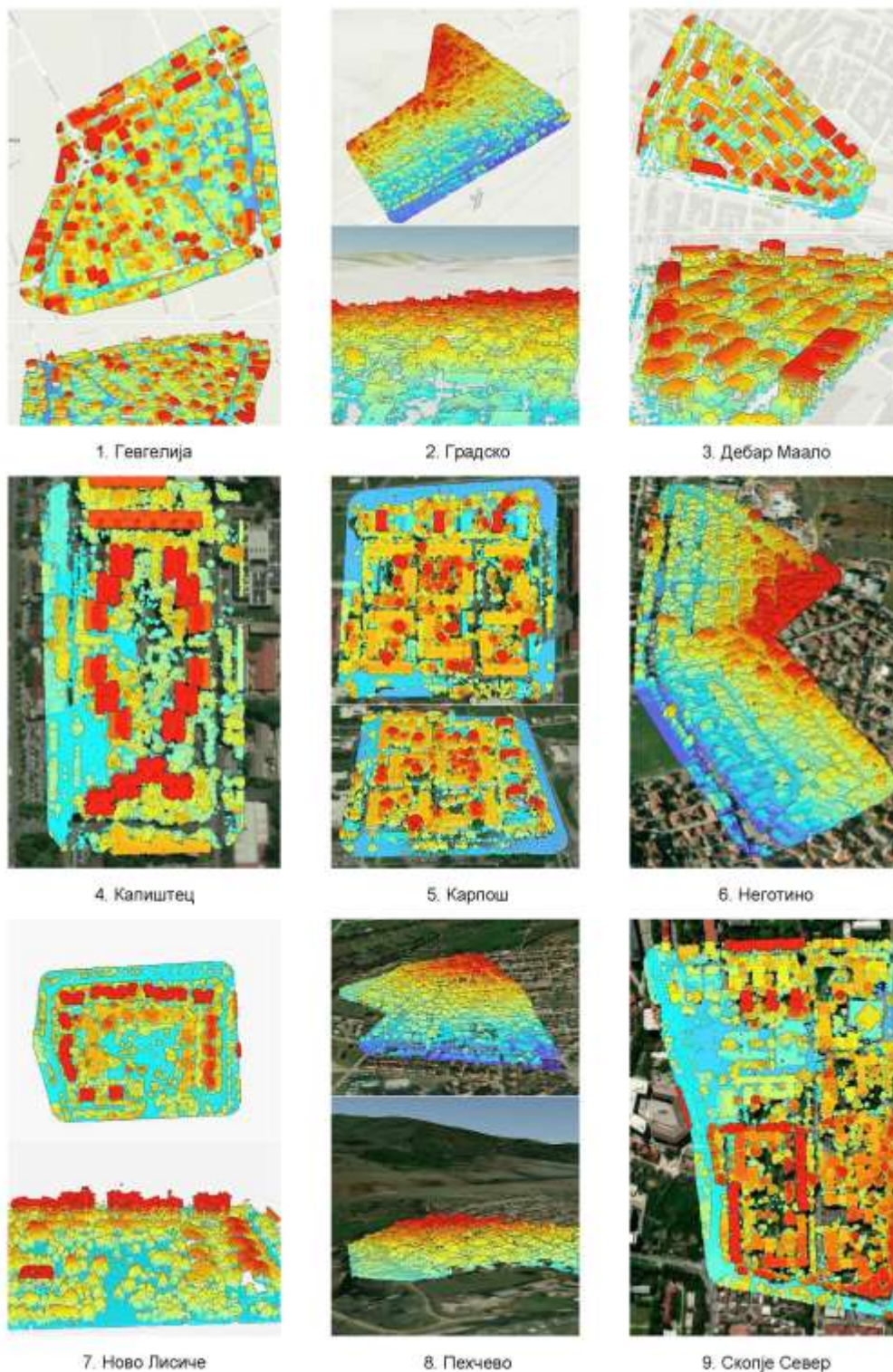
Последен чекор од алатките за документирање изградени покривни површини вклучува **извлекување на наклонетиот агол и ориентацијата на покривните површини**. Процесот на сегментирање се заснова на растерските модели од алатките за интерполација. Понатаму со сегментирање на растерите се дефинираат геометриските параметри на наклон и ориентација.

Заедничка карактеристика на четирите нивоа од алатките за трансформација на податоци е тоа што во суштина тие претставуваат векторски и растерски принцип на документирање. Векторскиот начин на документирање претставува векторизација на податоците облак од точки. Квалитетот на податоците не условува размерност. Тоа значи дека при анализа од различен размер квалитетот на податоците не се менува. Како и кај векторски начин на документирање, основа на растерски начин на документирање претставуваат податоците облак од точки. При тоа со растеризацијата на облак од точки

се добиваат површински модели или со други зборови растерски модели. Главна карактеристика на растерските модели е тоа што квалитетот на моделот се променува со промена на размерноста. Од овде се поставува прашањето што значи квалитет на растерски модел. Одговорот на прашањето се однесува на големината на растерските модули. Поимот на растерски модул се поврзува со сегментацијата на компјутерски пиксели. Постојат три клучни елементи од кои зависат растерските модели: големината, вредноста и просторното позиционирање на поединечните модули- пиксели. **Големина на пиксели** влијае на определување на нивото на прецизност на растерскиот модел. Кај пикселите од помал обем се прикажува поголемо ниво на деталност. Растерските модели со висок квалитет условуваат поголем капацитет за складирање на податоците и поголема моќ за нивно процесирање. Спротивно на тоа, кај пикселите со поголем обем се прикажува поширок опфат без навлегување во поединечностите на моделот. Растерските модели со помала резолуција содржат недостаток на информации, но тие се поефикасни при процесирање податоци. Друга карактеристика на растерските модели претставува вредноста на **растерски модул**. Секој елемент од растерскиот модел претставува вредност којашто се однесува на специфичен аспект од просторните елементи. Со други зборови, секој пиксел покажува геореференцирана позиционираност којашто се однесува на специфичната локација со цел анализа на просторните обрасци. Во постапката документирање изградени покривни површини, вредноста на пикселот се однесува на просторните вредности од покривните површини како што се наклонет агол и ориентација. Параметрите на аголот од наклонувањето и ориентацијата се засноват на **просторно позиционирање**. Пикселите се организирани во гео референцирани ортогонални матрици и кореспондираат со соодветната локација којашто се однесува на територијалниот опфат на моделот. Вредноста на пикселите влијае во просторните диспозиции. Со помош на алгоритмите за анализа се добиваат дефинирани вредности од околните пиксели со цел определување на просторните параметри од податоците за документирање изградени покривни површини.

3.2.3. Метод на разграничување (класификација) просторни податоци

Составен дел од широката рамка на методите за документирање изградени покривни површини се методите за разграничување (класификација) просторни податоци. Во процесот на разграничување податокот претставува основен елемент. Според природата на податоците, секој еден ентитет содржи карактеристики кои најчесто се концентрирани во податочни системи и меѓусебно поврзани и преклопени. На пример, една точка од изградената средина која е дел од покривната површина има најпрвин геометриски карактеристики за позиционирање во однос на референтен координатен систем. Понатаму, таа точка поради тоа што е дел од постапката на стандардизирано ласерско скенирање, при процесот на документирање доаѓа до распределување на самата точка во категории. Во процесот на истражување на изградената средина вклучени се податочни системи како дел од методолошките чекори на документирање изградени покривни површини. Почетен чекор во процесот на документирање е **разграничување на .LAS податоци**. Во рамки на постапката се издвојуваат точки кои се преклопени и точки кои настануваат како неправилност при ласерско скенирање. Целта на овој дел од методологијата претставува издвојување категории од точки кои понатаму во анализата нема да бидат земени предвид. Втор дел од методите за класификација просторни податоци вклучува **разграничување точки од тло**. Целта на вториот чекор од методологијата претставува издвојување на тлото како посебна категорија на точки која се применува во поширока рамка на методите на документација. Трет чекор од метод на класификација на просторни податоци претставува разграничување **точки од покрив**. Во рамки на постапката се издвојуваат точки од



1. Гевгелија

2. Градско

3. Дебар Маало

4. Калиштец

5. Карпош

6. Неготино

7. Ново Лисиче

8. Пехчево

9. Скопје Север

Слика 42- Разграничени облак од точки .LAS/.LAZ

архитектонските објекти или поточно од покривните површини. Целта на третиот чекор претставува суштината на документирање изградени покривни површини.

Идејата за разграничувањето на податочните системи претставува процес директно поврзан со далечинска детекција на просторни податоци. Поимот „далечинска детекција на просторни податоци“ од аспект на разграничување просторни податоци претставува процес на препознавање на поединечните елементи од изградената средина преку стандардизирана таксономија на класификација. Во својата природа, постапката на класификација просторни податоци опфаќа разграничување на просторните елементи од изградената средина. Целта на процесот на класификација просторни податоци претставува препознавање на елементите од архитектонската обвивка, односно препознавање на покривните површини. Иако покривните површини претставуваат предмет на истражувањето, неопходно е препознавање на останатите елементи од изградената средина.

Со помош на препознавање на точките од ласерското скенирање се добиваат податоци со следните карактеристики: височина (според просторната позиционираност во апсолутен координатен систем), интензитет и код за класификација. Со понатамошно структурирање на податоците се добива хиерархиска природа на класификацијата каде што необработените (неструктурираните) точки имаат потенцијал да се распределат според соодветното ниво на категоризација. Во зависност од квалитетот на податоците се добива резолуцијата, густината и степенот на прецизност преку антиципирање на ограничувањата во рамките на податочните системи. Работата со податоци претставува процес поврзан со изборот на алатки кој е значаен за инкорпорирање на податочните системи во алгоритми кои се определени според компатибилноста на податоците. Препознавањето и класификацијата на елементите од архитектонската обвивка, односно изградени покривни површини на формално ниво е значајно во формирање и дефинирање на просторните модели. Од друга страна, класификацијата на елементите од енергетско ниво е значајна за понатамошните постапки за испитување на степенот на влијанието на сончевите зраци преку соодветните вредности на сончева радијација. Алгоритмите за класификација се основаат на хуристичките правила како што се: висинска граница, толеранција на наклонот како и филтрирање на густината со цел да се апроксимираат карактеристиките на реалниот свет. Процесот на класификација претставува стандардизирана таксономија каде што точките се организираат во претходно дефинирани класи на: тло, вегетација и градби. Процесот вклучува повторлива валидација која ја поставува класификацијата во линија со емпириската реалност. Во тој процес се појавуваат грешки поради ограничување на просторните податоци, за тоа е потребно примена на неколку чекори на класификација со цел надминување на истите. На методолошко ниво класификацијата ги обединува алатките за просторна геореференцираност со цел обезбедување структурирани податочни системи. Класификацијата на LiDAR податоците ги трансформира податоците од ласерското скенирање научно потврдени податочни системи со што се овозможува откривање на дистинктивите карактеристики на физичките, просторните и архитектонските категории на изградената средина. Во ова поглавје се опфатени методолошките постапки на класификација просторни податоци во насока на документирање на покривните површини. Постапката на класификација е само почетен чекор која понатаму е поврзана со методолошките процеси на интерполација и извлекување на геометриските карактеристики на покривните површини.

- Класификација LAS податоци

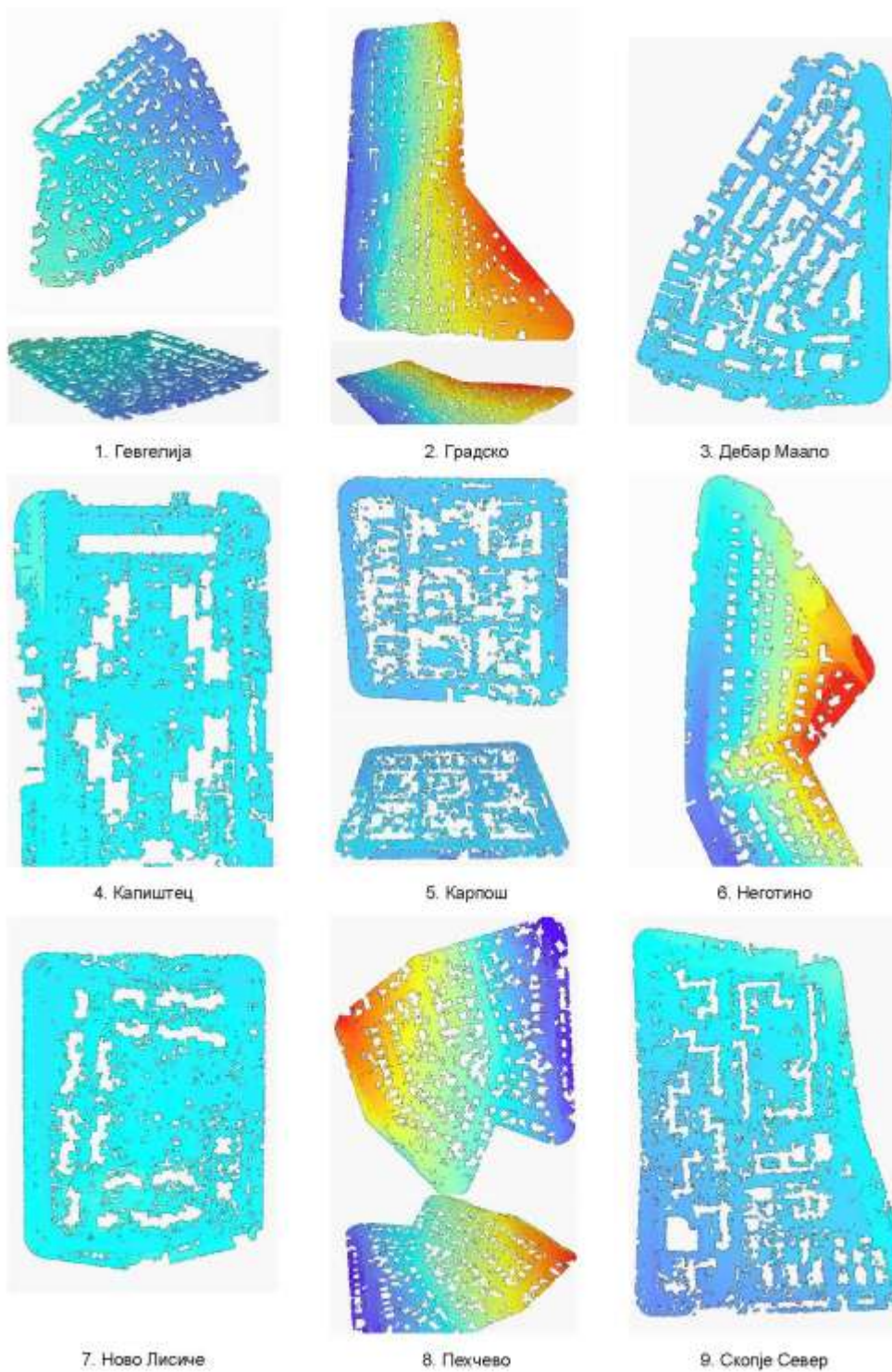
Методот на класификација на LAS податоци претставува составен дел од пошироки рамки на методологијата на документирање покривни површини. Примена на овој метод условува дефинирање на видот на податокот. Податоците се директно поврзани со LiDAR технологијата, а резултатот од ласерско скенирање е облак од точки

структуриран во .LAS/LAZ формат (Слика 42). Овие податоци се необработени, но содржат капацитети за нивно категоризирање.

Секоја точка содржи метаподатоци кои се клучни за класификацијата: локација, интензитет и други параметри. кој претставува клучна одреденица во определување на категоријата и класата на самата точка. Во принцип, облакот од точки е организиран според стандардизирана таксономија во која се дефинирани точките од поединечните класи од изградената средина. На таа основа, постапката на класификација претставува структуриран методолошки процес кој распределува категории на точки на основа на неколку карактеристики: физички, растерски и спектрални. Класификација на LAS податоци ги следи пристапите на основа на правила и хиерархија кои се во линија со алгоритми за автоматско распределување во соодветни класи како и техниките кои овозможуваат висока прецизност.

Податоците во формат облак од точки претставуваат основа за методите на класификација или со други зборови разграничување просторни податоци. При процесот на класификација на интегрираните податоци се тргнува од бројот и бојата на точки. Секоја класа на точки од облакот од точки содржи број и боја својствени за категоријата во која припаѓаат. Во зависност од квалитетот на под системите од точки, во одредени случаи, точките се преклопуваат. Постапката на ласерско скенирање претставува повторлив процес помеѓу зракот од ласерскиот скенер и препознавањето на точката од изградената средина. При процесот на ласерско скенирање се појавуваат вишок на точки кои се резултат на позиционирање на ласерскиот сензор и начинот на кој податоците се враќаат во системот на препознавање на точката. Во тој процес во критичните сегменти доаѓа до преклопување на самите точки. Дел од причините се однесуваат на нееднаквоста на сензорите за препознавање, вертикалните поместувања, како и дисперзирање на светлинскиот зрак од точките. Со цел надминување на преклопувањето, се применуваат алатки за разграничување на преклопените точки. Со примена на алатката преклопените точки добиваат својствена класа во која припаѓаат. Самиот процес на класификација е дел од интегративните процеси на филтрирање, геоинформациско координирање и потврдување на податочните системи.

Покрај појава на преклопени точки, во постапката на ласерско скенирање се појавуваат точки кои настануваат во форма на шумови. Тие претставуваат недостатоци кои се рефлектираат преку појава на несакани или погрешни точки во податоците од облак од точки. Постојат неколку причини за нивното појавување. Една од причините е поврзана со проблемите на сензорот на препознавање на ласерскиот зрак. Во тој случај позиционирањето на точката е надвор од геодетската координата. Друга причина се однесува на атмосферските влијанија. При појава на магла или друг вид на струења во воздухот, тие влијанија го попречуваат ласерскиот зрак и доведуваат кон појава на несакани точки. Трета причина се поврзува со рефлективните карактеристики на површини кои лијаат од материјализацијата. Во зависност од материјалот, точките од изградената средина излегуваат вон границите на разгледуваната и анализирана локација. Четвртата причина на точки кои се појавуваат е птици, кабли или друг вид на елементи кои се појавуваат при постапката на ласерско скенирање. Несаканите точки отстапуваат од просторната позиционираност на анализираните урбани опфати. Тие точки се позиционирани на изразено ниска или изразено висока кота од анализираниот опфат. Препознаените проблеми на позиционирањето на точките се решава на начин што најпрвин тие се препознаваат како издвоена категорија на точки, а понатаму нема да бидат земени предвид во понатамошните чекори на документирање. Во рамки на компјутерскиот софтвер ArcGIS се интегрирани алатки за класификација на неопределени точки (т.н. точки од шум). Постојат две клучни чекори при препознавање на непотребните точки. Првиот чекор се однесува преку препознавање на ниските точки



Слика 43- Разграничени точки од тло

кои се наоѓаат на релативно ниска позиција во однос на тлото. Минималната височина на тие точки е со вредност два метра под тлото, при тоа без да се дефинира граница на максимална височина. Вториот чекор се однесува на класификација на високите точки. Резултат од постапката претставуваат класификација на две група на точки: noise, како и high noise. Во понатамошниот процес на методологијата овие точки се отфрлат како непотребни поради тоа што влијаат во интерполирање на точките при добивање сегментирани модели од изградената средина.

- Класификација точки од тло

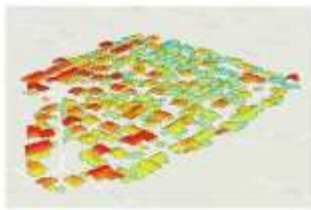
Метод на класификација на точки од тлото претставува составен дел од пошироки рамки на методологијата на документирање покривни површини. Изворот на податоци претставува значаен сегмент во постапката на разграничување на тлото. Во рамки на методите се применети облак од точки кои содржат интегрирана претстава на изградената средина. Со цел документирање на тлото (теренот) неопходно е извлекување на точките од тло како издвоена категорија. Во тој процес се применуваат алатки за геопроецирање просторни податоци. Во рамки на истражување се применуваат софтверски алатки за класификација која е составен дел од компјутерскиот софтвер ArcGIS. За примена на алатката се потребни просторни податоци облак од точки. Карактеристично за податоците е тоа што содржат конечен број на точки. При препознавање на точките од тлото се применува стандарден метод на класификација кои се интегрирани во алатките за геопроецирање просторни податоци.

Методите за разграничување точки од тло се применети при анализа на 9 локации од градските средини во Македонија. Поради различната гео-просторна поставеност на локациите секој пример е анализиран одвоено, што значи дека методите на класификација се применети за секој урбан сегмент поединечно. Резултат од методот и алатката за класификација на точки од тло претставува облак од точки од разграничени топографски точки прикажани на (Слика 43- Разграничени точки од тло).

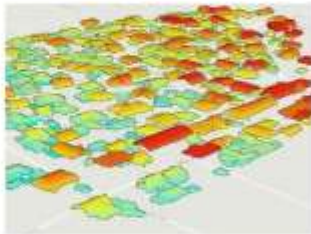
Од теоретски аспект, класификација на точките од тлото се темели на следните основи: континуитет на топографска површина, ограничувања на височината и наклонот, како и анализа на густината на точките. Континуитет на топографска површина се однесува на препознавање на елементите од тлото во континуитет со исклучок на местата каде што има големи наклони и контрастни геолошки формации на тлото. Во рамки на алатките за препознавање на тлото интегрирани се алгоритми кои придонесуваат кон разграничување на точките од тлото и останатите точки од изградената средина како што се на пример точките од архитектонски објекти. Сепак, оваа постапка се состои од ограничување на висинската поставеност и наклонот на тлото при тоа следејќи ја висинската промена на топографијата. Покрај позиционирањето на самите точки, густината претставува параметар која придонесува кон определување на квалитетот на сегментите од тлото при анализа на градските средини во Македонија.

- Класификација точки од покривни површини

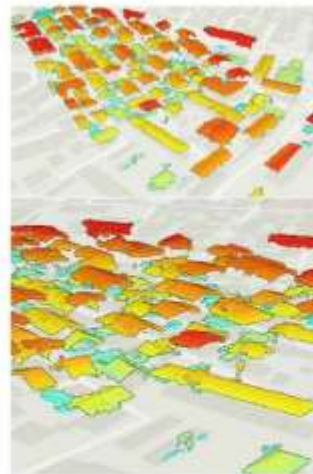
Метод на класификација на точки од покривни површини претставува составен дел од пошироки рамки на методологијата на документирање покривни површини. При метод на класификација на покривни површини неопходен е изворот на податоци преку видот и карактерот на просторните податоци. Податоците претставуваат интегрирана претстава на изградената средина во формат облак од точки. Со цел документирање изградени покривни површини неопходно е извлекување на покривите како издвоена категорија. Дефиниција за метод на класификација на облак од точки од покривни површини претставува разграничување и извлекување на точките од наклонети покриви. Во тој процес се применуваат алатки за геопроецирање просторни податоци. Во рамки



1. Гевгелија



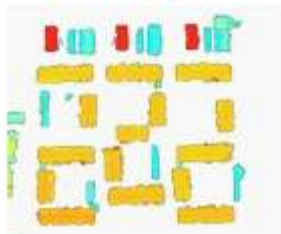
2. Градско



3. Дебар Маало



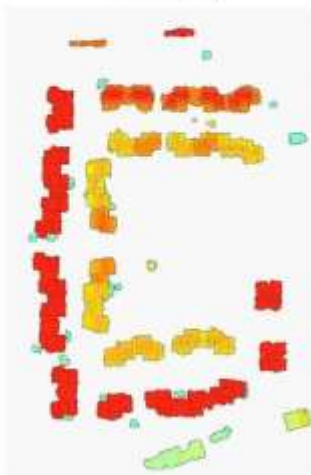
4. Калиштец



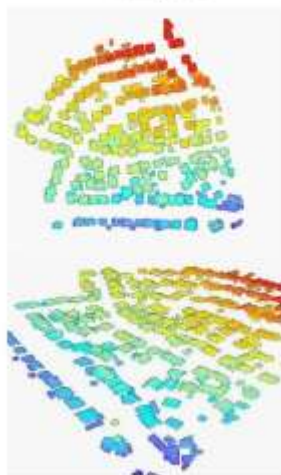
5. Карпош



6. Неготино



7. Ново Лисиче



8. Пехчево



9. Скопје Север

Слика 44- Разграничени точки од покрив

на истражувањето се применува алатката за препознавање на точките од покривната површина која е составен дел од компјутерскиот софтвер ArcGIS. За примена на алатката се потребни просторни податоци облак од точки. Карактеристично за податоците е тоа што содржат конечен број на точки. Постапките на класификација и разграничување на облакот од точки е во зависност од висинските граници. При разграничување на податоците минималната височина изнесува 2m од површината на тлото. Од друга страна минимална граница на препознавање покривни површини изнесува 10m². Препознавање на просторните параметри од облакот од точки е на два начина: конзервативен и агресивен. Во рамките на утврдената методологија применет е агресивен метод на класификација на податоците од облакот од точки. На формално ниво, во рамки на алатката за класификација (разграничување) се интегрирани алгоритми за препознавање на двете клучни карактеристики на покривните површини: површината на наклонетиот агол и острината на аглиите од покривните површини.

Методите за разграничување на покривни површини се применети при анализа на 9 локации од градските средини во Македонија. Поради различната гео-просторна поставеност на локациите секој пример е анализиран одвоено, што значи дека методите на класификација се применети за секој урбан сегмент поединечно. Резултат од методот и алатката за класификација на покривни површини претставува облак од точки од разграничени покривни површини прикажани на (Слика 44).

Методите на класификација на точки од покривни површини се темелат на неколку теоретски насоки како што се: конзистентност на височината, регуларност на површините, препознавање на аглиите и кластрирање на густината од точки. Конзистентност на височината се однесува на препознавање на точките кои се над тлото каде што квантифицирањето на највисоките точки од градбата помага во препознавање на сеопфатните елементи од архитектонската обвивка. Во тој процес, височината на облакот од точки е значајна за покривните површини во определување на геометријата, наклонот и правецот. Покрај височината, регуларноста на површините претставува значаен сегмент во класификација на точки од архитектонски објекти. Во случај на неправилна дистрибуција на точките од градбата, доаѓа до регулирање и структурирање на поединечните точки кои ја формираат површината од архитектонската обвивка. Регуларноста на површините е директно поврзана со острината на аглиите. Во облакот од точки, препознавањето на острите агли е директно поврзано со препознавање на преминот од хоризонтални кон вертикални и коси површини од архитектонските објекти. Во одредени сегменти, густината на точките значително влијае во јасноста и прецизноста на површината од архитектонската обвивка. На крај, при класификација на точките од архитектонските објекти доаѓа до кластрирање и сегментирање на густите точки со цел разграничување на површините и структурите од покривните површини на градбите од изградената средина.

3.2.4. Метод на интерполација на класифицирани точки

Составен дел од методологијата на документирање покривни површини претставува методот на интерполација на класифицирани точки. Како и во методите на класификација, така и во методот на интерполација, податоците претставуваат основна единица за истражување, односно документирање на елементите од изградената средина. Методот на интерполација на облак од точки од ласерско скенирање претставува процес кој започнува со податочни системи од облак од точки, а завршува со структурирање во растерски модели. Тоа значи дека методот во себе содржи трансформативна природа. Принципот се препознава и во техниките на претстава на надворешниот свет од сликарски во дигитален поинтилизам. Во претходните истражувања анализирани се аналогните и дигиталните начини на претстава на

просторот преку поинтилизиам и дивизионизам. Доколку во сликарскиот поинтилизам се препознава техника на сликање точка, во сликарскиот дивизионизам се препознава сегментирање на сликарското платно. Овие две техники директно претставуваат суштина на интерполацијата од каде точката претставува основен двигател на сегментираните претстави на надворешниот свет. Во рамки на ова истражување, поинтилизмот и дивизионизмот претставуваат дигитална категорија преку процесот на интерполација кој е својствен за премин од облак од точки кон сегментирани растерски модели.

Податочните системи од облак од точки се состојат од просторни вредности за секоја просторно референцирана точка. Тие вредности се однесуваат на мерливите карактеристики на просторната диспозиција на елементите од изградената средина или поточно за покривните површини. Преведено во процес на интерполација, значењето на просторните вредности на облакот од точки е во трансформативниот однос на вредноста на координатниот систем кон вредноста на келијата-пикселот во однос на растерскиот систем. Тоа е принцип кога целината се состои од децентрализирани и високо артикулирани елементи. Според тоа, методите на интерполација на облак од точки претставуваат постапка на создавање децентрализирани модели од изградената средина. За таа цел, структурирањето на податочните системи е неопходно за техниките на интерполација во растерски модели.

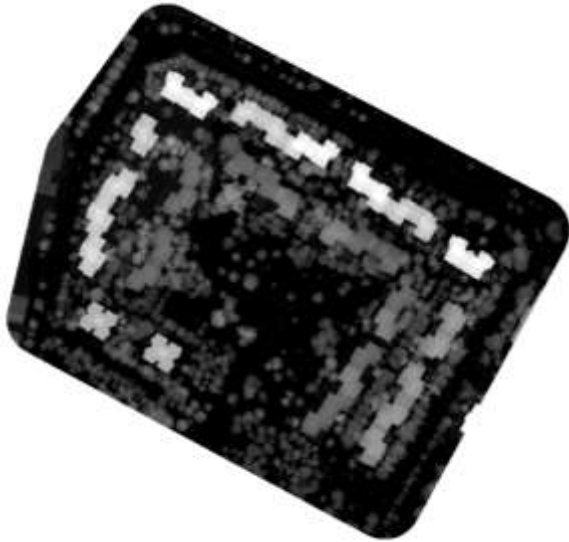
Идејата за интерполација на просторни податоци се разграничува помеѓу тип и метод на интерполација. Под поимот тип на интерполација се подразбира вредноста на поединечните растери и модули кои се препознаваат во рамки на облак од точки. Составен дел од тип на интерполација претставуваат видот на класифицирани облак од точки. На основа на природата на податоците облак од точки се добива интегрирана и сегментирана интерполација. На основа на типологија на интерполацијата се надминува фрагментирање на природата на растерските келии преку промена на интензитетот на поединечните растери. Од друга страна, метод на интерполација претставува интегрирани алгоритми со математички функции преку кои се спроведува трансформацијата на облакот од точки во растерски модули. Постојат три методи на интерполација: линеарни, дво-линеарни и квадратни. Разликата во начинот на интерполирање се однесува на поврзувањето на точките при дефинирање на континуираните растерски матрици. При трансформацијата на податоците во растерски сегменти се вклучени параметри кои се неопходни во определување на гео-просторните карактеристики на покривни површини: наклонет агол, ориентација и степен на засенчување.

- Интерполација на растерски модели DEM (Digital Elevation Model)

Методите на документирање покривни површини содржат широк опфат на постапки за определување на просторните и геометриските карактеристики на изградената средина. Дел од широката методологија претставува метод на интерполација на растерски DEM модели. Интерполацијата на растерски модели започнува со просторните податоци облак од точки. Во оваа фаза од истражување на интерполацијата се применуваат резултатите разграничување облак од точки распределени во посебна категорија на точки од тло. Тоа значи дека податоците од процесот на класификација на точките од тлото претставуваат основа на постапката за интерполирање DEM растерски модели. Според дефиниција, DEM (Digital Elevation Model) или растерски висински модел претставува растерицизија на просторните податоци облак од точки од тлото во континуирана површина. Доколку при постапката на дефинирање на тлото се вклучени друг вид на точки, неопходно е да бидат исклучени. Растеризирање на точките од тлото претставува интерполативен процес од каде што еден формат на податоци (во случајот облак од точки) се трансформира во друг формат на растерски модели. Постапката се

темели на сегментиран облак од точки (во случајот класа на точки од тло) која претставува основа на класификација на точките од тлото. Во процесот на интерполација облакот од точки се растеризира според тријаголен принцип на интерполација. Во тој процес големината на растерските сегменти е во зависност од квалитетот на податочните системи од облак од точки.

- Интерполација на растерски модели DSM (Digital Surface Model)



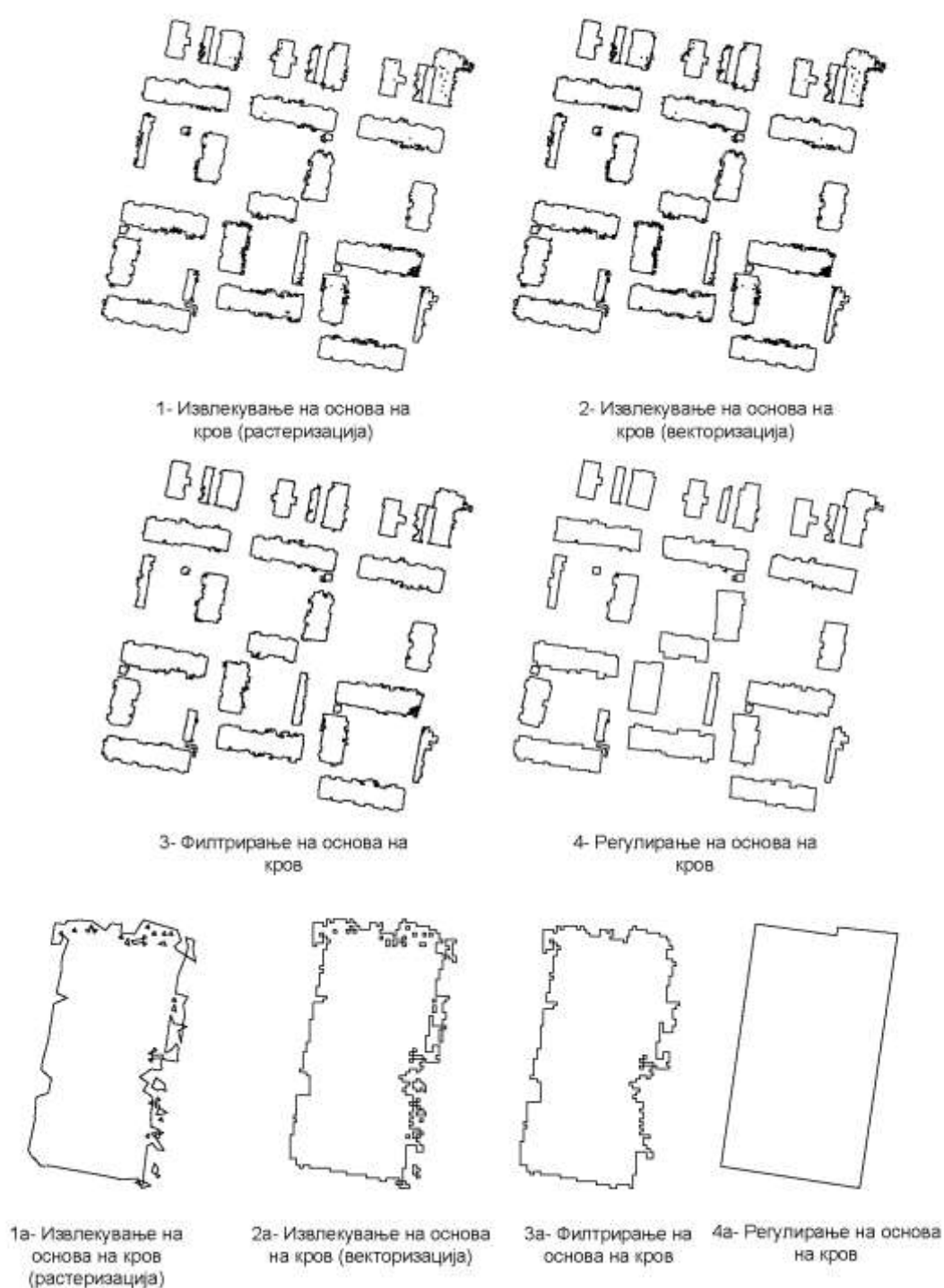
Слика 45- Интерполација на растерскио-површински DSM модел

Податоците од процесот на класификација на интегрираните точки претставува основа на постапката за интерполација на DSM растерски модел. Поимот DSM (Digital Surface Model) претставува растерски модел кој ги вклучува елементите од изградената средина на основа на облак од точки. Доколку во висински модел земени се предвид единствено точките од тлото, во дигитален површински модел земени се предвид сите класи на облак од точки. Карактеристично е тоа што при интерполацијата на облакот од точки, неопходно е да се земе предвид вредноста на ласерскиот зрак преку првата повратна точка. На тој начин земени се предвид точките со највисоко ниво на јасност и прецизност. Постапката се темели на

интегрирани категории од податоците во формат облак од точки (во случајот класа на точки од градбите, зеленило и останатите категории) која претставува основа на класификација на точките од изградената средина. Резултатите од постапката на интерполација на интегрираните точки од изградената средина претставува растерски модел во кој се интегрирани сите просторни елементи. При добивањето на резултатите секој од облакот од точки кореспондира според вредностите на пикселската поделба на матрицата од растерски модули.

3.2.5. Метод на извлекување линија од покривни површини

Во рамки на истражувањето се применува метод на извлекување линија од покривни површини со цел дефинирање на просторните граници од градбите. Примена на методот на извлекување на основата од покривната површина претставува составен дел од методологијата на документирање покривни површини со цел определување на



Слика 46- Методи на извлекување основа на кров

границата помеѓу внатрешноста и надворешноста од покривните површини. Во овој дел од истражувањето просторните податоци во формат облак од точки се трансформираат

во векторски претстави од основата на покривните површини. Под поимот извлекување или дефинирање на основата од покривните површини се подразбира нагласување на линискиот карактер на границата помеѓу волуменот на покривните површини со надворешноста. Со други зборови дефиницијата подразбира отсечокот од покривната површина од надворешноста која се проектира во ортогонална претстава. Врз основа на методите за разграничување на облакот од точки во поединечни категории во податочни системи, во продолжение се разработуваат методолошките чекори на векторизација на покривните површини.

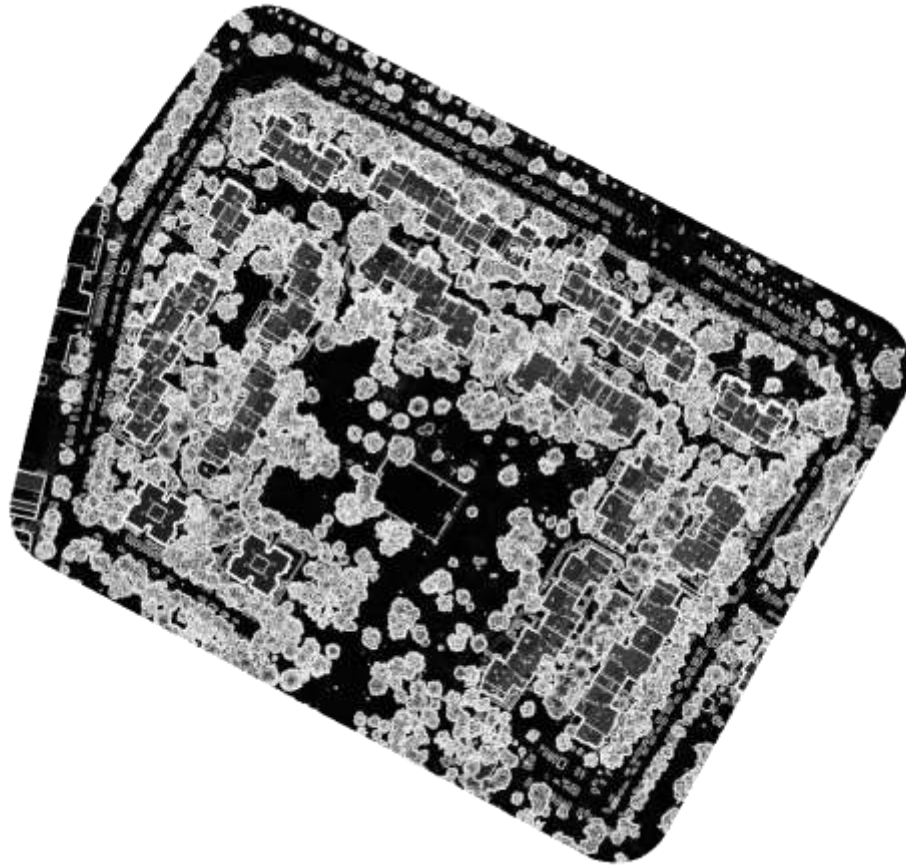
Од методолошка рамка на дефинирање на процесот, вклучени се неколку постапки: интерполација, определување квалитет на податоци, прецизност и применливост на градбите од изградената средина. Начинот на работа е во линија со епистемологијата на покривните површини кои се подредени во податочни системи организирани во компјутерска хеуристика. Самата постапка е составен дел од далечинско сондирање просторни податоци кои покажуваат висока прецизност што доведува до широка применливост во истражувањата на архитектонските објекти од изградената средина преку фрагментирање на градските средини.

Векторскиот начин на извлекување на покривните површини претставува процес во три чекори што овозможува разграничување на покривните површини од останатите елементи од анализираните урбани опфати. Прв чекор од постапката на извлекување основа на покривни површини претставува растеризација на разграничени точки од покриви кои се дефинирани во просторен координатен систем. Постапката на растеризација претставува трансформативен метод каде што елементите во формат облак од точки како просторна категорија се проектираат во ортогонална рамнина. Трансформативната постапка на одреден начин претставува извлекување на точките од просторот во ортогонална проекција. Издвоените точки од архитектонските објекти се интерполираат во форма на точкести множества кои сугерираат формални површини од покривите. При згуснувањето на точкестите множества од архитектонските објекти во одредени делови се појавуваат празнини кои влијаат во дефинирање на целостта на површината. Следниот чекор претставува транскрипција од точкести множества кон векторска површина. Во тој процес матрицата од множества на точки е подложна на адаптација и модификација на векторските површини. При векторизација на површините во одредени делови се појавуваат празнини и неправилности во однос на векторските агли. Коригирањето на неправилностите во третиот чекор се издвојува со филтрирање на неправилните форми преку коригирање на векторските површини од архитектонските објекти. Во последниот чекор од методата на извлекување на линијата од покривната површина доаѓа до дефинирање на границата помеѓу покривните површини и надворешниот свет според векторски принцип. Трите чекори на извлекување на векторската линија настануваат по пат на трансформација на податоците. Покрај трансформативната природа, процесот вклучува чекори кои придонесуваат кон автоматско коригирање на геометриските неправилности. Постапката во три чекори сугерира дека невозможно е надминување на проблемите во еден чекор или само со една алатка поради комплексноста на параметри и гранични вредности.

3.2.6. Наклонет агол и правец на покривни површини

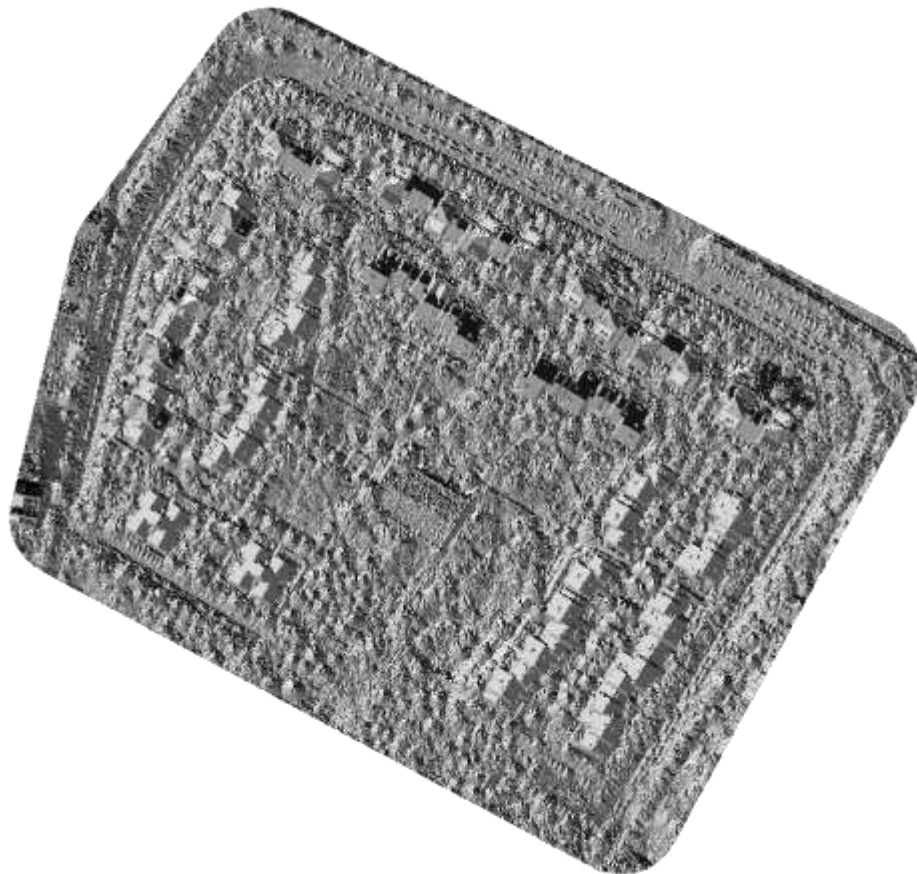
Во рамки на методологијата за документирање на покривните површини од изградената средина се опфатени методи за препознавање наклонет агол и ориентација на покривни површини. Примена на методот овозможува извлекување на дистинктивните геометриски параметри од покривните површини. Примена на методите за извлекување наклонет агол и правец условува дефинирани DSM модели од методите

за интерполација просторни податоци. Во рамки на методологијата се трансформираат интегрирани DSM модели во сегментирани. Процесот на сегментација претставува извлекување на поединечни карактеристики од покривните површини. Поединечната вредност од просторните параметри е дефинирана според растерските келии.



Слика 47- Сегментиран растерски модел од наклонет агол на покривни површини

Во истражувањето се применува метод на препознавање на **наклонет агол** со цел определување на просторните параметри од покривните површини. Примена на методот вклучува два параметри според кои доаѓа до препознавање на наклонувањето. Во рамки на постапката, растерските податоци од DSM модел се трансформираат во вредноста на наклонување што овозможува определување на наклонетиот агол од анализирани покривни површини. Добиената вредност се распределува за секоја растерска келија поединечно која изнесува во граница помеѓу 0-90 степени. Начинот на отчитување на наклонетите површини е во директна зависност од вредноста на наклонетиот агол при отчитување на алатките на сегментирани растерски модели или поточно вредноста на секоја од келиите на пикселските форми. На основа на податоците од растерските модели се извлекуваат графичките и квантитативните вредности на наклонетите површини. Со цел добивање на претставата на вредноста на наклонот, растерските сегменти (модули, пиксели) прикажуваат вредност за наклонот, според тоа со помош на вредноста на секој модул се отчитува вредноста на наклонувањето. При графичкото прикажување на наклонувањето разликата помеѓу агли е претставена на начин што растерските келии од пострмен агол имаат светли тонови, додека пак оние со поблаг агол се прикажани со потемни тонови. На тој начин се определува наклонот на секоја референцирана келија од растерските модели на елементите од покривните површини.



Слика 48- Сегментиран растерски модел од правец (ориентација) од наклонети покривни површини

Методите за определување на наклонетиот агол од растерските келии се основа на корекција на висинскиот фактор со адаптација на растерските сегменти кои се појавуваат висински промени. Вредноста од наклонувањето претставува квантитативна категорија изразена во степен или процент на наклонување. Ниската вредност сугерира приближно рамни покриви, додека високата вредност на процентот на наклонувањето означува пострмни наклонети покривни површини. Методологијата на определување на наклонетите површини се основа на пристап кој овозможува квантитативна и визуелна анализа на сегментирани растерски модели кои се применуваат при сегментација на модулите. Поради децентрализираната природа на растерските модели, графичката претстава на резултатите од наклонувањето се прикажува слеано (gradient-based) каде што површините со поголем наклон имаат посветли тонови. Секоја келија од растерските модели содржи геореференцирана вредност која е во линија со класифицирање на растерските модули според соодветниот наклон. Поради квантитативниот пристап на методологијата се добива прецизна претстава за аголот од секој сегмент, а со тоа и класификација на деловите од покривната површина кои имаат поволни односно неповолни вредности на наклонувањето.

Методите за определување на **ориентацијата од растерските келии** се основа на корекција на хоризонталниот фактор со адаптација на растерските сегменти кога се појавува промени по хоризонтала. Вредноста од правецот претставува квантитативна категорија која е изразена во степени во однос на северната страна. Вредностите концентрирани кон 0 означуваат ориентација кон север, додека пак вредностите концентрирани кон 180 означуваат јужна ориентација. Во рамки на методите на определување на правецот се дефинира пристап кој овозможува истовремено

квантитативна и визуелна анализа на сегментирани растерски модели се применуваат при сегментација на растерите. Поради децентрализираната природа на растерските модели, графичката претстава се прикажува слеано (gradient-based). Секоја ќелија од растерските модели содржи геореференцирана вредност која е во линија со класифицирање на растерските модули според соодветниот правец. Поради квантитативниот пристап на методологијата се добива прецизна претстава за ориентацијата од секој сегмент, а со тоа и извлекување на покривните површини кои имаат поволна ориентираност кон сончевите зраци за производство на електрична енергија.

Покрај аголот на наклонување, определување на геометриските карактеристики на изградени покривни површини е во директна зависност од **правецот на ориентирање на наклонетите површини**. Во рамки на истражувањето се применува метод на препознавање на правецот со цел определување на просторните параметри од покривни површини. Примена на методот вклучува два параметри според кои се препознава ориентацијата на покривните површини. Во рамки на постапката, растерските податоци од DSM модел се трансформираат во вредност на правец што овозможува дефинирање на ориентацијата на покривните површини. Вредноста од секоја растерска ќелија се распределува во поединечни растерски ќелии во распон од 0-90-180-270 степени кои претставуваат: север, исток, југ и запад. Начинот на отчитување на правецот од покривните површини е во директна зависност од вредноста на наклонетиот агол на сегментираните модули или поточно вредноста од секоја ќелија од пикселските матрици. На основа на податоците од растерските модели се извлекуваат графичките и квантитативните вредности на ориентацијата од покривните површини. Со цел добивање претстава за вредноста на правецот, растерските сегменти (модули и пиксели) прикажуваат соодветна вредност за правецот со помош на вредноста на секој модул кој се отчитува ориентацијата. При графичкото прикажување на ориентацијата разликата помеѓу правците се прикажува на начин што растерските ќелии ориентирани кон северната страна имаат најтемни тонови со споредба со ќелиите ориентирани кон јужната страна. На тој начин се определува аголот на ориентација во однос на северната страна за секоја референцирана ќелија од растерските модели на покривните површини од изградената средина.

Како заклучок од постапката на определување наклон и правец се посочува дека методите за интерполација просторни податоци во сегментиран DSM модел претставуваат основа за пресметка на наклонет агол и ориентација како поединечните карактеристики од покривните површини. Двете категории на покривните површини во методологијата на истражување се значајни во постапката на определување фотоволтаичен потенцијал каде што се определуваат соодветните сегменти од покривните површини за интегрирање на фотоволтаични системи.

3.3. Сончев потенцијал и производство на електрична енергија

Методите за определување сончев, фотоволтаичен и енергетски потенцијал од изградени покривни површини произлегуваат од предметот на истражување. Во рамки на воведните правци на истражувањето нагласени се две клучни аспекти од предметот на истражувањето: определување на влијанието на сончевите зраци и квантифицирање на електричната енергија. Целите на истражувањето исто така вклучуваат определување сончев потенцијал и производство на електрична енергија. Дополнително, во рамки на истражувачките тези дефинирани се влијанијата на сончевата енергија според климатските карактеристики на македонското поднебје и геопросторната позиционираност на анализираните урбани сегменти. Понатаму, во рамки на хипотезите

се поставени критериумите за определување корисна покривна површина со цел интегрирање ФВ системи.

Идејата на претворање сончева во електрична енергија претставува процес кој се одвива во рамки на покривните површини. Во принцип постојат три променливи од кои зависи процесот на производство на електрична енергија: просторни (изградени покривни површини), енергетски (сончева енергија) и технолошки (ФВ системи). Просторните променливи се однесуваат на карактерот на изградени покривни површини од градските средини во Македонија. За тоа потребна е анализа на различните видови на покривни површини со цел да се определат кои се соодветните сегменти за апсорпција на сончевите зраци. Од друга страна, сончевите зраци претставуваат променлива која е во директна зависност од влијанието на сончевите зраци. Трет вид на променлива претставува типологија на ФВ системи за производство на електрична енергија. Наведените променливи претставуваат темел во определување истражувачки алатки и методи на истражување во насока на определување сончев потенцијал за производство на електрична енергија од изградени покривни површини.

Во истражувањето се применува метод на определување потенцијали за производство на енергија. Станува збор за пристап во кој се опфатени неколку сегменти: гранични параметри на сончева радијација, алатки за квантифицирање, методологија на вкупна сончева радијација, методологија на определување корисна покривна површина и методологија на производство на електрична енергија во рамки на ФВ системи. Влијанието на сончевите зраци претставува насока во определување **гранични параметри на сончева радијација**. Во зависност од типологијата на сончевата светлина (директна, дифузна и рефлективна) се определува нивото и интензитетот на сончевата енергија. Идејата за определување на квантитетот на сончевата енергија се врши врз основа на **истражувачки алатки**. Поради геореферентната природа на истражувањето, применети се дигитални алатки за квантифицирање и определување на сончевата енергија. Примена на дигитални алатки вклучуваат: квантифицирање сончева радијација, претворање на мерните единици, како и двата клучни параметри од покривните површини на наклон и правец. Истражувачките алатки се применети со цел воспоставување на методологија за определување **корисна покривна површина** преку редуцирање на сегментите од покривните површини кои се однесуваат на: висок агол, низок интензитет на сончева радијација и северна ориентација. На крај во ова поглавје се наведени методолошките постапки на трансформација на сончева во **финална електрична енергија** на основа на граничните параметри од ФВ системи.

3.3.1. Гранични параметри на сончева радијација

Влијанието на сончевите зраци врз покривните површини создаваат сончева енергија која претставува основа за определување на сончевиот и енергетскиот потенцијал од изградената средина. Овој принцип на влијание се анализира преку спектралниот состав на сончевата светлија, глобалната радијација и појавата на сенки. За разбирање на наведените влијанија, потребно е да се тргне од влијанието на сончевата радијација надвор од атмосферата каде што вредноста на сончевиот флукс е приближно константа и изнесува 1367 W/m^2 (соларна константа), а температурата на сончевата површина околу 5800 K .

Во моментот кога сончевите зраци продираат во атмосферата, молекулите и аеросолите предизвикуваат промена: рефлекција, дифузија и апсорпција. Во тој процес се намалува интензитетот на светлината која пристигнува до Земјата. Должината на патот на сончевите зраци низ атмосферата се изразува преку атмосферска маса (АМ). На пример, сончевата радијација надвор од атмосферата одговара на АМ0, вертикалната положба на сонцето изнесува АМ1, додека во стандардните тестирања на ФВ системи

AM фактор изнесува 1,5 единици. Дополнително, спектарот на сончевата светлина, кој ги опфаќа ултравиолетовите, видливите и инфрацрвените зраци, директно влијае врз ефикасноста на фотонапонските (ФВ) системи, бидејќи различните материјали покажуваат различна спектрална чувствителност.

Влијанието на сончевите зраци преку глобалната сончева радијација опфаќа три компоненти: директна, дифузна и рефлектирана светлина. Влијанието на директната светлина овозможува највисоко производство на електрична енергија, но од друга страна се појавуваат остри сенки. Дифузната светлина има понизок интензитет, но не создава дополнителни синки. Рефлектираната светлина е во зависност од материјалот на рефлексија кој достигнува 50% кај површини покриени со алуминиум, 90% од снег и 7% од битумен.

Во случај на влијанието на сончевите зраци на глобално ниво вредноста на сончевата енергија изнесува приближно 1000 W/m^2 , но при облачност може да се намали под 50 W/m^2 . Интензитетот на сончевата радијација се променува во однос на географската ширина и сезонските променливи. Како пример се посочува, дневната светлина во летните денови обезбедува 25 пати повеќе сончева енергија во споредба со зимските денови кога дневната светлина трае во просек 8-9 часа. Сончевата радијација на годишно ниво се изразува во ($\text{kWh/m}^2\text{a}$) каде што највисоките вредности се забележуваат во сончевиот појас. Македонија е надвор од централниот појас, но нејзината позиционираност околу 41° ширина има релативно висок сончев потенцијал.

Квантифицирањето на сончевите зраци претставува основа за пресметка на сончев и фотоволтаичен потенцијал. Процесот на пресметка е интегриран во компјутерски софтвер ArcGIS. Методите на документирање изградени покривни површини од претходното поглавје претставуваат подлога за пресметка на сончевата енергија на дневно, месечно и годишно ниво. Софтверските алатки овозможуваат пресметка на директната, дифузната и рефлектираната радијација, земајќи ги предвид аголот на наклон, азимутот и околното засенување. Дополнителни податоци за калибрација се добиваат од глобални бази како Global Solar Atlas или PVGIS, како и од локални мерења од УХМР.

Влијанието на сончевите зраци повлекува појава на сенка. Сенката се појавува од временски аспект. Постојаните сенки се резултат на ориентацијата, просторната методологија и височината од околните објекти. Привремените сенки се резултат од промена на аголот на сончевите зраци, снег, нечистотија и вегетација. Појавата на сенки во рамки на ФВ системи предизвикуваат појава на жаришта што ги прави нефункционални ФВ клетки. Засенетите површини од ФВ системи предизвикуваат загуба која достигнува 30-40% од вкупната моќност на ФВ системи.

3.3.2. Алатки за определување на влијанието на сончеви зраци и производство на електрична енергија

Во процесот на определување сончев и фотоволтаичен потенцијал се применуваат алатки за квантифицирање на сончевите зраци со цел препознавање на енергетскиот потенцијал. Принципот на алатките се заснова на три клучни параметри: просторни, сончеви и временски. Наведените параметри се директно поврзани со геореференцираната природа на сончевите зраци и климатските фактори. Од тие причини во истражувањето се применуваат дигитални алатки кои овозможуваат пресметка и квантификација на влијанијата на сончевите зраци со прецизност и висока резолуција.

Резултатите од методите на документирање изградени покривни површини создаваат растерско-површински модел (DSM) кој всушност претставува кондиционален растер. На основа на истиот се прави симулација на влијанието на

сончевите зраци. Во тој процес геометриските карактеристики на покривните површини (агол, наклон, ориентација и надморска височина) се основа за динамичката симулација на сончевата радијација. На овој начин, документираните покривни површини постануваат влезен параметар при квантифицирање на сончевата енергија.

При процесот на симулација на сончевите зраци се применуваат софтверските алатки (на пример Area Solar Radiation) интегрирани во компјутерскиот софтвер ArcGIS Pro. Квантификацијата на сончевата енергија прават пресметка на сончевата светлина (директна, дифузна и рефлективна) при тоа се земаат во предвид динамичните променливи како што се: наклон, ориентација, позиционирање на сонцето, сезонските променливи и интензитетот на облачноста. Аналитичките постапки се прилагодливи на различните размери што значи методите на квантифицирање на сончевата радијација се применливи во различни контексти.

Динамичката симулација на сончевите зраци опфаќа четири основни параметри: кондиционален растер (подлога), геометрија (наклон и ориентација), временски интервал (од час, ден, месец до година), и просторна граница за разграничување на покривните површини. Временскиот интервал овозможува симулација на радијацијата во специфични временски периоди. Просторната граница овозможува фокус на покривните површини од анализираниот градби, при тоа отфрлајќи ги непотребните делови од кондиционалниот растер, при тоа задржувајќи ги влијанијата од постојаните и променливи параметри од околниот контекст.

Во зависност од временскиот интервал се дефинираат и мерните единици. Процесот на симулација на енергијата се изразува во Wh/m^2 , но поради обемноста на истражувањата на годишно ниво мерните единици се претвораат во kWh/m^2 и MWh/m^2 со помошна растерски калкулатор.

Интегрирањето на ФВ системи, од вкупната покривна површина се издвојува во корисна покривна површина. Процесот на мапирање на корисна покривна површина се врши со помош на алатки за компјутерско програмирање, како што е Python-Con функцијата интегрирана во компјутерскиот софтвер ArcGIS. Постојат три клучни критериуми во определување корисна покривна површина: наклонет агол помал од 45° , годишна сончева радијација поголема од 800 kWh/m^2 и ориентација на покривни површини во граница $22,5^\circ$ до $337,5^\circ$ што значи отфрлање на површините кои се северно ориентирани.

3.3.3. Методи за квантифицирање сончева енергија

Методологија за определување сончев потенцијал од изградени покривни површини претставува квантитативен процес преку анализа на сончевата светлина врз наклонети покривни површини. Примена на методи за квантифицирање сончева енергија овозможува утврдување на интензитетот на сончевите зраци врз наклонети покривни површини од сегментиран растерски модел. Процесот вклучува три клучни постапки: пресметковен модел, примена на програмски јазици во изградената средина, како и примена на просторна и енергетска симулација.

Методите на просторна и енергетска симулација ги обработуваат термодинамичките променливи неопходни за прецизно квантифицирање на сончевата енергија. Воедно, програмските јазици се користат за дефинирање кондиционални растери кои овозможуваат издвојување на корисна покривна површина. За потребите на истражувањето се примекуваат следните алатки: геопроектирање просторни податоци, растеризација на сончева радијација и алатки за компјутерско програмирање. Преку нив се определување директна, дифузна и рефлективна сончева радијација. Методологијата започнува со пресметка на сончевиот потенцијал од покривната површина, при што се интегрираат три променливи: просторни, временски и климатски.

Процесот на квантифицирање на сончевата енергија вклучува податоци кои се во директна зависност од симулацијата. Растерските модели од истражувањето се основа во процесот на сончева и енергетска симулација. Самите модели содржат геометриски параметри кои се неопходни за определување на сончевите потенцијали. Покрај геометријата на покривните површини, методологијата на истражување вклучува елементи од урбаните сегменти. Во тој процес се појавуваат влијанијата на сенките како значен параметар од следните елементи: зеленило, околни објекти и инфраструктурни елементи кои влијаат врз степенот на сончева радијација.

Ориентацијата и диспозицијата на покривните површини се значајни фактори при определување на степенот на сончева радијација. Наклонетиот агол и ориентацијата како параметар се двигатели на растерските модели за квантифицирање на сончевата енергија (Wh/m^2 годишно) во зависност од геопросторното позиционирање.

Работа со широк обем на податоци вклучува променливи од **временски карактер**. Временските интервали (месечен, сезонски и годишен интервал) овозможуваат анализа на годишните променливи на сончевата радијација. Временскиот карактер на истражување е релевантен за термодинамичка симулација на покривните површини која претставува основа за определување корисна покривна површина. Просторните аспекти на покривните површини и временските аспекти на годината претставуваат параметри во квантифицирањето на сончевата енергија.

Процесот на квантифицирање на влијанието на сончевите зраци претставува метод кој се основа на **геоинформациски системи** за определување на потенцијалите од сончевата енергија преку нагласување на факторите на влијание од просторен аспект како што се наклонет агол и ориентација. Постапката се состои од квантифицирање на сончевите зраци преку процесот на компјутерска симулација со примена на алатките за пресметка на сончева радијација (директна и дифузна сончева радијација) во компјутерскиот софтвер ArcGIS. Самиот процес на определување на влијанието на сончевата радијација е воспоставен во рамки на ГИС методологија. Тоа значи дека просторните податоци кои се однесуваат на ориентацијата и наклонот од покривните површини претставуваат основа за постапката на определување на сончевите зраци. Постапката пред сè, претставува примена на **математички функции** од просторно-климатските параметри кои се интегрирани во рамки на компјутерскиот софтвер ArcGIS. Покрај математичките алгоритми, во рамки на компјутерскиот софтвер интегриран е **програмски јазик Python** кој е поставен во насока на определување на влијанието на сончевите зраци.



Слика 49- Растерски модел од влијание на сончева енергија врз наклонети покривни површини

Од аспект на **влијание на сончевите зраци**, за целите поврзани со ефективно определување на сончевата радијација неопходна е примена на соодветни алатки во испитување на интензитетот на сончевите зраци. Методологија на квантифицирање на влијанието на сончеви зраци се спроведува со примена на алатката **Area solar radiation** преку која се определуваат интензитетот на сончевата радијација низ препознаена покривна површина. Примена на алатката условува влезни параметри како што се растерски модел и начин на квантифицирање на сончевите зраци. Секој еден модул од растерските модели е подложен на симулација на сончевите зраци и за таа цел потребен е начин на определување на зраците. Во постапката на испитување на сончевите зраци значајно влијание има бројот на правци. Бројот на правци на кој влијаат сончевите зраци е конечен околу секој сегмент од растеризираниот модел. Поголемиот број на правци на сончевите зраци определува попрецизно антиципирање на околните градби и околното зеленило од секоја точка, односно секое поле од децентрализираните растеризирани модели. Со тоа се определува квалитетот на добиените модели од сончевата радијација. Бројот на правци од сегментите од растерските модели е променлив, но во принцип колку е поголем, толку е попрецизна анализата на сончевите зраци. Со тоа се добиваат попрецизни вредности на капацитетот на сончевата енергија на секој сегмент од анализираните површини. Како резултат од примена на алатката **Area solar radiation** се добива растерски модел кој прикажува од една страна просторни карактеристики на влијанието на сончевите зраци, а од друга страна термодинамичките капацитети на сончевата радијација на секоја од анализираните површини од растерските модели. Резултат од методологијата на квантифицирање на сончевата радијација претставува термодинамичките анализи на влијанието на сончевите зраци кои графички се

манифестираат преку спектрални модели, при тоа прикажувајќи квантитативна вредност на сончевите зраци и квалитативна вредност на термодинамичките модели.

Методите за определување сончев потенцијал во предложеното истражување се поставени во функција на 9 локации од 5 градови во Македонија. Наведените локации претставуваат **студија на случај** во кои се применуваат методолошките алатки за определување на квантитетот на сончевите зраци. Локациите кои се предмет на анализа во град Скопје се наоѓаат на различна географска и височинска позиција во Македонија, како и во различен климатски контекст. Додека пак анализираните локации во град Скопје се наоѓаат во различен просторен контекст кој е во директна зависност од изградениот контекст. На основа на изразените разлики од локациите примена на алатките за анализа и симулација на сончевите зраци врз наклонети покривни површини претставуваат клучна одреденица во методологијата на истражувањето.

Како завршен чекор, мерните единици од добиените резултати (Wh, kWh, MWh) се конвертираат за потребите на анализата. Годишната енергија се изразува во MWh, додека дневните и месечните вредности во kWh. Конверзијата се изведува преку алатките на ArcGIS и интегрираниот програмски јазик Python.

3.3.4. Определување корисна покривна површина

Во истражувањето се применуваат методи за определување корисна покривна површина со цел интегрирање ФВ системи како продолжение на методите за пресметка на сончевите зраци. Анализираните методи за квантифицирање сончева радијација и претворање мерни единици се однесуваат интегрирано на покривните површини во рамки на секоја симулирана градба. Покрај идејата за квантифицирање на сончевата енергија, предмет на истражувањето претставува определување на потенцијалите за производство на електрична енергија. Во тој процес неопходно е интегрирање ФВ системи во рамки на анализираните покривни површини. Сепак, не секој дел од покривните површини на поединечните градби се соодветни за интегрирање ФВ системи. На основа на интегративниот критериум се применува метод на определување корисна покривна површина. Од тие причини во поглавјето во кое следи се прави пресек на процесот на рационализација на основа на сегментирани растерски модели кои се темелат на правецот и наклонот на покривните површини. Целта претставува определување на методологијата на корисна покривна површина. Во комбинација на растерските модели од постапката на рационализација се добиваат следните дополнителни категории за сегментација од растерски карактер: степен на наклон, ориентација во однос на северната страна и вредност на сончева радијација на секој сегмент од децентрализираните модели. Идејата за определување корисна и покривна површина претставува основа на методологијата на рационализација, при тоа што постапката е линеарно зависна во следниот редослед. Најпрвин се определува оптималниот агол. На основа на оптимален агол се определува оптимална сончева енергија. На основа на која се отфрлаат покривни површини кои се ориентирани на северната страна.

- Редуцирање покривни површини со висок наклонет агол



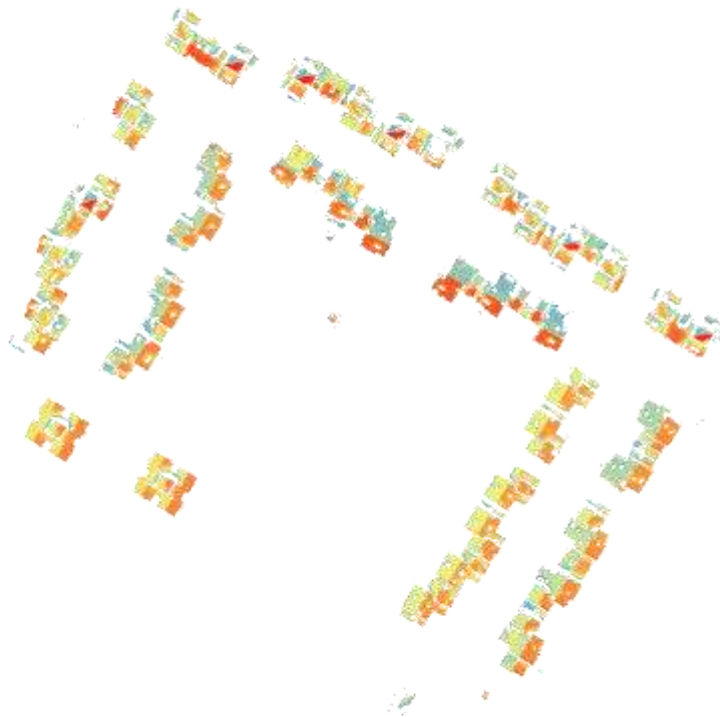
Слика 50- Редуцирани покривни површини со висок наклонет агол

Прв критериум за определување на корисна покривна површина претставува мапирање на покривните површини со оптимален наклонет агол, при тоа редуцирање односно отфрлање на покривните површини кои имаат изразено висок процент на наклонување. За следење на наведениот критериум, потребно е редуцирање на покривните површини кои имаат наклонет агол повисок од 45 степени. Со други зборови, во овој дел од истражување се опфатени методолошки пристапи на отфрлање покривни површини кои имаат висок наклонет агол. Примена на методологијата од една страна претставува квантифицирање на сончевата радијација, а од друга страна филтрирање покривни површини од геометриски и геореференциран карактер. Проблемот на покривните површини со изразен агол (во принцип стрмни површини) се однесува на неколку гранични параметри (ограничувања): тешкотии во инсталирање ФВ системи, низок степен на изложеност на сончеви зраци (поради неповолната ориентација), при тоа, се појавува прекумерно засенување поради високиот наклон. Овие гранични параметри предизвикуваат намалување на ефикасноста на ФВ системи, а со тоа и не искористување на целосниот потенцијал.

Постапката на пресметка на наклонет агол претставува бинарен процес кој се применува за постигнување високо ниво на точност. Примена на процесот е во насока на определување корисна покривна површина за интегрирање ФВ системи. Со тоа се создаваат две природи на покривните површини: архитектонска преку вклучување на оптималниот агол и енергетски преку граничните карактеристики кои произлегуваат од аголот на ФВ системи за производство на електрична енергија. Резултат од примена на

методологијата на редуцирање на наклонетите површини кои имаат агол повисок од 45 степени претставува отфрлање на покривните површини со стрмен агол. Соодветните покривни површини се групираат во рамки на сегментиран растерски модел кој претставува излезен параметар од наведената постапка при примена на методологијата на редуцирање покривни површини со стрмен агол.

- Редуцирање покривни површини со низок степен на сончева радијација



Слика 51- Редуцирани покривни површини со низок степен на сончева радијација

Втор критериум за определување корисна покривна површина претставува мапирање наклонети површини со оптимален степен на апсорпција на сончевите зраци. Во тој процес се применува постапка на редуцирање односно отфрлање на покривните површини кои имаат низок степен на сончева радијација. Еден од клучните критериуми за интегрирање ФВ системи претставува препознавање оптимален степен на сончева радијација во однос на наклонети и ориентирани покривни површини. Во насока на поставените критериуми, неопходно е редуцирање на покривните површини кои имаат вредност на сончева радијација помала од 800 kWh/m^2 во временски распон од една година. Суштината на процесот претставува со помош на капацитетите на сончева радијација на покривните површини да се определи техничката изводливост на поставување ФВ системи. Граничните параметри на сончевата радијација предизвикуваат намалување на ефикасноста на ФВ системи, а со тоа и не искористување на целосниот потенцијал. Од овде се поставува прашање за начинот на кој доаѓа до препознавање на непогодните површини од анализираните покриви. Методолошкиот

пристап на редуцирање покривни површини е споредлив според примерот на покривните површини со висок наклонета агол, каде што анализата се основа на поединечните модули и растерски модели. Наведениот пристап претставува основа за споредбена анализа помеѓу сегментите од растерскиот модел со цел добивање вредност на сончевата радијација на основа на наклонот на покривните површини. За таа цел се применува алатката Con во насока на проверка на вредностите на секоја ќелија доколку е помала или еднаква на 800 kWh/m^2 . Методите на определување оптимален степен на сончева радијација во истражувањето се опфатени во три чекори. Методологијата на редуцирање покривни површини со низок степен на сончева радијација се однесува на селекција на покривните површини со оптимален капацитет за апсорпција на сончевите зраци. Оваа постапка претставува пред услов за определување на ефикасноста на ФВ системи. Земањето предвид на површините со оптимална сончева радијација придонесува кон точни и прецизни проценки во определување корисна покривна површина.

Резултатите од постапката претставува креирање растерски модел во кој се земени предвид покривните површини кои имаат капацитет на сончева радијација над 800 kWh/m^2 во временски распон од една година.

- Редуцирање/отфрлање покривни површини со северна ориентација



Слика 52- Редуцирање на покривни површини со северна ориентација (определување корисна покривна површина)

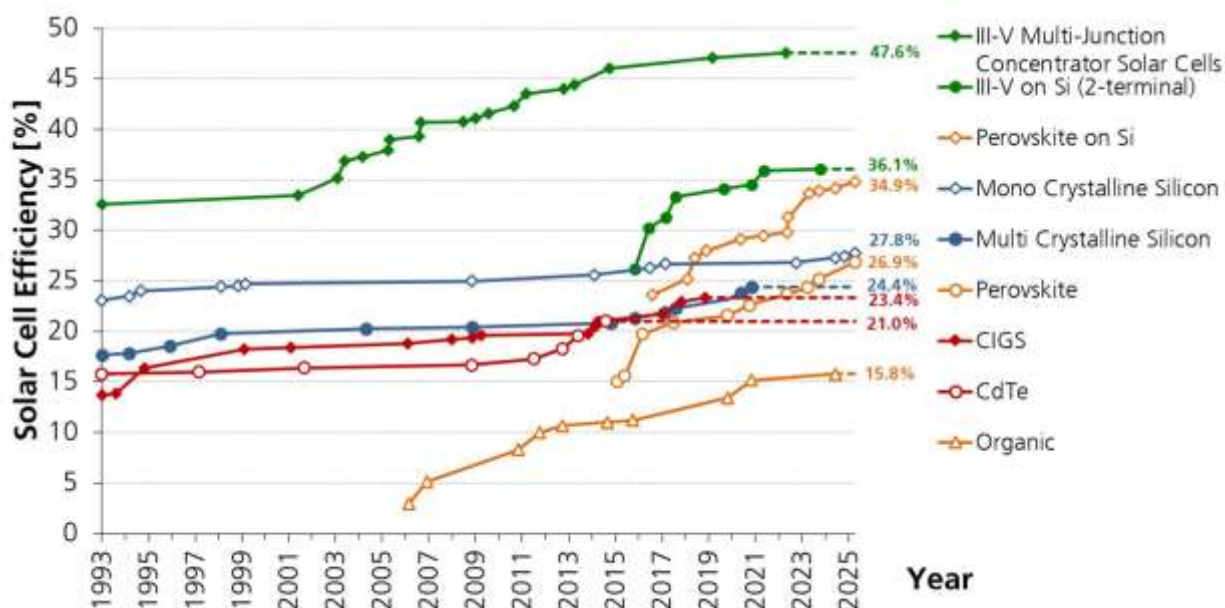
Трет критериум за определување корисна покривна површина претставува мапирање на наклонетите површини кои се ориентирани кон северната страна. Во принцип, во рамките на северниот дел од планетата, наклонетите покривни површини кои се ориентирани кон север имаат најнизок степен на сончева радијација, што резултира со

низок интензитет на сончева енергија. Еден од главните критериуми при интегрирање ФВ системи во рамки на изградени покривни површини претставува ориентацијата на ФВ модули во однос на сончевите зраци. Наведениот критериум претставува насока за редуцирање на покривните површини кои имаат ориентација кон северната страна. Со други зборови, во овој дел од истражувањето се опфатени методолошки пристапи на отфрлање на покривните површини со неповолна ориентација. Во суштина, процесот претставува со помош на геометриските карактеристики на наклонетите површини да се определи ориентационата адекватност за апсорпција на сончевите зраци во рамки на ФВ системи. Методологија на редуцирање северно ориентираните покривни површини произлегува од неколку проблеми во однос на ориентацијата кои се однесуваат на низок степен на сончева радијација, како и појава на прекумерно засенчување поради тоа што во најголем дел од денот упадот на сончевите зраци е од јужната страна. Наведените гранични параметри се причина за намалување на ефикасноста на ФВ системи, а со тоа и недостаток на целосна примена на техничкиот потенцијал. Посочените проблеми повлекуваат прашање во однос на определување методологија со цел препознавање на оптималната ориентација на наклонети покривни површини. Одговор на прашањето, како и во претходните две методолошки постапки (Наклонет агол и правец на покривни површини) започнува со принципите на растерските и сегментирани модели. Овој вид на површински модели претставуваат основа за споредбена анализа помеѓу поединечните модули од сегментираните модели. За таа цел во методологијата се применуваат дигитални алатки за филтрирање наклонети покривни површини кои се ориентираны кон северната страна. Методологијата на редуцирање на покривните површини ориентираны кон северната страна се опфатени во неколку чекори.

Пресметката на ориентација на покривните површини претставува бинарен процес. Вклучување на правецот на покривни површини придонесува кон ниво на техничка точност (прецизност) во насока на интегрирање на наведените параметри во рамки на ФВ системи од покривните површини. Примена на методите за редуцирање северно ориентираните површини резултира со две природи: архитектонска преку вклучување на оптималната ориентација и енергетска преку граничните карактеристики кои произлегуваат од ориентацијата на ФВ системи за производство на електрична енергија. Примена на методите за мапирање покривни површини ориентираны кон север резултира со намалување ризиците од неефикасност на ФВ системи. Тоа всушност претставува создавање рационални решенија кои се основаат на рационални принципи на производство на електрична енергија. Резултатите од применетата методологија посочуваат редуцирање на северно ориентираните покривни површини при тоа отфрлање односно редуцирање на истите. Од друга страна погодните односно адекватните покривни површини се групираат во рамки на сегментиран растерски модел кој претставува излезен параметар од наведената постапка за примена на методологијата за редуцирање покривни површини со несоодветна ориентација.

3.3.5. Методи за производство на електрична енергија од ФВ системи

Примена на метод за производство на електрична енергија е со цел определување енергетски потенцијал на изградени покривни површини како продолжение од методите за определување сончев потенцијал. Резултатите од примена на методите за определување на сончевата енергија претставуваат основа за дефинирање на методите за производство на електрична енергија. Во тој процес клучен елемент претставува ФВ системи. Главна функција на ФВ системи претставува премин од сончева во електрична енергија. Во наведениот процес клучен аспект претставува параметрите кои се однесуваат на процентот на трансформација од сончева во електрична енергија. Во



Слика 53- Процент на ефикасност на ФВ ќелии според извештај од страна на (Fraunhofer, 2024)

зависност од материјализацијата на ФВ ќелии и технологијата на изработка денес се среќаваат различни капацитети на трансформација од сончева во електрична енергија кои варираат во граница 10-40% (Слика 53).

Покрај процентот на трансформација на сончевата енергија, процесот на производство на енергија е во директна зависност од три составни делови: ФВ системи, ФВ модули и ФВ ќелии. **ФВ системи** претставуваат целина од елементи кои се применуваат за производство на електрична енергија на основа на влијанието на сончевите зраци. Системот од фотоволтаични елементи се состои од следните делови: ФВ модул, инвертор и кабел. ФВ модули претставуваат елемент на системот за производство на електрична енергија која се состои од ФВ ќелии, рамка и стакло. Покрај модулите, составен дел од системот претставува инвертор. Кај инверторите се разликува три видови на поставување во однос на ФВ систем: централизирани, децентрализирани и модуларни. Третиот елемент претставува кабли. Главната функција на кабли претставува поврзување на системот за инсталирање на електрична енергија. При премин на електрична енергија од инвертор кон кабли се појавуваат загуби кои изнесуваат во граница 5-25% од произведената енергија. Во рамки на предложеното истражување се зема максималната граница на загубите при трансформација и дистрибуција на електричната енергија. Понатаму, **ФВ модули** претставуваат составен дел од ФВ систем. Во својот состав ФВ модули вклучуваат: ФВ ќелии, рамка и стакло. ФВ модули произлегуваат од идејата за поврзување повеќе ќелии во еден склоп. Секоја

една ќелија како единечен енергетички ниво има ниско напонско ниво. За тоа, потребно е поврзување (кое е најчесто сериски) за постигнување поголем напон, а со тоа и поголема проточност на електрична енергија. Во рамки на модулите се внимава на процесот на инкапсулација на ќелиите, односно заштита од надворешни временски и атмосферски влијанија. Карактеристично за модулите е тоа што тие се изработуваат во различни димензии, а дополнителен граничен параметар се однесува на конечната напонска густина на животниот век - со тоа што е ограничен. На крај, **ФВ ќелии** претставуваат составен дел од ФВ системи кои се суштината на производството на електрична енергија. Од материјална гледна точка, ФВ ќелии се разликуваат: силициумски, тенкослојни и различни видовови кои се во постојан развој (Слика 53). Најчесто и најшироко применувани ФВ ќелии се изработени од кристален силициум. Ќелиите се изработени од два слоја кои се разделени. Под влијание на сончевите зраци доаѓа до постапка на допирање, а потоа и проток на електрична енергија. Постапката на производство на електрична енергија во рамки на ФВ системи претставува линиски поврзан процес од следните постапки: апсорпција на сончеви зраци, генерирање електрони, раздвојување атоми, создавање напон и проток на електрична енергија.

Производство на електрична енергија претставува процес во директна зависност од три **фактори на влијание**. Првиот фактор претставува влијание на наклонетиот агол и ориентација на покривни површини. Вториот фактор претставува влијание на сончевите зраци во однос на георафската позиционираност на архитектонските објекти (во однос на надорска височина, георафска широчина и георафска должина). Третиот фактор претставува влијание на технологија на изработка на ФВ ќелии за претворање сончева во електрична енергија.

Процесот на трансформација од сончева во електрична енергија од технолошки аспект се основа на два вида на технологија: фотоволтаичен панел (за производство на електрична енергија) и соларни термални панели (за производство на енергија за греење). Во предложеното истражување се земаат предвид технологијата на ФВ системи. **Основа на ФВ технологија** претставува систем кој е сочинет од единици со помош на кои доаѓа до претворање на сончевата енергија во електрична енергија. Во наведениот процес се вклучени неколку сегменти: ФВ системи, ФВ модули и ФВ ќелии. Од наведените елементи најважни се ФВ модули кои претставуваат единица за производство на електрична енергија. Суштината на соларните системи претставува интегрирање полупроводници за претворање на сончевата енергија во електрична. Доколку се направи обид да се дефинира ФВ панел, во тој случај станува збор за систем од неколку компоненти од кој најзначаен е ФВ ќелија кои придонесуваат кон претворање на сончевата енергија во електрична. Поради различните материјалности на ФВ ќелии и различните видови на ФВ модули се појавува разлика во процентот на трансформација од сончева во електрична енергија.

Составот на ФВ панели е од ќелии кои содржат спроводници. Најчест материјал кој се применува за изработка на ФВ ќелии претставува силициумот. Под влијание на сончевите зраци силициумските ќелии ослободуваат електрони при што се создава проток на енергија. Таа енергија се претвора во електрична енергија. Во зависност од позиционирање ФВ ќелии, ФВ модули се делат на: **еднокристални, повеќекристални и панели од тенок слој**. Еднокристалните (монокристални) **ФВ ќелии** се изработени од еден кристал од силициум. Главна карактеристика претставува висок степен на процент на трансформација на енергијата поради еднокристалната конструкција на ФВ ќелии која овозможува слободен проток на електроните. Тоа овозможува добри перформанси во услови на слаба осветленост. Присуството на единечни кристали значи повисок процент на ефикасност кој изнесува 15-20% бидејќи има помалку простор за движење на електроните. Друга карактеристика на ФВ ќелии е тоа што добро

функционираат во случај на повисоки температури. Со формирање ФВ модули се карактеризира со едноставна конструкција и целосно црна боја од кои се изработуваат модулите. Поради високот процент на трансформација од сончева во електрична енергија, потребни се помал број на модули за поголемо производство на електрична енергија. Сепак, поради високот квалитет и висок степен на ефикасност повлекува поголема цена на чинење. Понатаму, **повеќекристални (поликристални) ФВ келии** се изработени од повеќе силициумски кристали. Главна карактеристика претставува релативно низок процент на трансформација од сончева во електрична енергија поради комплексноста на формирање ФВ келии. Присуство на повеќе кристали значи намалување на ефикасноста. Во најчест случај повеќе кристалните панели имаат процент на ефикасност помеѓу 13-22%. За производство на енергија потребни се поголем број на сончеви панели, што значи потребна е поголема покривна површина за поставување на системите. Начин на изработка на ФВ модули од повеќе кристални келии е на начин што се сечат силициумските келии во квадрати, а потоа се поврзуваат за формирање сончев панел. Со овој вид на формирање ФВ модул се повлекува подложност на температурни промени, параметар кој резултира со пократок животен циклус на модулите. Сепак, позитивна карактеристика претставува малата цена на чинење. На крај, **келиите од тенок филм** се изработуваат со пренесување тенок филм од силициум кон друг материјал кој е најчесто стакло. Главна карактеристика на ФВ системи со тенок филм е тоа што потребно е релативно мало количество на материјал за производство на ФВ модули од тенок филм. Се применуваат на покривни површини со поголем опфат (најчесто комерцијални и индустриски објекти). Имаат краток животен циклус, според тоа не се применуваат во домаќинствата и домашни соларни системи. Поволно функционирање во случаи на слаба осветленост. (Мерења кои покажуваат дека тие функционираат при силна месечева светлина.

Производство на електрична енергија од ФВ системи е организирана на два начина. Првиот начин претставува поврзување ФВ системи во централна енергетска мрежа. Вториот начин претставува самостојност на архитектонските објекти преку складирање електричната енергија во батерии. Во првиот случај произведената енергија директно се користи од страна на домаќинствата, но доколку ФВ систем произведува повеќе електрична енергија отколку потрошувачката, во тој случај дополнителната енергија се извезува (предава) во **централната електроенергетска мрежа**. Оваа активност во законот за енергетика и законот за обновливи извори на енергија е дефинирана како „универзален снабдувач со електрична енергија“. Во вториот случај се среќава самостојност на потрошувачите. Произведената енергија во текот на денот се користи за напојување домот. Доколку се појави вишок на електрична енергија, тогаш **електричната енергија се складира во сончеви батерии**. Целта на примена на батериите е снабдување со електрична енергија во случај на низок степен на сончева енергија и во случај на прекумерно користење на електрична енергија за време на ноќните часови. Поради децентрализираната природа на системот, самостојните ФВ системи имаат значително висок степен на одржување, што повлекува висока цена на чинење за инсталирање и одржување на технологијата. Системот на батерии во рамки на ФВ системи произлегува од потребата за складирање на вишокот на произведена електрична енергија од сончевите зраци. Од временски аспект, вишокот на електрична енергија се користи во часови/денови кога ФВ модули не произведуваат електрична енергија, односно кога интензитетот на сончевите зраци е изразено низок. Негативна карактеристика на батериите е што технологијата за складирање електрична енергија е со висока цена на чинење.

Производството на електрична енергија подлежи на неколку гранични карактеристики. Прв параметар претставува **агол на наклонети покривни површини**

кој влијае во степенот на апсорпција на сончеви зраци. Тоа придонесува кон разлика во степенот на производство на електрична енергија. Втор параметар во влијание на производство на електрична енергија претставува **ориентација на покривни површини**. Во принцип колку покривните површини се поблизу ориентирани кон јужната страна, толку сончевата енергија е поголема. Трет параметар претставува **засенувањето на покривните површини**. Под влијание на елементите од изградената средина, зеленилото и инфраструктурните системи кај покривните површини се појавува засенчување. Препознавање на наведените влијанија можат да помогнат во определување на сегментите од покривните површини кои имаат неповолна позиционираност во однос на засенчувањето. Наклонетиот агол, ориентацијата и засенувањето претставуваат значајни гранични параметри кои се поттикнати од надворешноста кои значително влијаат во производство на електрична енергија. Сепак, постојат дополнителни параметри кои се од второстепено значење. Како дополнителен параметар претставува определување на оптималната површина за производство на електрична енергија во однос на потрошувачката. Секе семејство и секоја потрошувачка единица на електрична енергија во општеството има свои барања за електрична енергија. Според тоа, квантитетот на покривната површина влијае во производството на електрична енергија која е во зависност од **степенот на потрошувачка**. Определување на степенот на потрошувачка на електричната енергија во рамки на истражувањето се определува на основа на неколку критериуми. Прв критериум претставува пописот во Македонија од 2021. Според податоците, во Македонија се вбројуваат помалку од 600,000 домаќинства. Втор параметар претставува вкупна потрошена електрична енергија во домаќинствата. Според податоците од страна на ЕВН и Регулаторна Комисија за Енергетика (РКЕ) во 2021 македонските домаќинства трошат енергија во износ од 4,171 GWh. На основа на податоците од бројот на домаќинствата и вкупната потрошена енергија се заклучува дека едно македонско домаќинство во просек троши 6,80 (6,95) MWh електрична енергија на годишно ниво

Примена на ФВ системи во изградената средина повлекува позитивни и негативни карактеристики. Од **позитивните карактеристики** се наведуваат: намалување на трошоците за електрична енергија, заработка од вишокот на електрична енергија, можност за независност (автономија) од производството, намалување на влијанијата од стакленички гасови и ефикасност во текот на целата година. Од **негативните карактеристики** се наведуваат: високи трошоци, висока цена на чинење на почетната инвестиција, не секој архитектонски објект е со поволна позиционираност, не секоја градба има поволен наклон на покривните површини и ограничено функционирање во денови кога има недостаток на директна светлина, односно влијанието на дифузната светлина.

3.4. Емпириски истражувања

Во ова поглавје се опфатени емпириски истражувања кои произлегуваат од методите за документирање на изградените покривни површини и од методите за определување на сончевиот потенцијал. Целта на ова поглавје е анализа на просторно-енергетските податоци добиени од претходните методолошки постапки. Под поимот емпириски истражувања се подразбира анализа на мерливи вредности од просторен и енергетски карактер во рамките на анализираните градски средини во Македонија.

Во овој дел од истражувањето, податоците се третираат како различни типови променливи кои се јавуваат како влезни и излезни параметри. Примената на методот за документирање на покривните површини резултира со геометриски и просторни податоци; примената на методот за квантифицирање на сончевата енергија обезбедува енергетски податоци за годишната сончева радијација; додека методот за пресметка на

електричната енергија овозможува добивање на финална енергетска вредност на анализираните покривни сегменти. Притоа, излезните податоци се предмет на детална емпириска анализа со цел да се извлечат сознанија за просторно-енергетските потенцијали на архитектонските објекти.

Емпириското истражување претставува обемен аналитички процес кој вклучува три клучни компоненти: работа со податоци, квантифицирање на специфични категории податоци и визуелен приказ на податоци. Овие три компоненти ја дефинираат рамката на емпирискиот пристап, која се применува за анализа на видот, карактерот и типологијата на податоците. Во рамките на овој процес се користат алатки за емпириско истражување кои овозможуваат прецизна обработка, систематизација и презентација на податоците.

На основа на применетите алатки и методолошки пристапки, во поглавјето се дефинирани три емпириски методи: работа со податоци, квантифицирање на податоци и визуелен приказ на податоци. Овие методи претставуваат основа за понатамошната анализа и интерпретација на комплексните просторни и енергетски показатели во продолжението на истражувањето.

3.4.1. Работа со податоци: симулација, квантификација и визуализација

Во воведниот дел од истражувањето се дефинирани три темели: изградениот простор, енергијата, и податокот. Методите на документирање на покривните површини се поврзани со просторот, методите за определување енергетски потенцијал се поврзани со енергијата, а емпириските методи се поврзани со податокот. Идејата за работа со податоци е составен дел од предметот на истражување и ги насочува постапките за документирање изградени покривни површини со цел определување на сончев и енергетски потенцијал. Иако поимите сончев и енергетски потенцијал се апстрактни категории, неопходно е поврзување со квантитативни вредности. При определување на просторните и термодинамички карактеристики на изградената средина неопходно е вклучување и примена на неколку видови податоци: графички, нумерички и дијаграмски. Врз таа основа, во истражувањето се применети три видови на постапки: симулација, квантификација и визуализација.

Од поглавјата што се однесуваат на документирање на покривните површини и определување на енергетскиот потенцијал е добиена голема количина на податоци. Примена на методите за документирање на покривните површини преку **симулација на изградени покривни површини** резултира со графички претстави (векторски и растерски) за просторните карактеристики на покривните површини. Понатаму, поглавјето за определување сончев и енергетски потенцијал преку **симулација на сончевите зраци** овозможува квантификација на сончевата енергија како резултат на нејзиното влијание врз покривните површини. Дополнително со спецификација на ФВ системи се добиваат податоци за квантифицирање на производството на електрична енергија во процесот на дефинирање на енергетскиот потенцијал на архитектонските објекти.

Овие излезни параметри создаваат обемен корпус на податоци, за кој се неопходни методолошки пристапи за систематизација при извлекување на просторно-енергетските потенцијали на архитектонските објекти. Примена на методите за документирање покривни површини и определување сончев и енергетски потенцијал резултира со графички претстави од просторен и термодинамички карактер. Постапките на просторна и термодинамичка симулација создаваат **растерски модели** од изградената средина кои на графички начин ги прикажуваат просторните, сончевите и енергетските карактеристики. Резултатите од наведените постапки претставуваат растерски модели кои имаат графички карактеристики. Иако растерските модели по природа се визуелни,

тие содржат вредносни податоци кои преку постапката на евалуација се извлекуваат како нумерички показатели.

Нумеричките податоци претставуваат основа на емпирискиот метод во истражувањето. Предмет на ова поглавје е анализата на графичките податоци (во векторски и растерски формат), добиени преку симулации и нивна трансформација во квантифицирани нумерички вредности. На тој начин се поставува граница меѓу симулацијата (како постапка на добивање на податоците) и квантификација (како извлекување на мерливи показатели), по што следи емпирискиот пристап базиран на податоците.

Определувањето на квантитативните карактеристики на покривните површини подразбира користење на различни видови на податоци. Просторните карактеристики на покривните површини за дефинирање на геометријата се изразуваат преку графички податоци, додека пак квантитативните карактеристики се однесуваат на **количеството на покривна површина** (изразена преку единица површина). Покрај просторните параметри, опфатени се и термодинамичките карактеристики на изградената средина преку **квантитативно определување на сончевиот и енергетскиот потенцијал** на изградените покривни површини. Идејата за определување сончев и енергетски потенцијал се поврзува со податокот. На тој начин, влијанијата на сончевите зраци врз покривните површини се прикажуваат преку графички податоци, додека пак квантитетот на сончева енергија се изразува преку нумерички податок (Wh, kWh, MWh).

Квантифицираните податоци се основа за споредбена анализа која е во насока на **визуализација на податоците** и дијаграмски метод на прикажување на самите податоци. Ако графичките и нумеричките податоци се добиени по пат на симулација, кај податоците кои се визуелизирани се откриваат карактеристики кои произлегуваат од **обрасци на структурирање** на вредностите. На пример, со распределување на нумеричките вредности на покривните површина во интервали се добива категоризација и се препознава образец на групирање. Визуализација на податоците произлегува од аналитички пристап во рамки на емпириските методи. Од просторен аспект, визуелизацијата на графичките и нумеричките податоци од покривните површини овозможува споредбена анализа на просторните категории од изградени покривни површини. Понатаму, визуализација на графички и нумерички податоци од енергетските капацитети на покривните површини овозможува компаративни согледувања на термодинамичките карактеристики на изградената средина.

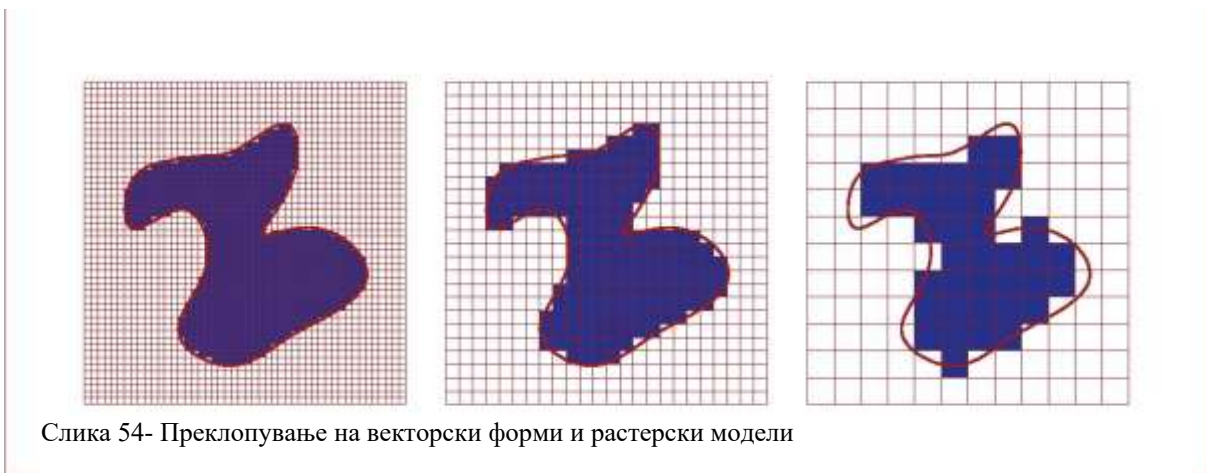
3.4.2. Алатки за емпириско истражување

Идејата за **транскрипција на податоци од графички во нумерички** формат произлегува од процесот на работа со растерски податоци. Процесот на транскрипција на податоци е директно поврзан со претходно анализираните поглавја за документирање покривните површини и определување на сончевиот потенцијал. Применетите методи резултираат со растерски модели кои графички прикажуваат просторни и термодинамички карактеристики на изградената средина. Карактеристично за растерските модели е можноста преку постапка на евалуација да се извлечат нумерички податоци. Токму процесот на транскрипција и извлекување на податоците е составен дел од пристапите на далечинско сондирање и анализа на просторни податоци. Во рамки на компјутерскиот софтвер ArcGIS е интегрирана алатката Zonal Statistics as Table која има за цел транскрипција на вредностите од растерски во нумерички, па потоа во табеларен формат. Суштината на алатката претставува транскрипција од графички во нумерички податок. Во тој процес се создава приказ на вредностите од растерските модели преку табела. На овој начин, графичките карактеристики од растерските податоци се претворени во нумерички показатели. Во табеларните прикази, просторните

вредности се изразени во m^2 , додека пак вредностите за сончевиот потенцијал односно вредностите од сончевата енергија се изразени во kWh/MWh.

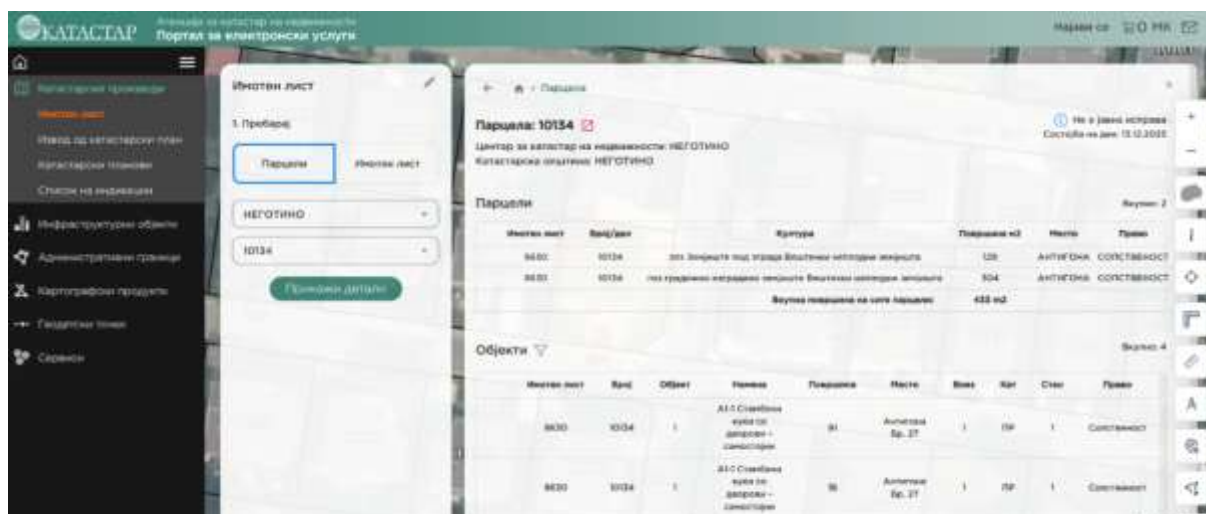
Алатката Zonal Statistics as Table овозможува евалуација на растерските податоци кои добиени од просторни и термодинамички симулации. На пример за определување покривна површина се применува евалуација на растерскиот DSM модел. Понатаму, за определување сончевиот потенцијал се применува евалуација на растерски модел од покривни површини кои се погодни за интегрирање ФВ системи. Посебно е значајно што преку симулација на термодинамичките својства на корисната покривна површина се добва резултат од годишна сончева енергија.

Начинот на отчитување на вредностите се темели на просторна и термодинамичка евалуација на растерските модели. При тоа, доаѓа до преклопување помеѓу векторските форми на основата од покривните површини и растерските модели на растерските келии (просторни или термодинамички). Со цел извлекување на нумеричката вредност неопходно е да се отчита вредноста на келијата во рамки на векторската граница на градбата. Во тој процес векторската граница прави пресек на келијата од растерскиот модел. Доколку центарот на келијата е внатре во векторската линија (Слика 54), во тој случај растерскиот модул е дел од анализата. Во спротивно растерскиот модул не се отчитува.



Слика 54- Преклопување на векторски форми и растерски модели

Алатките за емпириско истражување вклучуваат постапки на **квантифицирање број на станбени единици**. Идејата за определување на бројот на овој параметар произлегува од потребата да се утврди бројот на домаќинства во рамки на анализираните градби. Со



Слика 55- Извлекување на податоци за број на станбени единици

тоа се поставува функционална рамка за интерпретација на просторните и енергетски податоци во контекст на докумување. Според тоа, определување на бројот на станбени единици ги поставуваат податоците од просторот и енергијата во функционална рамка на градбите од домување. Под поимот квантифицирање станбени единици се подразбира определување на бројот на станбени единици во рамки на анализираниите архитектонски објекти. За квантитативна анализа на бројот на станбени единици се применуваат емпириски алатки. Бројот на станбените единици се утврдува со примена на алатки за квантифицирање станбени единици кои се однесуваат на два вида на параметри. Првиот аспект од анализата се однесува на собирање податоци од страна на податочните системи на Агенција Катастар на Недвижности. Во рамки на агенцијата функционира интернет портал <https://e-uslugi.katastar.gov.mk/>. Порталот OSSP се користи за комуникација на агенцијата со сопствениците на земјиштето и пошироката јавност во Македонија. Секоја градба која е евидентирана во рамки на катастарска парцела содржи неколку карактеристики: имотен лист, број, број на објект, намена, површина, место (улица), влез, кат, број на стан, право на користење. Од наведените категории на веб страната за определување број на станбени единици се извлекуваат вредностите од сегментот „број на стан“. Вториот аспект од анализата на бројот на станбени единици се однесува на теренските набљудувања од анализираниите локации во рамки на градските средини. Карактеристично за теренските набљудувања е тоа што во најголем број од анализираниите градби, бројот на станбени единици е во линија со податоците кои се прикажани од страна на агенцијата.

Покрај примена на алатките за транскрипција и квантификација, во истражувањето се применуваат и **алатки за визуализација на податоци**. Анализата на податоците условува претходна конверзија во нумерички формат. Тоа значи дека алатките за транскрипција на податоци од графички во нумерички претставуваат претходен чекор на алатките за визуализација на податоци. Од овде се поставува прашањето кои алатки се применуваат за аналитичко прикажување на податоците. Одговорот на прашањето се објаснува во два чекори. Првиот чекор претставува групирање и класифицирање обемен број на податоци. Од претходните истражувања на дијаграмски претстави еден од чекорите за визуализација на податоците претставува категоризација на вредностите. Тоа значи дека комплексните множества од податоци се поедноставуваат со определување гранични интервали на поединечните вредности. Категоризираниите вредности од податоците претставуваат основа во примена на алатките за визуализација. За таа цел, се применува алатката за визуелизација на податоци преку дијаграми тие се издвојуваат: столбест дијаграм и дијаграм на хорди.

3.4.3. Метод на транскрипција од графички во нумерички податоци

Емпириските методи на истражување вклучуваат метод на транскрипција од графички во нумерички податоци. Впрочем, примена на емпириски методи во истражување од изградената средина вклучуваат работа со податоци. Секој еден податок има својства на трансформација. Во линија со емпириските методи се применува трансформација од графички во нумерички податоци. Применетата методологија на документација и симулација се трансформира во извлекување на нумеричките вредности преку алатката Zonal Statistics as Table. Резултат од трансформативниот процес претставуваат нумерички показатели од просторно-енергетските карактеристики на анализираниите средини прикажани во (Слика 56).

OBJECTID *	Shape *	Id	gridcode	ORIG_FID	ORIG_OID	STATUS	AREA	MEAN	Shape_Length	Shape_Area	Usable_SR_MWh	Elec_Prod_MWh
1	Polygon	37	6	37	9	0	160.875	1170.054046	60.245496	206.415	188.23	25.9
2	Polygon	71	6	71	16	0	83.9375	1089.60281	56.002857	139.32	91.46	12.58
3	Polygon	78	6	78	17	0	879.75	1090.256634	328.380389	1385.325	959.15	131.98
4	Polygon	81	6	81	18	0	154.75	1065.002105	94.610887	276.885	164.81	22.68
5	Polygon	96	6	96	21	0	143.875	1124.438336	59.39697	202.95	161.78	22.26
6	Polygon	98	6	98	22	0	683.5	1074.192148	290.196623	1149.66	734.21	101.03
7	Polygon	102	6	102	25	0	109.0625	1080.793956	55.154329	161.73	117.87	16.22
8	Polygon	112	6	112	26	0	53.0625	1054.836424	42.002143	84.06	55.97	7.7

Слика 56- Табеларен приказ од примена на алатка Zonal Statistics as Table

Со примена на алатките за транскрипција на податоци добиени се табели од 9те анализирани урбани опфати.

Од табелата се отчитува вредноста на секоја градба поединечно. Анализирани се вкупно 580 архитектонски објекти од 9 локации. Секоја градба е нумерирана според следните вредности: број на објект, град/населено место, основа од покривна површина, корисна покривна површина, сончева енергија, електрична енергија, број на станбени единици. Во рамки на табелата се прикажани и вредности од останатите аналитички показатели кои се добиени со вкрстување на следните вредности: просторни, енергетски и термодинамички. Карактеристично за вредностите е тоа што се од голем обем и со голема разлика. За таа цел неопходни се аналитички постапки за групирање на поединечните вредности во интервали. Добиените вредности од поединечните категории се групирани во интервали прикажани табеларно (Табела 1).

Табела 1- Категоризација на вредности: просторни, енергетски и станбени

	Основа на покрив m ²	Корисна покривна површина m ²	Сончева енергија MWh	Електрична енергија MWh	Број на CE	енергија MWh за CE
Категорија 1	под 100	под 50	под 50	под 5	0-1	0-0,5
Категорија 2	100-300	50-150	50-100	5-10	1-2	0,5-1
Категорија 3	300-600	150-300	100-200	10-20	2-5	1-2
Категорија 4	600-900	300-450	200-400	20-50	5-10	2-5
Категорија 5	900-1200	450-600	400-800	50-100	10-20	5-10
Категорија 6	1200-1500	600-750	800-1200	100-200	20-50	10-15
Категорија 7	1500-1800	750-900	над 1200	200-500	50-100	15-20
Категорија 8	над 1800	над 900		над 500	над 100	над 20

3.4.4. Метод на квантифицирање број на станбени единици

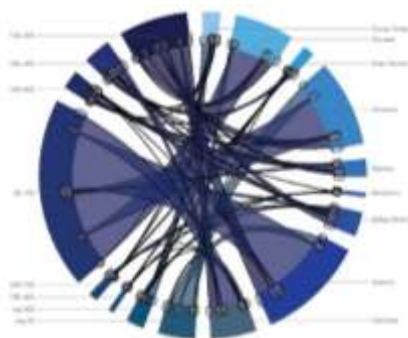
Идејата за квантифицирање бројот на станбени единици произлегува непосредно од предметот на истражување. Бидејќи основата на истражување претставува енергетска анализа на станбените објекти во градските средини во Македонија, неопходно е воспоставување на врска меѓу трите клучни параметри: просторни, енергетски и станбени. Методите за документирање на изградените покривни површини и методите за определување на енергетскиот потенцијал се применуваат со цел добиените

енергетски показатели да можат да се доведат во функционална релација со домаќинствата. Во процесот на определувањето на бројот на станбени единици овозможува квантифицираната енергија од покривните површини да се поврзе со реалните корисници, односно со бројот на домаќинствата во рамките на анализираниите примери.

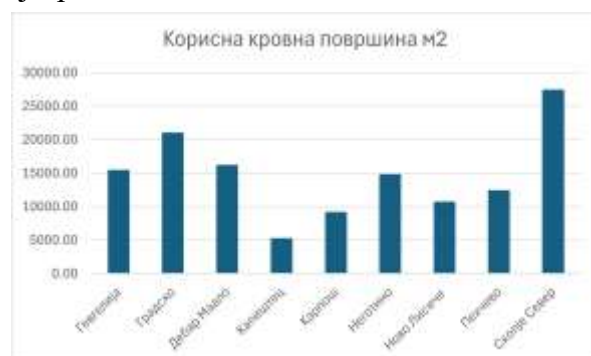
Емпириските методи на истражување претставуваат широка методолошка рамка во која се вклучени и методи на квантифицирање број на станбени единици. Определување на бројот на станбени единици е во линија со артикулирање на енергетски потенцијал преку примената на финална електрична енергија во домаќинствата. На тој начин, квантифицираната енергија од изградени покривни површини е поставена во функционална рамка на употреба во форма на финална електрична енергија. Определување на бројот на станбени единици е со цел да се даде значење на енергетскиот потенцијал преку користењето на електричната енергија. Бројот на станбени единици во предложеното истражување се определува преку две методолошки постапки. Првата методолошка постапка е работа со податоци од порталот AREC при Агенција Катастар на недвижности (<https://e-uslugi.katastar.gov.mk/>). Од порталот се отчитуваат информациите од секој од архитектонските објекти: адреса, влез, површина на станбена единица. Поточно, наведени се следните категории: имотен лист, број, број на објект, намена, површина, место (улица), влез, кат, број на стан, право. Од наведените категории на веб страната за определување број на станбени единици се извлекуваат вредностите од сегментот „број на стан“. На основа на показателите од порталот се дефинира точниот број на станбените единици во рамки на анализираниите покривни површини. Вториот метод во определување на бројот на домаќинства се однесува на набљудување од терен според кое се потврдуваат или коригираат бројот на станбени единици од порталот катастар. Во најголем број од анализираниите објекти е утврдена усогласеност помеѓу податоците од Агенцијата катастар и теренските согледувања. Ова ја потврдува ажурноста и точноста на податоците кои се применети во истражувањето.

Како резултат од примената на овие две методолошки постапки се добива вкупен број на станбени единици за секој поединечен архитектонски објект. Овој параметар претставува суштински показател во процесот на утврдување на енергетската распределба по домаќинство, како и во анализата на степенот на енергетска самостојност и автономност во рамки на анализираниите урбани опфати.

3.4.5. Метод на изработка визуелни дијаграми



Слика 58- Дијаграм на хорди



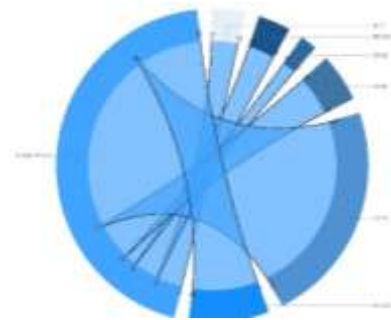
Слика 57- Столбест дијаграм

Методите за изработка на визуелни дијаграми произлегуваат од поширока рамка на методологијата за емпириски истражувања. Изработка на визуелен дијаграм условува квантитативна вредност на податоци што го поставува прашањето за видот и природата на податоците. Примена на методите за документирање изградени покривни површини

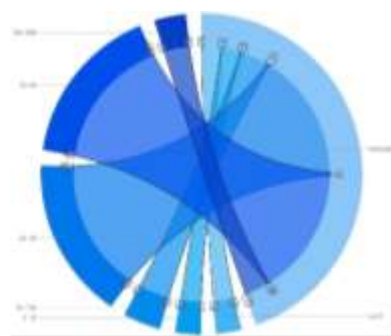
резултира со просторни податоци кои се однесуваат на површината и геометријата на покривите. Примена на методите за сончева и енергетска симулација резултира со енергетски податоци, односно податоци за произведена енергија (примарна и финална). Емпириските методи, пак, резултираат со функционални податоци поврзани со бројот на домаќинства. Овие категории укажуваат дека истражувањето располага со обемни и повеќебројни податочни системи од различни показатели.

Комплексната природа на податоците условува примена на постапки за нивно структурирање и поедноставување. Во тој процес, дијаграмот претставува алатка што овозможува рационализација на сложените и обемни податочни множества. Претставувањето на податоците преку дијаграм условува примена на техники за визуализација и интерпретација на вредностите. Како визуелен аналитички инструмент, дијаграмот суштински извршува три функции: интеграција, интерпретација и комуникација на податоците. Иако нумеричките податоци можат да се прикажат табеларно, дијаграмите овозможуваат нивна трансформација во визуелно разбирливи форми кои ја истакнуваат структурата и моделите во податоците. Постојат различни типови на дијаграми кои при тоа се претставуваат во различни аналитички цели.

Примена на аналитички дијаграми во емпириски истражувања овозможуваат анализа на податоци преку графички обрасци. При графичко претставување на дијаграми се препознаваат неколку видови на распределба на податоци: дистрибуција, корелација и хиерархиски однос. Методите на графичко претставување податоци условува групирање



Слика 59- Едноцентрична распределба на вредности

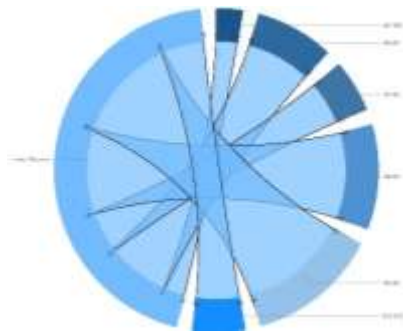


Слика 60- двоцентрична распределба на вредности

и категоризирање на вредностите. Врз основа на начинот на прикажување на податоците, дијаграмите се развиваат како описни и аналитички. Описните дијаграми прикажуваат визуелен наратив на табеларните податоци, најчесто преку столбести графикони. Од друга страна, аналитичките дијаграми прикажуваат категоризирани вредности од множествата податоци. Примената на описен и аналитички дијаграм произлегува од обемноста на резултатите од истражувањето. Добиените вредности се распределени во четири доминантни категории: просторни, сончеви, енергетски и функционални. Дополнително, секоја од категориите е опфатена од деветте анализирани локации: Гевгелија, Градско, Дебар Маало, Капиштец, Карпош, Неготино, Ново Лисиче, Пехчево, Скопје Север.

Емпириски истражувања вклучуваат голем обем на податоци од различен карактер и различен вид. Во предложеното истражување кое се основа на квантитативни методолошки пристапи се вклучени голем обем на податоци и информации. Тие системи повлекуваат примена на алатки за рационализација и визуелно прикажување.

Во предложеното истражување податоците претставуваат единица за комуникација на вредностите од различен карактер: просторни, сончеви, енергетски и функционални (единици на домаќинства). Различниот карактер на податоци повлекува различни формати на дијаграми кои овозможуваат трансформација на податоците во аналитички и функционални визуелни претстави. Дијаграмите се прикажуваат на два начина на податоците: описни и аналитички. Описните податоци се



Слика 61- повеќецентрична
распределба на вредности

однесуваат на директна нарација на вредностите од резултатите. Најзастапена група на дијаграми за претстава на описни резултати се столбести графикони. Од друга страна, аналитички начин на прикажување податоци ја прикажува целината на податоците преку сегментирање групи или категории. Пример за аналитички дијаграм претставува хордов дијаграм и санки дијаграм.

Графичко претставување аналитички дијаграми условува претходно групирање одредени вредности во интервали. Идејата за распределба на вредностите во интервали произлегува од поедноставување на комплексните системи од информации. На пример,

доколку едно множество има 100 елементи со групирање во интервали истото множество може да се сведе на неколку групи од вредности. При процесот на групирање одредени интервали имаат поголема застапеност во однос на останатите. Врз основа на застапеноста се дефинираат следните типови: едноцентрична (Слика 59), двоцентрична (Слика 60) и повеќецентрична (Слика 61) распределба. Покрај поделбата во однос на доминантните категории, распределбата на вредности се разликува во однос на меѓусебните односи на групите: концентрирана и рамномерна. Најчесто едноцентрична и двоцентрична распределба се препознава кај концентрираните типови на множества. Додека пак повеќецентричните множества се најчесто рамномерни.

4. Резултати

Во насока на одржливоста, резултатите од истражувањето се значајни при енергетската трансформација на постоечките градби. Идејата за енергетска автономност е директно поврзана со производство на електрична енергија од обновливи извори во рамки на постоечките објекти. Наведените критериуми се двигатели на резултатите кои го утврдуваат степенот на енергетска автономност на просечната годишна потрошувачка преку производство на електрична енергија од обновливи извори преку анализа на типологија на станбено домување: станбен блок, кула и индивидуални или повеќесемејни куќи. Покрај главната цел поврзана со енергетската автономија, резултатите прикажани во наредните поглавја содржат карактеристики и параметри кои придонесуваат кон вовед во сончев катастар како основа во процената на одржливоста во градските средини во Македонија. Идејата за одржливост која произлегува од предметот и тезите на истражувањето се директно поврзани со законодавството. Токму резултатите од истражувањето претставуваат одговор на легислативните аспекти во Македонија и пошироко на меѓународно ниво. Добиените резултати од една страна се во линија со европските цели за одржливост и националните цели за постигнување енергетска независност. Од европски контекст, делумото производство на електрична енергија од обновливи извори во однос на потрошувачката до 2035 и целосно производство до 2050 претставуваат одредница во дефинирање на клучниот параметар за степенот на енергетска самостојност од анализираните објекти. Овие параметри се во линија со националните цели за намалување на енергетската зависност од фосилни горива и зголемување на производството на енергија од обновливи извори преку примерот на сончевата енергија.

Во ова поглавје се прикажани резултатите од истражувањето кои произлегуваат од главната цел која се однесува на односот помеѓу производството и потрошувачката на електрична енергија како основа во утврдување на степенот на енергетска автономност. Просторните параметри од истражувањето се добиени со примена на методите за документирање покривни површини: разграничување, интерполација и дефинирање наклонет агол и правец на покривни површини. Покрај просторните податоци, во параметрите се опфатени метод на определување сончев и енергетски потенцијал како што се: квантифицирање на влијанијата од сончевата радијација и интегрирањето на ФВ системи во рамки на корисна покривна површина. На крај, резултатите од истражувањето се добиени со примена на емпириските методи преку работа на податоци и квантифицирањето на бројот на станбените единици. Резултатите презентирани во ова поглавје се поделени во следните подпоглавја: параметри, урбани сегменти, поединечни објекти и анализа на вредностите за производство и потрошувачка на електрична енергија на месечно ниво. Во делот од параметри образложени се карактеристиките и спецификите кои се резултат од применетата методологија. Понатаму, во поглавјето сегментирани резултати спроведена е анализа во рамки на 9^{те} анализирани урбани сегменти врз основа на дефинираните параметри. Во третото поглавје направена е анализа на потрошувачката и производство на електрична енергија преку три примери од типологии на станбено домување: куќа, блок и кула. На крај, во поглавјето месечни резултати направена е анализа на потрошувачката и производството на електрична енергија на месечно ниво од анализираните урбани сегменти.

Резултатите кои се анализирани во ова поглавје се прикажани на следните начини: табеларен приказ, растерски модел столбест дијаграм и аналитички дијаграм на хорди. Растерските модели прикажуваат графички вредности од применетите методи на

документирање и симулација. Секој сегмент од растерските модели содржи вредност која при евалуација добива соодветна просторна и енергетска единица. Преку евалуација на растерските модели се извлекуваат вредностите од параметрите на истражувањето. Добиените вредности понатаму се организирани во табели за секој анализиран урбан сегмент и во однос на анализираниите параметри. Во следниот чекор тие податоци се анализираат преку столбест дијаграм со цел разбирање на вредноста и споредбена анализа. Покрај столбест дијаграм, во резултатите се прикажуваат и дијаграми на хорди во кои се прикажуваат категориите од секој анализиран параметар преку визуелно поврзување на сличностите помеѓу анализираниите примери во рамки на урбаните сегменти.

4.1. Применети параметри во истражувањата

Во поглавјето се презентирани резултати од истражувањето кои се анализирани во форма на параметри. Вредностите произлегуваат од комбинирана примена на следните анализи: просторни, сончеви, енергетски и демографски. Во линија со применетата методологија, резултатите од истражувањето претставуваат одговор на следните методи: документирање покривни површини, определување сончев потенцијал и емпириски пристапи во истражување. Примената на методите од истражувањето претставува основа на прикажаните параметри.

Ова поглавје е поделено на 9 дела преку карактеристиките на параметрите кои произлегуваат од примена на методите на истражување. Во делот на анализа на **урбан сегмент** се прикажани карактеристиките на просторните граници на анализираниите фрагменти од градските средини. Во рамки на секој урбан сегмент дефинирани се **бројот на градби**. Вредноста на архитектонските објекти е дефинирана според површината од основата на покривни површини. Покрај **основата од покривната површина** во просторните резултати се опфатени и вредностите кои се однесуваат на **покривни површини за интегрирање ФВ системи**. Од енергетски аспект се вклучени вредностите на годишно ниво на **сончева и финална електрична енергија**. Добиените просторно-енергетски резултати се поставени во функција на станбените единици, односно преку квантитетот на анализиран **број на домаќинства**. Последен параметар од резултатите на истражувањето претставува **односот помеѓу производството и потрошувачката на електрична енергија**.

4.1.1. Урбан сегмент

Првиот параметар од резултатите на истражувањето се однесува на вредностите од урбан сегмент. Вредноста и позиционирањето на урбаниот сегмент на секоја од анализираниите локации претставува почетен параметар во рамки на резултатите од истражувањето. Определувањето на урбаниот сегмент е директно поврзано со идејата за одржливост која е составен дел од македонското и европското законодавство за производство на електрична енергија од обновливи извори. Анализа на урбаниот сегмент произлегува од поставување просторна рамка во која се наоѓаат анализираниите објекти и се оценува потенцијалот на изградените покривни површини за интегрирање фотоволтаични системи.

Анализираниите урбани сегменти произлегуваат од дефинираните просторни фрагменти од пет градски средини во Македонија: Гевгелија, Градско, Неготино, Пехчево и Скопје. Постојат неколку критериуми за изборот на урбаните сегменти. Првиот критериум се однесува на густината на изграденост. Втоиот критериум

претставува позцинирање на анализираните објекти во однос на климатските зони. Третиот критериум претставува демографски параметар преку разликите на населеност спрема бројот на домаќинства. Четвртиот критериум за избор на сегментите претставува типологијата на станбеното домување. Разликите во критериумите за избор на урбаните сегменти овозможуваат да се идентификуваат промените во енергетскиот потенцијал во зависност од влијанието на сончевите зраци и позиционираноста на градбите.

4.1.2. Број на градби

Резултатите за број на градби произлегуваат од примена на алатки за геопроецирање просторни податоци преку методите за документирање изградени покривни површини. Бројот на архитектонските објекти е директно поврзан со точноста на графичките постапки за извлекување на основата од покривните површини, што претставува основен чекор во процесот на препознавање и категоризација на градбите. Процесот на идентификација на градбите е резултат на методите на интерполација на просторните податоци, при што се добиваат растерско-површински DSM модели кои овозможуваат препознавање на покривните површини. Понатаму со дополнително процесирање на податоците се извлекува основата на покривните површини, односно линијата што е дефинирана ортогоналната проекција на секој покрив. Наведениот начин овозможува издвојување на поединечните градби во рамки на дефинираните урбани сегменти.

Сепак, со примена на наведените методи се јавуваат одредени ограничувања поврзани со густината на изграденост и карактеристиките на самите податоци. Во одредени случаи, линијата од покривната површина спојува две или повеќе градби, особено во анализираните сегменти со висока густина. Овие аномалии се резултат на конфигурацијата на покривите и прецизноста на податоците. Понатамошните резултати се добиени врз основа на методата на извлекување на основата поради реалното прикажување на состојбата.

Добиените вредности се однесуваат на градбите во рамки на поединечните локации од анализираните урбани опфати. Квантитативниот карактер на резултатите произлегува од графичкиот приказ на основата на покривните површини од анализираните урбани опфати. Преточени во нумерички показател, од анализираните девет фрагмента од градските средини во Македонија препознаени се вкупно 580 градби. Параметрите за број на архитектонски објекти се директно поврзани со позиционираноста на урбаниот опфат во однос на целината на градските средини и бројот на станбени единици. Квантитативниот износ на бројот на архитектонски објекти е директно поврзан и со параметрите за број на станбени единици во рамки на анализираните покривни површини.

4.1.3. Основа од покривна површина

Примена на методите за документирање изградени покривни површини резултираат со добивање на вредности на основата од покривите во рамки на анализираните урбани сегменти. Вредноста на основата од покривните површини претставува показател бидејќи служи како неопходен параметар во определување на сончевиот и енергетски потенцијал.

Методите за документирање покривни површини опфаќаат истражувачки алатки и постапки кои обезбедуваат векторски и растерски модел од покривните површини. Резултат од применетите методи претставуваат графички и нумерички вредности од површините на анализираните градби. Графичките вредности претставуваат векторски и растерски модели од покривните површини во рамки на анализираните урбани опфати. Векторските резултати претставуваат ортогонална проекција на основата од покривите,

додека пак растерските резултати претставуваат просторна проекција на наклонетиот агол и ориентацијата на покривни површини преку растерско-површински (DSM) модел.

Покрај графичкиот приказ, основата на покривната површина е прикажана табеларно преку колоната „покривна површина“ за секој анализиран урбан сегмент. Нумеричките вредности претставуваат основа за визуелна претстава на хородвите дијаграми кои се распределени во осум категории. Анализата од категоризацијата на дијаграмот на хорди покажува бројот на објекти, интервал и процентуална распределба во рамки на визуелниот приказ.

Анализата на основата од покривната површина претставува важен параметар за разбирање на урбаната морфологија и клучен индикатор врз кој се надоврзуваат енергетските анализи од истражувањето. Овие резултатите ја поставуваат основата на просторна граница при пресметување на потенцијалот за производство на електрична енергија.

4.1.4. Покривна површина за интегрирање ФВ системи

Составен дел од методите за документирање изградени покривни површини претставува мапирање на соодветните сегменти од покривите за интегрирање ФВ системи. Во просторните резултати од истражувањето се добиени две различни вредности: основа на покривна површина и покривна површина за интегрирање ФВ системи. Разликата е во тоа што доколку вредностите за основа на покривна површина прикажуваат ортогонална проекција на севкупната покривна површина, вредностите за корисна покривна површина претставуваат показател кој се однесува на наклонувањето. Определување на вредноста на корисна покривна површина се преточува во резултат од примена на методите за документирање покривни површини и определување сончев потенцијал. Според применетата методологија, при комбинација на геометријата од покривните површини со влијанието на сончевите зраци се добива вредноста на корисна покривна површина. Постапката претставува мапирање на сегментите од покривните површини кои се соодветни за интегрирање ФВ системи. Во рамки на методите на определување на сончевиот потенцијал дефинирани се следните критериуми за определување на корисна покривна површина: наклонет агол, сончева радијација и ориентација на покривните површини.

Методите за определување корисна покривна површина вклучуваат истражувачки алатки од документирање покривни површини и определување сончев потенцијал. Примена на алатките за документирање покривни површини резултираат со определување на геометријата, наклонетиот агол и правецот на покривите. Од друга страна, алатките за сончева симулација се применуваат за редуцирање на несоодветните површини кои се однесуваат на: наклонет агол поголем од 45 степени, површини ориентирани на северната страна и површини кои имаат сончева радијација помала од 800 KWh/m² годишно. Добиените резултати за вредноста на корисна покривна површина претставува редуцирана површина од вкупната покривна површина од анализираните локации од урбаните сегменти. Резултатите од корисна покривна површина се основа за резултатите од годишната сончева енергија и се пресметува финалната електрична енергија од корисните покривни површини од анализираните урбани фрагменти.

Резултатите од корисна покривна површина се прикажани на наоколку начина. Нумеричките вредности се прикажани табеларно преку колоната „корисна покривна површина“. Графичките вредности се прикажани преку растерско-површинските DSM модели. Вредности од визуелните дијаграми се прикажани преку столбест дијаграм и дијаграм на хорди. Во рамки на столбестиот дијаграм се прикажани вредноста на секој објект изразена во единица m². Во рамки на дијаграмот на хорди прикажана е распределбата на вредноста на корисна покривна површина во осум категории кои се

надополнети преку бројот на објекти, интервалот на вредноста и процентуалната распределба. во рамки на табелите од поединечните анализирани урбани сегменти.

4.1.5. Сончева енергија

Вредноста на сончевата енергија произлегува директно од предметот и целите на истражување кој се однесува на определување на сончевиот потенцијал на изградените покривни површини погодни за интегрирање фотоволтаични системи. Методологијата квантифицирање на сончевата енергија вклучува истражувачки алатки и постапки кои се однесуваат на мапирање корисна покривна површина со цел квантифицирање на капацитетот за апсорпција на сончевата енергија. Примена на методите за определување сончев потенцијал резултираат со сончева енергија како резултат на квантитативен процес на анализа на сончевите зраци. Широката идеја за квантифицирање на сончевите потенцијали на изградената средина во резултатите на истражувањето се преточуваат преку влијание на апсорпцијата на сончевите зраци врз изградени покривни површини. Според тоа, под поимот сончев потенцијал се прикажани трансформативен капацитет од сончеви зраци во сончева енергија во рамки на анализирани покривни површини кои се погодни за инсталирање ФВ системи. Во рамки на резултатите, сончевата енергија претставува индикатор за квантифицирање на енергетските потенцијали на изградената средина преку мерливите параметри на сончевата радијација од наклонети покривни површини. Резултатите поврзани со сончевата енергија директно се однесуваат на идејата за квантифицирање на сончевите потенцијали од изградената средина.

Резултатите за вредноста на сончевата енергија се прикажани на неколку начини: графички, нумерички и аналитички. Графичките резултати се добиени како последица од методологијата на квантифицирање на сончевата радијација што резултира со растерско-површински (DSM) модел. Со понатамош на евалуација на растерските модели се добиени нумеричките показатели на вредноста на сончевата енергија кои при тоа табеларно се прикажани во колоната „сончева енергија“. При емпириска анализа на податоците создадени се визуелни дијаграми во кои се прикажува вредноста на сончевата енергија. Во рамки на столбест дијаграм се прикажува поединената вредност од секој анализиран објект во рамки на урбаниот сегмент изразена во единица MWh. Во линија со емпирските методи добиени се резултати од дијаграм на хорди преку кои се прикажува категоризацијата преку следните параметри: број на објекти, интервал на вредности процентуална распределба. На овој начин се добива образец на распределба на податоците кои се од голем обем и карактер.

Резултатите за вредноста на сончевата енергија се во директна зависност од сончевата енергија и морфологијата на покривите: колку е повисока густината на корисна покривна површина и поволна ориентација на покривите, толку е поголем сончевиот потенцијал. Според тоа, добиените резултати од вредноста на сончева енергија се директно зависни и директно поврзани со интензитетот на изграденост преку густината на изградени покривни површини.

4.1.6. Електрична енергија

Определување на вредноста на електрична енергија претставува последен чекор во процесот на квантифицирање на енергетскиот потенцијал. Идејата за определување на сончев и енергетски потенцијал на изградени покривни површини е преточена преку квантифицирање финална електрична енергија. Параметарот на електрична енергија е составен дел од поширока и потесна рамка на истражувањето, пред се преку идејата за квантифицирање на примарна електрична енергија од влијанието на сончевите зраци врз изградените покривни површини. Во рамки на истражувањето применети се методи за определување енергетски потенцијал од изградени покривни површини. Примена на

методите резултира со производство на електрична енергија во рамки на покривни површини од анализираните урбани сегменти. Процесот на определување и квантифицирање капацитет на електрична енергија повлекува услов кој се однесува на определување влијание на сончеви зраци врз наклонети покривни површини. Следствено, капацитетот на сончевата енергија претставува основа за квантитативните резултати од електричната енергија. Разликата е во тоа што при определување електрична енергија се земаат предвид граничните карактеристики на ФВ системи. Тие претставуваат процент за трансформација од сончева во електрична енергија. Во пресек на претходни истражувања наведени се примери од неколку видови на ФВ системи во однос на процентот на конверзија на сончевата енергија во електрична. Понатаму, со примена на методите за производство на електрична енергија добиени се резултати за вредноста на електричната енергија изразена во MWh. На основа на вредноста од сончевата енергија, при тоа со редуцирање на енергијата според факторот на конверзија на ФВ системи се добива вредноста на финална електрична енергија. Во рамки на истражувањето, процентот на трансформација од сончева во електрична енергија изнесува 18%, во рамки на повеќекристални соларни системи. Таа вредност дополнително е редуцирана со загуба од 25% од енергијата при пренос на електричната енергија низ инвертери и кабли.

Вредноста на параметрите за електрична енергија се прикажуваат на неколку начини во резултатите од истражувањето. Во рамки на табелите од урбаните фрагменти енергетската вредност е прикажана во колона „финална електрична енергија“. Покрај табеларниот приказ, вредноста на енергетските капацитети се прикажани преку визуелизација на дијаграми. Во рамки на резултатите прикажани се столбести дијаграми во кои се изразува вредноста на финална електрична енергија на годишно ниво преку мерната единица MWh. Визуелниот приказ на податоците е опфатен со дијаграм на хорди. Во рамки на дијаграмската претстава вредностите од електричната енергија се распределени во осум категории преку следните параметри: број на објекти, интервал и процентуалната распределба во рамки на секоја категорија.

4.1.7. Број на станбени единици

Примена на методите за емпириска анализа на податоци резултираат со квантитативна вредност на број на станбени единици. Под поимот број на станбени единици во истражувањето се подразбира вкупниот број на домаќинства во рамки на анализираната градба од покривните површини. Вредноста на резултатите за бројот на станбени единици се добива со вкрстување на податоците од агенцијата Катастар на недвижности со визуелните набљудувања од терен. Примена на методата резултира со вредноста на станбени единици за секоја градба која е составен дел од истражувањето. Со добиените резултати од бројот на станбени единици истражувањето е поставено преку производството на електрична енергија во функција на домаќинствата. Овие податоци овозможуваат да се процени енергетскиот капацитет во домаќинствата и да се направи споредба со просечна годишна потрошувачка.

Податоците за бројот на станбени единици се прикажува табеларно и дијаграмски. Во табелите од секој анализиран урбан сегмент се прикажани вредностите во колоната „број на станбени единици“. Понатаму со визуелна и дијаграмска анализа на податоците се прикажани два вида на дијаграми: столбест и дијаграм на хорди.

4.1.8. Електрична енергија за секоја станбена единица

Резултатите од истражување вклучуваат вредност на електрична енергија која се однесува на секоја станбена единица. Доколку во поглавјето за параметрите на финална електрична енергија се прикажани вредностите за производство на електрична енергија

од анализираните покривни површини, во ова поглавје вредноста на електричната енергија е прикажана во однос на станбените единици. Добиениот резултат претставува однос помеѓу вредноста на електричната енергија и бројот на станбените единици.

Вредноста за електрична енергија за секоја стибена единица е изразена во MWh/станбена единица. Квантитативната вредност е прикажана преку столбест дијаграм за секој објект од анализираните урбани сегменти. Со дополнителна анализа на визуелен начин податоците се прикачани преку дијаграм на хорди. Во рамки на дијаграмот вредностите од електрична енергија за секоја станбена единица се распределени во осум категории каде што секој интервал содржи: број на објекти, вредност и процентуална распределба.

Резултатите за вредноста на електрична енергија за секоја станбена единица посочуваат дека анализираните урбани опфати во Скопје имаат вредност под просечната, додека анализираните урбани опфати надвор од град Скопје надминуваат просек на потрошувачка на електрична енергија. Посочените податоци претставуваат значаен параметар за утврдување на степенот на енергетска самостојност и автономност во рамки на анализираните урбани опфати и поширок аспект на градските средини во Македонија.

4.1.9. Однос на производство и потрошувачка на електрична енергија

Последен параметар од резултатите од истражувањето претставува однос на производство и потрошувачка на електрична енергија. Вредноста на овој параметар произлегува како однос изразен во проценти од потрошувачката и производство на електрична енергија. Квантитативната вредност на производство на електрична енергија е составен дел од методите за квантифицирање на електричната енергија. Од друга страна, вредноста за потрошувачката на електрична енергија се заснова на бројот на станбените единици. Според анализираните податоци од РКЕ и МЕПСО, македонските домаќинство во просек на годишно ниво има потрошувачка на финална електрична енергија во износ од 6,8 MWh. Оваа вредност на потрошувачка при анализа во табела е еквивалентна на 100%. Од резултатите прикажани во табела од урбаните сегменти во најголем број на објекти надвор од скопје односот помеѓу производство и потрошувачка на електрична енергија изнесува над 100%, во споротивно во рамки на анализираните урбани сегменти во Скопје вредноста изнесува под 100%. Овие показатели означуваат степен на енергетска автономност за секој објект во рамки на анализираните урбани сегменти.

4.2. Сегментирани резултати

Резултатите презентирани во ова поглавје се добиени со примена на следните методи: документирање покривни површини, определување сончев потенцијал и емпириски методи на истражување. Доколку во претходното поглавје се опфатени параметрите како издвоени ентитети, во ова поглавје се анализираат резултатите од аспект на урбаните сегменти кои се предмет на истражувањето: Гевгелија, Градско, Неготино, Пехчево и Скопје. Резултатите во ова поглавје се обработени одделно за секој урбан сегмент со цел да се обезбеди прецизна анализа според следните параметри: урбан сегмент, број на градби, покривна површина, покривна површина за инсталирање ФВ системи, сончева енергија, електрична енергија, анализа на покривна површина за производство електрична енергија, број на станбени единици, електрична енергија за секоја станбена единица, процентуален однос на потрошувачка и производство електрична енергија. Од наведените параметри се издвојуваат четири групи на индикатори: просторни показатели (број на градби, вкупна и корисна покривна површина), сончева енергија, електрична енергија и станбени единици. Наведените

карактеристики на резултати се прикажани на следните начини: табела, растерски модел, столбест дијаграм и дијаграм на хорди. Графичките резултати од истражувањето се прикажани преку растерски и векторски модели. При евалуација на вредностите од графичките резултати, поединечните вредности од сегментираните резултати табеларно се прикажани. Понатаму, нумеричките вредности од табелата претставуваат основа за групирање на вредностите во интервали. Следствено, групираниите податоци се прикажани преку аналитички дијаграми на хорди. Во рамки на дијаграмите се прикажани вредноста на интервалите за секоја локација поединечно. Графичките и нумерички податоци придонесуваат кон анализа на производство на електрична енергија во рамки на покривните површини при интегрирање ФВ системи со цел определување на степенот на енергетската автономност. Сегментираните резултати покажуваат дека анализата за енергетска автономност е во директна зависност од густината на изграденост на покривните површини и густината на населеност преку бројот на станбените единици.

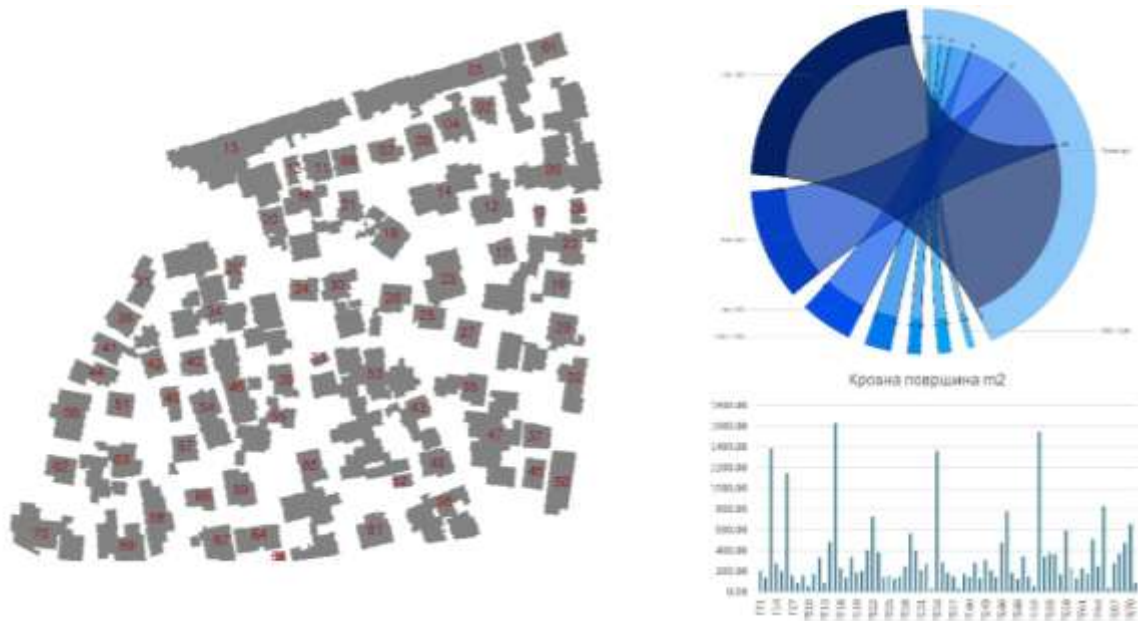
4.2.1. Урбан сегмент- Гевгелија

Табела 2- Резултати од урбан сегмент во Гевгелија

	Број на објект	Град	Покривна површина m ²	Корисна покривна површина m ²	Сончева енергија MWh	Финална електрична енергија MWh	број на станбени единици	потрошувачка на енергија MWh	процент на производство и потрошувачка на сл
Гевгелија	ГЕ1	Гевгелија	206,41	160,88	188,23	25,90	8	54,4	47,61
	ГЕ2	Гевгелија	139,32	83,94	91,46	12,58	1	6,8	185,07
	ГЕ3	Гевгелија	1385,33	879,75	959,15	131,98	0	0	/
	ГЕ4	Гевгелија	276,88	154,75	164,81	22,68	2	13,6	166,75
	ГЕ5	Гевгелија	202,95	143,88	161,78	22,26	2	13,6	163,68
	ГЕ6	Гевгелија	1149,66	683,50	734,21	101,03	18	122,4	82,54
	ГЕ7	Гевгелија	161,73	109,06	117,87	16,22	1	6,8	238,52
	ГЕ8	Гевгелија	84,06	53,06	55,97	7,70	0	0	/
	ГЕ9	Гевгелија	158,76	113,50	121,99	16,79	2	13,6	123,43
	ГЕ10	Гевгелија	53,33	28,75	33,39	4,59	0	0	/
	ГЕ11	Гевгелија	176,58	125,44	140,78	19,37	4	27,2	71,22
	ГЕ12	Гевгелија	331,24	254,00	280,72	38,63	2	13,6	284,03
	ГЕ13	Гевгелија	85,77	54,81	57,77	7,95	1	6,8	116,91
	ГЕ14	Гевгелија	487,57	313,00	333,78	45,93	4	27,2	168,85
	ГЕ15	Гевгелија	1631,79	1045,31	1109,31	152,64	9	61,2	249,41
	ГЕ16	Гевгелија	231,88	146,56	146,45	20,15	2	13,6	148,18
	ГЕ17	Гевгелија	137,12	101,00	109,20	15,03	1	6,8	220,97
	ГЕ18	Гевгелија	334,71	220,94	238,87	32,87	4	27,2	120,84
	ГЕ19	Гевгелија	189,86	86,63	104,71	14,41	3	20,4	70,63
	ГЕ20	Гевгелија	203,80	118,81	133,28	18,34	4	27,2	67,42
	ГЕ21	Гевгелија	406,75	218,75	230,12	31,66	5	34	93,13
	ГЕ22	Гевгелија	727,24	401,44	445,06	61,24	5	34	180,12
	ГЕ23	Гевгелија	387,09	248,31	271,69	37,38	4	27,2	137,44
	ГЕ24	Гевгелија	143,86	94,50	109,46	15,06	2	13,6	110,75
	ГЕ25	Гевгелија	163,40	84,69	95,51	13,14	1	6,8	193,26
	ГЕ26	Гевгелија	127,80	79,63	78,79	10,84	1	6,8	159,44

ГЕ27	Гевгелија	152,19	63,63	77,77	10,70	2	13,6	78,69
ГЕ28	Гевгелија	248,18	159,06	181,55	24,98	2	13,6	183,69
ГЕ29	Гевгелија	565,83	304,00	341,77	47,03	6	40,8	115,26
ГЕ30	Гевгелија	400,73	234,75	258,27	35,54	3	20,4	174,20
ГЕ31	Гевгелија	213,39	116,75	121,42	16,71	2	13,6	122,85
ГЕ32	Гевгелија	273,33	173,19	191,35	26,33	2	13,6	193,60
ГЕ33	Гевгелија	40,36	25,63	24,99	3,44	0	0	/
ГЕ34	Гевгелија	1361,79	898,50	966,54	133,00	16	108,8	122,24
ГЕ35	Гевгелија	287,05	183,19	207,70	28,58	1	6,8	420,28
ГЕ36	Гевгелија	186,30	111,94	121,27	16,69	3	20,4	81,80
ГЕ37	Гевгелија	150,71	90,06	98,24	13,52	1	6,8	198,79
ГЕ38	Гевгелија	37,85	33,38	37,63	5,18	0	0	/
ГЕ39	Гевгелија	176,49	126,63	130,78	18,00	0	0	/
ГЕ40	Гевгелија	146,75	119,56	136,32	18,76	2	13,6	137,92
ГЕ41	Гевгелија	283,86	119,44	135,13	18,59	2	13,6	136,72
ГЕ42	Гевгелија	132,30	95,81	104,43	14,37	2	13,6	105,66
ГЕ43	Гевгелија	307,08	216,75	240,06	33,03	4	27,2	121,44
ГЕ44	Гевгелија	208,53	78,19	74,46	10,25	2	13,6	75,33
ГЕ45	Гевгелија	145,94	66,44	82,21	11,31	2	13,6	83,17
ГЕ46	Гевгелија	477,81	347,00	367,46	50,56	4	27,2	185,89
ГЕ47	Гевгелија	781,06	439,81	482,92	66,45	6	40,8	162,87
ГЕ48	Гевгелија	186,61	120,88	131,92	18,15	1	6,8	266,95
ГЕ49	Гевгелија	131,04	94,44	98,48	13,55	1	6,8	199,28
ГЕ50	Гевгелија	344,70	294,75	315,56	43,42	4	27,2	159,64
ГЕ51	Гевгелија	151,20	122,94	129,28	17,79	2	13,6	130,80
ГЕ52	Гевгелија	57,42	33,13	33,52	4,61	0	0	/
ГЕ53	Гевгелија	1544,63	993,75	1065,48	146,61	12	81,6	179,67
ГЕ54	Гевгелија	347,22	228,94	258,47	35,57	4	27,2	130,76
ГЕ55	Гевгелија	374,62	206,69	219,23	30,17	2	13,6	221,81
ГЕ56	Гевгелија	362,43	218,44	230,59	31,73	8	54,4	58,33
ГЕ57	Гевгелија	173,02	124,13	143,63	19,76	2	13,6	145,32
ГЕ58	Гевгелија	599,54	386,19	397,21	54,66	5	34	160,75
ГЕ59	Гевгелија	226,75	143,88	156,99	21,60	3	20,4	105,89
ГЕ60	Гевгелија	129,78	85,69	92,72	12,76	4	27,2	46,91
ГЕ61	Гевгелија	227,93	132,63	149,13	20,52	2	13,6	150,88
ГЕ62	Гевгелија	175,95	85,31	105,02	14,45	2	13,6	106,25
ГЕ63	Гевгелија	510,66	324,06	352,92	48,56	2	13,6	357,08
ГЕ64	Гевгелија	251,05	146,19	165,35	22,75	4	27,2	83,65
ГЕ65	Гевгелија	833,31	491,56	544,99	74,99	8	54,4	137,85
ГЕ66	Гевгелија	40,64	27,56	28,64	3,94	0	0	/
ГЕ67	Гевгелија	274,46	179,56	203,97	28,07	1	6,8	412,73
ГЕ68	Гевгелија	370,57	272,25	279,20	38,42	3	20,4	188,33
ГЕ69	Гевгелија	472,23	273,00	305,93	42,10	4	27,2	154,77
ГЕ70	Гевгелија	651,92	421,25	451,21	62,09	0	0	/
ГЕ71	Гевгелија	83,88	62,88	70,41	9,69	0	0	/

Во централното градско подрачје на Гевгелија анализиран е првиот **урбан сегмент** кој опфаќа површина од 57575,73 m². Во рамки на анализираниот опфат идентификувани се 71 архитектонски објекти кои се систематизирани и прикажани преку кратенката ГЕ проследени со број на објект кој ја означува позиционираноста.



Слика 62- Векторски модел и аналитички дијаграми од покривна површина од Гевгелија

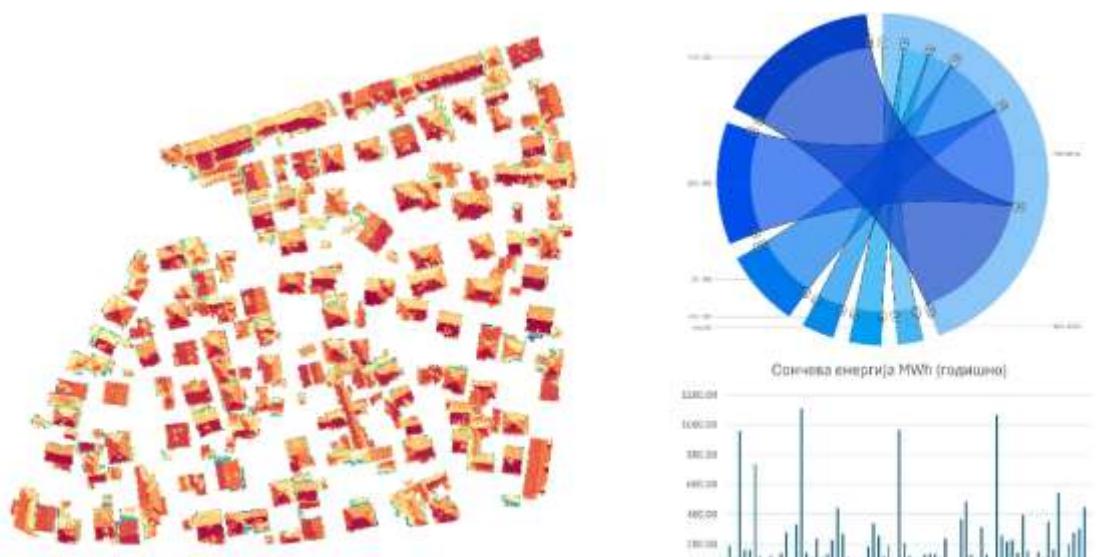
Вкупната **покривна површина** (Слика 62) во ортогонална проекција од анализираните објекти изнесува 24683,98 m². Анализираните 71 архитектонски објекти се распределени во 7 категории. Процесот на распределба се однесува во следните интервали: 37 архитектонски објекти со покривна површина во вредност од 100-300m², 17 објекти 300-600m², 8 објекти под 100m², 4 објекти 600-900m², 2 објекти 1200-1500m² односно 1500-1800m² и 1 објект 900-1200m². Највисока застапена категорија претставува вредноста во интервал 100-300m², што следуваат следните вредности: 300-600 m² и вредноста под 100m². Останатите категории на покривни површини се над 600m² кои одговараат на 9 архитектонски објекти. Распределба на вредностите од основата на



Слика 63- Растерски модел и аналитички дијаграми од корисна покривна површина од Гевгелија

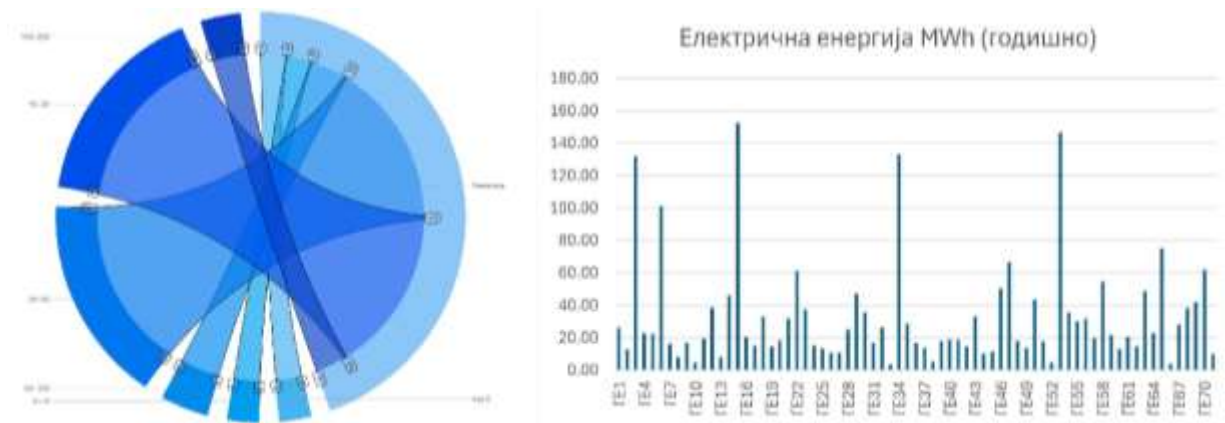
покривна површина во категории посочува присуство на еден интервал со највисока застапеност.

Вредноста на **корисна покривна површина** (Слика 64) од анализираниите објекти во којашто се земени во предвид параметрите на наклонетиот агол и правец изнесува 15478,63 m². Вредноста од корисна покривна површина распределена во соодветната категорија од која највисока вредност од 47,89% се однесува на 34 архитектонски објекти за корисна покривна површина во интервал од 50-150m². Следуваат архитектонските објекти во интервал 150-300m² кои се 18 на број или 25,35%, како и објектите во интервал 300-450m² со процентна застапеност од 11,27%. Останатите категории според вредноста на корисна покривна површина имаат процентуална застапеност под 10%. Резултатите од категоризираните вредности посочуваат двомодална распределба. Следствено, образецот на добиените интервали претставува преоден вид помеѓу дво модална распределба и висока концентрација на покривни површини со релативно ниска вредност.



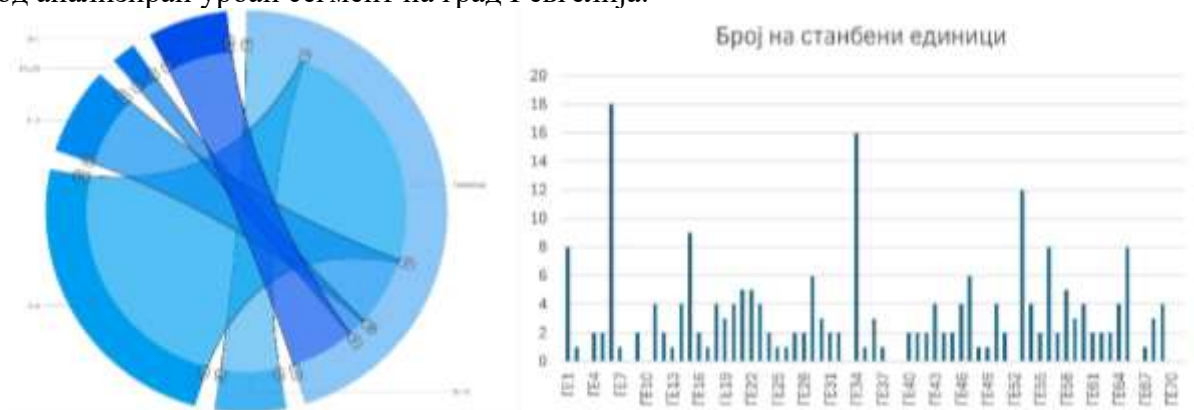
Слика 64- Растерски модел и аналитички дијаграми од сончева енергија (MWh) Гевгелија

Покрај просторните показатели, во резултатите од истражувањето се вклучени и показатели кои се однесуваат на климатски и енергетски вредности од влијанието на сончевите зраци. Просторните параметри од покривна површина се основа за резултатите од **сончевата енергија** (Слика 63) кои имаат вредност на целиот урбан сегмент од 16826,50 MWh. Вредноста на резултатите од сончева енергија се распределени во 6 интервали. Категоризацијата на резултатите посочува највисока застапеност на интервал со вредност 100-200MWh изнесува 26 архитектонски објекти или 16,62% од вкупниот број на објекти. Следуваат објектите со сончева енергија во интервал 200-400MWh со износ 26,76% и вредноста во интервал 50-100MWh со процентуална застапеност од 16,90%. Останатите категории на вредност од сончева енергија имаат процентуална застапеност под 10%. Од вредноста на сончевата енергија и категоризацијата воочлива е тенденцијата на висока конзистентност на резултатите во кои преовладуваат две категории. Поделбата во интервали и процентуална застапеност посочува на двомодален образец на вредноста на сончевите потенцијали од анализиран урбан сегмент.



Слика 65- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од финална електрична енергија (MWh) од Гевгелија

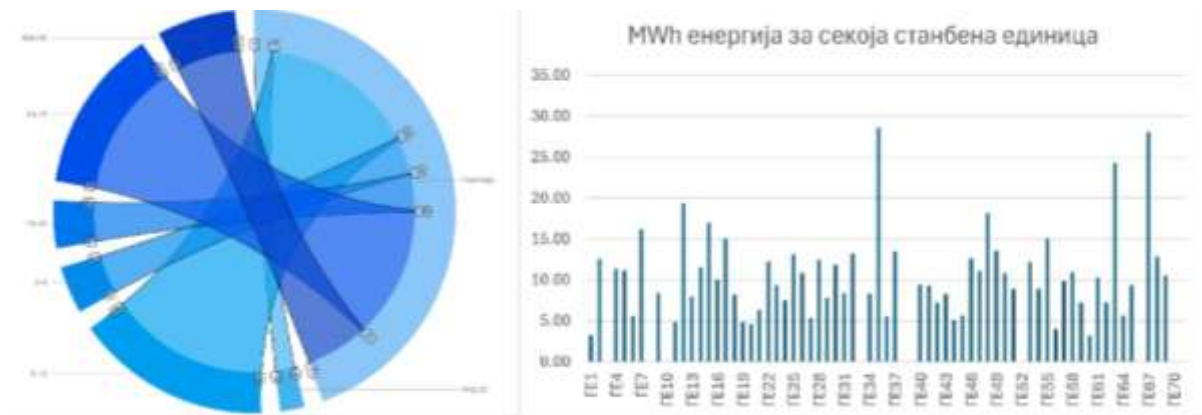
Паралелно со сончевата енергија, вкупниот потенцијал за **производство на финална електрична енергија** (Слика 65) изнесува 2315,33 MWh. Резултатите добиени од квантифицирање на сончева енергија претставуваат основа за резултатите на вредноста од електрична енергија. Добиените резултати (графички, нумерички и аналитички) се групирани во категории со цел утврдување на распределбата од поединечните вредности. Вредностите на енергетски потенцијал од анализирани покривни површини се распределени во 6 категории. Најзастапена категорија или 36,62% од анализираните 26 објекти се со енергетски потенцијал 10-20MWh односно 20-50MWh. Следува категоријата од 6 објекти со енергетски потенцијал од 50-100MWh, понатаму 5 објекти со вредност за производство на електрична енергија од 100-200MWh. Категоријата со најниска застапеност се однесува на 4 објекти со енергетски потенцијал под 5MWh односно 5-10MWh. Високата концентрација на две категории од вкупната електрична енергија посочува на образец од двомодална распределба на енергетските потенцијали од анализиран урбан сегмент на град Гевгелија.



Слика 66- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од број на станбени единици од Гевгелија

Во рамки на анализираната локација регистрирани се вкупно 222 **домаќинства** (Слика 66) од анализираните 71 архитектонски објект. Вредноста на резултатите за број на станбени единици од анализираните објекти на урбан сегмент од Гевгелија се распределени во 5 интервали. Од анализираните податоци добиени се 10 објекти кои немаат станбени единици и истите се со друга намена или дел од постоечки станбени единици како на пример помошни простории или гаражи. Од останатите категории,

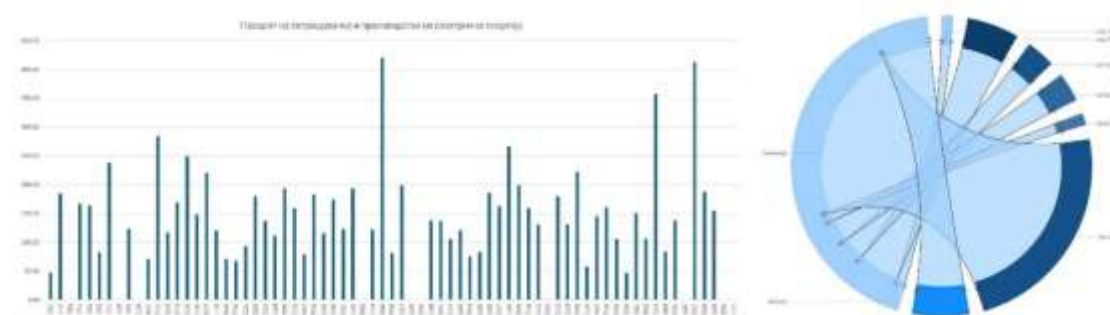
најчесто застапена категорија со 38 архитектонски објекти или 53,52% се со станбени единици помеѓу 2-5. Следуваат 11 архитектонски објекти со станбени единици 1-2 и 9 архитектонски објекти со станбени единици во распон 5-10. За споредба, мал број на архитектонски објекти имаат станбени единици 10-20, станува збор за 3 архитектонски



Слика 67- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од финална електрична енергија за секоја станбени единици од Гевгелија

објекти кои сочинуваат 4,23% од вкупниот број на анализирани објекти во Гевгелија. Од добиените резултати се забележува концентрирана, едноцентрична и едномодална распределба на поединечните вредности од станбените единици.

Добиените резултати прикажани на (Слика 67) претставуваат анализа на производството на енергија од покривната површина во за секоја станбена единица пропорционално распределена во рамки на секој објект поединечно. Анализа на објектите од аспект на **електрична енергија за секоја станбена единица** се распределени во 5 категории. Од добиените вредности 25 објекта или 40,98% имаат вредност помеѓу 5-10 MWh за секоја станбена единица. Следуваат 21 објект или 34,43% кои имаат енергетски капацитет 15-20MWh. Понатаму, 6 архитектонски објекти или 9,84% се распределени во две категории од 2-5MWh и 15-20 MWh за секоја станбена единица. Најмала застапеност се објектите кои имаат енергетски капацитет над 20 MWh, станува збор за 3 архитектонски објекти или 4,92%. Од добиените резултати се заклучува дека анализираниот опфат во град Гевгелија има висок степен на енергетски потенцијал. Добиените вредности за електрична енергија за секоја станбена единица се препознава образецот на двомодален тип.



Слика 68- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од однос помеѓу потрошувачка и производство на електрична енергија од Гевгелија

Последен параметар од сегментираните резултати претставува определување на однос помеѓу произведена и потрошена електрична енергија (Слика 68) во рамки на станбените единици. Вредностите за произведена електрична енергија се анализирани преку количество на финална електрична енергија која се произведува во рамки на покривни површини. Понатаму, вредностите за број на станбени единици е во насока на бројот на домаќинствата во рамки на анализираниите покривни површини. Потрошувачката на електрична енергија во едно домаќинство во Македонија (анализирана преку методите за производство на електрична енергија) изнесува 6,8 MWh на годишно ниво. Определување на соодносот помеѓу потрошувачката и производството на електрична енергија посочува на степен на енергетска автономност во рамки на станбените единици од анализираниите архитектонски објекти. Резултатите се распределени во 6 категории. Највисоко застапена категорија или повеќе од половина објекти имаат поголемо производство на енергија во однос на потрошувачката. Следуваат 9 објекти со процентуална вредност над 100%. Останатите категории имаат производство под прагот на потрошувачка. Резултатите посочуваат дека голем дел од анализираниите објекти имаат поголемо производство на електрична енергија во однос на потрошувачката што се посочува висок степен на енергетска автономност.

Табела 3- Резултати од површина хектар од урбан сегмент во Гевгелија

	покривна површина m ² /ha	корисна покривна површина m ² /ha	сончева енергија MWh/ha	електрична енергија MWh/ha	број на станбени единици/ha	однос помеѓу потрошувачка и производство на енергија (%)
Гевгелија	4287,22	2688,39	2922,50	402,14	38,56	148,99

Градски средини кои се наоѓаат во изменета средоземна клима според карактеристиките на град Гевгелија имаат покривна површина од 4287,22 m²/ha, при тоа покривна површина за интегрирање на ФВ системи изнесува 2688,39m²/ha. Според зададените просторни и климатски околности, капацитет за апсорпција на сончева енергија од постоечките покривни површини изнесува 2922,50 MWh/ha годишно, при тоа со интегрирање на повеќекристални ФВ системи потенцијал за производство на финална електрична енергија изнесува 402,14MWh/ha годишно. Капацитетот за производство електрична енергија од покривните површини може да покрие 330 станбени единици според просечна потрошувачка во домаќинствата во Македонија. Доколку се споредат бројот на станбени единици кој изнесува 222 се заклучува дека дополнително произведена енергија се третира на начин на складирање или пренесување кон централна енергетска мрежа. Доколку просечната потрошувачка на енергија е еквивалентна на 100%, добиените резултати за анализиран урбан сегмент на Гевгелија сугерираат дека 149% од произведената енергија ги покрива постоечките потрошувачки домаќинства.

4.2.2. Урбан сегмент- Градско

Табела 4- Резултати од урбан сегмент во Градско

Град	Број на објект	Град	Покривна површина m ²	Корисна покривна површина m ²	Сончева енергија MWh	Финална електрична енергија MWh	број на станбени единици	потрошувачка на енергија MWh	процент на производство и потрошувачка на енергија
Градско	GP1	Градско	319,23	125,63	132,93	18,29	4	27,2	67,25

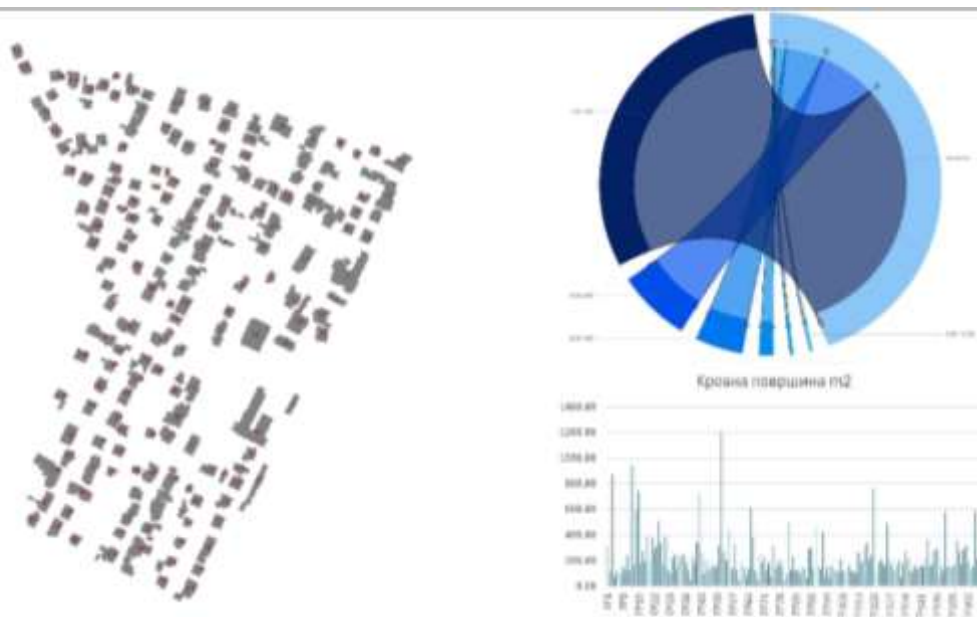
ГР2	Градско	120,10	61,81	67,22	9,25	1	6,8	136,03
ГР3	Градско	873,45	400,06	412,95	56,82	13	88,4	64,28
ГР4	Градско	78,71	38,50	42,23	5,81	2	13,6	42,73
ГР5	Градско	117,45	52,56	52,10	7,17	3	20,4	35,14
ГР6	Градско	164,97	84,94	91,02	12,52	4	27,2	46,05
ГР7	Градско	100,35	59,00	62,29	8,57	1	6,8	126,04
ГР8	Градско	153,45	77,56	85,67	11,79	3	20,4	57,79
ГР9	Градско	128,79	49,75	46,99	6,47	1	6,8	95,09
ГР10	Градско	240,80	156,75	171,22	23,56	2	13,6	173,23
ГР11	Градско	123,52	79,00	85,97	11,83	1	6,8	173,97
ГР12	Градско	942,70	496,88	526,44	72,44	13	88,4	81,94
ГР13	Градско	166,68	70,00	76,08	10,47	2	13,6	76,97
ГР14	Градско	594,99	316,25	340,33	46,83	0	0	/
ГР15	Градско	741,87	363,25	390,19	53,69	7	47,6	112,80
ГР16	Градско	174,33	118,81	128,12	17,63	1	6,8	259,26
ГР17	Градско	272,39	141,50	153,54	21,13	2	13,6	155,35
ГР18	Градско	195,30	114,50	126,43	17,40	0	0	/
ГР19	Градско	387,09	211,94	226,45	31,16	4	27,2	114,56
ГР20	Градско	188,24	116,69	124,96	17,19	1	6,8	252,86
ГР21	Градско	378,90	173,50	164,62	22,65	2	13,6	166,56
ГР22	Градско	285,93	118,69	111,95	15,40	0	0	/
ГР23	Градско	312,21	192,75	210,05	28,90	2	13,6	212,52
ГР24	Градско	504,72	308,94	343,01	47,20	2	13,6	347,05
ГР25	Градско	336,11	171,25	185,65	25,55	4	27,2	93,92
ГР26	Градско	162,94	114,94	121,69	16,74	1	6,8	246,24
ГР27	Градско	390,10	219,13	232,74	32,03	3	20,4	156,99
ГР28	Градско	126,90	74,94	79,60	10,95	1	6,8	161,07
ГР29	Градско	91,53	43,50	47,60	6,55	2	13,6	48,16
ГР30	Градско	217,49	104,50	108,20	14,89	2	13,6	109,48
ГР31	Градско	247,14	122,75	134,38	18,49	0	0	/
ГР32	Градско	143,10	71,06	82,77	11,39	0	0	/
ГР33	Градско	225,54	141,75	151,55	20,85	1	6,8	306,66
ГР34	Градско	241,83	128,63	128,17	17,64	2	13,6	129,68
ГР35	Градско	242,24	175,81	188,71	25,97	1	6,8	381,86
ГР36	Градско	181,35	117,19	120,45	16,57	1	6,8	243,74
ГР37	Градско	120,96	75,38	82,32	11,33	1	6,8	166,57
ГР38	Градско	45,90	26,63	30,24	4,16	1	6,8	61,20
ГР39	Градско	224,14	137,56	148,20	20,39	3	20,4	99,96
ГР40	Градско	172,89	99,00	99,75	13,73	4	27,2	50,46
ГР41	Градско	340,29	185,00	197,94	27,24	3	20,4	133,51
ГР42	Градско	728,78	402,38	456,39	62,80	0	0	/
ГР43	Градско	269,46	163,38	175,03	24,08	4	27,2	88,55
ГР44	Градско	97,51	43,50	46,86	6,45	0	0	/
ГР45	Градско	202,01	140,19	151,69	20,87	2	13,6	153,47
ГР46	Градско	126,36	60,94	68,26	9,39	2	13,6	69,06
ГР47	Градско	144,94	88,94	92,83	12,77	2	13,6	93,92
ГР48	Градско	172,76	82,94	91,43	12,58	1	6,8	185,02
ГР49	Градско	143,73	83,69	86,62	11,92	2	13,6	87,64
ГР50	Градско	160,70	84,25	91,43	12,58	2	13,6	92,50
ГР51	Градско	320,26	155,00	164,67	22,66	6	40,8	55,54

ГР52	Градско	1206,90	741,06	807,24	111,08	0	0	/
ГР53	Градско	269,51	113,63	127,62	17,56	3	20,4	86,08
ГР54	Градско	201,83	102,25	111,69	15,37	4	27,2	56,50
ГР55	Градско	450,99	249,25	261,83	36,03	4	27,2	132,45
ГР56	Градско	145,26	76,44	81,68	11,24	2	13,6	82,64
ГР57	Градско	132,57	67,06	73,51	10,11	2	13,6	74,37
ГР58	Градско	330,35	210,06	240,78	33,13	0	0	/
ГР59	Градско	130,05	77,31	83,81	11,53	1	6,8	169,58
ГР60	Градско	44,82	28,94	30,95	4,26	0	0	/
ГР61	Градско	171,99	96,94	103,42	14,23	4	27,2	52,32
ГР62	Градско	135,00	72,31	77,10	10,61	2	13,6	78,00
ГР63	Градско	77,49	28,88	30,01	4,13	0	0	/
ГР64	Градско	138,78	79,00	85,92	11,82	2	13,6	86,93
ГР65	Градско	609,71	384,94	418,92	57,64	6	40,8	141,28
ГР66	Градско	380,56	191,13	199,98	27,52	4	27,2	101,17
ГР67	Градско	120,96	66,81	72,10	9,92	2	13,6	72,95
ГР68	Градско	49,86	26,69	27,49	3,78	0	0	/
ГР69	Градско	245,65	135,69	152,12	20,93	2	13,6	153,91
ГР70	Градско	187,06	115,25	128,38	17,67	3	20,4	86,59
ГР71	Градско	227,83	109,31	120,41	16,57	2	13,6	121,83
ГР72	Градско	126,90	70,69	77,20	10,62	2	13,6	78,11
ГР73	Градско	182,07	112,94	125,33	17,25	2	13,6	126,81
ГР74	Градско	71,96	45,00	48,59	6,69	0	0	/
ГР75	Градско	318,38	188,94	209,18	28,78	0	0	/
ГР76	Градско	139,72	99,06	114,72	15,79	1	6,8	232,13
ГР77	Градско	164,43	88,00	99,03	13,63	4	27,2	50,10
ГР78	Градско	199,40	91,50	102,14	14,05	2	13,6	103,34
ГР79	Градско	153,54	82,31	90,85	12,50	2	13,6	91,92
ГР80	Градско	48,51	27,38	31,35	4,31	0	0	/
ГР81	Градско	91,26	52,31	57,42	7,90	4	27,2	29,05
ГР82	Градско	494,37	319,38	344,95	47,47	0	0	/
ГР83	Градско	124,02	64,56	70,93	9,76	2	13,6	71,76
ГР84	Градско	232,74	136,63	150,26	20,68	0	0	/
ГР85	Градско	122,85	74,81	83,00	11,42	1	6,8	167,96
ГР86	Градско	128,52	57,50	63,76	8,77	1	6,8	129,02
ГР87	Градско	93,11	68,38	77,81	10,71	2	13,6	78,72
ГР88	Градско	143,64	71,38	77,96	10,73	1	6,8	157,75
ГР89	Градско	133,78	77,00	84,33	11,60	2	13,6	85,32
ГР90	Градско	60,66	34,25	37,53	5,16	1	6,8	75,95
ГР91	Градско	291,28	162,19	173,88	23,93	3	20,4	117,28
ГР92	Градско	305,37	198,19	219,44	30,19	5	34	88,81
ГР93	Градско	142,15	91,69	100,23	13,79	2	13,6	101,41
ГР94	Градско	467,86	253,13	267,98	36,87	5	34	108,45
ГР95	Градско	152,37	88,56	98,99	13,62	2	13,6	100,16
ГР96	Градско	137,02	78,63	86,76	11,94	2	13,6	87,78
ГР97	Градско	423,54	249,19	271,54	37,36	4	27,2	137,36
ГР98	Градско	81,18	38,06	42,60	5,86	1	6,8	86,20
ГР99	Градско	147,42	91,94	98,95	13,62	2	13,6	100,12
ГР100	Градско	61,97	35,81	38,44	5,29	0	0	/
ГР101	Градско	157,68	93,94	99,16	13,64	2	13,6	100,33

ГР102	Градско	130,05	79,94	85,00	11,70	2	13,6	86,00
ГР103	Градско	119,07	69,00	75,31	10,36	2	13,6	76,19
ГР104	Градско	108,45	56,94	57,44	7,90	1	6,8	116,23
ГР105	Градско	211,73	116,63	125,10	17,21	2	13,6	126,58
ГР106	Градско	118,35	71,94	73,70	10,14	1	6,8	149,13
ГР107	Градско	118,44	65,44	71,17	9,79	2	13,6	72,01
ГР108	Градско	165,24	101,25	113,61	15,63	1	6,8	229,89
ГР109	Градско	156,60	94,19	105,57	14,53	4	27,2	53,41
ГР110	Градско	115,65	56,19	61,63	8,48	2	13,6	62,36
ГР111	Градско	118,12	61,13	63,02	8,67	1	6,8	127,52
ГР112	Градско	96,98	43,31	47,37	6,52	1	6,8	95,85
ГР113	Градско	267,34	168,63	184,54	25,39	2	13,6	186,71
ГР114	Градско	180,00	105,75	112,28	15,45	2	13,6	113,60
ГР115	Градско	193,63	128,44	140,01	19,26	2	13,6	141,65
ГР116	Градско	312,88	160,06	174,55	24,02	2	13,6	176,61
ГР117	Градско	340,15	199,88	227,12	31,25	4	27,2	114,90
ГР118	Градско	204,97	135,13	145,32	20,00	1	6,8	294,05
ГР119	Градско	241,92	118,25	132,19	18,19	3	20,4	89,16
ГР120	Градско	763,07	395,69	429,83	59,14	7	47,6	124,25
ГР121	Градско	122,85	68,50	73,06	10,05	2	13,6	73,92
ГР122	Градско	185,22	116,00	125,20	17,23	4	27,2	63,34
ГР123	Градско	212,76	124,69	135,69	18,67	1	6,8	274,57
ГР124	Градско	174,91	100,50	104,66	14,40	2	13,6	105,89
ГР125	Градско	152,37	103,81	111,01	15,28	2	13,6	112,32
ГР126	Градско	488,65	302,06	332,65	45,77	4	27,2	168,28
ГР127	Градско	194,62	103,19	114,88	15,81	2	13,6	116,23
ГР128	Градско	157,95	85,88	91,48	12,59	2	13,6	92,56
ГР129	Градско	127,13	70,25	75,79	10,43	2	13,6	76,68
ГР130	Градско	166,95	87,44	98,39	13,54	2	13,6	99,55
ГР131	Градско	200,16	68,44	73,37	10,10	2	13,6	74,24
ГР132	Градско	71,96	35,75	38,09	5,24	2	13,6	38,54
ГР133	Градско	173,84	97,50	102,21	14,06	2	13,6	103,41
ГР134	Градско	278,91	167,63	180,00	24,77	2	13,6	182,12
ГР135	Градско	217,03	108,31	116,13	15,98	3	20,4	78,33
ГР136	Градско	127,57	58,56	66,00	9,08	2	13,6	66,77
ГР137	Градско	109,67	55,13	64,10	8,82	1	6,8	129,71
ГР138	Градско	167,22	96,63	104,76	14,42	2	13,6	105,99
ГР139	Градско	134,28	71,38	81,27	11,18	2	13,6	82,22
ГР140	Градско	146,43	93,19	102,72	14,13	1	6,8	207,86
ГР141	Градско	166,14	98,13	108,26	14,90	3	20,4	73,02
ГР142	Градско	153,36	84,44	92,11	12,67	2	13,6	93,20
ГР143	Градско	215,86	157,19	175,79	24,19	4	27,2	88,93
ГР144	Градско	363,56	171,00	182,05	25,05	3	20,4	122,79
ГР145	Градско	153,45	74,94	83,18	11,45	1	6,8	168,31
ГР146	Градско	170,05	91,50	99,59	13,70	1	6,8	201,52
ГР147	Градско	278,51	99,25	108,96	14,99	3	20,4	73,50
ГР148	Градско	290,88	137,56	154,38	21,24	6	40,8	52,07
ГР149	Градско	74,25	40,75	43,66	6,01	0	0	/
ГР150	Градско	158,67	71,25	87,71	12,07	2	13,6	88,74
ГР151	Градско	121,77	64,50	70,17	9,65	2	13,6	70,99

ГР152	Градско	575,19	321,31	358,89	49,38	5	34	145,24
ГР153	Градско	150,30	104,75	107,67	14,82	1	6,8	217,87
ГР154	Градско	160,38	103,88	111,36	15,32	3	20,4	75,11
ГР155	Градско	152,96	89,44	92,89	12,78	1	6,8	187,97
ГР156	Градско	170,91	101,06	112,26	15,45	4	27,2	56,79
ГР157	Градско	357,93	181,81	205,16	28,23	8	54,4	51,89
ГР158	Градско	279,86	140,00	152,34	20,96	2	13,6	154,13
ГР159	Градско	171,04	98,38	107,09	14,73	1	6,8	216,69
ГР160	Градско	285,66	197,00	213,17	29,33	4	27,2	107,84
ГР161	Градско	319,59	154,69	171,43	23,59	3	20,4	115,63
ГР162	Градско	186,97	106,88	114,73	15,79	1	6,8	232,17
ГР163	Градско	125,59	59,00	64,66	8,90	2	13,6	65,42
ГР164	Градско	154,44	67,13	74,79	10,29	2	13,6	75,67
ГР165	Градско	582,84	354,50	385,33	53,02	4	27,2	194,93
ГР166	Градско	219,46	93,31	98,22	13,52	2	13,6	99,38
ГР167	Градско	281,79	154,56	163,97	22,56	2	13,6	165,89
ГР168	Градско	154,98	41,44	40,90	5,63	1	6,8	82,76

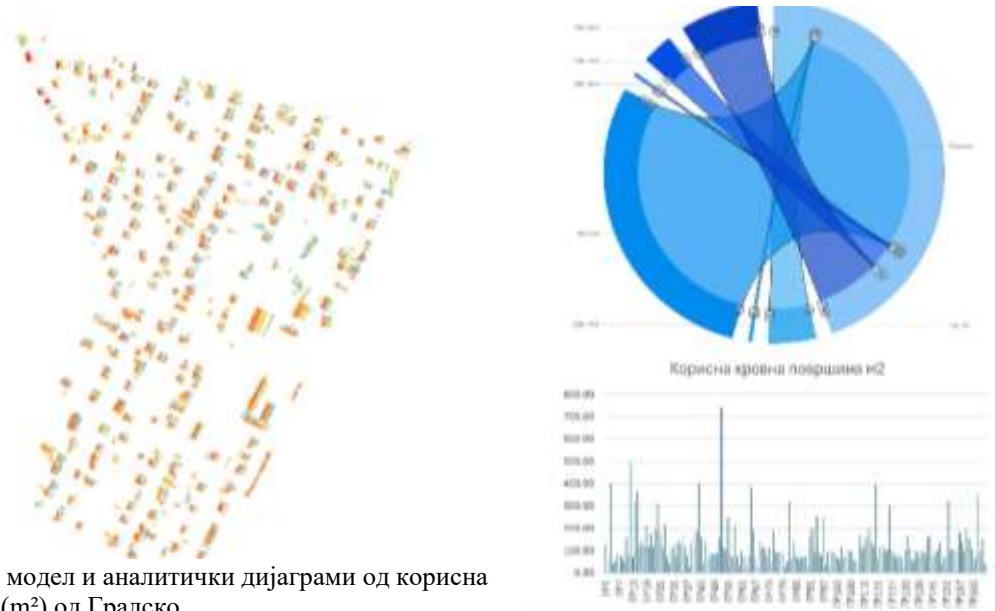
Во рамки на истражувањето анализиран е урбан сегмент од Градско со површина од 157316,08 m² кој опфаќа повеќе од половина површина на градот. Во рамки на анализираниот сегмент идентификувани се 168 архитектонски објекти. Поединечните објекти се нумерирани најпрвин со кратенката ГР што следува бројот на архитектонски објект препознаен од (Слика 69).



Слика 69- Векторски модел и аналитички дијаграми од покривна површина (m²) од Градско

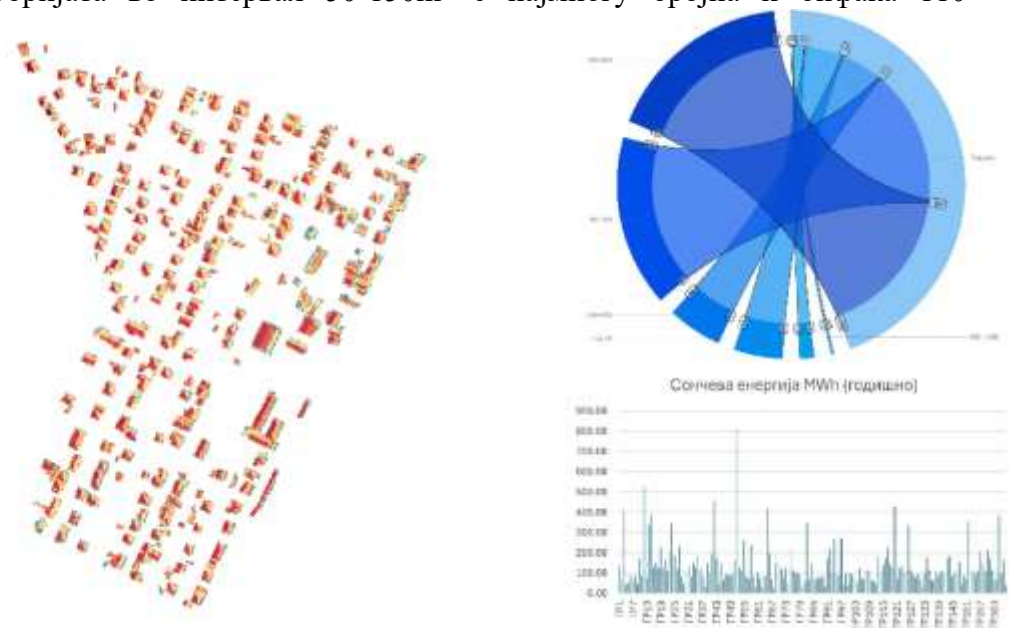
Вкупната површина од анализираниите покриви изнесува 38147,53 m². Поединечните вредности од **покривните површини** (Слика 69) се групирани во 4 интервали со примена на емпириски методи на истражување. Процесот на распределба се однесува во следните интервали: 118 објекти со покривна површина 100-300 m², 26 објекти со покривна површина 300-600m², 17 објекти со покривна површина под 100m² и 5 објекти со покривна површина 600-900m². Од споредбената анализа на категоризација на покривните површини се заклучува дека најголем број на архитектонски објекти или 2/3 од вкупниот број на објекти во Градско имаат покривна површина категоризирана

понеѓу 100 и 300m². Добиената вредност покажува висока концентрација на една категорија која преовладува во бројот на архитектонски објекти. Вредностите на покривните површини категоризирани во неколку групи покажуваат конзистентност на бројот на објекти во однос на вредноста на покривните површини. Поделбата во интервали и процентуалната распределба ги карактеризира архитектонските објекти со релативно мала покривна површина кои се анализирани во урбан сегмент на град Градско.



Слика 70- Растерски модел и аналитички дијаграми од корисна покривна површина (m²) од Градско

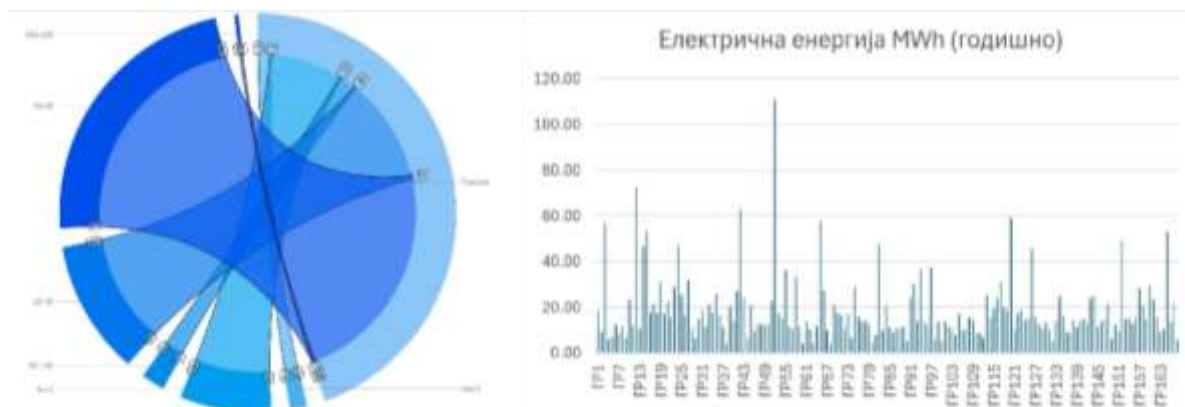
Покрај ортогоналната проекција на покривните површини, во истражувањето се анализирани и вредноста од вкупната геометрија на покривните површини во однос на наклонетиот агол. Во истражувањето се добиени резултати кои се однесуваат на **корисна покривна површина** (Слика 70) погодна за интегрирање на ФВ системи кои површината на ниво на анализиран урбан сегмент изнесува 21061,88 m². Резултатите од вредноста на покривна површина за инсталирање на ФВ системи се распределени во 4 категории. Категоријата во интервал 50-150m² е најмногу бројна и опфаќа 110



Слика 71- Растерски модел и аналитички дијаграми од сончева енергија (MWh) Гевгелија

архитектонски објекти или 65,48% од анализиран урбан сегмент. Следува 28 објекти со вредност на покривна површина 150-300m², понатаму 17 објекти под 50m² и на крај 11 објекти со вредност на корисна покривна површина од 300-450m². Од добиените резултати на категоризација на корисна покривна површина се заклучува дека вредностите се многу слични како и кај покривна површина. Најчесто застапени вредности на категоризацијата на покривна површина се помеѓу 50-150 m². Сепак, очигледни се мали отстапувања кои претставуваат однос помеѓу корисна и покривна површина. Од добиените вредности се заклучува концентрација на една категорија која преовладува во бројот на архитектонски објекти.

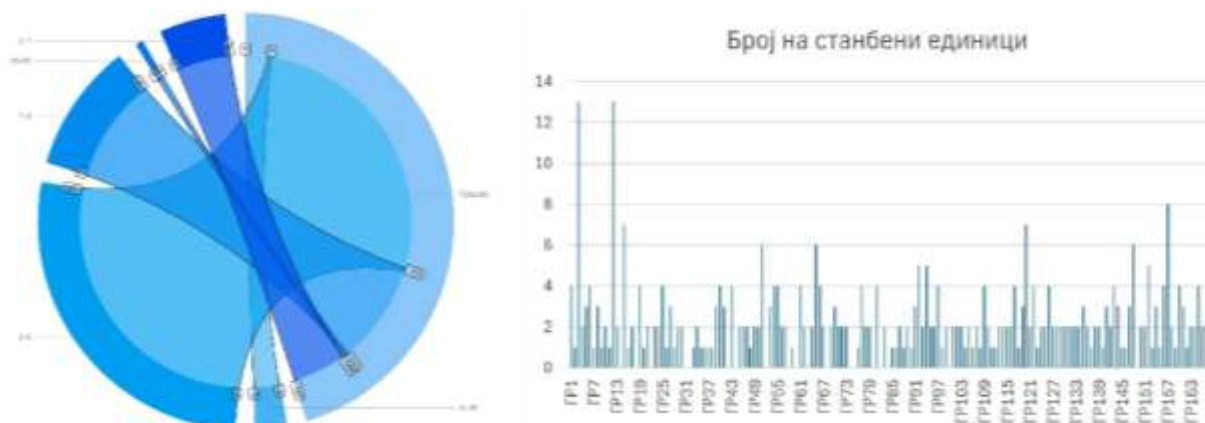
Во резултатите од истражувањето се вклучени и показатели кои се однесуваат на вредноста на **сончевата енергија** (Слика 71) која на ниво на анализиран урбан сегмент изнесува 22814,15 MWh. Вредноста на резултатите од сончева енергија од поединечните објекти се распределени во 6 интервали. Од категоризираните резултати највисока застапеност се однесува на 66 објекти односно 60 објекти со сончев потенцијал 100-200MWh односно 50-100MWh. Следуваат 19 односно 17 архитектонски објекти со сончев потенцијал 200-400MWh односно под50MWh. Најниска вредност се однесува на 5 односно 1 архитектонски објект со сончев потенцијал од 400-800MWh односно 800-1200MWh. Од вредноста на сончевата енергија и категоризацијата на поединечните архитектонски објекти воочлива е тенденцијата на висока вредност на две категории резултати што ги сочинуваат над 75% од архитектонските објекти кои имаат вредност 50-200 MWh. Добиените вредности укажуваат на висок степен на сончева радијација која влијае на наклонетите покривни површини, при тоа придонесува кон висока вредност на сончева енергија. Од резултатите се извелкува образец на повеќемодална распределба на сончевите потенцијали од анализираниот урбан сегмент.



Слика 72- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од финална електрична енергија (MWh) од Градско

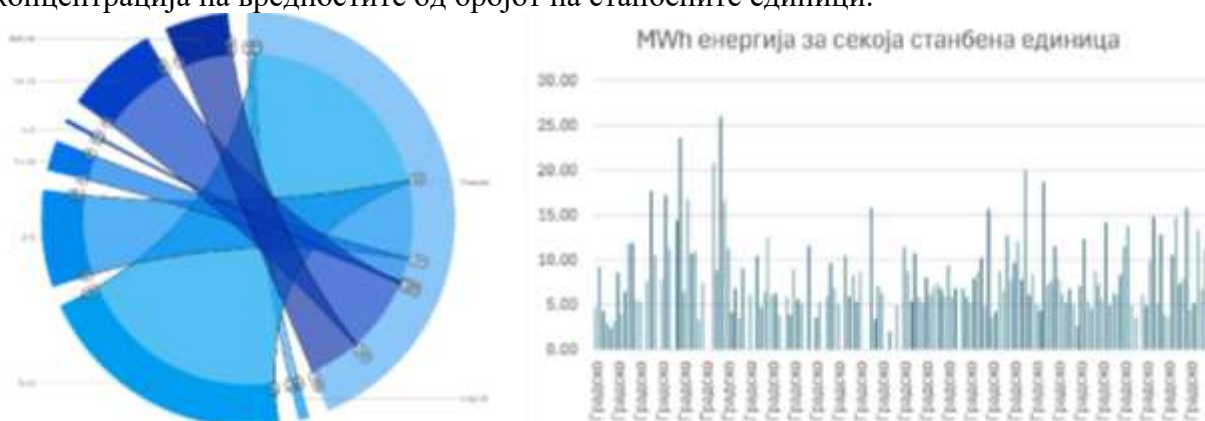
Резултатите добиени со квантифицирање на сончева енергија претставуваат основа за резултати од вредноста на **електрична енергија** (Слика 72) која изнесува 3139,23 MWh на ниво на анализиран урбан сегмент. Анализа на поединечните архитектонски објекти од аспект на електрична енергија се распределени во 6 категории. Најзастапена категорија од 86 архитектонски објекти се однесува на 51,19% од вкупниот број на објекти со енергетски потенцијал 10-20MWh. Следуваат следните категории: 41 објект 20-50MWh, 27 објекти 5-10MWh, 7 објекти 50-100MWh, 5 објекти под 5MWh и 1 објект 100-200MWh. Со категоризација на вредностите од електрична енергија се забележува широк опфат на енергетски потенцијал на поединечните објекти. Од категоризацијата на вредностите се забележува концентрациј еден вид категорија која е најчесто присутна. Половина од архитектонските објекти имаат енергетски потенцијал помеѓу

20-50MWh. Доколку се земе предвид дека најчесто се среќава едно семејни станбени објекти евидентен е високиот степен/интензитет на енергетски потенцијал. Од резултатите се заклучува дека распределбата на вредностите од електрична енергија се со едномодален образец.



Слика 73- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од број на станбени единици од Градско

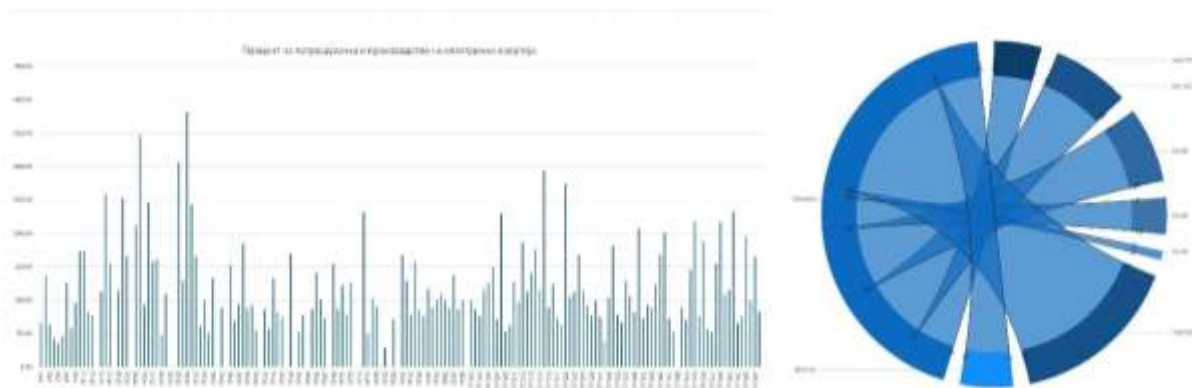
Во рамки на секој анализиран архитектонски објект препознаени се соодветен број на **станбени единици** (Слика 73). Во примерот со анализиран урбан сегмент од Градско препознаени се 377 домаќинства. Вредноста на резултатите од број на станбени единици се распределени во 5 категории. Најзастапена категорија од 101 објект или 60,12% од вкупниот број на анализирани објекти со вредност од 2-5 станбени единици. Следуваат следните интервали: 37 објекти од 1 станбена единица, 19 објекти без станбени единици, 9 објекти со 5-10 станбени единици и 2 објекти со 10-20 станбени единици. Од вредноста на резултатите се забележува дека една група е со доминантно присуство според бројот на станбени единици. Следствено, категоризацијата на резултатите покажува висока концентрација на вредностите од бројот на станбените единици.



Слика 74- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од финална електрична енергија за секоја станбени единици од Градско

Добиените резултати претставуваат анализа на производството на енергија од покривната површина за секоја станбена единица (Слика 74) пропорционално распределена во рамки на секој објект поединечно. Анализа на архитектонските објекти

од аспект на производство електрична енергија за секоја станбена единица се распределени во 6 категории. Категоријата со највисок број на објекти се однесува на 79 примери или 53,02% од анализираниите објекти за производство на електрична енергија 5-10MWh. Следуваат следните вредности: 29 објекти 2-5MWh, 28 објекти 10-15MWh, 9 објекти 15-20MWh, 3 објекти над 20MWh и 1 објект 1-2MWh. Категоризацијата на електричната енергија за секоја станбена единица покажува вредности кои се делумно концентрирани. Концентрираната карактеристика се однесува во тоа што повеќе од половина резултати припаѓаат на една категорија. Останата половина е распределена преку две доминантни категории. Во секој случај, квантитативната вредност на ниво на анализираниот урбан сегмент покажува високи вредности на енергетските капацитети за секоја станбена единица. Од резултатите се препознава образец на дво модална распределба од аспект на електрична енергија за секоја станбена единица.



Слика 75- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од однос помеѓу потрошувачка и производство на електрична енергија од Градско

Последен параметар од сегментираните резултати претставува определување на однос помеѓу **произведена и потрошена електрична енергија** (Слика 75) во рамки на станбените единици. Вредностите за произведена електрична енергија се анализирани преку количество на финална електрична енергија која се произведува во рамки на покривни површини. Понатаму, вредностите за број на станбени единици е во насока потрошувачката на електрична енергија во едно домаќинство во Македонија (анализирана преку методите за производство на електрична енергија) изнесува 6,8 MWh на годишно ниво. Примена на методите за производство (односно потрошувачка) на електрична енергија и методите на квантифицирање на станбените единици резултира со вредности за вкупната енергетска потрошувачка во рамки на анализираниите покривни површини. Определување на соодносот помеѓу потрошувачката и производството на електрична енергија посочува на степен на енергетска автономност во рамки на станбените единици од анализираниите архитектонски објекти. Резултатите се распределени во 6 категории. Највисоко застапена категорија се однесува на 61 објект кои имаат поголемо производство на електрична енергија во однос на потрошувачката и претставуваат енергетски автономни објекти. Останатите категории имаат вредност која е под нивото на потребите за потрошувачка на електрична енергија. Резултатите посочуваат дека голем дел од анализираниите објекти имаат висока вредност на производство на електрична енергија во однос на потрошувачката што се посочува висок степен на енергетска автономност. Начинот на распределба на вредностите во однос на категориите претставува повеќемодален образец. Резултатите посочуваат дека голем дел од анализираниите објекти имаат поголемо производство на електрична енергија во однос на потрошувачката што се посочува висок степен на енергетска автономност.

Табела 5- Резултати од површина хектар од урбан сегмент во Градско

	покривна површина m ² /ha	корисна покривна површина m ² /ha	сончева енергија MWh/ha	електрична енергија MWh/ha	број на станбени единици/ha	однос помеѓу потрошувачка и производство на енергија (%)
Градско	2424,90	1338,83	1450,21	199,55	23,96	118,96

Градските средини кои се наоѓаат во климатски подрачја кои се на граница помеѓу изменета средоземна и топла континентална клима според анализираните примери на Градско имаат густина на изграденост од 2424,90 m²/ha, при тоа густината на покривни површини за интегрирање на ФВ системи изнесува 1338,83 m²/ha. Зададениот просторен и климатски контекст се карактеризира со капацитет за апсорпција на сончева енергија во вредност 1450,21 MWh/ha годишно, при тоа со интегрирање на повеќекристални ФВ системи производството на финална електрична енергија изнесува 199,55 MWh/ha. Густината на населеност според резултатите од истражувањето изнесува 23,96 станбени единици на површина хектар. Доколку се направи сооднос на резултатите се заклучува дека анализираните примери во Градско имаат енергетска независност што значи 118,96% поголемо производство на електрична енергија во однос на потрошувачката.

4.2.3. Урбан сегмент- Дебар Маало

Табела 6- Резултати од урбан сегмент во Дебар Маало

	Број на објект	Град	Покривна површина m ²	Корисна покривна површина m ²	Сончева енергија MWh	Финална електрична енергија MWh	број на станбени единици	потрошувачка на енергија MWh	процент на производство и потрошувачка на ЕЕ
Дебар Маало	ДМ1	Дебар Маало	454,41	326,88	352,25	48,47	45	306	15,84
	ДМ2	Дебар Маало	216,37	94,81	81,33	11,19	0	0	/
	ДМ3	Дебар Маало	714,33	427,38	460,08	63,31	24	163,2	38,79
	ДМ4	Дебар Маало	882,08	579,94	636,77	87,62	37	251,6	34,83
	ДМ5	Дебар Маало	458,98	316,00	334,54	46,03	30	204	22,57
	ДМ6	Дебар Маало	185,58	102,94	104,20	14,34	2	13,6	105,43
	ДМ7	Дебар Маало	163,80	101,38	108,42	14,92	4	27,2	54,85
	ДМ8	Дебар Маало	707,67	296,56	312,39	42,98	13	88,4	48,63
	ДМ9	Дебар Маало	273,42	189,25	216,68	29,82	9	61,2	48,72
	ДМ10	Дебар Маало	758,61	470,75	523,17	71,99	22	149,6	48,12
	ДМ11	Дебар Маало	299,75	176,88	177,63	24,44	5	34	71,89
	ДМ12	Дебар Маало	247,23	166,13	189,76	26,11	10	68	38,40
	ДМ13	Дебар Маало	817,24	603,44	699,62	96,27	55	374	25,74

ДМ14	Дебар Маало	459,00	180,38	225,58	31,04	30	204	15,22
ДМ15	Дебар Маало	365,44	135,25	145,28	19,99	6	40,8	48,99
ДМ16	Дебар Маало	572,35	289,81	316,07	43,49	19	129,2	33,66
ДМ17	Дебар Маало	294,30	167,31	183,88	25,30	17	115,6	21,89
ДМ18	Дебар Маало	2948,29	1457,56	1590,39	218,84	101	686,8	31,86
ДМ19	Дебар Маало	520,29	262,44	270,07	37,16	14	95,2	39,04
ДМ20	Дебар Маало	1018,59	492,63	535,93	73,74	76	516,8	14,27
ДМ21	Дебар Маало	678,69	497,56	548,06	75,41	3	20,4	369,67
ДМ22	Дебар Маало	184,23	120,56	132,88	18,28	10	68	26,89
ДМ23	Дебар Маало	188,37	83,81	74,88	10,30	0	0	/
ДМ24	Дебар Маало	623,71	416,13	439,63	60,49	22	149,6	40,44
ДМ25	Дебар Маало	776,84	381,44	411,80	56,66	28	190,4	29,76
ДМ26	Дебар Маало	3244,16	1668,94	1804,65	248,32	120	816	30,43
ДМ27	Дебар Маало	143,10	83,56	90,75	12,49	2	13,6	91,82
ДМ28	Дебар Маало	372,33	179,94	183,97	25,31	13	88,4	28,64
ДМ29	Дебар Маало	2347,49	1112,56	1217,78	167,57	93	632,4	26,50
ДМ30	Дебар Маало	443,29	247,75	264,96	36,46	19	129,2	28,22
ДМ31	Дебар Маало	1089,09	675,69	789,50	108,64	55	374	29,05
ДМ32	Дебар Маало	289,17	199,81	222,64	30,64	17	115,6	26,50
ДМ33	Дебар Маало	1291,05	702,75	779,12	107,21	58	394,4	27,18
ДМ34	Дебар Маало	353,87	182,38	196,80	27,08	14	95,2	28,44
ДМ35	Дебар Маало	1049,40	645,81	719,30	98,98	65	442	22,39
ДМ36	Дебар Маало	1075,18	493,06	537,87	74,01	19	129,2	57,28
ДМ37	Дебар Маало	3685,31	1682,38	1868,42	257,09	144	979,2	26,26

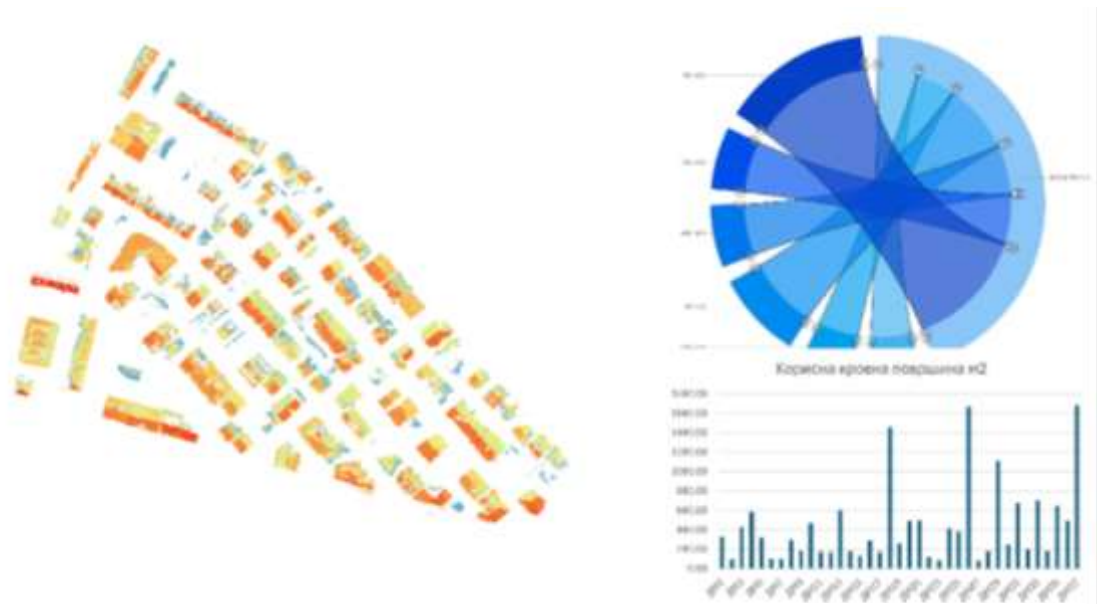
Резултатите од истражувањето прикажуваат резултати од град Скопје во рамки на населба Дебар Маало. Површината од урбан сегмент изнесува 56605,47 m². Во рамки на идентификуваната и анализирана локација, препознаени се 37 архитектонски објекти. Во



Слика 76- Векторски модел и аналитички дијаграми од покривна површина (m²) од Дебар Маало

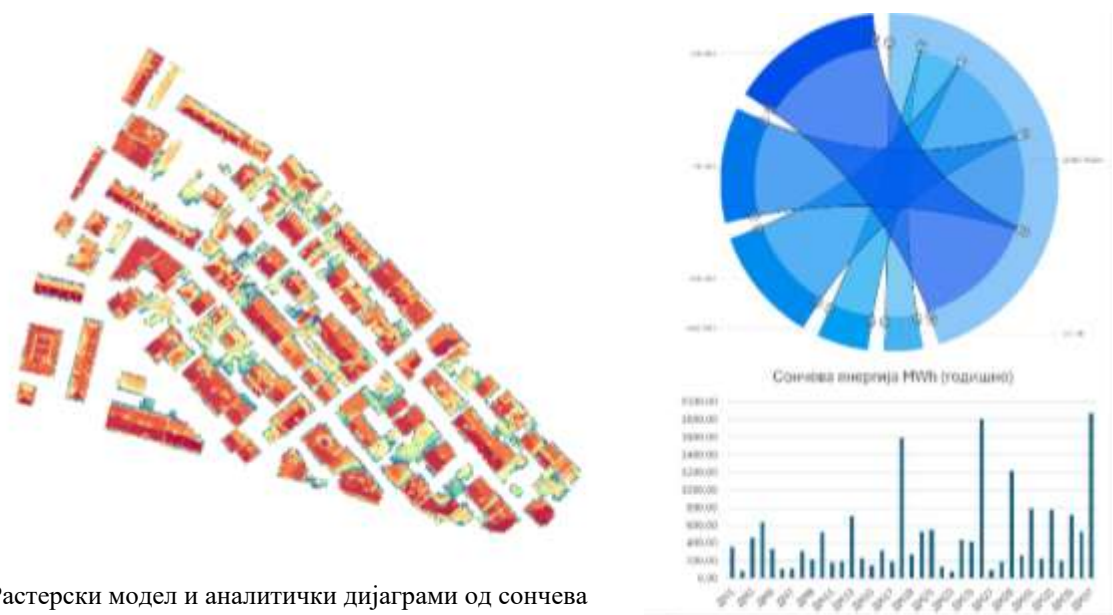
аналитичките прилози кои следат објаснети се резултати каде што секој објект е означен со кратенка ДМ, што следува бројот на архитектонски објект.

Примена на метод документирање изградени покривни површини резултираат со графички прилози од **основа на покривна површина** (Слика 76). Вредноста на параметарот за основа на покривна површина од анализираниите објекти во рамки на урбаниот сегмент изнесува 30193,02 m². Анализираниите 37 архитектонски објекти се распределени во 6 категории. Распределувањето на вредностите се однесува на следните интервали: 11 објекти со покривна површина 100-300m², 9 објекти со покривна површина 300-600m², 8 објекти со покривна површина 600-900m², 4 објекти со покривна површина 900-1200m² односно над 1800 m² и 1 објект со покривна површина 1200-1500m². Од распределбата на вредностите од анализираниите објекти се согледува намалување на бројот на објекти со зголемување на вредноста на покривна површина. Сепак, тоа намалување е значително мало во споредба со доминатните категории на анализираниите покривни површини. Од распределбата во интервали се согледува дека вредноста на покривна површина претставува повеќемодален тип.



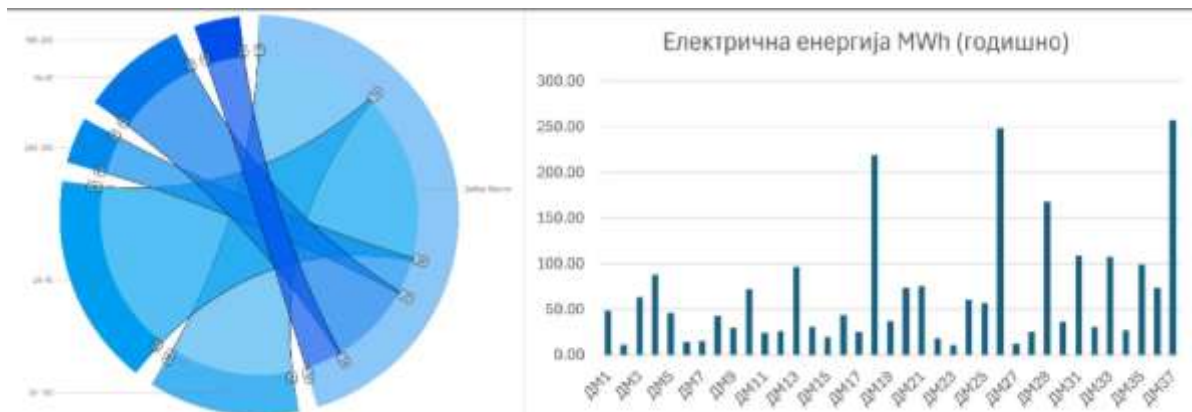
Слика 77- Растерски модел и аналитички дијаграми од корисна покривна површина (m²) од Дебар Маало

Покрај ортогоналната проекција на покривните површини, во истражувањето се анализирани вредноста од **корисна покривна површина** (Слика 78) погодна за интегрирање на ФВ системи. Примена на методите за документирање покривни површини и квантифицирање на влијание од сончевите зраци резултира со вредност на корисна покривна површина. Вредноста за корисна покривна површина од објектите во рамки на урбаниот сегмент изнесува 16211,81 m². Резултатите од вредноста на покривна површина за инсталирање на ФВ системи се распределени во 6 категории. Највисоко застапената категорија се однесува на 12 објекти или 32,43% од вкупниот број на анализирани објекти со корисна покривна површина 150-300m². Следува категоријата од 7 објекти со вредност од 50-150m², понатаму 5 објекти во категориите 300-450m² односно 450-600m² и 4 објекти во категориите 600-750m² односно над 900m². Резултатите кои се однесуваат на покривна површина за инсталирање на ФВ системи се од концентриран карактер во кој преовладува една категорија, додека останатите категории се повеќебројни, но со помали вредности од корисна покривна површина.



Слика 78- Растерски модел и аналитички дијаграми од сончева енергија (MWh) Дебар Маало

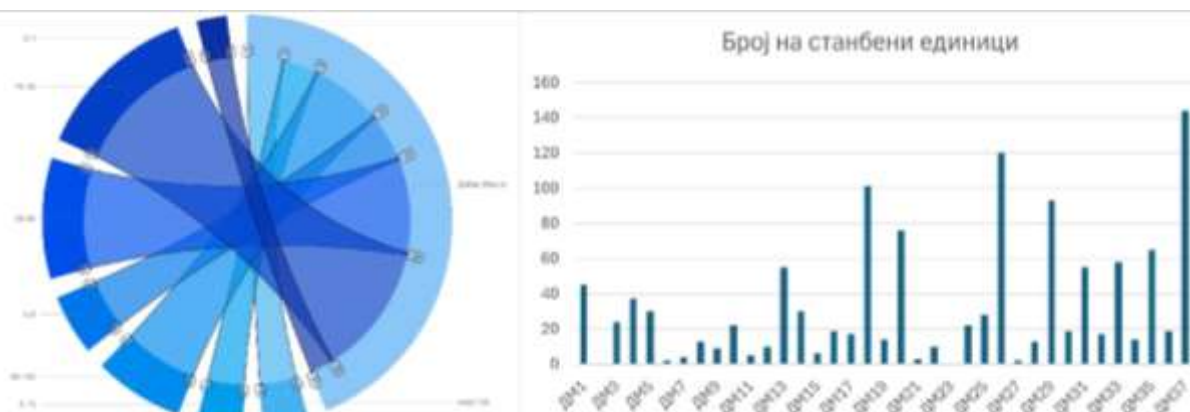
Покрај просторните показатели, во резултатите од истражувањето се вклучени и резултати кои се однесуваат на **сончевата енергија** (Слика 77). Во рамки на анализираната локација во населба Дебар Маало вредноста на сончевата енергија од анализираните покривни површини изнесува 17747,00 MWh. Вредноста на резултатите кои се однесуваат на сончев потенцијал се категоризирани во 5 интервали. Највисоко застапена категорија од 400-800MWh се однесува на 12 архитектонски објекти или 32,43% од вкупниот број на анализирани објекти. Следува вредноста на 9 архитектонски објекти од следните категории: 100-200MWh и 200-400MWh. Останатите интервали се однесуваат на 3 односно 4 објекти со вредност на сончев потенцијал од 50-100MWh односно над 1200 MWh. Од анализа на интервалите на вредноста на сончевата енергија се забележува повеќе категории кои имаат висока вредност. Според тоа се заклучува образецот на повеќемодална распределба на сончевиот потенцијал од анализираниот урбан сегмент на населба Дебар Маало.



Слика 79- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од финална електрична енергија (MWh) од Гевгелија

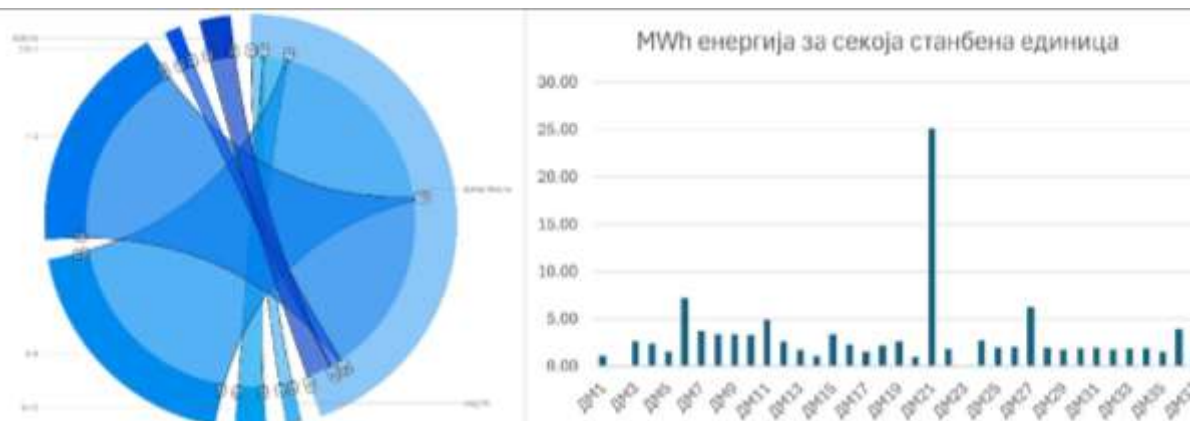
Резултатите добиени од квантифицирање на сончевата енергија претставуваат основа за резултатите на вредноста од **(финална) електрична енергија** (Слика 79). Процесот на претворање од сончева во електрична енергија е составен дел од методологијата за производство на електрична енергија во рамки на ФВ системи интегрирани врз изградени покривни површини. Анализа на архитектонските објекти од аспект на електрична енергија се распределени во 5 категории. Највисока вредност се однесува на интервал 20-50MWh од 14 архитектонски објекти или 37,84% од вкупниот број на анализирани примери. Следува вредноста од 10 објекти со енергетски потенцијал од 50-100MWh, понатаму 7 објекти со енергетски потенцијал 10-20MWh, 3 објекти производство на електрична енергија 100-200MWh односно 200-500MWh. Од резултатите се забележува дека една категорија има висок број на архитектонски објекти но со релативен низок степен на енергетски потенцијал. Категоризацијата на резултати покажува дека распределбата на вредности претставува комбинација од концентриран и двомодален карактер на интервалите кои се однесуваат на енергетски потенцијал од изградени покривни површини во населба Дебар Маало.

Во рамки на секој анализиран објект од населба Дебар Маало препознаени се



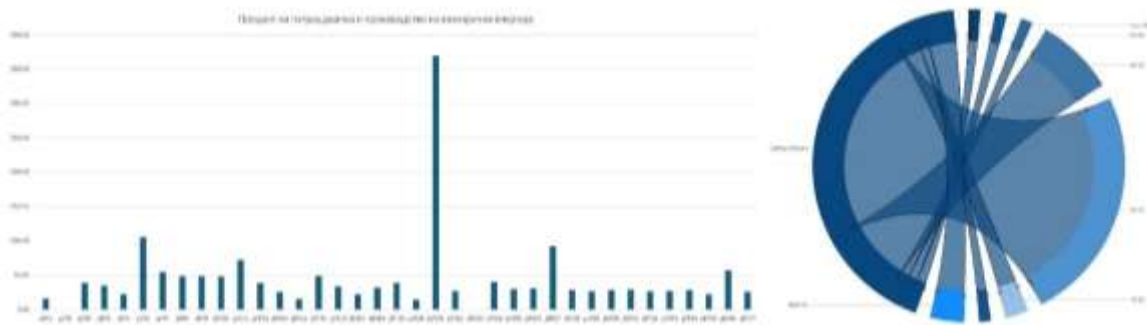
Слика 81- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од број на станбени единици од Дебар Маало

соодветен **број на станбени единици** (Слика 80). Од анализа на бројот на станбени единици, регистрирани се 1201 домаќинства. Квантитативната вредност која се однесува на број на станбени единици од секој архитектонски објект е распределена во 7 интервали. Категориите со највисок број на објекти се однесува на 11 објекти или 29,73% кои имаат вредност на станбени единици во интервал 10-20. Следуваат бројот на објекти со следните станбени единици: 8 објекти со станбени единици 20-50, 5 објекти со станбени единици 50-100, 4 објекти со станбени единици 2-5, 3 објекти со станбени единици над 100 и 2 објекти без станбени единици. Од вредноста на резултатите се забележува дека повеќе групи на бројот од станбени единици доминираат. Според тоа, се препознава дво модален со елементи на повеќемодален образец на распределба на бројот на станбените единици во рамки на анализаната локација во населба Дебар Маало.



Слика 80- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од финална електрична енергија за секоја станбени единици од Дебар Маало

Производство на електрична енергија за секоја станбена единица. (Слика 81) Составен дел од истражувањето претставува вредноста за електрична енергија за секоја станбена единица во рамки на анализаните архитектонски објекти. Добиените резултати се распределени во 5 категории. Највисоко застапената категорија се однесува на 16 архитектонски објекти или 45,71% од вкупниот број на анализирани објекти со енергетски потенцијал 2-5MWh за секоја станбена единица. Втората вредност по застапеност се однесува на 15 архитектонски објекти со производство на електрична енергија 1-2MWh за секоја станбена единица. Останатите категории се опфатени под 10% од вкупниот број на архитектонски објекти. Од резултатите се забележува дека две



Слика 82- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од однос помеѓу потрошувачка и производство на електрична енергија од Дебар Маало

категории имаат најголем број на архитектонски објекти со релативно низок степен на енергетски потенцијал во рамките на секоја станбена единица. Според тоа, во вредноста на интервалите се забележува дво модален образец и распределба на електрична енергија за секоја станбена единица.

Резултати од истражувањето на населба Дебар Маало вклучуваат **однос помеѓу произведена и потрошена електрична енергија** (Слика 82) во рамки на станбените единици. Резултатите од анализиран урбан сегмент се распределени во 8 категории. Највисоко застапена категорија се однесува на 21 објект со однос помеѓу потрошувачка и производство на електрична енергија во интервал 20-40%. Следува категоријата 40-60% која се однесува на 7 објекти. Останатите категории се опфатени со помалку од 3 објекти. Добиените вредности посочуваат дека само еден ги надминува вредностите за производство на енергија во однос на потребите за потрошувачката. Резултатите од категоризацијата посочуваат на концентрирана распределба каде што преовладува една категорија. Вредноста на резултатите покажува дека производството на електрична енергија од покривната површина не ги задоволува условите на енергетска автономност.

Табела 7- Резултати од површина хектар од урбан сегмент од Дебар Маало

	покривна површина m ² /ha	корисна покривна површина m ² /ha	сончева енергија MWh/ha	електрична енергија MWh/ha	број на станбени единици/ha	однос помеѓу потрошувачка и производство на енергија (%)
Дебар Маало	5333,94	2864,00	3135,22	431,41	212,17	29,05

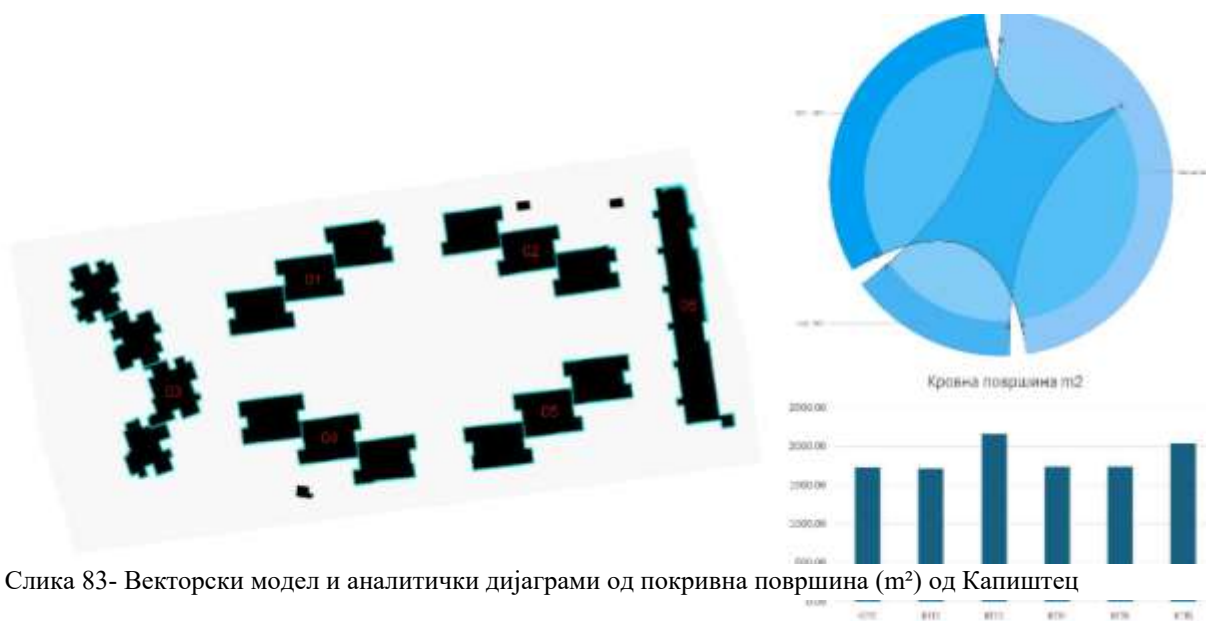
Анализираните примери во град Скопје кои се наоѓаат во климатски подрачја со топла континентална клима кои според примерот на Дебар Маало имаат густина на изграденост од 5333,94 m²/ha. Густината на изграденост во однос на корисна покривна површина за интегрирање на ФВ системи изнесува 2864,00 m²/ha. Позиционирањето во просторен контекст резултираат со степен на апсорпција на сончевата енергија во рамки на анализираните покривни површини во Дебар Маало изнесува 3135,22 m²/ha. Производство на финална електрична енергија од анализираните покривни површини од Дебар Маало изнесува 431,41 MWh/ha. Густината на населеност од анализираните локации изнесува: 212,17 станбени единици/ha. Поради висок број на станбени единици во рамки на анализираната локација во Дебар Маало производството на енергија не е достигнато според енергетската потрошувачка. Вредноста на соодносот помеѓу потрошувачка и производство на електрична енергија во Дебар Маало изнесува 29,05%. Ниската процентуална вредности посочува висока густина на изграденост и висок број на станбени единици во споредба со ограничена покривна површина за интегрирање на ФВ системи.

4.2.4. Урбан сегмент- Капиштец

Табела 8- Резултати од урбан сегмент во Капиштец

	Број на објект	Град	Покривна поовршина m ²	Корисна покривна површина m ²	Сончева енергија MWh	Финална електрична енергија MWh	број на станбени единици	потрошувачка на енергија MWh	процент на производство и потрошувачка на БЕ
Капиштец	КП1	Капиштец	1733,09	601,38	677,48	93,22	123	836,4	11,15
	КП2	Капиштец	1714,34	587,75	651,20	89,61	162	1101,6	8,13
	КП3	Капиштец	2157,87	1166,56	1296,97	178,46	190	1292	13,81
	КП4	Капиштец	1736,78	870,69	1039,19	142,99	187	1271,6	11,25
	КП5	Капиштец	1735,11	878,56	1037,19	142,72	183	1244,4	11,47
	КП6	Капиштец	2042,21	1188,44	1320,13	181,65	190	1292	14,06

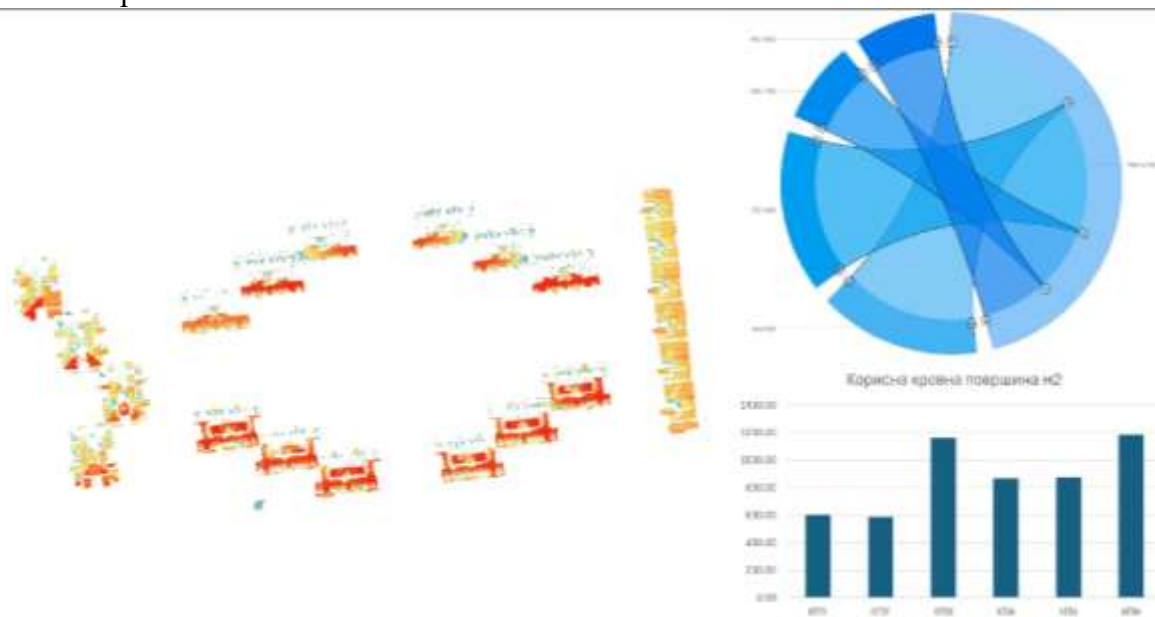
Во рамки на град Скопје анализиран е урбан сегмент во населба Капиштец. Површината на анализираниот сегмент од населбата изнесува 44613,57m². Во рамки на идентификуваната и анализирана локација, при тоа на основа на резултатите од (Слика 83) препознаени се 6 архитектонски објекти. Секој објект е нумериран најпрвин со кратенката КП, што следува бројот на архитектонски објект.



Слика 83- Векторски модел и аналитички дијаграми од покривна површина (m²) од Капиштец

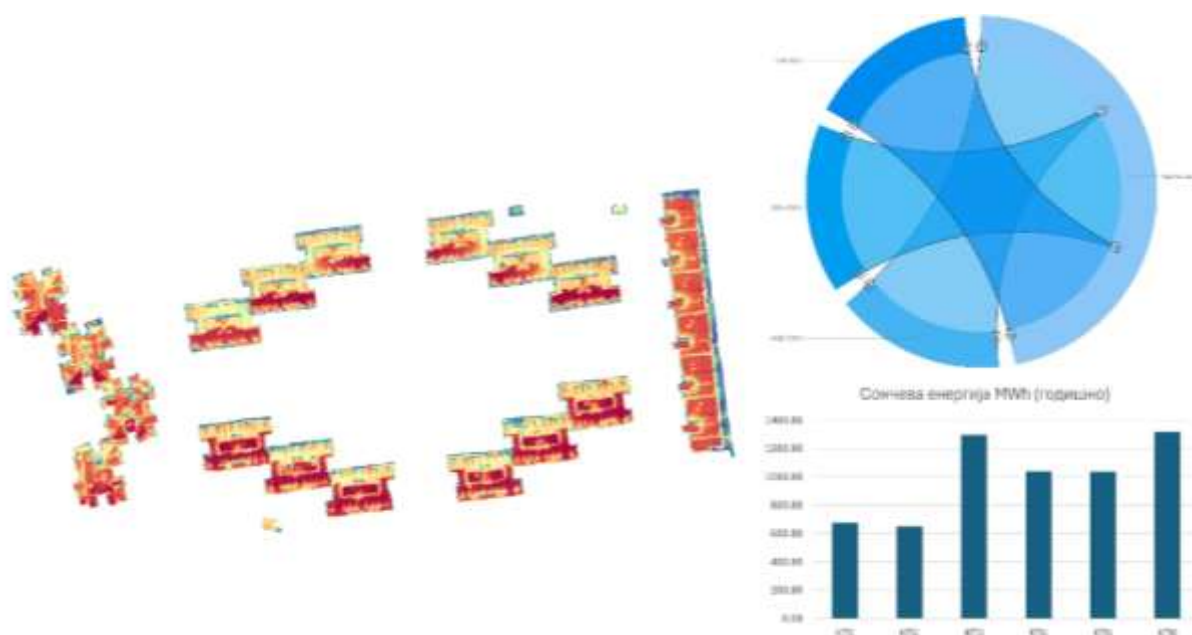
Вкупната **покривна површина** (Слика 83) во ортогонална проекција од анализираните објекти изнесува 11119,40 m². Анализираните 6 архитектонски објекти се распределени во 2 интервали од аспект на вредноста на основата од покривната површина. Во интервал 1500-1800m² се препознаени 4 објекти, додека во интервал над 1800m² се препознаени 2 објекти. Од категоризацијата на вредностите, се забележува дека преовладува категоријата со вредност на покривна површина помеѓу 1500-1800m². Од процесот на распределба во интервали се заклучува дека архитектонските објекти групирани во две категории со нерамномерна распределеност. Образецот на интервали

покажува концентрирана распределба на вредностите кои се однесуваат на основата од покривна површина.



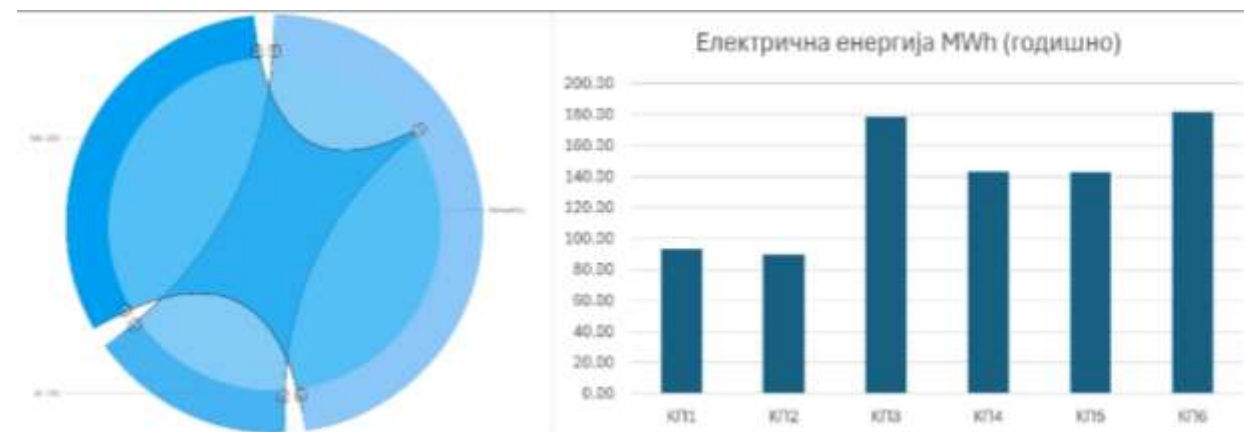
Слика 84- Растерски модел и аналитички дијаграми од корисна покривна површина (m²) од Капиштец

Вредноста на **корисна покривна површина** (Слика 84) во која се вклучени наклонет агол и правец изнесува 5293,38 m². Квантитативната вредност од резултатите кои се однесуваат на корисна покривна површина се распределени во 4 категории. Категориите во интервал 750-900m² и над 900m² се однесуваат на 2 објекти, додека категориите 450-600m² и 600-750m² се однесуваат на 1 архитектонски објекти. Категоризацијата на вредности посочува дека две категории преовладуваат во дефинираните интервали на корисна покривна површина. Според тоа, образецот на распределба претставува дво модален тип.



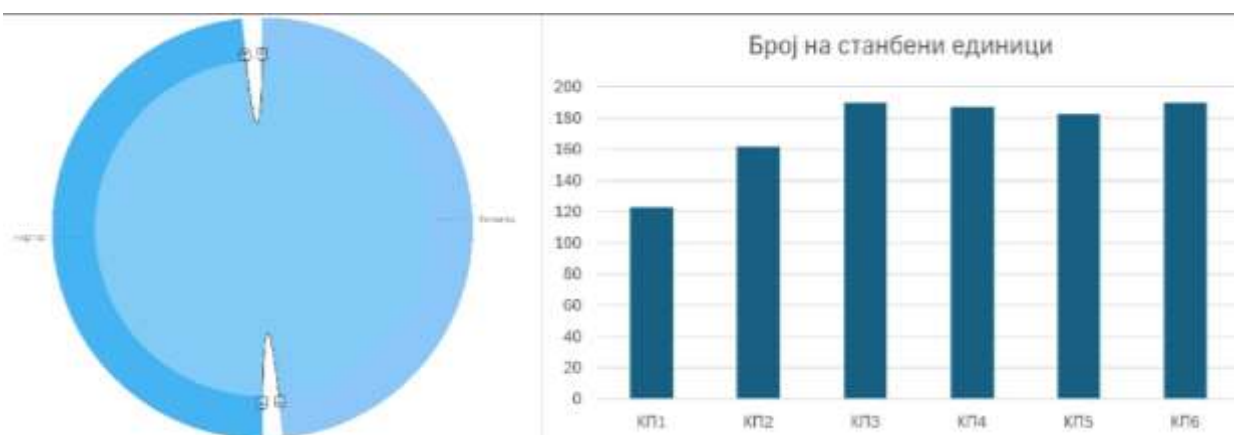
Слика 85- Растерски модел и аналитички дијаграми од сончева енергија (MWh) Капиштец

При квантифицирање на влијанието на **сончевата енергија** (Слика 85) врз корисна покривна површина од анализираната локација во Капиштец изнесува 6022,15 MWh. Анализа на архитектонските објекти од аспект на сончева енергија се распределени во 3 категории. Секоја од категориите се однесува на 2 архитектонски објекти кои се распределени во следните интервали: 400-800MWh, 800-1200MWh, над 1200MWh. Од вредностите на распределба се врамнотежува во однос на поединечните интервали. Според добиените резултати се заклучува дека образецот на распределба за вредноста на сончева енергија претставува рамномерна и униформна распределба на вредностите од сончевата енергија.



Слика 86- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од финална електрична енергија (MWh) од Капиштец

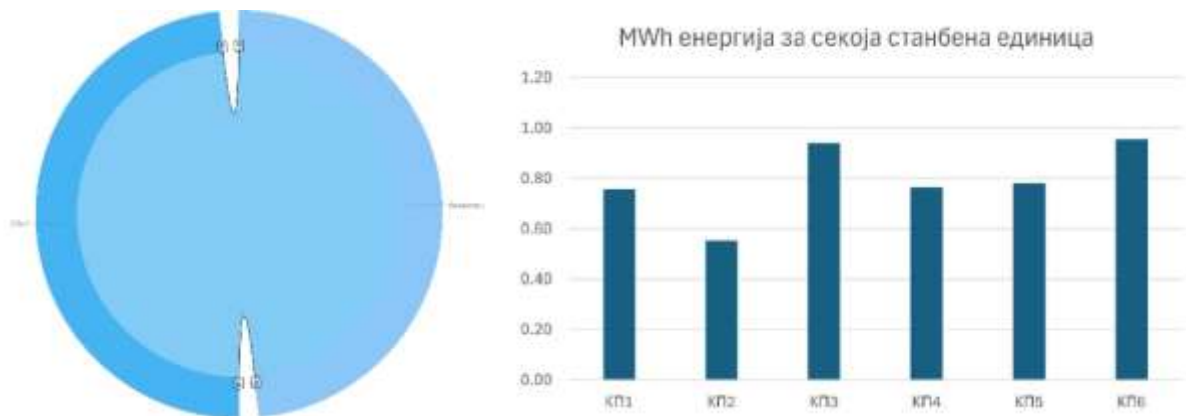
Резултатите добиени од квантифицирање на сончева енергија претставуваат основа за резултатите на вредноста од **електрична енергија** (Слика 86) која на ниво на урбан сегмент на Капиштец изнесува 828,65 MWh. Резултатите од аспект на електрична енергија за секој поединечен објект се распределени во 2 категории. Резултатите во интервал 100-200MWh се однесуваат на 4 архитектонски објекти, додека резултатите во интервал 50-100MWh се однесуваат на 2 објекти. Од категоризацијата на вредностите, се забележува дека преовладува категоријата со вредност на сончева енергија во распон 100-200MWh. Од процесот на распределба во интервали се заклучува дека архитектонските објекти групирани во две категории со нерамномерна распределеност.



Слика 87- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од број на станбени единици од Капиштец

Образецот на интервали покажува концентрирана распределба на вредностите кои се

однесуваат на енергетските потенцијали од анализираните објекти на населба Капиштец.

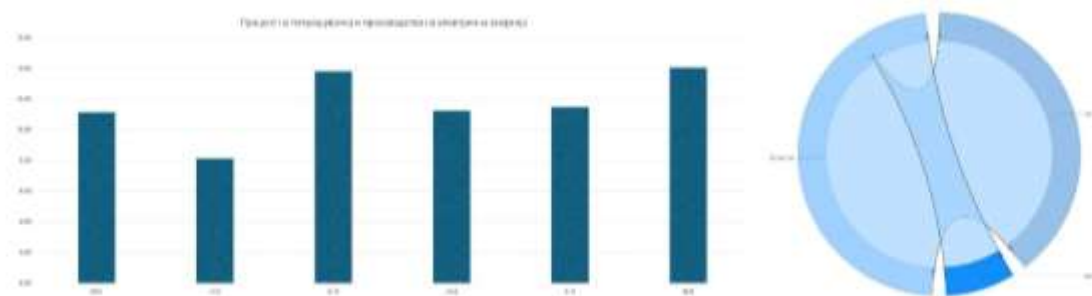


Слика 88- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од финална електрична енергија за секоја станбени единици од Капиштец

Во рамки на секој анализиран објект од населба Капиштец препознаени се соодветен **број на станбени единици** (Слика 87). Резултатите од аспект на бројот на станбени единици се распределени во една категорија. Анализираните објекти во рамки на урбан сегмент од населба Капиштец имаат над 100 станбени единици што посочува на концентрирана распределба во една категорија.

Во рамки на анализираните покривни површини од населба Капиштец определени се вкупните енергетски потенцијали кои се однесуваат на количество на **електрична енергија за секоја станбена единица** (Слика 88). Резултатите од аспект на квантитетот на електрична енергија за секоја станбена единица се распределени во една категорија. Анализираните објекти во рамки на урбан сегмент во населба Капиштец имаат енергетски потенцијал 0,5-1MWh за секоја станбена единица. Од распределбата на резултати во интервали се забележува концентрирана распределба во една категорија.

Резултатите од истражувањето на населба Капиштец вклучуваат **однос помеѓу произведена и потрошена електрична енергија** (Слика 89) во рамки на станбените



Слика 89- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од однос помеѓу потрошувачка и производство на електрична енергија од Капиштец

единици. Резултатите од анализиран урбан сегмент се распределени во една категорија која претставува однос помеѓу потрошувачка и производство на електрична енергија во интервал од 10-20%. Вредноста на резултатите покажува дека производството на електрична енергија од покривната површина не ги задоволува условите на енергетска автономност.

Табела 9- Резултати од површина хектар од урбан сегмент во Капиштец

	покривна површина m ² /ha	корисна покривна површина m ² /ha	сончева енергија MWh/ha	електрична енергија MWh/ha	број на станбени единици/ha	однос помеѓу потрошувачка и производство на енергија (%)
Капиштец	2492,38	1186,49	1349,85	185,74	231,99	11,44

Анализираните примери во град Скопје кои се наоѓаат во климатски подрачја со топла континентална клима кои според примерот на Капиштец имаат густина на изграденост од 2492,38 m²/ha. Густината на изграденост во однос на корисна покривна површина за интегрирање на ФВ системи изнесува 1186,49 m²/ha. Позиционирањето во просторен контекст резултираат со степен на апсорпција на сончевата енергија во рамки на анализираните покривни површини во Капиштец изнесува 1349,85 m²/ha. Производство на финална електрична енергија од анализираните покривни површини од Капиштец изнесува 185,74 MWh/ha. Густината на населеност од анализираните локации изнесува: 231,99 станбени единици/ha. Поради висок број на станбени единици во рамки на анализираната локација во Капиштец производството на енергија не е достигнато според енергетската потрошувачка. Вредноста на соодносот помеѓу потрошувачка и производство на електрична енергија во Капиштец изнесува 11,44%. Ниската процентуална вредност посочува висока густина на изграденост и висок број на станбени единици во споредба со ограничена покривна површина за интегрирање на ФВ системи.

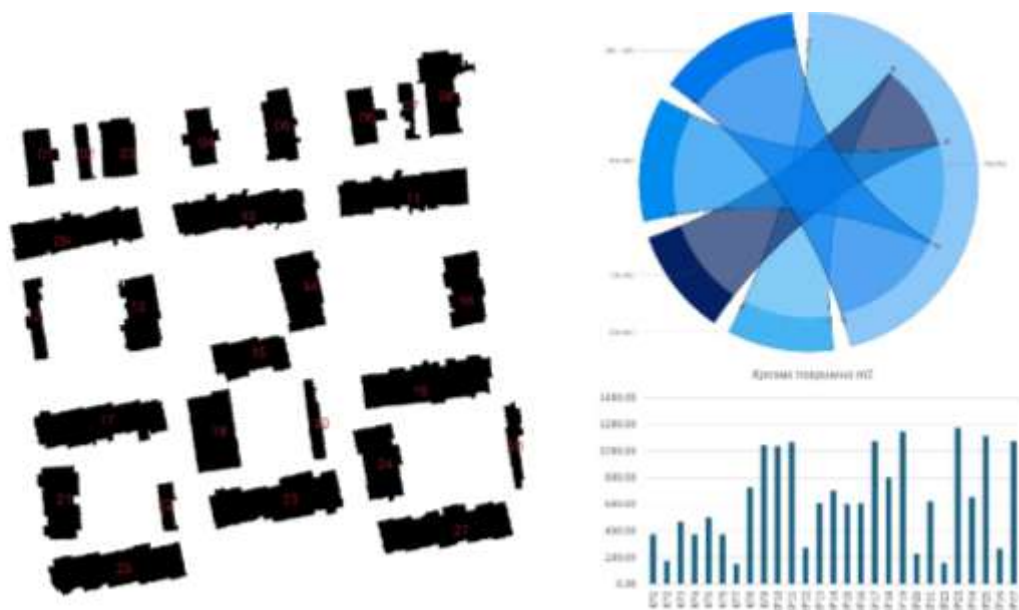
4.2.5. Урбан сегмент- Карпош

Табела 10- Резултати од урбан сегмент во Карпош

	Број на објект	Град	Покривна поовршина m ²	Корисна покривна површина m ²	Сончева енергија MWh	Финална електрична енергија MWh	број на станбени единици	потрошувачка на енергија MWh	процент на производство и потрошувачка на ЕЕ
Карпош	KP1	Карпош	372,15	288,81	333,23	45,85	40	272	16,86
	KP2	Карпош	175,41	52,00	44,77	6,16	0	0	/
	KP3	Карпош	468,04	188,19	171,97	23,66	0	0	/
	KP4	Карпош	371,65	277,81	322,41	44,36	40	272	16,31
	KP5	Карпош	499,46	231,94	214,02	29,45	0	0	/
	KP6	Карпош	372,24	282,19	327,48	45,06	40	272	16,57
	KP7	Карпош	153,67	51,50	45,26	6,23	0	0	/
	KP8	Карпош	723,62	427,88	407,56	56,08	0	0	/
	KP9	Карпош	1043,46	442,94	503,07	69,22	56	380,8	18,18
	KP10	Карпош	1035,99	481,81	561,50	77,26	56	380,8	20,29
	KP11	Карпош	1065,86	467,13	551,14	75,84	56	380,8	19,92
	KP12	Карпош	276,80	121,63	111,24	15,31	0	0	/
	KP13	Карпош	608,72	489,00	528,86	72,77	32	217,6	33,44
	KP14	Карпош	702,23	460,25	507,72	69,86	32	217,6	32,11
	KP15	Карпош	598,07	242,06	273,43	37,62	32	217,6	17,29
	KP16	Карпош	605,20	488,50	553,33	76,14	32	217,6	34,99
	KP17	Карпош	1073,98	431,88	492,41	67,76	56	380,8	17,79

KP18	Каропш	801,44	521,06	571,15	78,59	32	217,6	36,12
KP19	Каропш	1145,53	490,44	573,23	78,88	56	380,8	20,71
KP20	Каропш	230,36	81,13	72,63	9,99	0	0	/
KP21	Каропш	619,73	510,50	579,39	79,72	32	217,6	36,64
KP22	Каропш	160,20	57,75	51,21	7,05	0	0	/
KP23	Каропш	1170,64	507,75	590,04	81,19	0	0	/
KP24	Каропш	651,52	461,63	509,49	70,11	32	217,6	32,22
KP25	Каропш	1111,82	504,25	627,81	86,39	56	380,8	22,69
KP26	Каропш	264,96	174,56	187,48	25,80	0	0	/
KP27	Каропш	1074,88	506,25	626,48	86,20	56	380,8	22,64

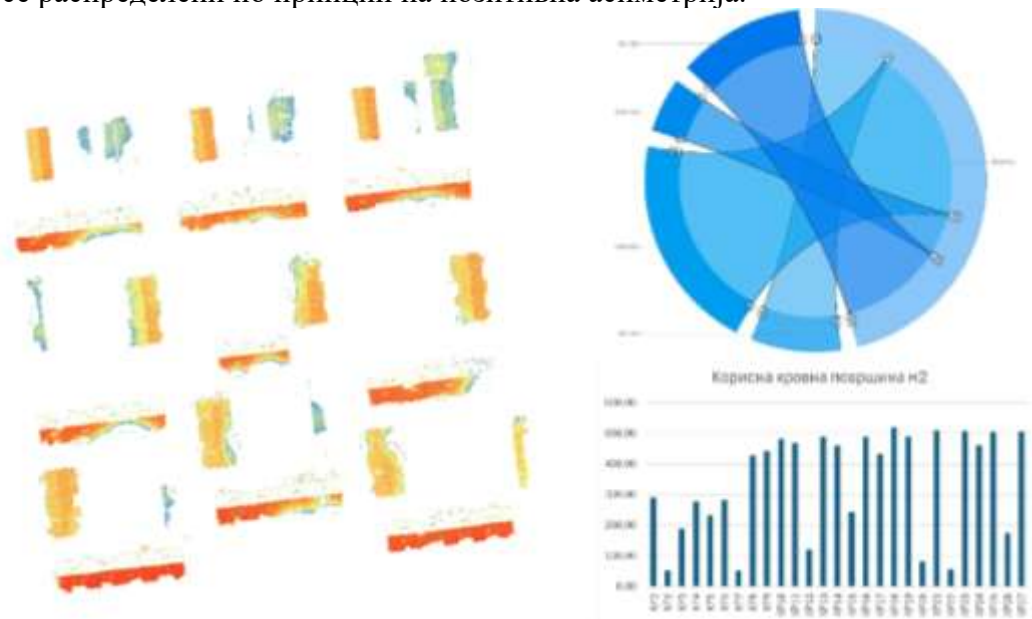
Во рамки на градот Скопје, анализиран е урбан сегмент во населба Карпош со површина која изнесува 61421,56m². Во рамки на идентификуваната и анализирана локација, препознаени се 27 архитектонски објекти. Во аналитичките прилози кои следат објаснети се резултати каде што секој објект е нумериран со кратенка KP, што следува бројот на архитектонски објект.



Слика 90- Векторски модел и аналитички дијаграми од покривна површина (m²) од Карпош

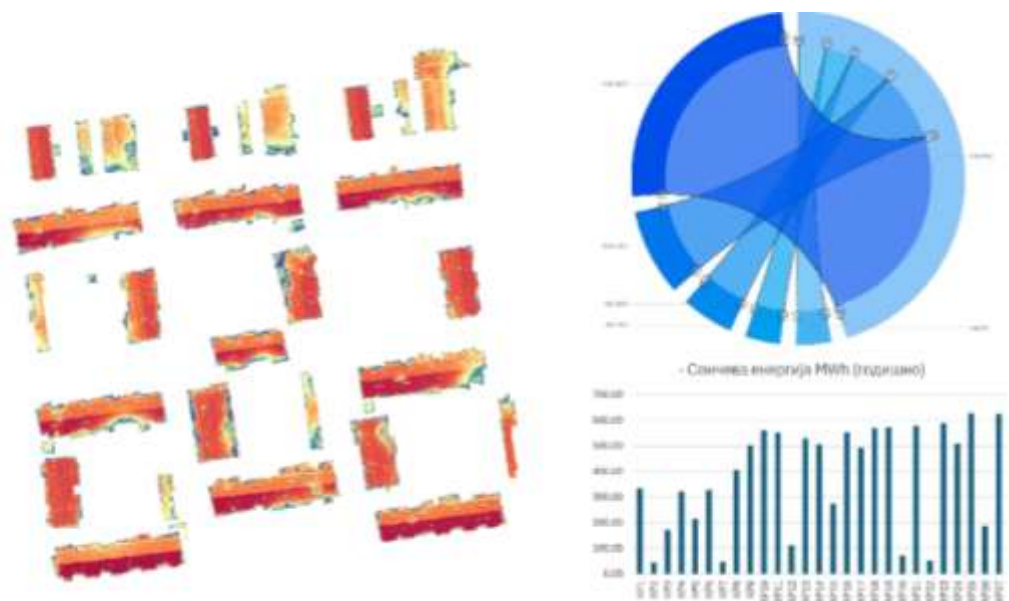
Просторни резултати од анализиран урбан сегмент во населба Карпош се добиени со примена на метод на документирање изградени **покривни површини** (Слика 90) кои на ниво на урбан сегмент изнесуваат 17377,61 m². Вредноста на анализираниите 27 архитектонски објекти се распределени во 4 категории. Распределувањето на поединечните категории се однесува на следните вредности: 29,63% од вкупниот број на објекти со површина во интервал 900-1200m², 25,93% со вредност од 300-600m², две категории од 22,22% со вредност од 100-300m² односно 300-600m². Од распределбата на вредностите се согледува зголемување на бројот на објекти во повисоките интервали од основата на покривните површини. Постепеното зголемување посочува голема распределеност помеѓу интервалите со средна и висока вредност. Од добиените вредности на интервали се заклучува дека вредноста на основата од покривна површина

е во повеќемодален интервал распределени приближно рамномерно од високи вредности кои се распределени по принцип на позитивна асиметрија.



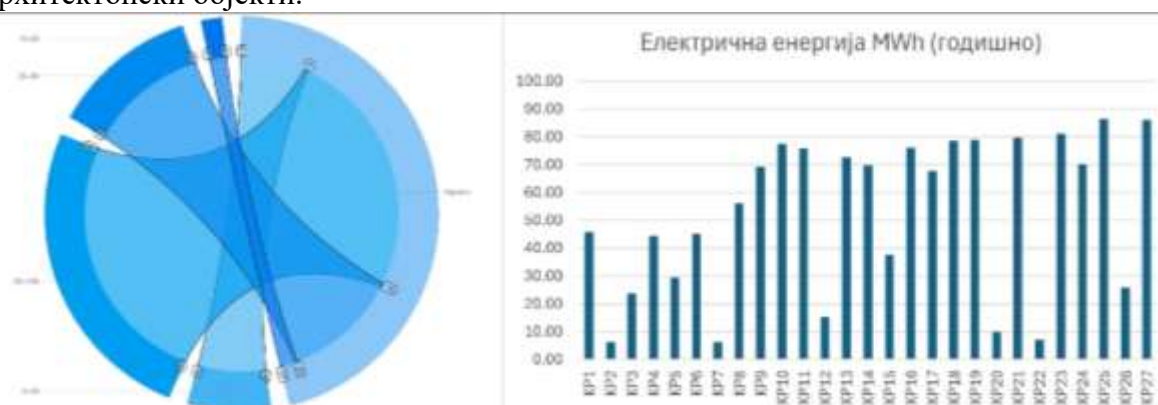
Слика 91- Растерски модел и аналитички дијаграми од корисна покривна површина (m²) од Карпош

Покрај ортогонална проекција на покривните површини, во истражувањето на населба Карпош се анализирани вредноста од **корисна покривна површина** (Слика 91) која изнесува 9240,81 m². Резултатите од вредноста на покривна површина за инсталирање на ФВ системи се распределени во 4 категории: 12 објекти со вредност од 450-600m², 7 објекти со вредност од 150-300m², 5 објекти со вредност од 50-150m² и 3 објекти со вредност од 300-450 m². Од наведените интервали се забележува концентрација на релативно мали вредности кои имаат едномодален принцип на распределба во кој најчесто се среќаваат малите вредности од крони површини за интегрирање на ФВ системи.



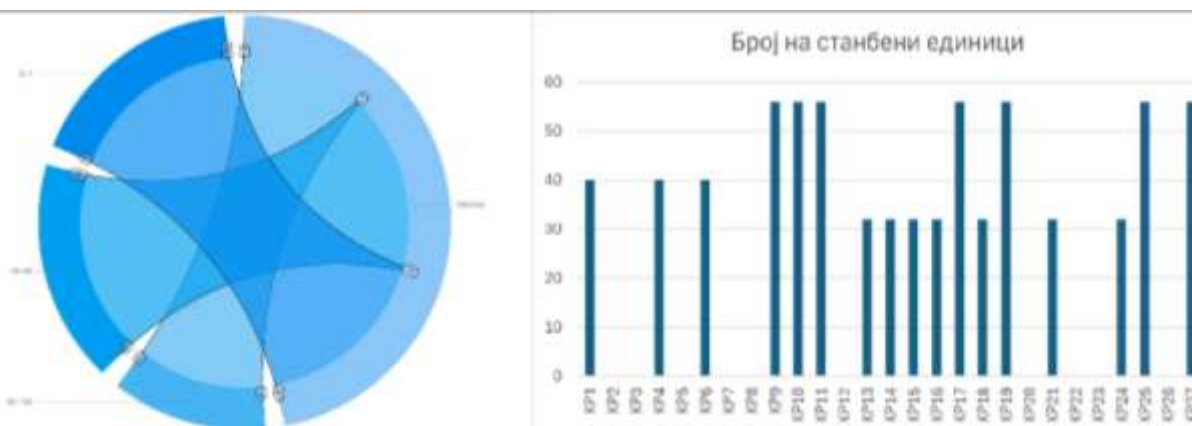
Слика 92- Растерски модел и аналитички дијаграми од сончева енергија (MWh) Карпош

Покрај просторните показатели, во резултатите од истражувањето се вклучени и показатели кои се однесуваат на вредностите од **сончевата енергија** (Слика 92) кои изнесуваат 10338,33MWh. Квантитативната вредност на сончевата енергија од поединечните објекти е распределена во 5 интервали. Највисока вредност од 15 архитектонски објекти или 55,56% од вкупниот број на анализирани објекти имаат сончев потенцијал во интервал 400-800MWh. Следува вредноста од 5 објекти со сончев интервал 200-400MWh, понатаму 3 објекти со вредност од 100-200MWh и најниска вредност од 2 објекти со сончев потенцијал 50-100MWh, односно 50MWh. Од резултатите се заклучува дека една категорија има голема процентуална опфатеност, а останатите категории се со приближна рамноправна распределба. Според добиените резултати од вредноста на сончева енергија се забележува концентрирана распределба во која една категорија има највисока вредност на сончев потенцијал и најголем број на архитектонски објекти.



Слика 93- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од финална електрична енергија (MWh) од Карпош

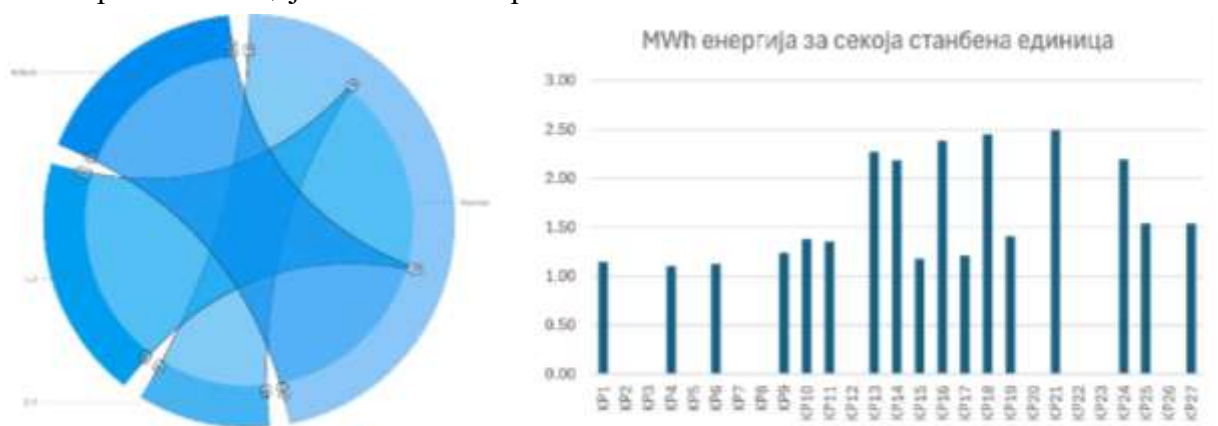
Резултатите добиени од квантифицирање на сончева енергија претставуваат основа за резултатите на вредноста од **електрична енергија** (Слика 93) која на ниво на урбан сегмент изнесува 1422,55MWh. Анализа на архитектонските објекти во урбан сегмент на населба Карпош од аспект на електрична енергија се распределени во 4 категории. Највисока вредност се однесува на интервал 50-100MWh од 15 објекти или 55,56% од вкупниот број на анализирани примери. Следува вредноста од 7 објекти со енергетски потенцијал 20-50MWh, понатаму 4 објекти со производство на енергија 5-10MWh и на крај 1 објект со енергетски потенцијал 10-20MWh. Од резултатите се забележува дека една категорија има висок интервал во однос на број на објекти и вредност на енергетски



Слика 94- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од број на станбени единици од Карпош

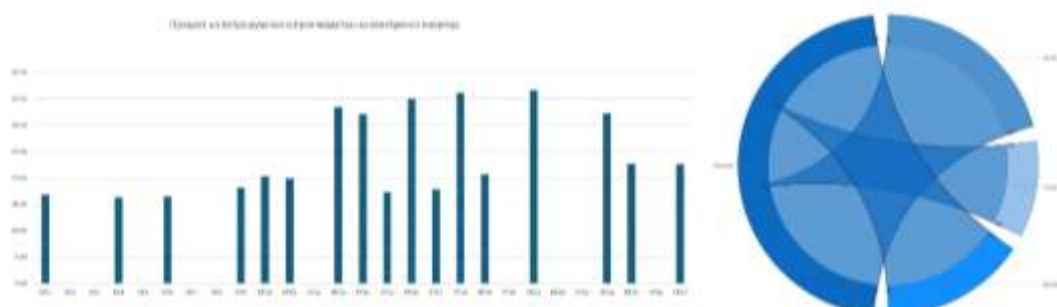
потенцијали, додека останатите категории се со значително ниска вредност но приближно рамномерно распределување. Добиените резултати посочуваат кон образец на високо концентрирани вредности од кои поголем број на вредности се препознаваат во ниските интервали.

Во рамки на секој анализиран објект од населба Карпош препознаени се **736 станбени единици** (Слика 94). Квантитативната вредност која се однесува на број на станбени единици е распределена во 3 интервали. Категориите со највисок број на објекти се однесува на 10 објекти или 37,04% кои имаат вредност на станбени единици во интервал 20-50. Останатата категорија се однесува на 7 објекти кои имаат станбени единици 50-100. Од вредноста на резултатите се забележува дека две групи на бројот од станбени единици доминираат. Според тоа, се препознава повеќемодален и приближно рамномерен образец на распределба на бројот на станбените единици во рамки на анализираната локација во населба Карпош.



Слика 95- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од финална електрична енергија за секоја станбени единици од Карпош

Составен дел од истражувањето се резултатите кои претставуваат количество на **електрична енергија за секоја станбена единица** (Слика 95) во рамки на анализираниите објекти. Вредноста на резултатите која се однесува на електрична енергија за секоја станбена единица е категоризирана во 2 интервали. Од анализата се согледува дека 11 објекти или 64,71% од вкупниот број за секоја станбена единица се произведува електрична енергија во интервал 1-2MWh. Втората категорија се однесува на 6 објекти или 35,29% од вкупниот број на анализирани објекти за производство на електрична енергија во интервал 2-5MWh. Добиените резултати посочуваат на рамномерен повеќемодален образец на распределување на вредностите.



Слика 96- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од однос помеѓу потрошувачка и производство на електрична енергија од Карпош

Резултатите од истражувањето на населба Карпош вклучуваат **однос помеѓу произведена и потрошена електрична енергија** (Слика 96) во рамки на станбените единици. Примена на методите за производство на електрична енергија резултираат со нумерички вредности од финална електрична енергија. Од друга страна, вредноста за потрошувачка на електрична енергија во просек за едно домаќинство во Македонија (анализирана преку методите за производство на електрична енергија) изнесува 6,8 MWh на годишно ниво. Вкрстување на наведените два параметри резултираат со процентуален однос помеѓу потрошена и произведена електрична енергија. Резултатите од анализиран урбан сегмент од населба Карпош се распределени во 3 категории. Категоризацијата на вредности посочува распределба во три интервали со приближно рамномерен интензитет. Вредноста на резултатите покажува дека производството на електрична енергија од покривната површина не ги задоволува условите на енергетска автономност, туку придонесува кон потрошувачка на електрична енергија од сонце.

Табела 11- Резултати од површина хектар од урбан сегмент во Карпош

	покривна површина m ² /ha	корисна покривна површина m ² /ha	сончева енергија MWh/ha	електрична енергија MWh/ha	број на станбени единици/ha	однос помеѓу потрошувачка и производство на енергија (%)
Карпош	2829,24	1504,49	1683,18	231,61	119,83	27,61

Анализираните примери во град Скопје кои се наоѓаат во климатски подрачја со топла континентална клима кои според примерот на Карпош имаат густина на изграденост од 2829,24 m²/ha. Густината на изграденост во однос на корисна покривна површина за интегрирање на ФВ системи изнесува 1504,49 m²/ha. Позиционирањето во просторен контекст резултираат со степен на апсорпција на сончевата енергија во рамки на анализираните покривни површини во Карпош изнесува 1683,18 m²/ha. Производство на финална електрична енергија од анализираните покривни површини од Карпош изнесува 231,61 MWh/ha. Густината на населеност од анализираните локации изнесува: 119,83 станбени единици/ha. Поради висок број на станбени единици во рамки на анализираната локација во Карпош производството на енергија не е достигнато според енергетската потрошувачка. Вредноста на соодносот помеѓу потрошувачка и производство на електрична енергија во Капиштец изнесува 27,61%. Ниската процентуална вредност посочува висока густина на изграденост и висок број на станбени единици во споредба со ограничена покривна површина за интегрирање на ФВ системи.

4.2.6. Урбан сегмент- Неготино

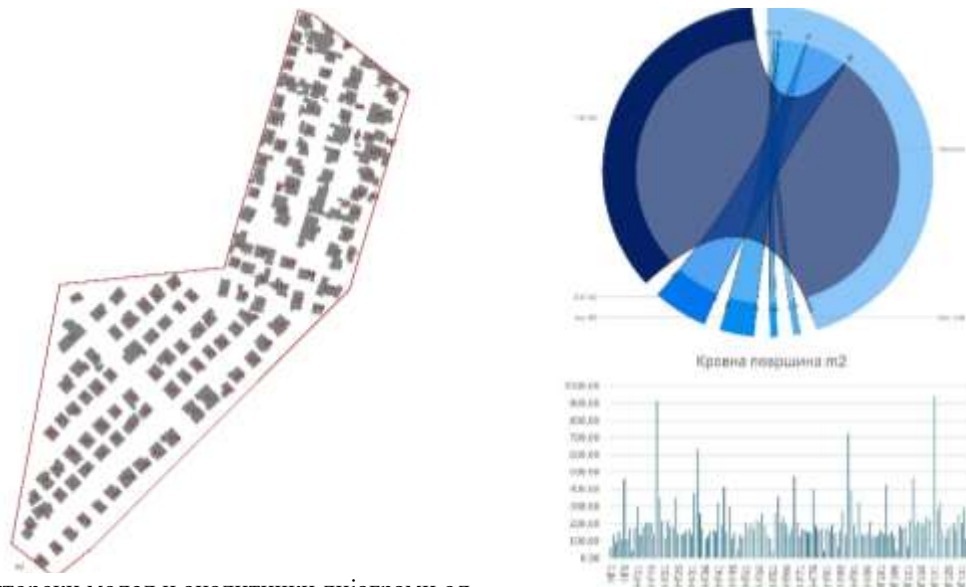
Табела 12- Резултати од урбан сегмент во Неготино

	Број на објект	Град	Покривна површина m ²	Корисна покривна површина m ²	Сончева енергија MWh	Финална електрична енергија MWh	број на станбени единици	потрошувачка на енергија MWh	процент на производство и потрошувачка на ЕЕ
Неготино	НГ1	Неготино	64,66	47,06	55,04	7,57	1	6,8	111,38
	НГ2	Неготино	137,34	72,81	77,92	10,72	2	13,6	78,84

НГ3	Неготино	92,07	69,75	78,39	10,79	2	13,6	79,31
НГ4	Неготино	153,32	89,75	98,54	13,56	2	13,6	99,70
НГ5	Неготино	108,27	74,63	81,00	11,15	2	13,6	81,95
НГ6	Неготино	459,36	221,88	260,28	35,81	5	34	105,34
НГ7	Неготино	109,30	69,44	77,44	10,66	2	13,6	78,35
НГ8	Неготино	174,46	70,63	87,17	11,99	4	27,2	44,10
НГ9	Неготино	44,55	26,44	30,33	4,17	0	0	/
НГ10	Неготино	176,49	85,94	105,75	14,55	2	13,6	107,00
НГ11	Неготино	303,08	213,25	232,19	31,95	4	27,2	117,46
НГ12	Неготино	134,59	82,38	89,55	12,32	1	6,8	181,20
НГ13	Неготино	182,52	102,44	111,81	15,39	1	6,8	226,25
НГ14	Неготино	208,84	115,88	124,98	17,20	1	6,8	252,90
НГ15	Неготино	207,40	130,31	153,38	21,11	2	13,6	155,19
НГ16	Неготино	204,12	128,88	148,50	20,43	1	6,8	300,49
НГ17	Неготино	136,62	37,44	44,83	6,17	2	13,6	45,36
НГ18	Неготино	913,95	576,44	640,34	88,11	6	40,8	215,96
НГ19	Неготино	348,21	219,13	240,60	33,11	4	27,2	121,71
НГ20	Неготино	214,24	116,75	126,78	17,44	1	6,8	256,54
НГ21	Неготино	117,45	67,44	80,01	11,01	2	13,6	80,95
НГ22	Неготино	217,89	76,00	88,97	12,24	2	13,6	90,02
НГ23	Неготино	184,68	78,13	95,18	13,10	1	6,8	192,59
НГ24	Неготино	178,56	115,81	124,34	17,11	1	6,8	251,61
НГ25	Неготино	353,52	197,69	220,02	30,27	3	20,4	148,41
НГ26	Неготино	137,25	48,25	56,34	7,75	2	13,6	57,01
НГ27	Неготино	135,00	55,81	64,47	8,87	2	13,6	65,23
НГ28	Неготино	143,64	67,44	79,49	10,94	1	6,8	160,86
НГ29	Неготино	161,05	73,69	86,77	11,94	1	6,8	175,59
НГ30	Неготино	168,48	123,31	132,75	18,27	1	6,8	268,63
НГ31	Неготино	137,25	53,50	64,64	8,89	2	13,6	65,40
НГ32	Неготино	377,28	205,75	238,39	32,80	3	20,4	160,80
НГ33	Неготино	635,67	394,13	438,17	60,29	6	40,8	147,77
НГ34	Неготино	262,48	157,06	178,15	24,51	2	13,6	180,25
НГ35	Неготино	172,26	47,38	56,07	7,72	2	13,6	56,73
НГ36	Неготино	106,87	41,81	45,24	6,23	2	13,6	45,77
НГ37	Неготино	129,60	43,06	48,12	6,62	2	13,6	48,69
НГ38	Неготино	162,14	125,94	133,41	18,36	1	6,8	269,96
НГ39	Неготино	162,72	104,75	115,76	15,93	1	6,8	234,24
НГ40	Неготино	160,38	57,81	71,97	9,90	2	13,6	72,82
НГ41	Неготино	321,12	127,00	150,70	20,74	2	13,6	152,47
НГ42	Неготино	189,45	94,31	109,08	15,01	2	13,6	110,36
НГ43	Неготино	415,08	264,13	287,05	39,50	5	34	116,17
НГ44	Неготино	150,66	56,19	69,70	9,59	1	6,8	141,05
НГ45	Неготино	297,68	161,31	182,49	25,11	5	34	73,85
НГ46	Неготино	117,59	58,63	70,05	9,64	2	13,6	70,87
НГ47	Неготино	149,00	77,56	84,37	11,61	1	6,8	170,73
НГ48	Неготино	51,62	38,63	45,32	6,24	1	6,8	91,71
НГ49	Неготино	132,44	64,44	69,71	9,59	1	6,8	141,07
НГ50	Неготино	118,57	62,81	75,13	10,34	2	13,6	76,02
НГ51	Неготино	206,33	67,75	78,67	10,83	2	13,6	79,60
НГ52	Неготино	171,94	113,06	124,07	17,07	2	13,6	125,53

НГ53	Неготино	200,75	128,81	146,43	20,15	2	13,6	148,15
НГ54	Неготино	169,92	63,56	77,32	10,64	2	13,6	78,23
НГ55	Неготино	224,91	113,06	126,67	17,43	2	13,6	128,16
НГ56	Неготино	211,64	57,13	63,21	8,70	2	13,6	63,95
НГ57	Неготино	262,93	160,06	179,88	24,75	4	27,2	91,00
НГ58	Неготино	189,72	56,94	71,15	9,79	2	13,6	71,99
НГ59	Неготино	133,38	39,25	44,25	6,09	1	6,8	89,55
НГ60	Неготино	112,36	64,44	76,81	10,57	2	13,6	77,72
НГ61	Неготино	41,40	26,13	27,88	3,84	0	0	/
НГ62	Неготино	262,31	143,38	165,29	22,74	3	20,4	111,49
НГ63	Неготино	359,55	225,13	248,32	34,17	4	27,2	125,62
НГ64	Неготино	209,97	82,94	102,12	14,05	2	13,6	103,32
НГ65	Неготино	240,21	105,31	125,42	17,26	2	13,6	126,90
НГ66	Неготино	195,03	57,75	66,07	9,09	2	13,6	66,85
НГ67	Неготино	140,40	60,56	73,30	10,09	1	6,8	148,33
НГ68	Неготино	175,50	46,69	54,05	7,44	1	6,8	109,36
НГ69	Неготино	476,37	299,00	346,68	47,70	6	40,8	116,92
НГ70	Неготино	209,16	88,13	105,50	14,52	3	20,4	71,16
НГ71	Неготино	124,60	68,31	79,90	10,99	1	6,8	161,68
НГ72	Неготино	167,09	102,13	117,03	16,10	2	13,6	118,41
НГ73	Неготино	163,89	68,19	76,35	10,51	2	13,6	77,24
НГ74	Неготино	151,15	61,56	72,51	9,98	2	13,6	73,36
НГ75	Неготино	149,76	45,81	56,19	7,73	2	13,6	56,85
НГ76	Неготино	402,89	266,06	296,26	40,77	4	27,2	149,87
НГ77	Неготино	187,11	106,75	121,12	16,67	2	13,6	122,54
НГ78	Неготино	162,54	56,69	67,73	9,32	2	13,6	68,53
НГ79	Неготино	174,15	62,00	76,75	10,56	2	13,6	77,65
НГ80	Неготино	40,05	26,88	30,26	4,16	0	0	/
НГ81	Неготино	177,03	71,00	85,11	11,71	1	6,8	172,21
НГ82	Неготино	156,24	30,81	35,14	4,83	2	13,6	35,55
НГ83	Неготино	195,62	80,19	97,36	13,40	1	6,8	197,01
НГ84	Неготино	144,18	54,00	65,40	9,00	1	6,8	132,34
НГ85	Неготино	62,32	39,56	45,18	6,22	0	0	/
НГ86	Неготино	164,75	101,81	112,08	15,42	2	13,6	113,40
НГ87	Неготино	267,66	165,69	186,66	25,68	4	27,2	94,43
НГ88	Неготино	138,06	62,69	62,74	8,63	1	6,8	126,96
НГ89	Неготино	727,20	501,94	547,37	75,32	4	27,2	276,91
НГ90	Неготино	392,49	280,44	314,75	43,31	6	40,8	106,15
НГ91	Неготино	192,15	54,50	63,63	8,76	2	13,6	64,38
НГ92	Неготино	129,69	49,56	59,69	8,21	2	13,6	60,39
НГ93	Неготино	325,85	194,00	214,44	29,51	5	34	86,78
НГ94	Неготино	140,76	40,50	50,62	6,97	1	6,8	102,44
НГ95	Неготино	131,62	51,94	63,02	8,67	1	6,8	127,52
НГ96	Неготино	147,20	46,25	57,51	7,91	1	6,8	116,38
НГ97	Неготино	213,57	121,31	134,75	18,54	2	13,6	136,34
НГ98	Неготино	125,95	48,13	58,05	7,99	2	13,6	58,74
НГ99	Неготино	128,70	41,06	43,91	6,04	1	6,8	88,86
НГ100	Неготино	132,48	51,50	62,10	8,54	1	6,8	125,65
НГ101	Неготино	164,70	95,06	101,50	13,97	1	6,8	205,39
НГ102	Неготино	140,00	39,63	44,30	6,10	1	6,8	89,65

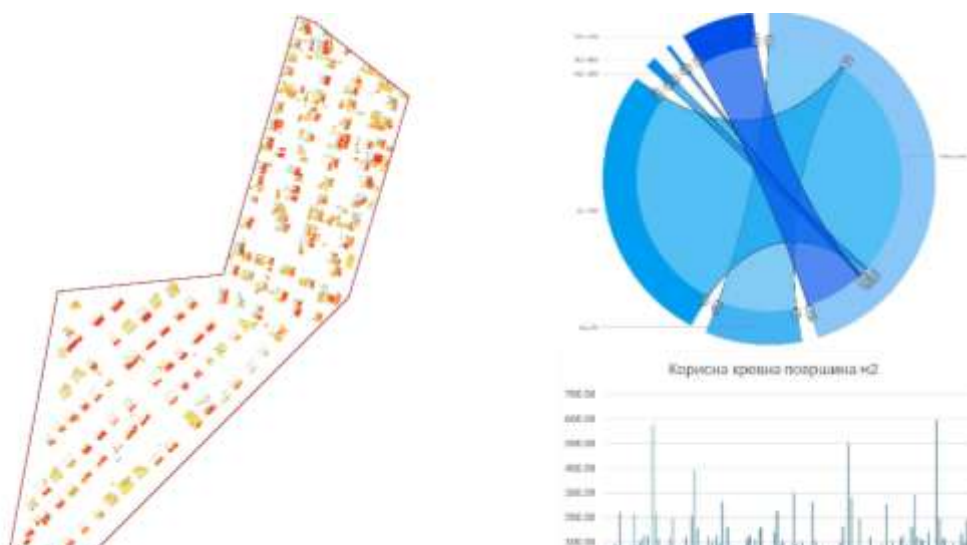
НГ103	Неготино	427,72	255,00	286,06	39,36	5	34	115,77
НГ104	Неготино	132,21	50,56	58,47	8,05	1	6,8	118,32
НГ105	Неготино	155,25	109,31	122,58	16,87	2	13,6	124,03
НГ106	Неготино	127,03	49,00	54,82	7,54	1	6,8	110,93
НГ107	Неготино	49,41	33,88	39,61	5,45	0	0	/
НГ108	Неготино	188,73	118,88	126,58	17,42	1	6,8	256,14
НГ109	Неготино	168,61	130,56	146,14	20,11	1	6,8	295,71
НГ110	Неготино	183,96	88,06	97,89	13,47	2	13,6	99,04
НГ111	Неготино	69,21	40,88	44,04	6,06	0	0	/
НГ112	Неготино	219,42	163,31	179,90	24,75	1	6,8	364,04
НГ113	Неготино	463,64	292,06	335,39	46,15	4	27,2	169,67
НГ114	Неготино	189,63	125,56	136,95	18,84	1	6,8	277,12
НГ115	Неготино	214,11	111,81	128,38	17,66	1	6,8	259,78
НГ116	Неготино	200,97	109,38	120,48	16,58	2	13,6	121,90
НГ117	Неготино	188,28	53,19	62,55	8,61	2	13,6	63,28
НГ118	Неготино	240,98	141,50	163,04	22,43	2	13,6	164,96
НГ119	Неготино	225,81	58,25	69,51	9,56	2	13,6	70,33
НГ120	Неготино	59,85	41,19	43,21	5,95	0	0	/
НГ121	Неготино	943,74	597,38	658,17	90,56	8	54,4	166,48
НГ122	Неготино	283,19	196,88	218,46	30,06	2	13,6	221,03
НГ123	Неготино	327,96	113,56	128,54	17,69	2	13,6	130,05
НГ124	Неготино	163,49	118,50	129,90	17,87	2	13,6	131,43
НГ125	Неготино	125,51	44,06	45,92	6,32	1	6,8	92,92
НГ126	Неготино	169,79	52,94	60,44	8,32	2	13,6	61,15
НГ127	Неготино	184,95	102,25	115,62	15,91	2	13,6	116,98
НГ128	Неготино	200,88	37,38	37,54	5,17	2	13,6	37,98
НГ129	Неготино	163,80	31,75	31,95	4,40	2	13,6	32,32
НГ130	Неготино	259,52	136,13	150,78	20,75	2	13,6	152,56
НГ131	Неготино	203,49	102,31	120,30	16,55	1	6,8	243,42
НГ132	Неготино	292,73	191,19	217,05	29,87	2	13,6	219,60
НГ133	Неготино	113,85	98,25	110,20	15,16	2	13,6	111,50
НГ134	Неготино	100,98	57,06	64,92	8,93	2	13,6	65,69
НГ135	Неготино	314,60	213,13	242,22	33,33	4	27,2	122,54



Слика 97- Векторски модел и аналитички дијаграми од покривна површина (m²) од Неготино

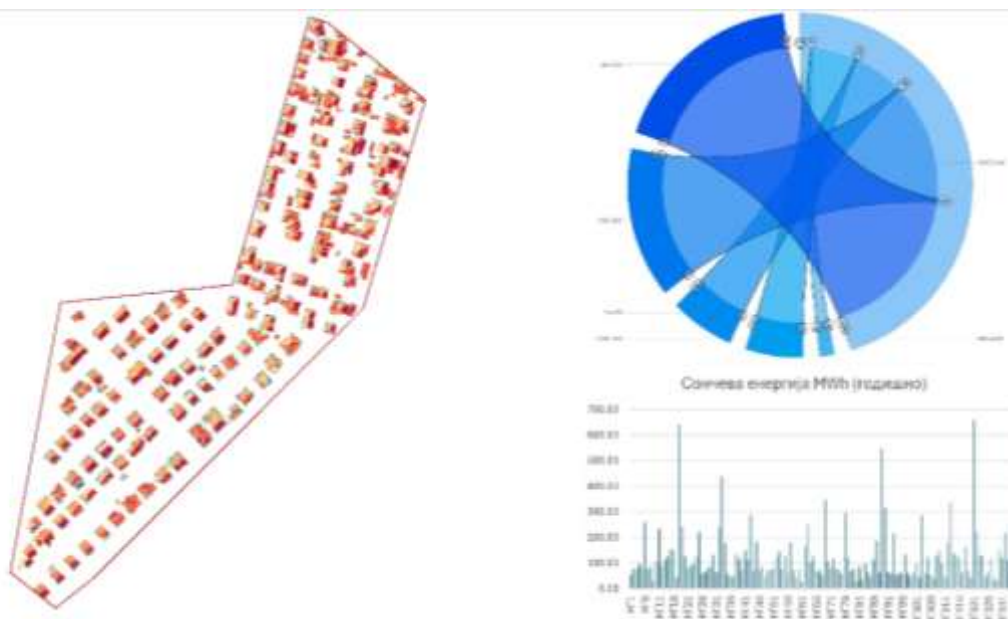
Во рамки на градско подрачје на Неготино анализиран е урбан сегмент во населба Антигона. Површината од анализираната локација изнесува 44613,57m². Во рамки на анализираната локација, при тоа со примена на метод документирање изградени покривни површини препознаени се вкупно 135 архитектонски објекти. Анализа на различните видови на праметри се прикажани за секој објект поединечно нумерирани со кратенката HE што следува бројот на архитектонски објект препознаен од (Слика 97).

Просторните резултати од **основата на покривна површина** (Слика 97) од град Неготино се добиени со примена на метод на документирање изградени покривни површини кои на ниво на анализиран урбан сегмент изнесуваат 28089,27 m². Квантитативната вредност од основата на покривните површини за анализиран урбан сегмент на град Неготино се распределени во 5 категории. Најзастапената категорија со вредност од 100-300m² се однесува на 105 објекти или 77,78% од вкупниот број на анализирани објекти. Втора вредност по големина претставува покривна површина во распон 300-600m² која се однесува на 16 објекти или 11,85% од вкупниот број на



Слика 98- Растерски модел и аналитички дијаграми од корисна покривна површина (m²) од Неготино

анализирани објекти. Резултатите групирани во 5 категории покажуваат дека мал број на категории имаат различна вредност на покривна површина. Тоа значи дека една категорија има доминантен опфат. Со други зборови, 3/4 од архитектонските објекти имаат покривна површина 100-300m². Како заклучок се посочува дека анализираниот урбан сегмент во Неготино има голем број на архитектонски објекти кои се концентрирани во една категорија на вредности. Станува забор за голем број на архитектонски објекти кои имаат покривна површина помеѓу 100-300m² што ги карактеризира архитектонските објекти како едносемејни објекти. Останатите категории имаат процентуална застапеност помала од 10%. Од распределбата на вредности во категориите се забележува дека вредноста на покривна површина во Неготино се карактеризира со високо-концентрирана распределба во една доминантна класа.

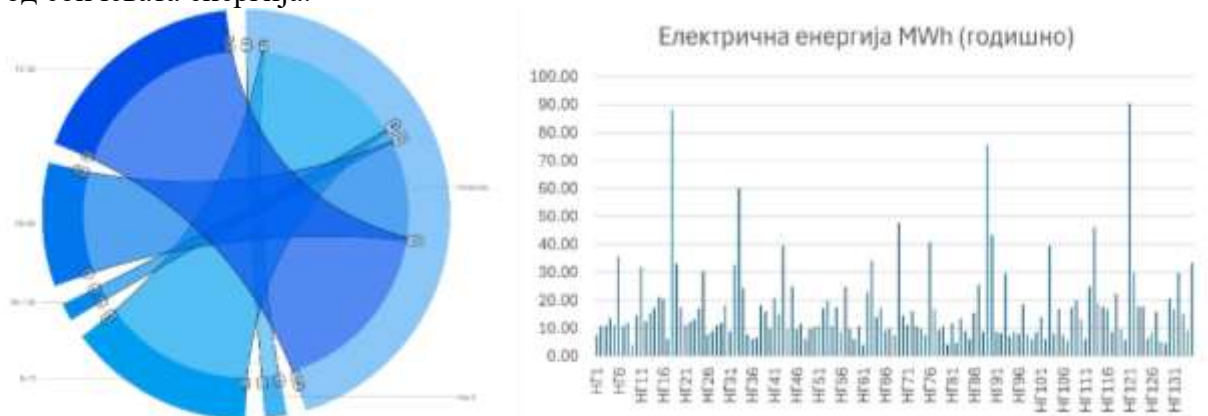


Слика 99- Растерски модел и аналитички дијаграми од сончева енергија (MWh) Неготино

Покрај ортогонална проекција на покривните површини, во истражувањето на Град Неготино се анализира вредноста од **корисна покривна површина** (Слика 98). Во рамки на истражувањето се добиени резултати кои се однесуваат на покривни површини погодни за интегрирање на ФВ системи кои на ниво на анализиран урбан сегмент изнесуваат 14841,06 m². Резултатите од вредноста на покривна површина за инсталирање ФВ системи се распределени во 5 категории. Категоријата од 85 објекти или 60,74% од вкупниот број на објекти е најбројна со вредност во интервал од 50-150m². Следува категоријата од 28 објекти со покривна површина во распон под 50m², понатаму 21 објект со покривна површина од 150-300m². Останатите категории имаат 3, односно 1 објект категоризирани во следните интервали: 450-600m² и 300-450m². Посочената категоризација се карактеризира со акумулација на високи вредности кои предизвикуваат распределба на категориите во негативна асиметрична тенденција.

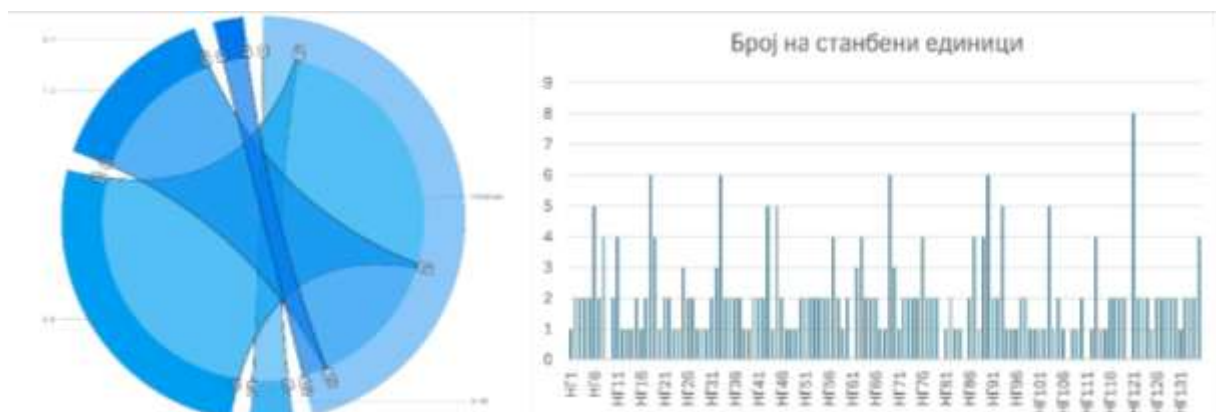
Покрај просторните показатели, во резултатите од истражувањето се вклучени и показатели кои се однесуваат на влијанието на сончевите зраци. Во рамки на анализираната локација во град Неготино вредноста на **сончевата енергија** (Слика 99) изенсува 16776,84 MWh. Вредноста на сончевиот потенцијал преку резултатите за сончевата енергија се категоризирани во 5 групи. Од категоризираниите резултати 40,74% се со сончев потенцијал 50-100MWh, понатаму 31,11% објекти со сончев потенцијал

100-200MWh, 13,33% се со сончев потенцијал под 50MWh, 11,85% со вредност 200-400MWh и 2,96% од анализираните објекти имаат сончев потенцијал 400-800MWh. Добиените резултати групирани во 5 категории од кои две категории со висока вредност, две категории со ниска вредност, додека една категорија има значително висока вредност на сончева енергија. Архитектонските објекти кои имаат ниска вредност на сончева енергија се повеќебројни во споредба со објектите кои имаат висока вредност на сончев потенцијал. Резултатите од категоризацијата на сончева енергија покажуваат висока распределба на големите вредности во ниски интервали. Самиот образец претставува распределба со позитивна асиметрија во која доминираат малите вредности од сончевата енергија.



Слика 101- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од финална електрична енергија (MWh) од Неготино

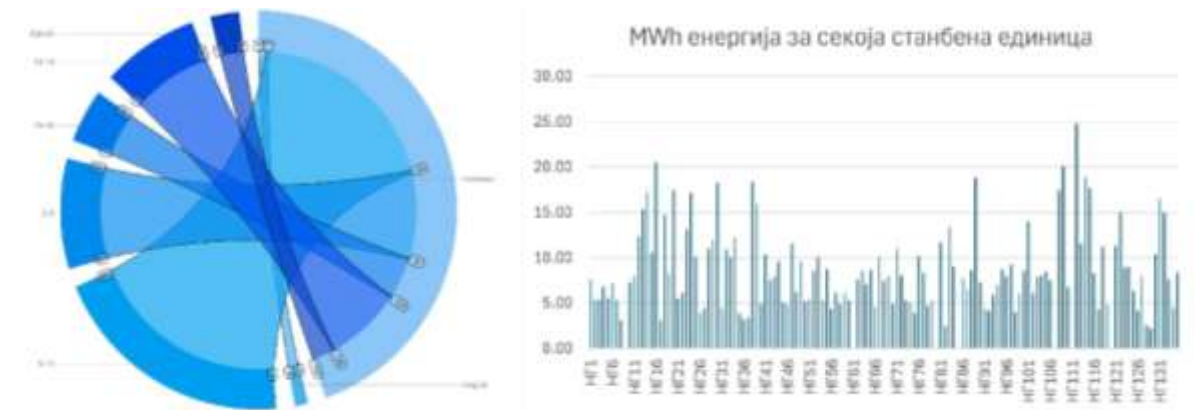
Резултатите добиени од квантифицирање на сончева енергија претставуваат основа за резултатите на вредноста од **електрична енергија** (Слика 100). Во рамки на анализираната локација од град Неготино применета е методологија за производство на електрична енергија која резултира со вредност од 2308,49 MWh. Вредноста на енергетскиот потенцијал од анализираните покривни површини на урбан сегмент во Неготино се распределени во 5 категории. Најзастапена категорија или 39,26% од анализираните објекти се со енергетски потенцијал 10-20MWh, 32,59% од објектите со енергетски потенцијал 5-10MWh, следуваат 21,48% со капацитет за производство на електрична енергија 20-50MWh, 3,7% под 5MWh и 2,96% со енергетски потенцијал 50-100MWh. Добиените резултати се групирани во 5 категории, од кои две категории со слична вредност имаат највисок капацитет на електрична енергија, една категорија има релативно висок енергетски капацитет, додека две категории со мал број на застапеност. Од добиените резултати се заклучува дека повеќе од 2/3 од резултатите имаат енергетски капацитет во граница 5-20 MWh што е поволен капацитет на производство на електрична



Слика 100- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од број на станбени единици од Неготино

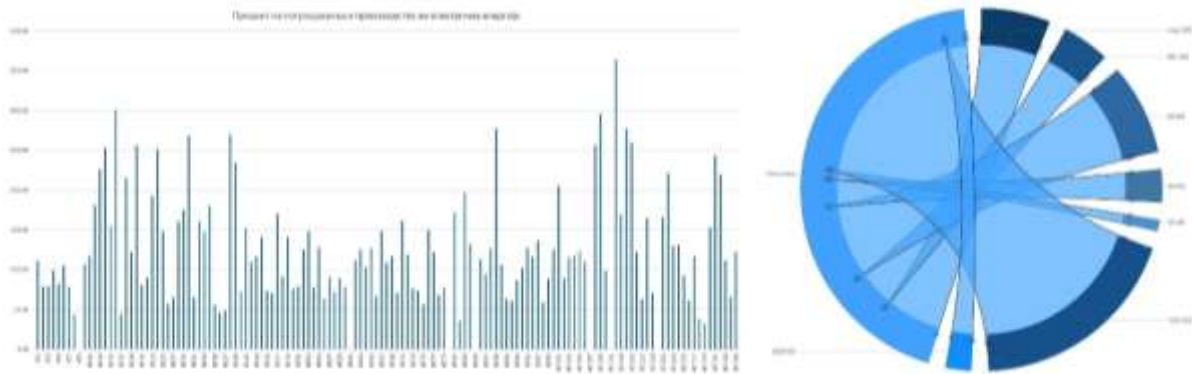
енергија. Од добиените вредности се заклучува дека категоризацијата на резултатите претставува вредност со умерена распределеност на поединечните категории.

Во рамки на секој анализиран објект од град Неготино препознаени се соодветен број на **станбени единици** (Слика 101). Во рамки на анализиран урбан сегмент препознаени се 276 станбени единици. Резултатите за вредноста на бројот на домаќинства се добиени со примена на метод на работа со податоци од Агенција Катастар на Недвижности и теренски набљудувања. Постапката на вкрстување на податоците резултира со нумерички показатели за соодветниот број на станбени единици. Вредностите на бројот на станбени единици се распределени во 4 категории. Највисоко застапената категорија се однесува на 77 објекти или 57,04% од вкупниот број на анализирани објекти со вредност на станбени единици во интервал 2-5. Следуваат 41 објект или 30,37 во интервал 1-2 станбени единици. Останатите вредности имаат процентуална застапеност помала од 10%. Од вредноста на категориите се воочува дека секој објект не надминува 10 станбени единици. Сепак, најголем број на архитектонски објекти имаат 2-5 станбени единици. Од категоризацијата на распределба се забележува дека високите вредностни категории имаат ниски интервали, односно распределба на интервалите преку позитивна асиметрија во двомодален образец.



Слика 102- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од финална електрична енергија за секоја станбени единици од Неготино

Составен дел од истражувањето претставува вредноста за **електрична енергија во рамки на станбените единици** (Слика 102). Резултатите за вредноста на електрична енергија за станбените единици во рамки на анализирани објекти се категоризирани во 5 интервали. Највисоко застапена вредност претставува 61 објект со процентуален опфат од 47,66% од анализирани објекти за кои секоја станбена единица одговара на произведена електрична енергија во интервал 5-10MWh. Понатаму, 21,09% од објектите за производство на енергија од 2-5MWh, 18,75% со енергетска вредност 10-15MWh, 10,16% од објектите со вредност од 15-20MWh и најниска вредност се однесува на 2,34% од анализирани објекти кои имаат производствен капацитет над 20MWh за секоја станбена единица. Категоризацијата на вредностите покажува едномодална распределба на интервалите со елементи од распределба по принцип на негативна асиметрија.



Слика 103- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од однос помеѓу потрошувачка и производство на електрична енергија од Неготино

Резултати од истражувањето на град Неготино вклучуваат **однос помеѓу произведена и потрошена електрична енергија** (Слика 103) во рамки на станбените единици. Примена на методите за производство на електрична енергија резултираат со нумерички вредности од финална електрична енергија. Од друга страна, вредноста за потрошувачка на електрична енергија во просек за едно домаќинство во Македонија (анализирана преку методите за производство на електрична енергија) изнесува 6,8 MWh на годишно ниво. Вкрстување на наведените два параметри резултираат со процентуален однос помеѓу потрошена и произведена електрична енергија. Резултатите од анализиран урбан сегмент се распределени во 6 категории. Начинот на распределба претставува преод помеѓу рамномерна и концентрирана структура во која доминира една вредност. Резултатите посочуваат дека голем дел од анализираните објекти имаат поголемо производство на електрична енергија во однос на потрошувачката што се посочува висок степен на енергетска автономност.

Табела 13- Резултати од површина хектар од урбан сегмент во Неготино

	покривна површина m ² /ha	корисна покривна површина m ² /ha	сончева енергија MWh/ha	електрична енергија MWh/ha	број на станбени единици/ha	однос помеѓу потрошувачка и производство на енергија (%)
Неготино	3237,47	1710,53	1933,64	266,07	31,81	119,49

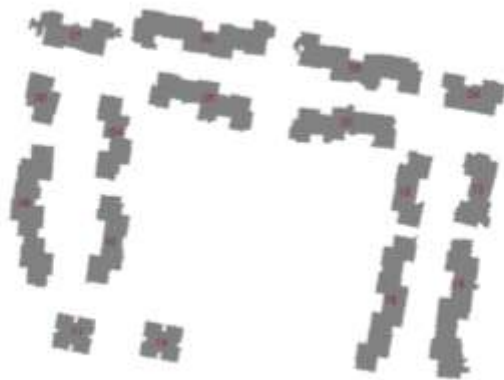
Климатски подрачја кои се наоѓаат на граница помеѓу топла континентална и изменета средоземна клима според анализираниот пример на Неготино имаат густина на изграденост од 3237,47 m²/ha, при тоа густината на покривни површини за интегрирање на ФВ системи изнесува 1710,53 m²/ha. Зададениот просторен и климатски контекст се карактеризира со капацитет за апсорпција на сончева енергија во вредност 1933,64 MWh/ha годишно, при тоа со интегрирање на повеќе кристални ФВ системи производството на финална електрична енергија изнесува 266,07 MWh/ha. Густината на населеност според резултатите од истражувањето изнесува 31,81 станбени единици на површина хектар. Доколку се направи сооднос на резултатите се заклучува дека анализираните примери во Неготино имаат 119,49% поголемо производство на електрична енергија во однос на потрошувачката.

4.2.7. Урбан сегмент- Ново Лисиче

Табела 14- Резултати од урбан сегмент во Ново Лисиче

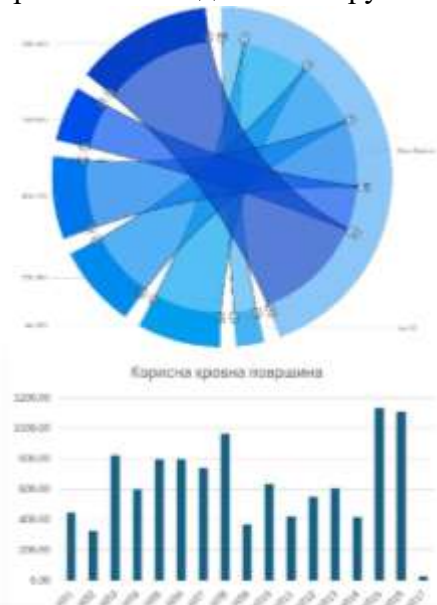
	Број на објект	Град	Покривна поовршина m ²	Корисна покривна површина m ²	Сончева енергија MWh	Финална електрична енергија MWh	број на станбени единици	потрошувачка на енергија MWh	процент на производство и потрошувачка на ЕЕ
Ново Лисиче	НЛ1	Ново Лисиче	948,06	445,19	488,57	67,23	58	394,4	17,05
	НЛ2	Ново Лисиче	555,57	326,69	349,54	48,10	46	312,8	15,38
	НЛ3	Ново Лисиче	1704,69	821,38	880,99	121,22	103	700,4	17,31
	НЛ4	Ново Лисиче	888,75	598,38	634,89	87,36	16	108,8	80,29
	НЛ5	Ново Лисиче	1311,70	795,25	857,25	117,96	36	244,8	48,19
	НЛ6	Ново Лисиче	1605,87	793,19	843,39	116,05	104	707,2	16,41
	НЛ7	Ново Лисиче	1277,28	737,88	789,92	108,69	39	265,2	40,99
	НЛ8	Ново Лисиче	1627,96	963,19	1037,84	142,81	139	945,2	15,11
	НЛ9	Ново Лисиче	782,23	368,94	400,98	55,18	60	408	13,52
	НЛ10	Ново Лисиче	932,27	634,00	673,63	92,69	20	136	68,16
	НЛ11	Ново Лисиче	546,93	419,19	472,88	65,07	32	217,6	29,90
	НЛ12	Ново Лисиче	810,50	546,38	600,52	82,63	18	122,4	67,51
	НЛ13	Ново Лисиче	884,38	606,44	636,49	87,58	44	299,2	29,27
	НЛ14	Ново Лисиче	552,60	417,25	471,26	64,84	32	217,6	29,80
	НЛ15	Ново Лисиче	1526,40	1132,00	1241,58	170,84	34	231,2	73,89
	НЛ16	Ново Лисиче	1627,42	1106,69	1188,57	163,55	63	428,4	38,18
	НЛ17	Ново Лисиче	111,78	27,50	25,68	3,53	0,00	0	/

Во рамки на град Скопје анализирана е локација во населба Ново Лисиче. Површината од анализиран урбан сегмент изнесува 84041,82m². При анализа на локацијата препознаени се 17 архитектонски објекти. Во аналитичките прилози објаснети се резултати каде што секој објект е нумериран со кратенка НЛ, што следува бројот на архитектонски објект.



Слика 104- Векторски модел и аналитички дијаграми од покривна површина (m²) од Ново Лисиче

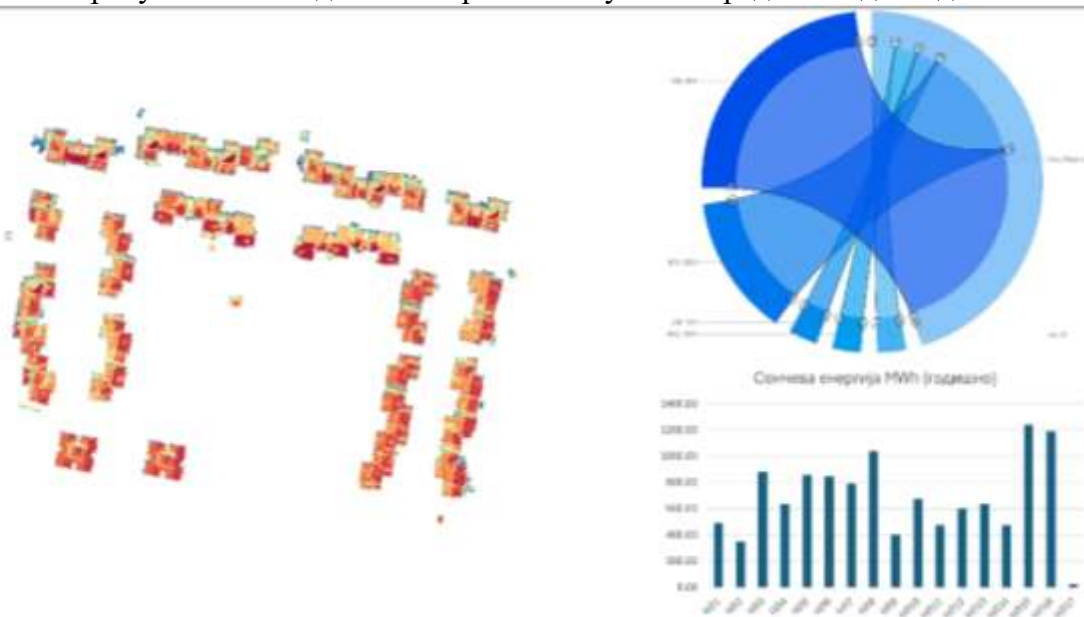
Просторни резултати од анализиран урбан сегмент на населба Ново Лисиче се добиени со примена на метод на документирање **изградени покривни површини** (Слика 104) кои на ниво на анализиран урбан сегмент изнесуваат 17694,41m². Анализираните 17 архитектонски објекти се распределени во следните категории: 5 објекти со површина 1500-1800m², 4 објекти со површина 600-900m², 3 објекти со површина 300-600m², 2 објекти со површина во категориите 900-1200m² и 1200-1500m², 1 објект со вредност 100-300m². Од анализа на распределбата по категории се согледува распределба со негатива асиметрија. Највисоката категорија во распон 1500-1800 m² има највисоко присуство на архитектонски објекти, што значи дека вредноста на останатите категории се намалува во однос на бројот на објекти и во однос на покривна површина. Високата вредност на покривна површина категоризирани во поединечни групи



Слика 105- Растерски модел и аналитички дијаграми од корисна покривна површина (m²) од Ново Лисиче

посочува на примери од повеќесејни станбени објекти. Образецот на распределба претставува повеќемодална структура.

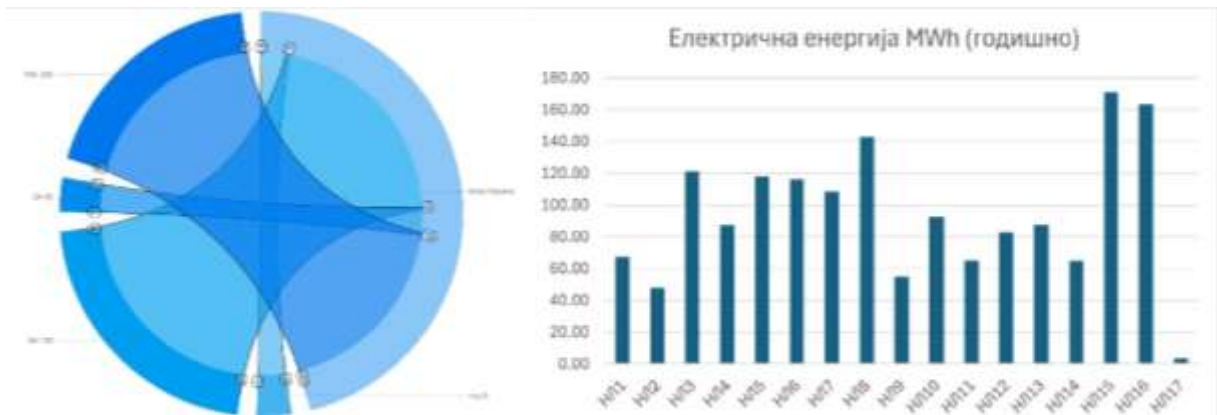
Вредноста на **корисна покривна површина** (Слика 105) во рамки на анализиран урбан сегмент на Ново Лисиче изнесува 10739,50 m². Квантитативната вредност на покривна површина за инсталирање на ФВ системи од поединечни објекти се распределени во 8 категории. Највисоката процентуална застапеност се однесува на 5 објекти или 29,41% од објектите со корисна покривна површина 300-450m². Следуваат три категории кои содржат три објекти или 17,65% од анализираните примери преку следните вредности за корисна покривна површина: 600-750m², 750-900m² и над 900m². Останатите категории имаат процентуална застапеност помала од 10% од бројот на анализирани објекти. Од резултатите од категоризацијата се забележува дека две категории имаат највисоко присуство во однос на корисна покривна површина. Доминатното присуство на на две категории посочува на вредност од поединечните



Слика 106- Растерски модел и аналитички дијаграми од сончева енергија (MWh) Ново Лисиче

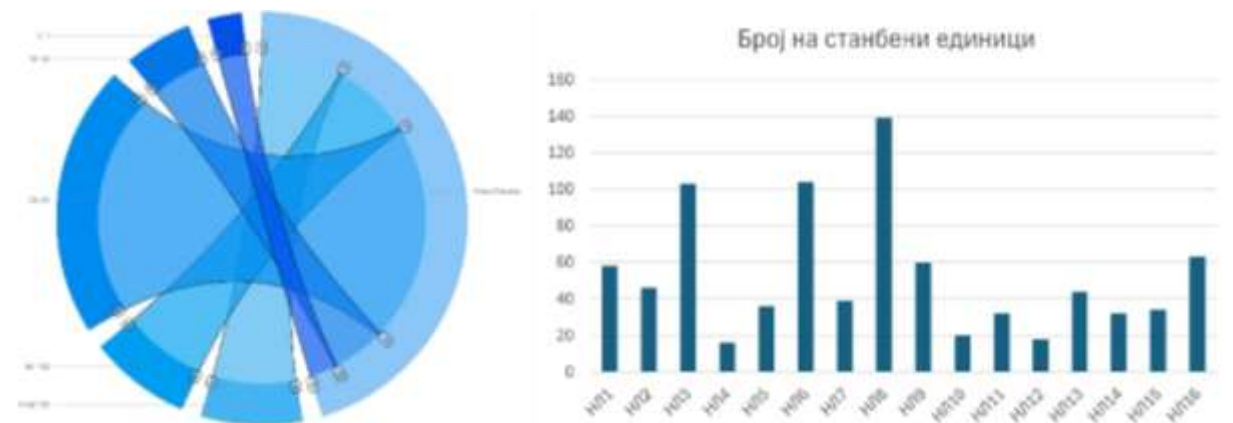
групи во повеќемодална распределба.

Покрај просторните показатели, во резултатите од истражувањето се вклучени и показатели кои се однесуваат на **сончевата енергија** (Слика 106) кои на ниво на анализиран урбан сегмент изнесува 11593,98 MWh. Анализираниите објекти од аспект на сончева енергија се распределени во 5 категории. Највисоко застапена категорија се однесува на 9 објекти или 52,94% кои имаат сончев потенцијал во граници 400-800MWh. Втора по големина вредност се однесува на 5 објекти или 29,41% кои имаат енергетски потенцијал 800-1200MWh. Останатите категории имаат еден архитектонски објект или 5,88% од вкупниот број на објекти. Од резултатите се согледува дека една категорија има концентрација на повеќе од половина од анализираниите објекти. Според тоа, сончев потенцијал потенцијал за анализиран опфат во Ново Лисиче се карактеризира со доминантно едномодална распределба.



Слика 107- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од финална електрична енергија (MWh) од Ново Лисиче

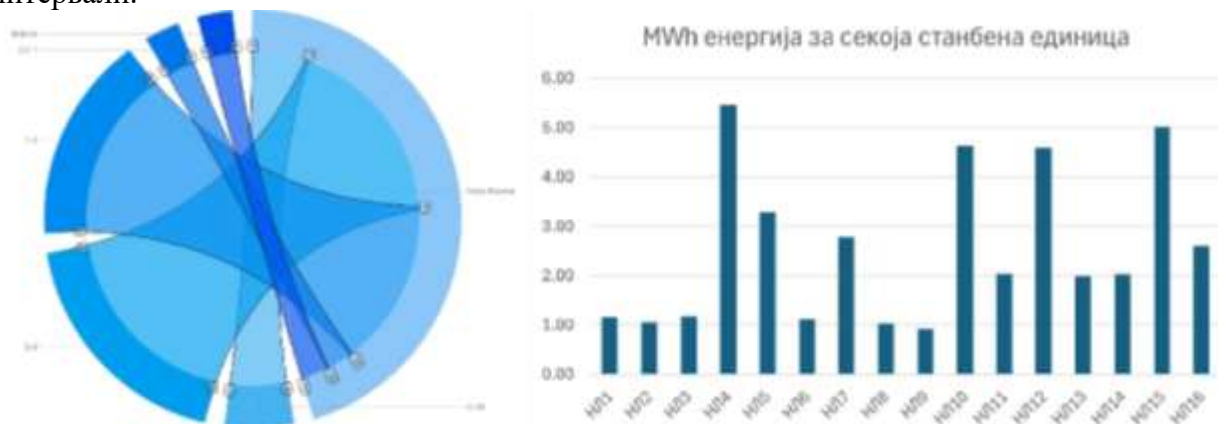
Резултатите добиени од квантифицирање на сончева енергија претставуваат основа за резултатите на вредноста од **електрична енергија** (Слика 107). Во рамки на анализиран урбан сегмент вредноста на електрична енергија во рамки на корисна покривна површина изнесува 1595,33 MWh. Добиените нумерички резултати се групирани во категории со цел утврдување на распределбата од поединечните вредности. Резултатите од електрична енергија се распределени во 4 категории. Најзастапената категорија се однесува на 8 објекти или 47,06% од вкупниот број на објекти со енергетски потенцијал 50-100MWh. Следува категоријата 100-200MWh која се однесува на 7 објекти или 41,18% од вкупниот број на анализирани објекти. Останатите категории (под 5MWh и 20-50MWh) имаат еден објект или 5,88% од анализирани примери. Од категоризацијата на резултатите се заклучува дека вредноста на електрична енергија од анализиран урбан сегмент на Ново Лисиче се карактеризира со распределба во двомодална структура.



Слика 108- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од број на станбени единици од Ново Лисиче

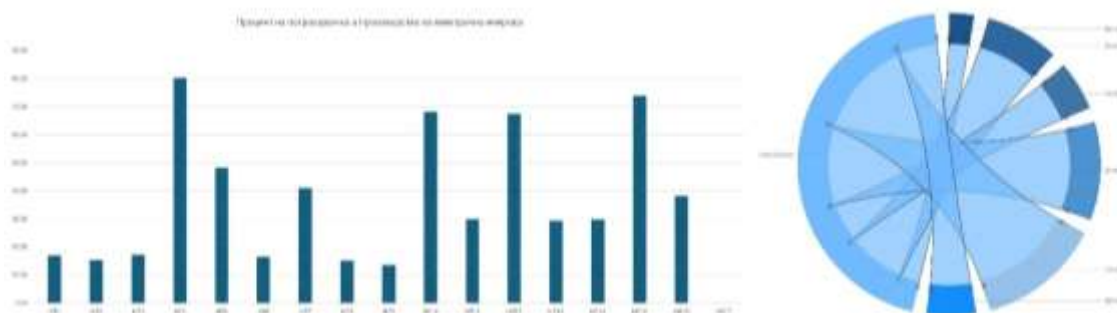
Во рамки на секој анализиран објект од населба Ново Лисиче препознаени се соодветен број на **станбени единици** (Слика 108) кои на ниво на урбан сегмент изнесуваат 844 домаќинства. Резултатите од бројот на станбени единици се категоризирани во 5 групи. Најзастапена категорија од 8 објекти се однесува на станбени единици 20-50. Следуваат следните категории: 3 објекти со станбени единици од 50-100 и над 100, 2 објекти со станбени единици 10-20 и 1 објект без станбени единици.

Добиените резултати од категоризација на бројот на станбени единици посочува на распределба на високите вредности на единиците домување со негативна асиметрија. Според тоа, високите вредности на категоризацијата се препознаваат во високите интервали.



Слика 109- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од финална електрична енергија за секоја станбени единици од Ново Лисиче

Составен дел од истражувањето претставува вредноста за **електрична енергија во рамки на станбените единици**. (Слика 109). Во рамки на анализираниите покривни површини од населба Ново Лисиче определени се вкупните енергетски потенцијали во рамки на секоја станбена единица. Резултатите од вредноста на електрична енергија за секоја станбена единица се распределени во 4 категории. Највисоко застапената категорија од 7 објекти се однесува на производство на електрична енергија во распон 2-5MWh. Следуваат 6 објекти со енергија 1-2MWh, 2 објекти со енергија за секоја станбена единица во вредност 5-10MWh и еден објект со вредност од 0,5-1MWh. Категоризацијата на резултатите посочува на едномодална распределба на вредностите. Посочената типологија на едномодална распределба покрај тоа што се состои од две категории со висока вредност.



Слика 110- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од однос помеѓу потрошувачка и производство на електрична енергија од Ново Лисиче

Резултати од истражувањето на урбан сегмент Ново Лисиче вклучуваат **однос помеѓу произведена и потрошена електрична енергија** (Слика 110) во рамки на станбените единици. Примена на методите за производство на електрична енергија резултираат со нумерички вредности од финална електрична енергија. Од друга страна, вредноста за потрошувачка на електрична енергија во просек за едно домаќинство во Македонија (анализирана преку методите за производство на електрична енергија)

изнесува 6,8 MWh на годишно ниво. Вкрстување на наведените два параметри резултираат со процентуален однос помеѓу потрошена и произведена електрична енергија. Резултатите од анализиран урбан сегмент се распределени во 5 категории. Распределбата на вредностите во интервали посочува на повеќемодална структура со разлики помеѓу категориите. Вредноста на резултатите покажува дека производството на електрична енергија од покривната површина не ги задоволува условите на енергетска автономност.

Табела 15- Резултати од површина хектар од урбан сегмент во Ново Лисиче

	покривна површина m ² /ha	корисна покривна површина m ² /ha	сончева енергија MWh/ha	електрична енергија MWh/ha	број на станбени единици/ha	однос помеѓу потрошувачка и производство на енергија (%)
Ново Лисиче	2105,43	1277,88	1379,55	189,83	100,43	27,00

Анализираните примери во град Скопје кои се наоѓаат во климатски подрачја со топла континентална клима кои според примерот на Ново Лисиче имаат густина на изграденост од 2105,43 m²/ha. Густината на изграденост во однос на корисна покривна површина за интегрирање на ФВ системи изнесува 1277,88 m²/ha. Позиционирањето во просторен контекст резултираат со степен на апсорпција на сончевата енергија во рамки на анализираните покривни површини во Ново Лисиче изнесува 1379,55 m²/ha. Производство на финална електрична енергија од анализираните покривни површини од Ново Лисиче изнесува 189,83 MWh/ha. Густината на населеност од анализираните локации изнесува: 100,43 станбени единици/ha. Поради висок број на станбени единици во рамки на анализираната локација во Ново Лисиче производството на енергија не е достигнато според енергетската потрошувачка. Вредноста на соодносот помеѓу потрошувачка и производство на електрична енергија во Ново Лисиче изнесува 27,00%. Ниската процентуална вредности посочува висока густина на изграденост и висок број на станбени единици во споредба со ограничена покривна површина за интегрирање на ФВ системи.

4.2.8. Урбан сегмент- Пехчево

Табела 16- Резултати од урбан сегмент во Пехчево

	Број на објект	Град	Покривна поовршина m ²	Корисна покривна површина m ²	Сончева енергија MWh	Финална електрична енергија MWh	број на станбени единици	потрошувачка на енергија MWh	процент на производство и потрошувачка на ЕЕ
Пехчево	ПЕ1	Пехчево	94,09	66,13	76,59	10,54	0	0	/
	ПЕ2	Пехчево	50,94	29,13	33,07	4,55	0	0	/
	ПЕ3	Пехчево	189,72	64,25	87,97	12,10	2	13,6	89,00
	ПЕ4	Пехчево	176,40	60,56	85,44	11,76	2	13,6	86,45
	ПЕ5	Пехчево	191,92	78,19	103,77	14,28	2	13,6	104,99
	ПЕ6	Пехчево	172,13	57,56	79,90	10,99	2	13,6	80,84
	ПЕ7	Пехчево	192,51	74,19	100,80	13,87	2	13,6	101,98
	ПЕ8	Пехчево	207,95	130,63	151,00	20,78	2	13,6	152,78
	ПЕ9	Пехчево	151,20	58,75	83,33	11,47	2	13,6	84,31
	ПЕ10	Пехчево	279,67	179,06	213,60	29,39	2	13,6	216,11

ПЕ11	Пехчево	246,42	107,25	148,17	20,39	2	13,6	149,91
ПЕ12	Пехчево	257,31	111,44	143,27	19,71	2	13,6	144,95
ПЕ13	Пехчево	208,22	93,25	118,71	16,33	2	13,6	120,11
ПЕ14	Пехчево	157,77	40,31	53,64	7,38	2	13,6	54,27
ПЕ15	Пехчево	176,81	80,75	101,91	14,02	2	13,6	103,11
ПЕ16	Пехчево	167,04	90,00	111,41	15,33	2	13,6	112,72
ПЕ17	Пехчево	197,24	97,81	120,50	16,58	3	20,4	81,28
ПЕ18	Пехчево	123,93	46,31	65,20	8,97	1	6,8	131,93
ПЕ19	Пехчево	186,88	72,50	96,52	13,28	2	13,6	97,65
ПЕ20	Пехчево	201,92	78,56	103,60	14,26	2	13,6	104,82
ПЕ21	Пехчево	195,07	67,13	94,26	12,97	2	13,6	95,37
ПЕ22	Пехчево	180,63	115,63	130,61	17,97	2	13,6	132,14
ПЕ23	Пехчево	182,16	74,44	104,54	14,39	2	13,6	105,77
ПЕ24	Пехчево	165,02	113,00	131,88	18,15	1	6,8	266,87
ПЕ25	Пехчево	124,83	63,38	75,22	10,35	1	6,8	152,20
ПЕ26	Пехчево	241,38	98,00	122,72	16,89	2	13,6	124,17
ПЕ27	Пехчево	579,82	321,38	361,75	49,78	4	27,2	183,00
ПЕ28	Пехчево	176,13	73,00	95,86	13,19	2	13,6	96,99
ПЕ29	Пехчево	370,22	165,19	205,37	28,26	2	13,6	207,78
ПЕ30	Пехчево	133,65	68,31	86,63	11,92	2	13,6	87,65
ПЕ31	Пехчево	264,37	129,75	172,26	23,70	2	13,6	174,28
ПЕ32	Пехчево	195,84	131,81	149,86	20,62	2	13,6	151,62
ПЕ33	Пехчево	159,21	78,56	97,18	13,37	2	13,6	98,32
ПЕ34	Пехчево	230,90	171,69	200,59	27,60	1	6,8	405,89
ПЕ35	Пехчево	1310,13	698,13	856,95	117,92	10	68	173,41
ПЕ36	Пехчево	230,71	68,81	89,14	12,27	2	13,6	90,19
ПЕ37	Пехчево	60,25	31,44	37,52	5,16	0	0	/
ПЕ38	Пехчево	247,10	183,81	215,82	29,70	2	13,6	218,36
ПЕ39	Пехчево	400,09	196,00	244,45	33,64	2	13,6	247,32
ПЕ40	Пехчево	161,96	85,38	107,53	14,80	1	6,8	217,59
ПЕ41	Пехчево	233,33	118,56	136,84	18,83	2	13,6	138,45
ПЕ42	Пехчево	655,56	338,38	416,43	57,30	7	47,6	120,38
ПЕ43	Пехчево	451,22	220,81	262,71	36,15	4	27,2	132,90
ПЕ44	Пехчево	498,83	282,19	354,54	48,79	4	27,2	179,36
ПЕ45	Пехчево	211,50	119,44	146,66	20,18	2	13,6	148,39
ПЕ46	Пехчево	133,56	71,31	88,84	12,22	2	13,6	89,89
ПЕ47	Пехчево	226,84	160,00	190,47	26,21	2	13,6	192,71
ПЕ48	Пехчево	141,12	71,44	87,90	12,10	2	13,6	88,93
ПЕ49	Пехчево	156,47	76,94	97,02	13,35	2	13,6	98,16
ПЕ50	Пехчево	1771,02	1022,44	1248,09	171,74	14	95,2	180,40
ПЕ51	Пехчево	279,99	161,88	194,00	26,69	2	13,6	196,28
ПЕ52	Пехчево	195,57	70,75	96,54	13,28	2	13,6	97,68
ПЕ53	Пехчево	156,60	81,88	103,63	14,26	2	13,6	104,85
ПЕ54	Пехчево	641,30	304,88	372,99	51,32	6	40,8	125,79
ПЕ55	Пехчево	367,47	165,06	215,92	29,71	4	27,2	109,23
ПЕ56	Пехчево	186,52	107,69	135,69	18,67	3	20,4	91,53
ПЕ57	Пехчево	44,05	34,69	41,62	5,73	0	0	/
ПЕ58	Пехчево	146,16	52,94	73,98	10,18	3	20,4	49,90
ПЕ59	Пехчево	184,14	103,69	125,75	17,30	0	0	/
ПЕ60	Пехчево	732,24	358,31	441,17	60,70	4	27,2	223,18

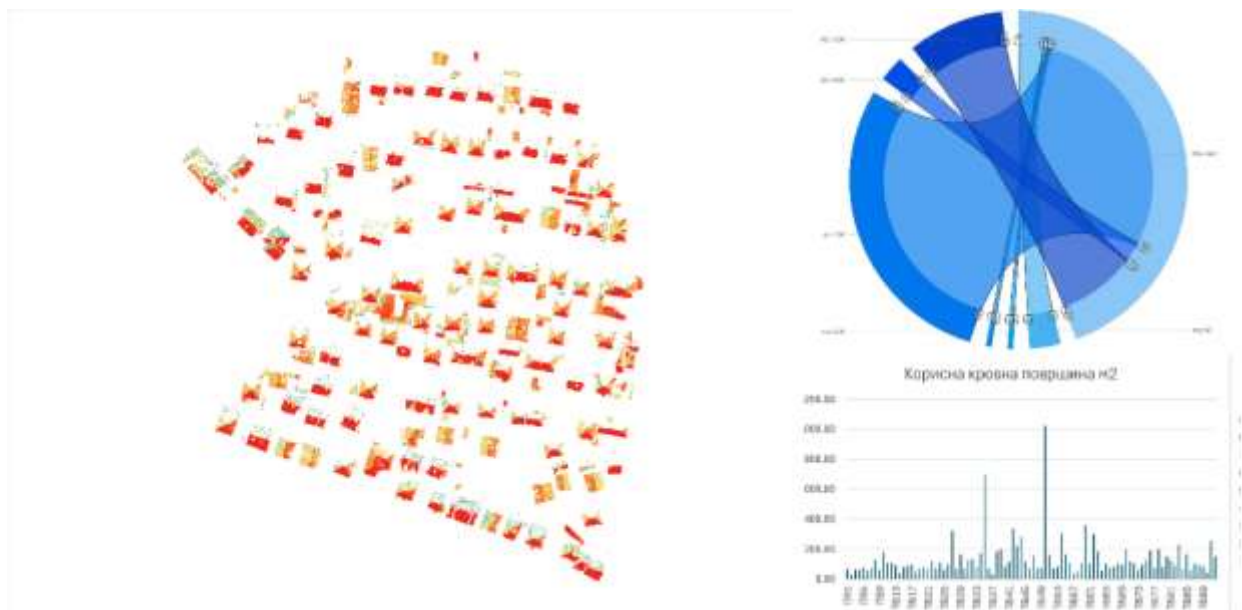
ПЕ61	Пехчево	177,75	102,13	125,26	17,24	2	13,6	126,74
ПЕ62	Пехчево	572,27	301,75	365,15	50,24	5	34	147,78
ПЕ63	Пехчево	435,65	184,75	235,44	32,40	4	27,2	119,10
ПЕ64	Пехчево	117,45	57,31	71,71	9,87	1	6,8	145,11
ПЕ65	Пехчево	220,68	103,06	135,19	18,60	3	20,4	91,19
ПЕ66	Пехчево	178,07	76,13	97,20	13,37	2	13,6	98,35
ПЕ67	Пехчево	218,57	81,69	104,95	14,44	2	13,6	106,19
ПЕ68	Пехчево	208,17	105,13	125,43	17,26	2	13,6	126,90
ПЕ69	Пехчево	141,12	95,25	109,94	15,13	1	6,8	222,48
ПЕ70	Пехчево	377,77	197,19	249,05	34,27	5	34	100,79
ПЕ71	Пехчево	228,83	115,63	151,80	20,89	2	13,6	153,59
ПЕ72	Пехчево	167,04	105,56	122,06	16,80	0	0	/
ПЕ73	Пехчево	144,81	60,94	77,08	10,61	2	13,6	77,99
ПЕ74	Пехчево	143,64	95,81	110,57	15,21	3	20,4	74,58
ПЕ75	Пехчево	198,63	129,06	143,17	19,70	2	13,6	144,86
ПЕ76	Пехчево	351,54	191,00	229,50	31,58	3	20,4	154,80
ПЕ77	Пехчево	159,35	74,75	91,68	12,62	2	13,6	92,76
ПЕ78	Пехчево	296,51	198,38	249,27	34,30	2	13,6	252,20
ПЕ79	Пехчево	185,58	82,69	104,11	14,32	2	13,6	105,33
ПЕ80	Пехчево	331,65	152,88	199,99	27,52	5	34	80,94
ПЕ81	Пехчево	246,01	126,63	145,37	20,00	2	13,6	147,08
ПЕ82	Пехчево	155,16	91,56	111,06	15,28	2	13,6	112,37
ПЕ83	Пехчево	364,77	228,19	265,19	36,49	3	20,4	178,87
ПЕ84	Пехчево	142,83	67,38	81,25	11,18	1	6,8	164,42
ПЕ85	Пехчево	346,14	167,19	208,65	28,71	4	27,2	105,55
ПЕ86	Пехчево	130,50	62,25	79,36	10,92	2	13,6	80,30
ПЕ87	Пехчево	156,60	101,81	112,55	15,49	2	13,6	113,87
ПЕ88	Пехчево	197,19	91,25	108,18	14,89	2	13,6	109,45
ПЕ89	Пехчево	178,52	86,13	100,27	13,80	2	13,6	101,45
ПЕ90	Пехчево	108,77	40,00	51,46	7,08	2	13,6	52,06
ПЕ91	Пехчево	427,77	257,75	319,23	43,93	2	13,6	322,99
ПЕ92	Пехчево	297,36	152,88	177,64	24,44	0	0	/



Слика 111- Векторски модел и аналитички дијаграми од покривна површина (m²) од Ново Пехчево

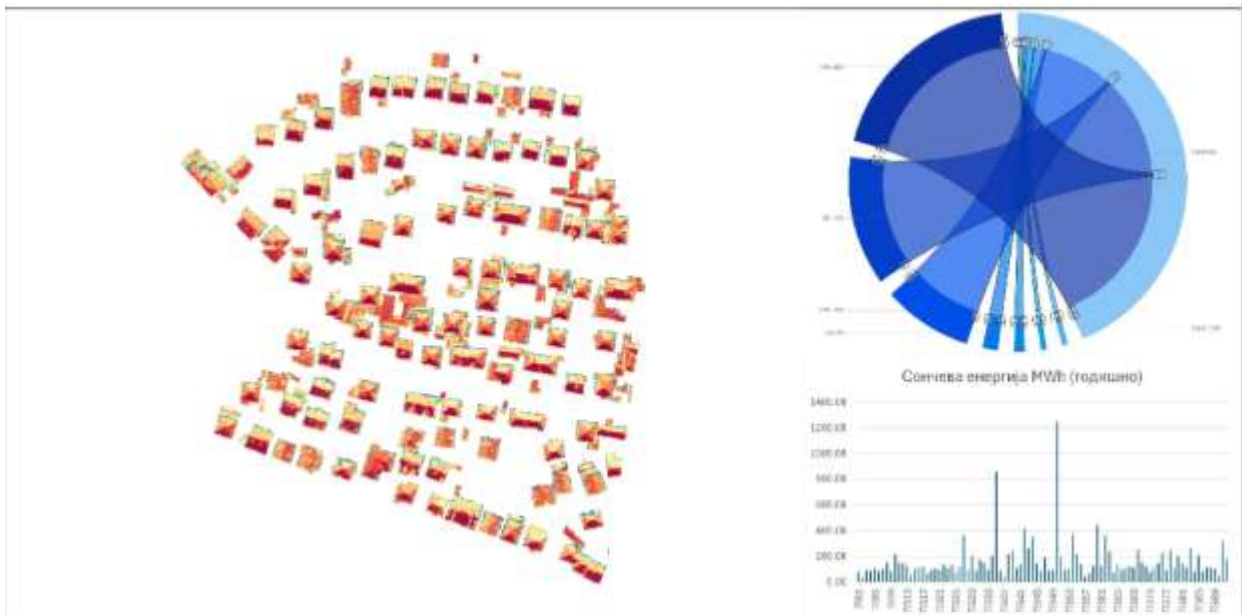
Резултатите од истражувањето град Пехчево се опфатени во рамки на анализиран урбан сегмент со површина 71086,40m². Примена на методите за документирање изградени покривни површини резултираат со препознавање се вкупно 92 архитектонски објекти кадешто секој објект е нумериран најпрвин со кратенката ПЕ, што следува бројот на архитектонски објект.

Просторни резултати од ортогоналната проекција на **покривни површини** (Слика 111) на ниво на анализиран урбан сегмент изнесува 24259,68 m². Анализираните објекти се распределени во следните категории: 69 објекти со површина 100-300m², 14 објекти со површина 300-600m², 4 објекти со површина под 100m², 1 објект со површина 1200-1500m² односно 1500-1800m². Од распределување на вредностите во 6 категории се забележува концентрацијата на една група која е со најголем број на архитектонски објекти, но ниска вредност на покривна површина помеѓу 100-300m². Следува вредноста од покривната површина 300-600m² од 14 архитектонски објекти или 15,22% од вкупниот број на објектите. Останатите вредности се со процентуална застапеност под 5%. Од резултатите на категоризација на покривна површина се забележува дека една категорија има концентрирана вредност, додека останатите категории се распределени со релативно мал процент на опфат. Вредноста на површината покажува доминантно присуство на покривни ПЕршини во распон 100-300m² што претставува релативно мала покривна површина што посочува на објекти од седно емејно домување.



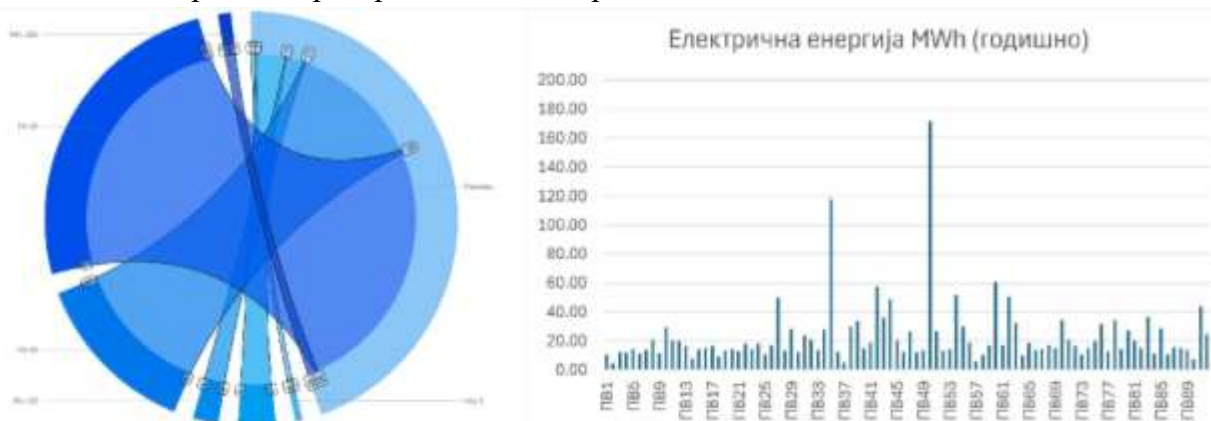
Слика 112- Растерски модел и аналитички дијаграми од корисна покривна површина (m²) од Пехчево

Резултатите од истражувањето на **покривни површини погодни за интегрирање на ФВ системи** (Слика 112) на ниво на урбан сегмент изнесуваат 12458,75 m². Квантитативната вредност на покривна површина за инсталирање на ФВ системи се распределени во 6 категории. Најголем број на објект или 60 примери со корисна покривна површина во интервал 50-150m². Втора категорија по бројност се однесува на 19 објекти со покривна површина за инсталирање на ФВ системи во интервал 150-300m². Останатите категории изнесуваат 10% од вкупниот број на анализирани објекти. Од добиените резултати се заклучува концентрација на една вредност која има висок процент на застапеност, но со мала вредност на корисна покривна површина. Резултатите покажуваат концентрирана распределба на интервалите со елементи на дво модален образец.



Слика 113- Растерски модел и аналитички дијаграми од сончева енергија (MWh) Ново Пехчево

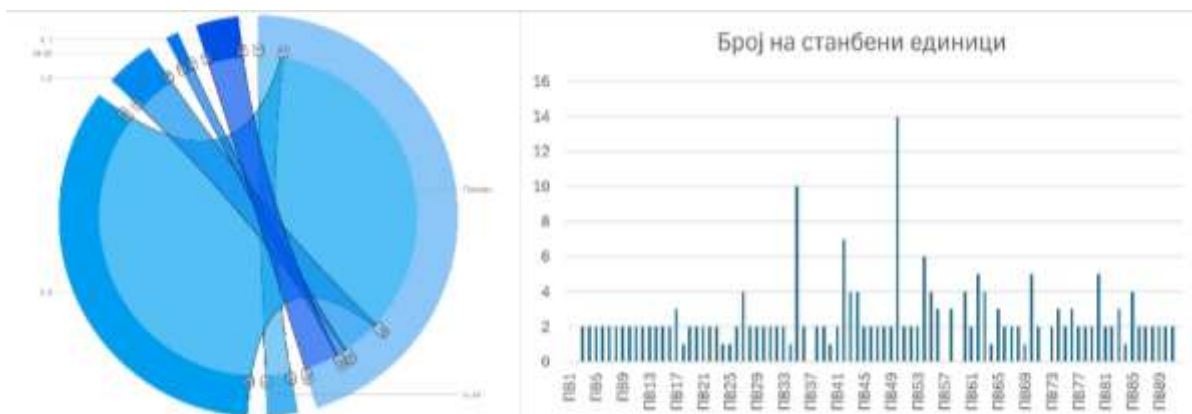
Покрај просторните показатели, во резултатите од истражувањето се вклучени и показатели кои се однесуваат на **сончевата енергија** (Слика 113) кои на ниво на урбан сегмент изнесува 15348,11 MWh. Анализа на архитектонските објекти од аспект на сончева енергија се распределени во 7 категории. Највисока застапеност во бројот на објекти се однесува на 41 објект со сончев потенцијал во интервал 100-200MWh. Следуваат 26 објекти со сончев интервал 50-100MWh, понатаму 18 објекти со сончева енергија 200-400MWh. Останатите категории се распределени во интервали кои опфаќаат помалку од 10% од вкупниот број на анализирани објекти. Резултатите од поделба во категории покажува концентрација на две групи кои се карактеризира со двомодален образец на распределба на интервалите.



Слика 114- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од финална електрична енергија (MWh) од Пехчево

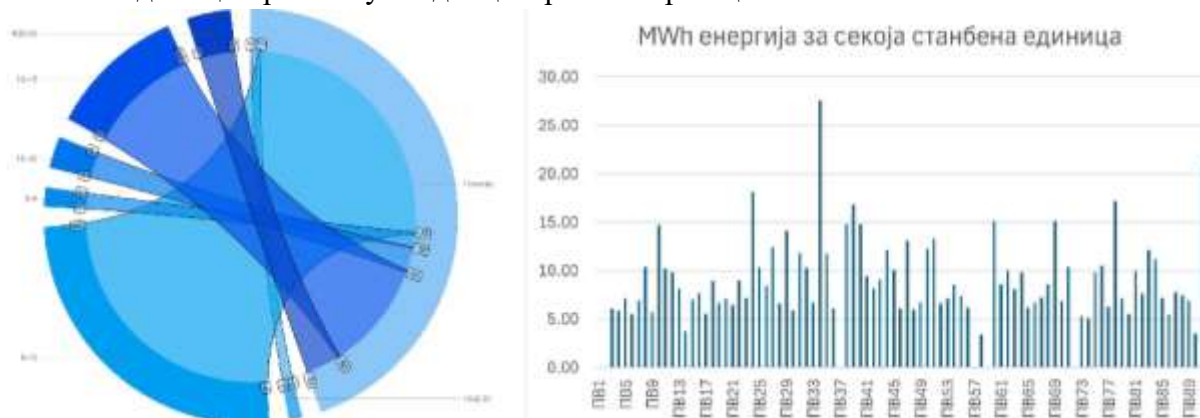
Резултатите добиени од квантифицирање на сончева енергија претставуваат основа за резултатите на вредноста од **електрична енергија** (Слика 114) кои на ниво на урбан сегмент изнесуваат 2111,90 MWh. Резултатите за производство на електрична енергија се распределени во 6 категории. Највисоко застапената категорија се однесува на 52 објекти со енергетски потенцијал 10-20MWh. Следува 27 објекти со производство на

електрична енергија во интервал 20-50MWh. Останатите категории на архитектонски објекти се под 10% од вкупниот број на анализирани примери. Од резултатите на енергетските капацитети се издвојуваат две вредности со висока процентуална застапеност, додека останатите 4 имаат мал број на архитектонски објекти во сопствената категорија. Образецот на распределба претставува двомодален карактер од кои една категорија има доминантна вредност.



Слика 115- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од број на станбени единици од Пехчево

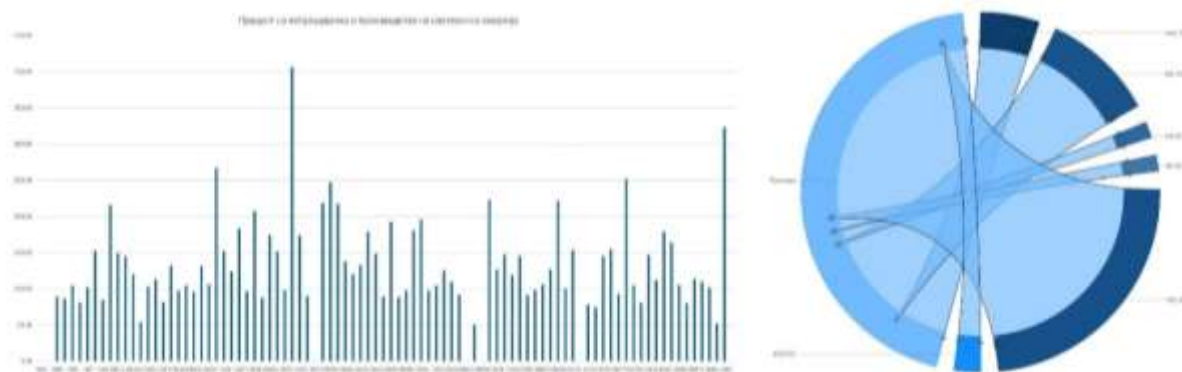
Во рамки на секој анализиран објект од град Пехчево препознаени се соодветен број на **станбени единици** (Слика 116). Резултатите за вредноста на бројот на домаќинства на ниво на анализиран урбан сегмент од град Пехчево изнесуваат 221 домаќинство. Квантитативната вредност на бројот на станбени единици е распределена во 5 категории. Најзастапената категорија се однесува на 70 архитектонски објекти со станбени единици во интервал 2-5. Останатите категории имаат процентуална застапеност помала од 10%. Од добиените резултати се заклучува дека една вредност содржи концентрација на висок број на архитектонски објекти. Според тоа, распределбата на вредностите од бројот на станбени единици претставува едноцентричен образец.



Слика 116- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од финална електрична енергија за секоја станбени единици од Пехчево

Составен дел од истражувањето претставува вредноста за **електрична енергија во рамки на станбените единици**. (Слика 115). Резултатите од аспект на електрична енергија за секоја станбена единица се распределени во 5 категории. Една категорија со највисок број на архитектонски објекти или 53 на број, за секоја станбена единица има енергетски потенцијал во интервал 5-10 MWh. Следува категоријата во интервал 10-15MWh која се однесува на 22 архитектонски објекти. Останатите категории имаат

процент на распределба помал од 10%. Од добиените резултати се забележува концентрираната вредност на две категории кои сочинуваат повеќе од 85% од архитектонските објекти. Тие имаат енергетски капацитет помеѓу 5-15 MWh за секоја станбена единица. Од добиените резултати се препознава двомодален образец на распределба во интервалите од поединечните категории.



Слика 117- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од однос помеѓу потрошувачка и производство на електрична енергија од Пехчево

Резултати од истражувањето на урбан сегмент од град Пехчево вклучуваат **однос помеѓу произведена и потрошена електрична енергија** (Слика 117) во рамки на станбените единици. Примена на методите за производство на електрична енергија резултираат со нумерички вредности од финална електрична енергија. Од друга страна, вредноста за потрошувачка на електрична енергија во просек за едно домаќинство во Македонија (анализирана преку методите за производство на електрична енергија) изнесува 6,8 MWh на годишно ниво. Вкрстување на наведените два параметри резултираат со процентуален однос помеѓу потрошена и произведена електрична енергија. Резултатите од анализиран урбан сегмент се распределени во 5 категории. Образецот на распределба посочува на едномодална структура со елементи на граница помеѓу концентрирана и рамномерна распределба од поединечните категории. Резултатите посочуваат дека голем дел од анализираните објекти имаат поголемо производство на електрична енергија во однос на потрошувачката што се посочува висок степен на енергетска автономност.

Табела 17- Резултати од површина хектар од урбан сегмент во Пехчево

	покривна површина m ² /ha	корисна покривна површина m ² /ha	сончева енергија MWh/ha	електрична енергија MWh/ha	број на станбени единици/ha	однос помеѓу потрошувачка и производство на енергија (%)
Пехчево	3412,70	1752,62	2159,08	297,09	31,09	136,52

Градски средини во Македонија кои се наоѓаат во субпланински континентални влијанија според анализираниот пример на Пехчево имаат густина на изграденост 3412,70m²/ha, при тоа густината на покривни површини за интегрирање на ФВ системи изнесува 1752,62 m²/ha. Зададениот просторен и климатски контекст се карактеризира со капацитет за апсорпција на сончева енергија во вредност 2159,08 MWh/ha годишно, при тоа со интегрирање на повеќе кристални ФВ системи производството на финална електрична енергија изнесува 297,09 MWh/ha. Густината на населеност според резултатите од истражувањето изнесува 31,09 станбени единици на површина хектар. Доколку се направи сооднос на резултатите се заклучува дека анализираните примери

во Пехчево имаат 136,52% поголемо производство на електрична енергија во однос на потрошувачката.

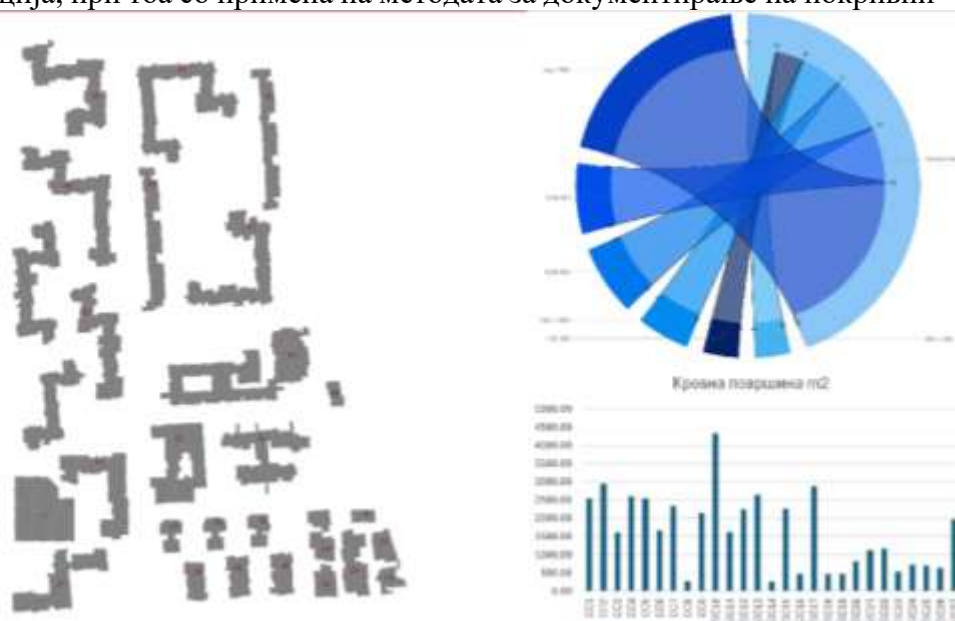
4.2.9. Урбан сегмент- Скопје Север

Табела 18- Резултати од урбан сегмент во Скопје Север

	Број на објект	Град	Покривна површина m ²	Корисна покривна површина m ²	Сончева енергија MWh	Финална електрична енергија MWh	број на станбени единици	потрошувачка на енергија MWh	процент на производство и потрошувачка на EE
Скопје Север	CC1	Скопје Север	2544,31	1599,75	1823,82	250,96	130	884	28,39
	CC2	Скопје Север	2942,28	1978,19	2253,58	310,09	160	1088	28,50
	CC3	Скопје Север	1610,19	1109,50	1269,87	174,73	98	666,4	26,22
	CC4	Скопје Север	2609,91	1777,81	2002,41	275,53	143	972,4	28,34
	CC5	Скопје Север	2546,11	1511,31	1657,88	228,12	112	761,6	29,95
	CC6	Скопје Север	1666,26	1113,19	1267,23	174,37	112	761,6	22,90
	CC7	Скопје Север	2337,66	1649,88	1870,62	257,40	136	924,8	27,83
	CC8	Скопје Север	271,26	165,50	172,92	23,79	0	0	/
	CC9	Скопје Север	2144,92	1372,50	1535,96	211,35	142	965,6	21,89
	CC10	Скопје Север	4340,61	2988,00	3285,76	452,12	0	0	/
	CC11	Скопје Север	1622,52	1187,75	1368,39	188,29	94	639,2	29,46
	CC12	Скопје Север	2241,00	914,56	967,65	133,15	0	0	/
	CC13	Скопје Север	2643,55	1374,50	1430,60	196,85	0	0	/
	CC14	Скопје Север	257,04	143,44	173,25	23,84	4	27,2	87,65
	CC15	Скопје Север	2265,78	1670,75	1931,11	265,72	96	652,8	40,70
	CC16	Скопје Север	476,57	330,13	378,07	52,02	36	244,8	21,25
	CC17	Скопје Север	2876,90	1270,63	1294,09	178,07	0	0	/
	CC18	Скопје Север	462,92	334,88	382,01	52,57	36	244,8	21,47
	CC19	Скопје Север	463,14	333,00	379,56	52,23	36	244,8	21,33
	CC20	Скопје Север	832,54	502,13	552,97	76,09	20	136	55,95
	CC21	Скопје Север	1118,06	695,38	753,28	103,65	17	115,6	89,66

	CC22	Скопје Север	1173,64	689,38	744,14	102,39	21	142,8	71,70
	CC23	Скопје Север	534,56	279,38	303,10	41,71	13	88,4	47,18
	CC24	Скопје Север	717,12	509,25	555,09	76,38	32	217,6	35,10
	CC25	Скопје Север	711,63	490,38	529,02	72,79	32	217,6	33,45
	CC26	Скопје Север	627,08	437,75	488,48	67,21	32	217,6	30,89
	CC27	Скопје Север	1975,11	1074,56	1237,63	170,30	102	693,6	24,55

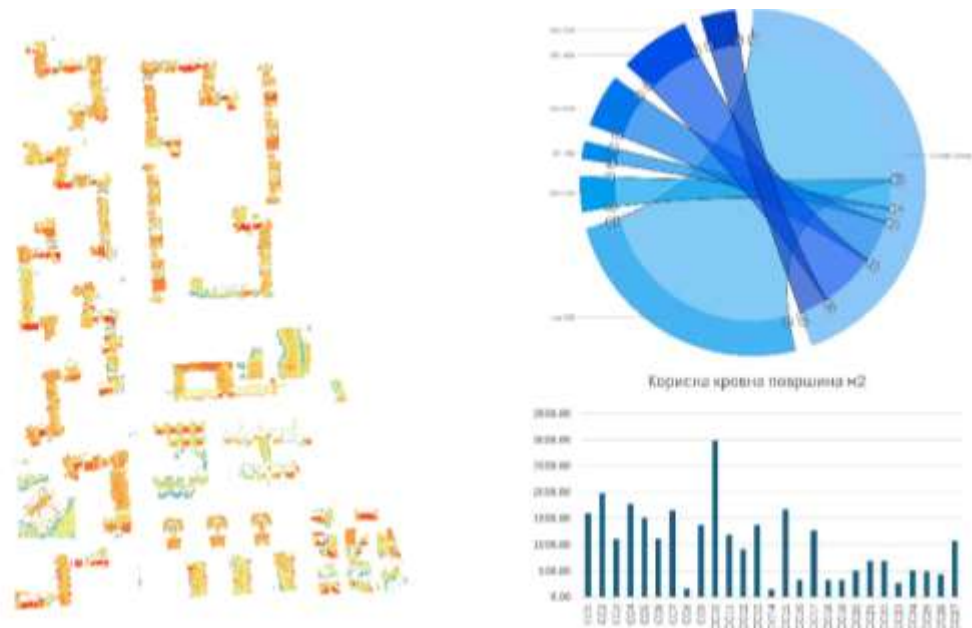
Последната локација од резултатите од истражувањето се наоѓа во населба Скопје Север. Површината од анализиран урбан сегмент инесува 162488,00m². Во рамки на анализираната локација, при тоа со примена на методата за документирање на покривни



Слика 118- Векторски модел и аналитички дијаграми од покривна површина (m²) од Ново Скопје Север

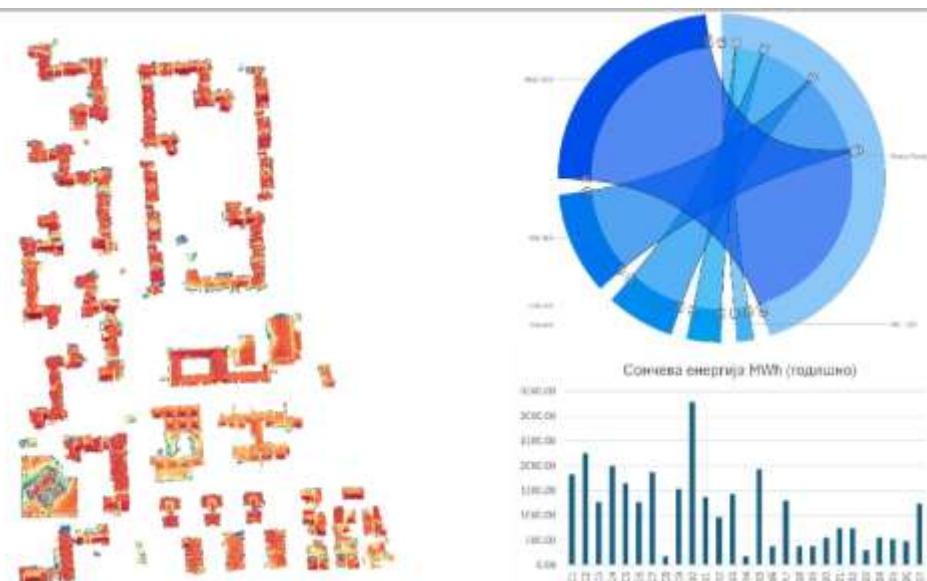
површини од добиените резултати се препознаени 27 архитектонски објекти. Поединечните објекти се нумерирани најпрвин со кратенката СС, што следува бројот на архитектонски објект.

Просторните резултати од анализиран урбан сегмент во Скопје Север се добиени со примена на метод на документирање изградени покривни површини. Вредноста на ортогонална проекција од **покривна површина** (Слика 118) во рамки на анализран урбан сегмент изнесува 44012,67 m². Анализираните 27 објекти се распределени во 6 категории. Најзастапена категорија претставува вредноста на покрива површина над 1800 m² од 12 објекти или 44,44% од вкупниот број на анализирани покривни површини. Следуваат категориите во површински распон 300-600m² и 600-900m² кои содржат 4 архитектонски објекти или 14,81% од вкупниот број на анализирани објекти. Понатаму, вредноста на површината во распон 1500-1800m² која се однесува на 3 анализирани објекти. Останатите вредности имаат процентуална застапеност помала од 10% од вкупниот број на анализирани објекти. Анализа на резултатите распределени во



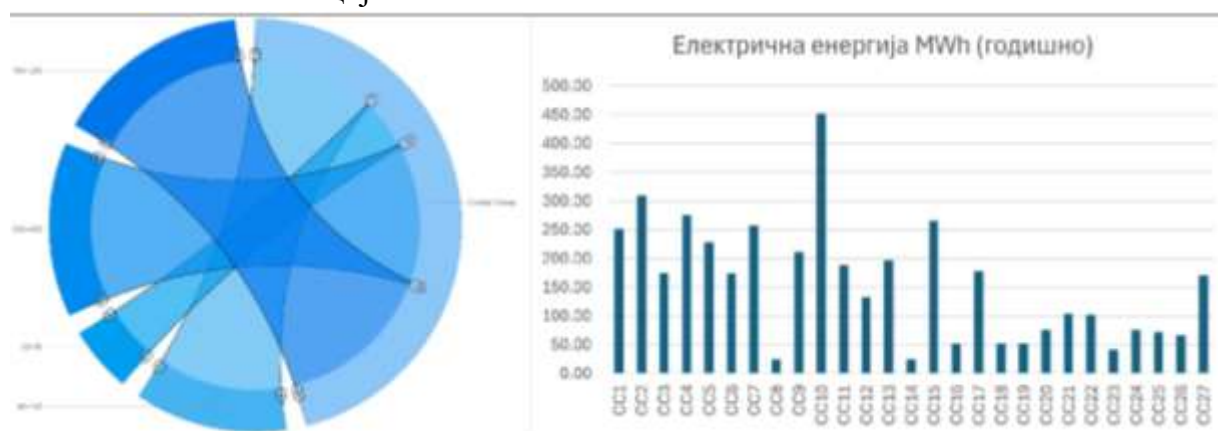
Слика 119- Растерски модел и аналитички дијаграми од корисна покривна површина (m²) од Скопје Север категории покажува концентрична распределба на асиметрични вредности. При тоа една категорија има највисок степен на застапеност при утврдување на анализирани интервали.

Покрај ортогоналната проекција, во истражувањето се анализирани вредноста на покривните површини во однос на наклонетиот агол. Во рамки на анализиран урбан сегмент се добиени резултати од **корисна покривна површина** (Слика 119) погодна за интегрирање на ФВ системи со површина од 27503,44 m². Квантитативната вредност на покривна површина за инсталирање на ФВ системи се распределени во 6 категории. Најзастапената категорија се однесува на корисна покривна површина поголема од 900 m² и опфаќа 15 објекти или 55,56% од вкупниот број на анализирани примери. Останатите категории имаат вредност под 15% од анализираниот број на објекти. Добиените резултати посочуваат на едно модална структура во која една категорија има највисок степен на застапеност во споредба со останатите вредности и категории.



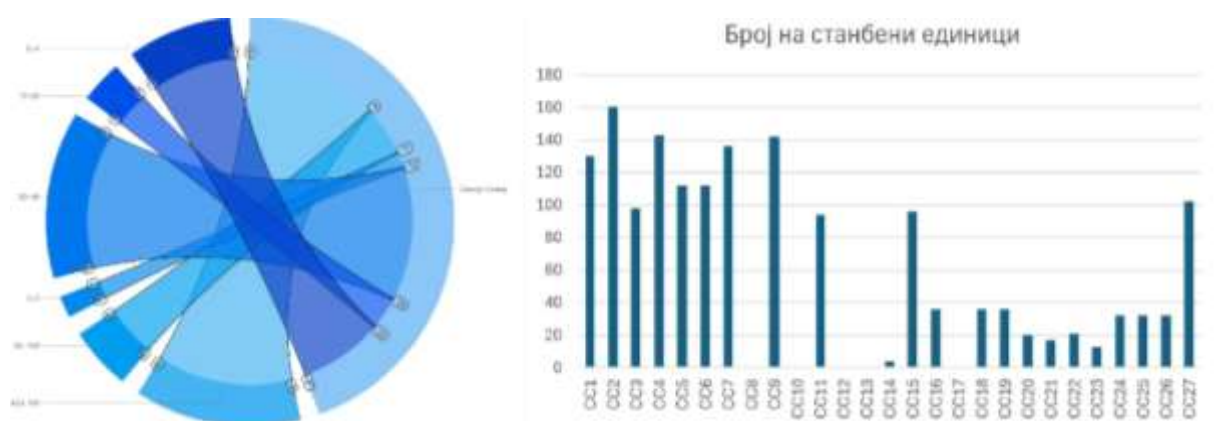
Слика 120- Растерски модел и аналитички дијаграми од сончева енергија (MWh) Ново Скопје Север

Покрај просторните показатели, во резултатите од истражувањето се вклучени и показатели кои се однесуваат на **сончевата енергија** (Слика 120) која во рамки на анализиран урбан сегмент изнесува 30608,49 MWh. Анализа на архитектонските објекти од аспект на сончева енергија се распределени во 5 категории. Најстапена категорија од вредноста на сончева енергија се однесува на сончев потенцијал над 1200MWh од 14 објекти или 51,85% од анализираните покривни површини. Во однос на големината на процентуална застапеност следуваат следните категории: 400-800MWh и 200-400MWh кои се однесуваат на 6 односно на 4 анализирани објекти. Останатите објекти имаат процентуална застапеност помала од 10%. Резултатите од категоризацијата покажуваат дека една категорија којашто всушност е највисоко групирана вредност за сончев потенцијал се појавува во повеќе од половина од анализираните објекти во рамки на урбан сегмент во Скопје Север. Според аналитичката претстава на хордов дијаграм се забележува концентрирана, асиметрична и програсивна распределба на поединечните категории од вредноста на сончевата енергија. Самите резултати покажуваат висок степен на сончев потенцијал.



Слика 121- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од финална електрична енергија (MWh) од Скопје Север

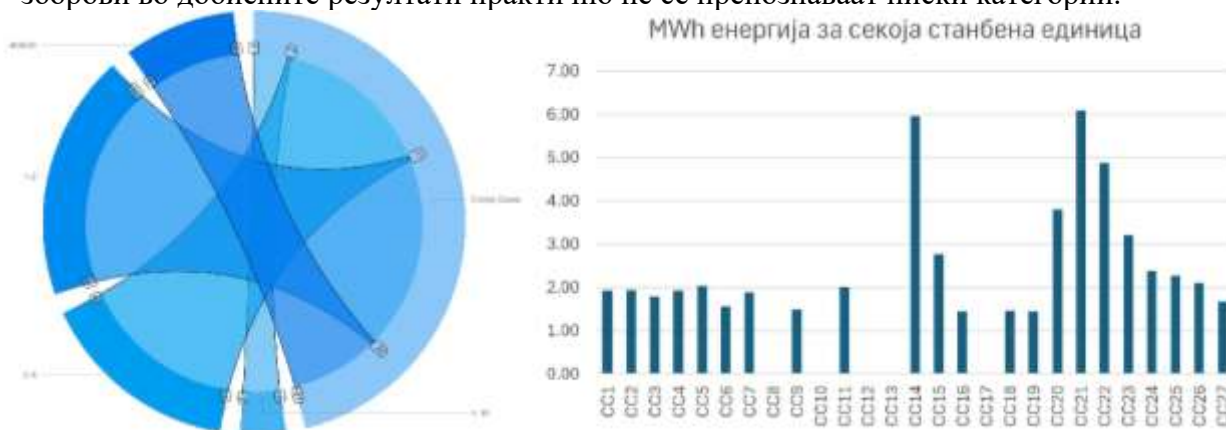
Резултатите добиени од квантифицирање на сончева енергија претставуваат основа за резултатите на вредноста од **електрична енергија** (Слика 121). Во рамки на анализираната локација од населба Скопје Север вредноста за производство на електрична енергија изнесува 4211,73 MWh. Резултатите за производство на електрична енергија се распределени во 4 категории. Највисоко застапената категорија 100-200MWh се однесува на 9 објекти или 33,33% од вкупниот број на анализирани објекти. Следуваат категориите 200-500MWh и 50-100MWh кои се однесуваат на 8, односно на 9



Слика 122- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од број на станбени единици од Скопје Север

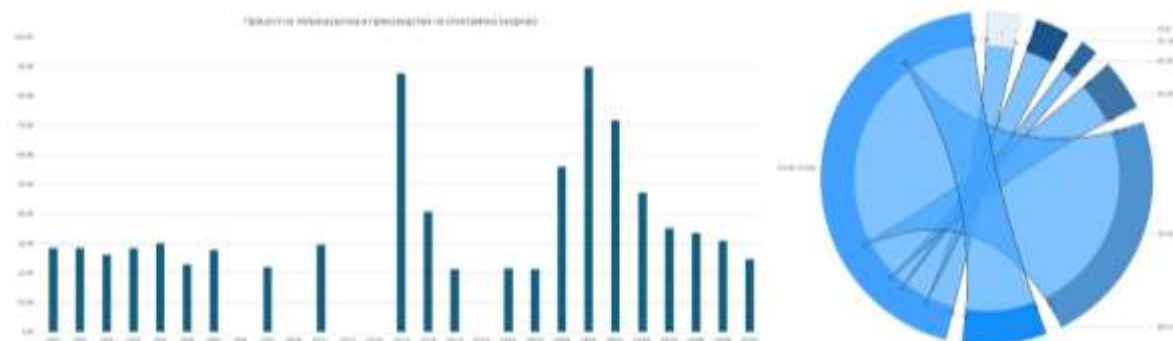
анализирани објекти. На крај категориите со енергетски потенцијал 20-50MWh вклучуваат 3 објекти. Од вредностите на категоризацијата се забележува високо кластрирана распределба помеѓу категориите. Исто така, резултатите покажуваат приближно рамномерна распределба помеѓу категориите со висок степен на потенцијал за производство на електрична енергија.

Во рамки на секој анализиран објект од населба Скопје Север препознаени се соодветен **број на станбени единици** (Слика 122). Резултатите за вредноста на бројот на домаќинства во рамки на анализиран урбан сегмент изнесуваат 1604 станбени единици кои се добиени со примена на метод на работа со податоци од Агенција Катастар на Недвижности и теренски набљудувања. Квантитативната вредност на бројот на станбени единици е распределена во 6 категории. Највисоко застапените категории се однесуваат на 8 архитектонски објекти, односно 29,63% од вкупниот број на анализирани објекти во распон 20-50 и над 100 станбени единици. Следува категоријата до 1 станбена единица која се среќава во 5 објекти, понатаму 3 објекти со станбени единици 50-100. Останатите категории се среќаваат под 10% од вкупниот број на архитектонски објекти. Добиените резултати покажуваат распределени карактеристики кои се дво-модални. Самите резултати имаат висока асиметрија. Дополнителна карактеристика се однесува на вредности кои се кластрирани од објекти со висок број на станбени единици распределени во две највисоко застапени категории. Со други зборови во добиените резултати практично не се препознаваат ниски категории.



Слика 123- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од финална електрична енергија за секоја станбени единици од Скопје Север

Составен дел од истражувањето претставува вредноста за **електрична енергија во рамки на станбените единици** (Слика 123). Во рамки на анализираниите покривни површини од населба Скопје Север определени се вкупните енергетски потенцијали.



Слика 124- Дијаграм на хорди и столбест дијаграм од однос помеѓу потрошувачка и производство на електрична енергија од Скопје Север

Понатаму во сегментираните резултати се применува постапка на квантифицирање станбени единици кои се наоѓаат во рамки на анализираните покривни површини. Резултатите претставуваат количество на електрична енергија за секоја станбена единица во рамки на анализираните објекти. Резултатите од аспект на електрична енергија за секоја станбена единица се распределени во 3 категории. Од категоризацијата на резултати се забележува дека највисоко застапената категорија од бројот на архитектонски објекти за секоја станбена единица има производство на енергија во распон 1-2MWh. Втора по застапеност категорија се онесува на 9 објекти или 40,91% кои имаат производствен капацитет 2-5MWh. Најниска вредност или 2 објекти се со енергетски потенцијал 5-10MWh за секоја станбена единица. Резултатите покажуваат ниска вредност на категориите, со низок степен на енергетска дистрибуција поради високиот број на станбени единици. Категориите истовремено се карактеризираат како асиметрични и дво модални.

Сегментираните резултати од истражувањето на населба Скопје Север вклучуваат однос помеѓу произведена и потрошена електрична енергија (Слика 124) во рамки на станбените единици. Примена на методите за производство на електрична енергија резултираат со нумерички вредности од финална електрична енергија. Од друга страна, вредноста за потрошувачка на електрична енергија во просек за едно домаќинство во Македонија (анализирана преку методите за производство на електрична енергија) изнесува 6,8 MWh на годишно ниво. Вкрстување на наведените два параметри резултираат со процентуален однос помеѓу потрошена и произведена електрична енергија. Резултатите од анализиран урбан сегмент се распределени во 4 категории. Во рамки на распределувањето се забележува едномодален образец. Вредноста на резултатите покажува дека производството на електрична енергија од покривната површина не ги задоволува условите на енергетска автономност.

Табела 19- Резултати од површина хектар од урбан сегмент во Скопје Север

	покривна површина m ² /ha	корисна покривна површина m ² /ha	сончева енергија MWh/ha	електрична енергија MWh/ha	број на станбени единици/ha	однос помеѓу потрошувачка и производство на енергија (%)
Скопје Север	2708,67	1692,64	1883,74	259,20	98,71	37,51

Анализираните примери во град Скопје кои се наоѓаат во климатски подрачја со топла континентална клима кои според примерот на Скопје Север имаат густина на изграденост од 2708,67 m²/ha. Густината на изграденост во однос на корисна покривна површина за интегрирање на ФВ системи изнесува 1692,64 m²/ha. Позиционирањето во просторен контекст резултираат со степен на апсорпција на сончевата енергија во рамки на анализираните покривни површини во Скопје Север изнесува 1883,74 m²/ha. Производство на финална електрична енергија од анализираните покривни површини од Скопје Север изнесува 259,20 MWh/ha. Густината на населеност од анализираните локации изнесува: 98,71 станбени единици/ha. Поради висок број на станбени единици во рамки на анализираната локација во Скопје Север производството на енергија не е достигнато според енергетската потрошувачка. Вредноста на соодносот помеѓу потрошувачка и производство на електрична енергија во Скопје Север изнесува 37,51%. Ниската процентуална вредности посочува висока густина на изграденост и висок број на станбени единици во споредба со ограничена покривна површина за интегрирање на ФВ системи.

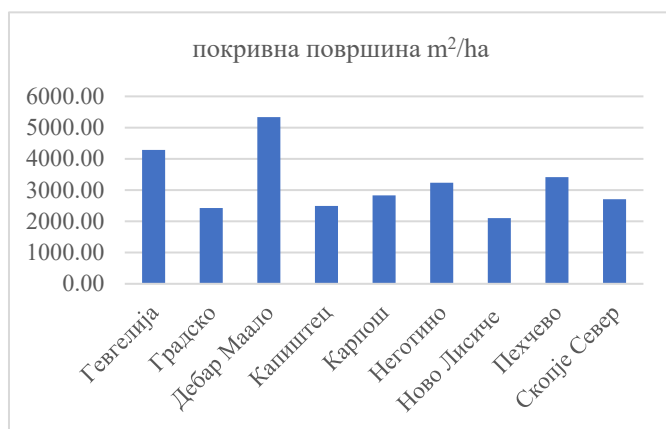
4.2.10. Споредбена анализа

Во ова поглавје прикажана е споредбена анализа од деветте урбани сегменти. Оваа анализа произлегува од разликата во однос на параметрите согледани од резултатите од истражувањето. Анализата е спроведена со цел добиените резултати од претходните поглавја да се сведат на ист површински именител, односно преку анализа на површина хектар. Овој пристап овозможува анализа на разликите во просторните, енергетските и демографските показатели. Анализата е опфатени преку следните параметри: покривна површина, корисна покривна површина, сончева енергија, електрична енергија и број на станбени единици.

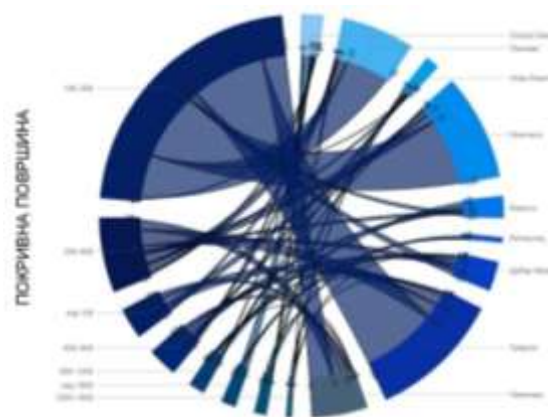
Во анализата се применети столбест дијаграм и дијаграм на хорди. Во рамки на столбестниот дијаграм направена е споредбена анализа помеѓу урбаните сегменти кои при тоа се сведени на површина хектар. Од друга страна, во анализата за категоријазацијата од поединечните објекти се применуваат дијаграм хорди преку кој се прикажани два параметри: локација и вредноста на интервалите. Секоја вредност од параметрите е поделена во осум интервали со цел да се препознае образецот на распределбата преку визуелниот дијаграм. Оваа споредба претставува вузелна транскрипција на податоците од табелите кои се прикажани во поглавието од сегментираните резултати.

Споредбената анализа посочува дека просторните и енергетски резултати покажуваат слични карактеристики кадешто анализираните сегменти во Гевгелија и Дебар Маало имаат највисоки просторно-енергетски вредности. Од друга страна демографските показатели посочуваат дека анализираните сегменти во градот Скопје имаат највисок интензитет на населеност преку бројот на станбени единици.

- Основа на покривна површина



Слика 126- Споредбена анализа од покривна површина m²/ha



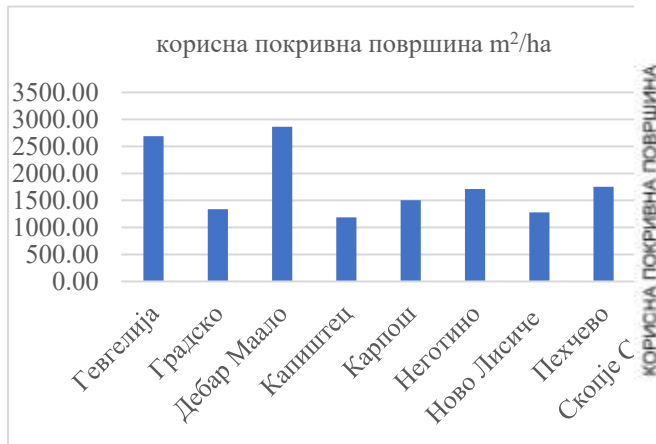
Слика 125- Споредбена анализа од категоризирани покривни површини

Анализираните локации имаат значителни разлики во вредноста на покривната површина во однос на урбан опфат од еден хектар (Слика 126). Најниска вредност, односно 2000-3000 m²/ha во следните анализирани сегменти: Градско, Капиштец, Карпош, Ново Лисиче и Скопје Север. Наведените локации покажуваат слични карактеристики во однос на капацитетот на покривната површина. Понатаму, Неготино и Пехчево имаат вредност во интервал 3000-4000 m²/ha. Следува Гевгелија со 4000 m²/ha и Дебар Маало 5000m²/ha. Од податоците се забележува дека најгуста изграденост се среќава во анализираните урбани опфати во Дебар Маало и Гевгелија. Од овој податок се согледува дека доколку кај Скопје Север се препознава највисока вредност за покривната површина во однос на целиот урбан сегмент, кај Дебар Маало и Гевгелија се

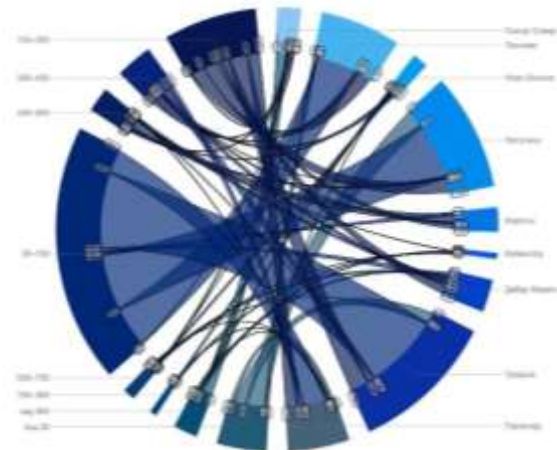
препознава највисока вредност на покривната површина во однос на 1 ha површина од урбан опфат.

Аналитичкиот дијаграм на хорди покажува распределба на поединечните вредности од покривна површина во категории за секој урбан сегмент (Слика 125). Во рамки на дијаграмот се прикажани обрасци на распределување на вредноста на покривна површина од анализираните локации.

- Покривни површини за интегрирање ФВ системи (корисна покривна површина)



Слика 127- Споредбена анализа од корисна покривна површина m²/ha

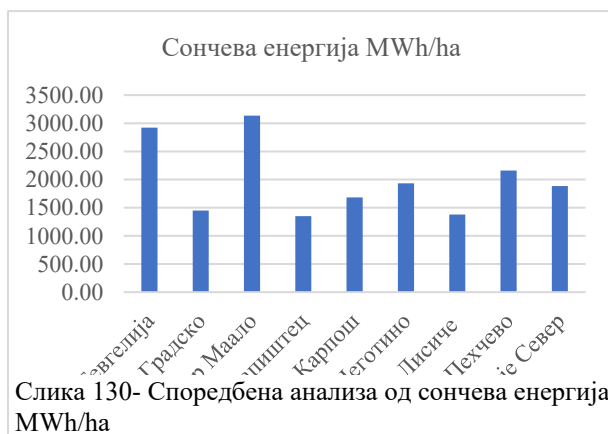


Слика 128- Споредбена анализа од категоризирани вредности на корисна покривна површина

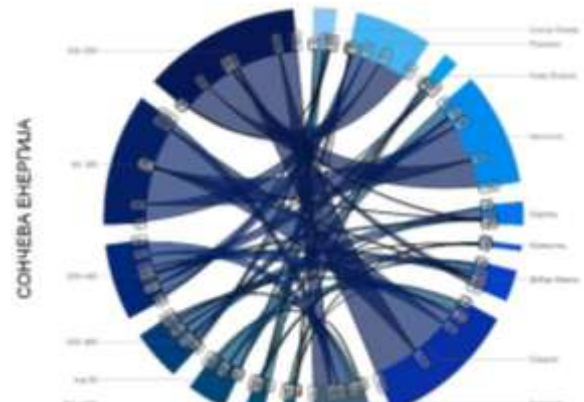
Резултатите од столбест дијаграм (Слика 127) претставуваат вредност на корисна покривна површина во однос на урбан опфат од 1 хектар. Резултатите покажуваат дека анализираните урбани опфати во Дебар Маало и Гевгелија имаат највисока густина на изграденост од аспект на корисна покривна површина во споредба со останатите локации. Оваа густина претставува важен индикатор за просторно-енергетските потенцијали бидејќи го отсликува односот помеѓу урбаната морфологија и можноста за производство на електрична енергија од покривните површини. Со тоа, покривната површина се карактеризира како клучен параметар кој ја поврзува геометријата со сончевите влијанија врз фотоволтаичните системи.

Аналитичкиот дијаграм на хорди покажува распределба на поединечните вредности од корисна покривна површина во категории за секој урбан сегмент (Слика 128). Во рамки на дијаграмот се прикажани обрасци на распределување на корисна покривна површина од анализираните локации.

- Сончева енергија



Слика 130- Споредбена анализа од сончева енергија MWh/ha

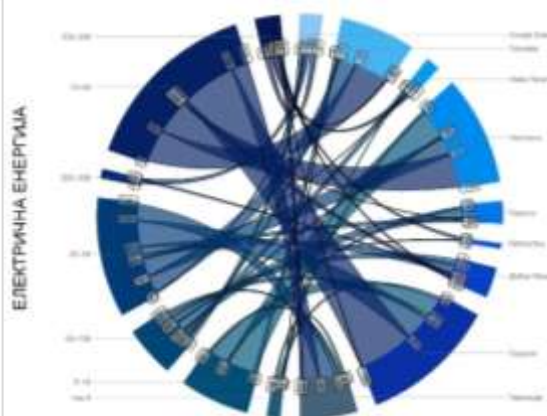
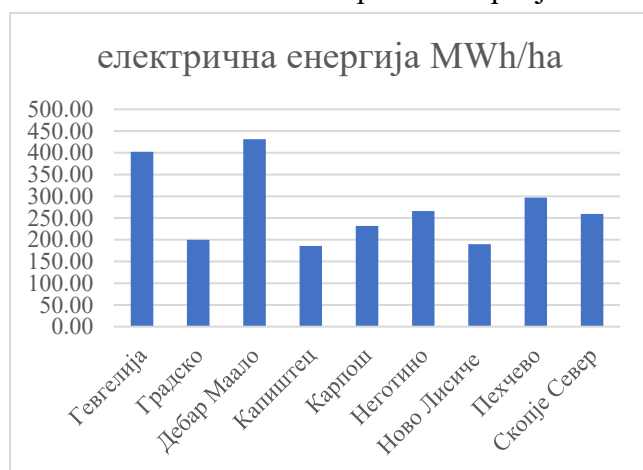


Слика 129- Споредбена анализа од категоризирани вредности од сончева енергија

Вредностите за параметарот на сончевата енергија (Слика 130) прикажуваат капацитет на сончевата енергија анализирана на површина хектар во рамки на корисната покривна површина. Обрасците на распределба на просторните вредности се пропорционално слични со сончевата енергија. Од резултатите се забележува дека густо изградената структура на Гевгелија и Дебар Маало имаат највисока вредност на сончевата енергија.

Сончевата енергија од поединечните објекти е анализирана преку категоризираната вредност во рамки на анализираниите урбани сегменти прикажана во дијаграм на хорди (Слика 129). Во рамки на дијаграмот се прикажани обрасци на распределување на вредноста на сончевата енергија од анализираниите локации.

- Финална електрична енергија



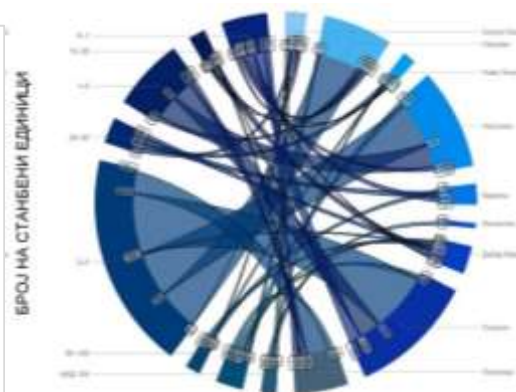
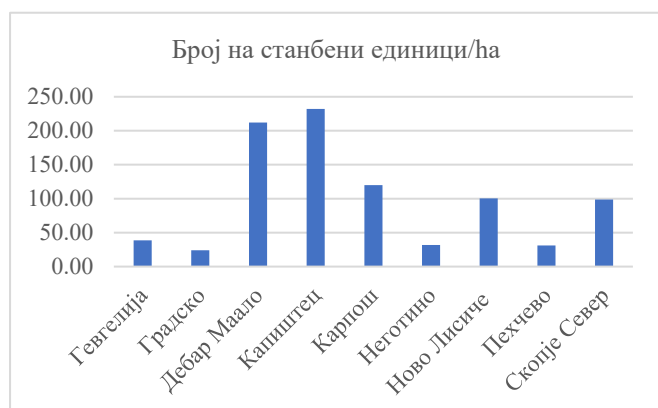
Слика 132- Споредбена анализа од електрична енергија MWh/ha

Слика 131- Споредбена анализа од категоризирани вредности од електрична енергија

Резултатите од финална електрична енергија (Слика 132) имаат слични пропорционални карактеристики со вредностите од сончевата енергија каде што највисок потенцијал за производство на финална електрична енергија имаат урбаните сегменти во Гевгелија и Дебар Маали.

Категоризираната вредност на примарна електрична енергија од поединечните објекти е прикажана преку дијаграм на хорди (Слика 131). Во рамки на дијаграмот се прикажани обрасци на распределување на вредноста на финална сончева енергија од анализираниите локации.

- Број на станбени единици



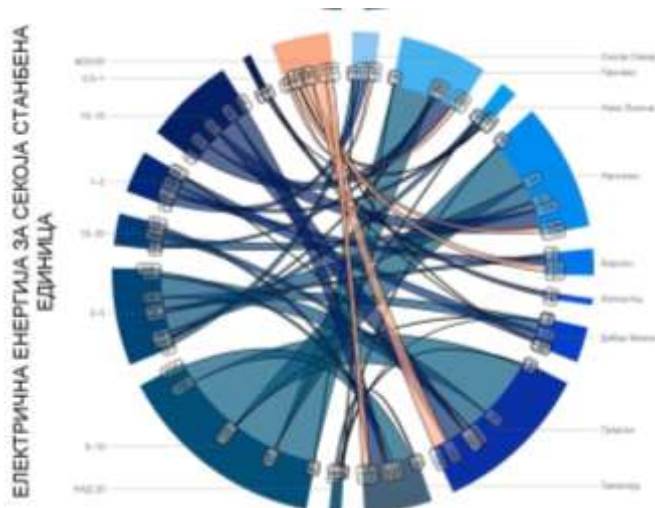
Слика 134- Споредбена анализа од број на станбени единици/ha

Слика 133- Споредбена анализа од категоризирани вредности од број на станбени единици

Вредностите на параметарот за број на станбени единици (Слика 134) прикажуваат демографска анализа на населеноста на анализираниите урбани сегменти. Од вредностите на столбест дијаграм се забележува дека бројот на станбените единици во анализираниите сегменти во град Скопје имаат значително висока вредност во споредба со анализираниите локации во: Гевгелија, Градско, Неготино и Пехчево.

Категоризиранта вредност на бројот на станбените единици од поединечните објекти е прикажа преку дијаграм на хорди (Слика 133). Во рамки на дијаграмот се прикажани обрасци на распределување на вредноста на домаќинствата од анализираниите локации.

- Електрична енергија за секоја станбена единица

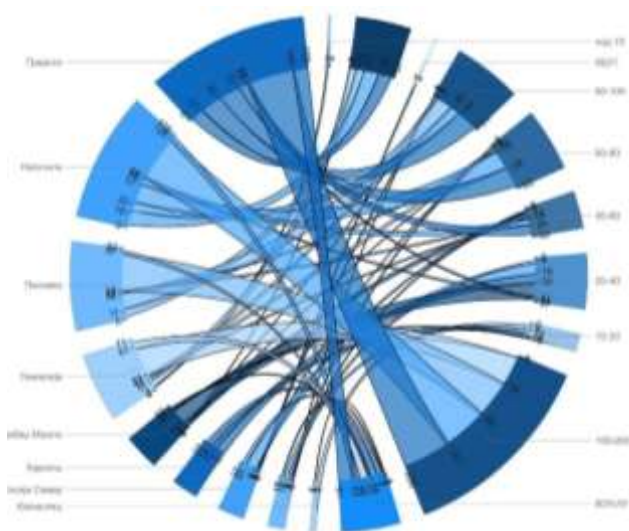


Слика 135- Анализа на електрична енергија за секоја станбена единица

Добиените квантифицирани вредности аналитички се прикажани во интервал на електрична енергија која се однесува на една станбена единица. Од распределбата на резултатите во категории (Слика 135) се забележува дека производството на енергија во рамки на покривните површини претставува параметар кој е во директна зависност од бројот станбени единици. За споредба, ниската вредност на бројот на станбени единици во Неготино се рефлектира со висока вредност на енергија изразена во MWh за секоја станбена единица. Високата вредност на резултатите е последица

од вкупниот енергетски капацитет и релативно нискиот број на станбени единици кој се среќава според примерот на градските средини во: Неготино, Градско, Гевгелија и Пехчево. Од друга страна, ниската енергетска вредност во анализираниите урбани опфати

во Скопје е последица од високиот број на станбени единици во рамки на секоја анализирана градба од главниот град.



Слика 136- Анализа на однос помеѓу потрошувачка и производство на електрична енергија

Резултатите за вредноста на електрична енергија за секоја станбена единица посочуваат дека анализираниите урбани опфати во Скопје имаат вредност под просечната, додека анализираниите урбани опфати надвор од град Скопје надминуваат просек на потрошувачка на електрична енергија. Посочените податоци претставуваат значаен параметар за утврдување на степенот на енергетска самостојност и автономност во рамки на анализираниите урбани опфати и поширок аспект на градските средини во Македонија.

- Однос помеѓу производство и потрошувачка на електрична енергија

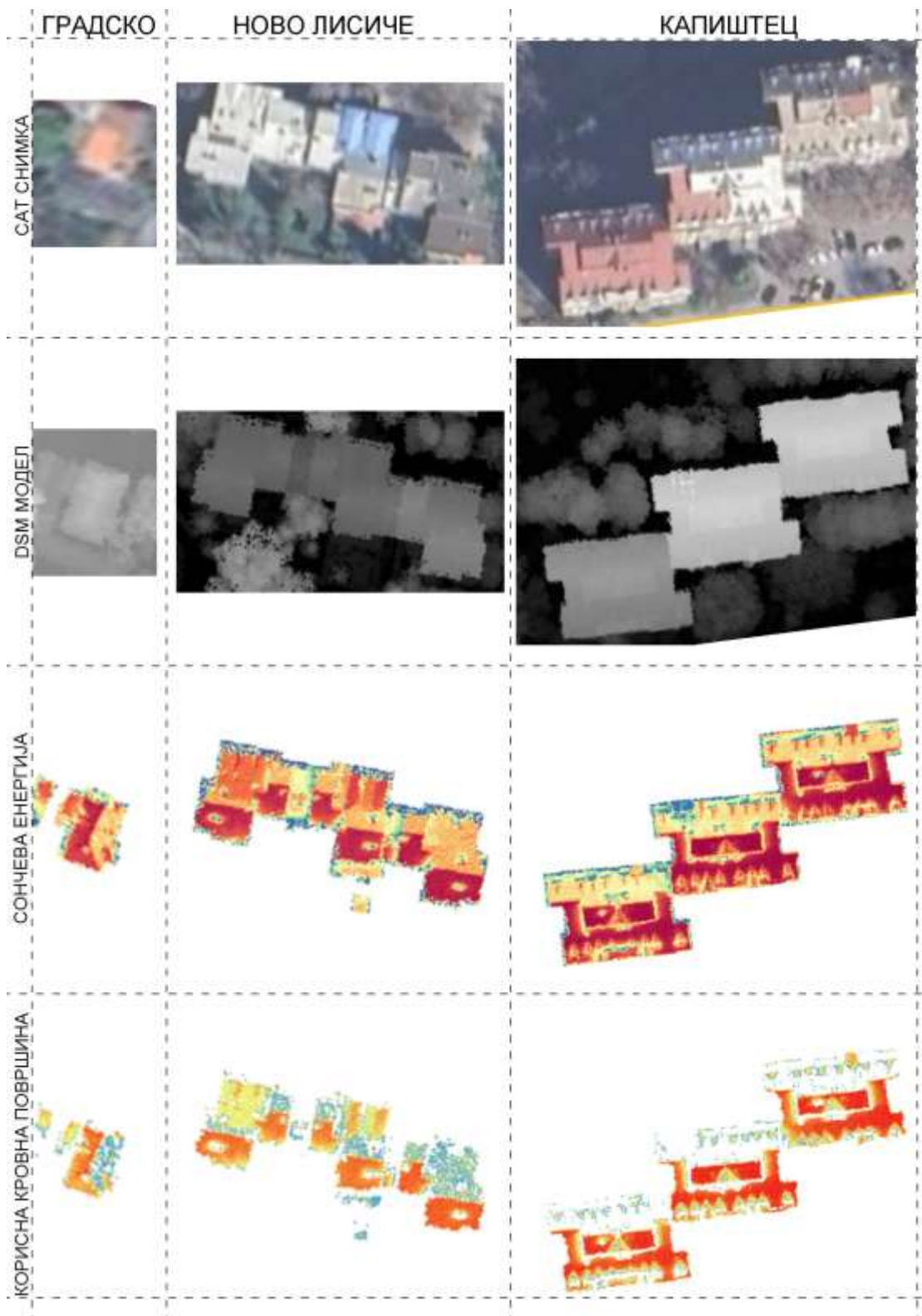
Резултатите кои покажуваат процентуален однос помеѓу производство и потрошувачка на електрична енергија (Слика 136) се забележува дека најголем број од анализираните примери имаат вредност во интервал 100-200%. Оваа вредност покажува дека најголем број од анализираните градби имаат потенцијал за енергетска самостојност.

4.3. Производство и потрошувачка на електрична енергија според типологијата на домување: куќа, блок и кула

Во рамки на применетите методи на истражување опфатени се 580 градби од градските средини во Македонија. Примена на истражувачките методи резултираат со просторно-енергетски показатели. Додека пак интегрираните и сегментирани резултати прикажуваат меѓусебно поврзување на анализираните градби во рамки на анализираниот урбан сегмент, резултатите од поединечни покривни површини прикажуваат специфични карактеристики на поединечните градби. Заедничка карактеристика на анализираните 580 објекти е поделба во три типологии на станбени објекти: куќа за семејно домување, станбен блок и кула. На основа на просторната типологија, опфатени се три градби во следните населени места: Градско, Капиштец и Ново Лисиче (Слика 137). Во рамки на анализиран урбан опфат во Градско преовладуваат едносемејните и неколкусемејните куќи. Анализиран урбан сегмент во Капиштец се карактеризира со објекти од домување во станбени куќи. Додека пак во Ново Лисиче се препознава домување со станбен блок. Трите типологии на домување имаат разлики во густината на населување кои неопходна е анализа за влијанието на бројот на станбените единици преку потрошувачката во споредба со производството на електрична енергија. Покрај типолошките карактеристики, резултатите од поединечните градби се анализирани според следните параметри: број на објект од сегментираната анализа, површина од основата на покрив, покривна површина за интегрирање на ФВ системи, сончева енергија, електрична енергија, број на станбени единици и количество на енергија за секоја станбена единица.

- Објект ГР 39

Анализиран објект во Градско кој се наоѓа на Ул. Илинденска бр. 15 е нумериран со следниот број и ознака ГР 39. Примена на методите за документирање покривни површини резултира со површина која е во износ од 224,14m². Дополнително со примена на методите на определување на соодветните површини за инсталирање на ФВ системи добиена е вредност на корисна покривна површина која изнесува 137,56 m². Покрај просторните резултати, добиени се енергетски показатели. Сончевите потенцијали изразени преку квантитетот за сончевата енергија за анализираниот објект изнесуваат 148,20 MWh на годишно ниво. Од друга страна, потенцијалите кои се однесуваат на производство на енергија од повеќекристални ФВ системи изнесуваат 20,39 MWh на годишно ниво. Покрај просторните и енергетски резултати, во истражувањето се добиени и показатели кои се однесуваат на бројот на станбени единици. Во рамки на анализиран објект ГР 39 се препознаени 3 станбени единици. Со вкрстување на енергетските показатели и број на станбени единици се добива вредност од 6,80 MWh производство на електрична енергија за секоја станбена единица во рамки на објектот ГР 39. Овие вредности покажуваат дека анализата на објектот е во линија со потрошувачката на електрична енергија. Според добиените показатели и податоци објектот ГР 39 има потенцијал за самостојност и автономност од централната енергетска мрежа. Од анализираните показатели се заклучува дека населувањето на домаќинствата во едносемејни или неколкусемејни куќи за живеење имаат потенцијал за производство на електрична енергија независно од централната електро-енергетска мрежа.



Слика 137- резултати од поединечни објекти: сателитска снимка, DSM модел, сончева енергија и корисна покривна површина.

- Објект НЛ5

Вториот анализиран пример во населба Ново Лисиче на наоѓа на Бул. АСНОМ бр. 132. Објектот е нумериран со следниот број и ознака НЛ5. Просторните резултати кои се однесуваат на основа на покривна површина изнесуваат 1311,70m², додека за корисна

покривна површина изнесуваат 795,25m². Добиените резултати од енергетски аспект за производство на сончева енергија изнесуваат 857,25MWh, додека показателите за производство на финална електрична енергија изнесуваат 117,96MWh во временски распон од една година. Производството на финална електрична енергија во рамки на анализираната градба е пресметано според интегрирање на повеќекристални ФВ системи во рамки на корисната покривна површина. Покрај резултатите од просторен и енергетски аспект, во истражувањето се добиени резултати за број на станбени единици. Во рамки на анализираниот објект бројот на станбени единици изнесува 36. Односот помеѓу производството на електрична енергија и бројот на станбени единици посочува дека секоја станбена единица во рамки на објектот НЛ5 произведува финална електрична енергија на годишно ниво во износ од 3,28 MWh. Вредностите за производството на електрична енергија во рамки на една станбена единица посочува дека во просек половина од произведената енергија може да ја покрие годишната потрошувачка на електрична енергија. Од добиените вредности и резултати се заклучува дека произведената енергија од ФВ системи во блоковска станбена структура придонесува кон намалување на прекумерното оптеретување на централната енергетска мрежа. Пресметката за производство на електрична енергија се основа на ФВ системи кои се состојат од повеќекристални ФВ ќелии со процент на трансформација од 18%. Од пресметката се забележува дека приближно половина од енергетските потреби на објектот можат да се покријат од повеќекристални ФВ системи. За целосно покривање на енергетската потрошувачка потребно е примена на Petrovskite ФВ ќелии на основа на силициум кои имаат процент на трансформација од 34,9%. На тој начин анализираната градба би постанала енергетски независна што значи дека производството на финална електрична енергија е во линија со потрошувачите од сите станбени единици.

- Објект КП5.

Третиот анализиран пример во населба Капиштец се наоѓа на Ул. Васил Ѓоргов бр. 22, 24, 26. Објектот е нумериран со следниот број и ознака КП5. Просторните резултати за основа на покривна површина изнесуваат 1735,11m², додека вредноста за површина за инсталирање ФВ системи изнесува 878,56m². Енергетските показатели од истражувањето се добиени со следните вредности: 1037,19 MWh за сончева енергија, додека 142,72 MWh за производство на електрична енергија. Покрај резултатите од просторен и енергетски аспект, во истражувањето се добиени резултати за број на станбени единици. Во рамки на анализираниот објект бројот на станбени единици изнесува 183. Односот помеѓу производството на електрична енергија и бројот на станбени единици посочува дека секоја станбена единица во рамки на објектот КП5 изнесува 0,78MWh. Вредноста за производство на електрична енергија во рамки на една станбена единица посочува дека во просек 1/8 од произведената енергија покрива потрошувачка на енергија во временски распон од една година. Од добиените резултати се согледува дека произведената енергија од покривните површини кај домување во типологија кула има мал придонес кон централната енергетска мрежа. За случајот со типологија на домување кула се предлага идно истражување на останатите елементи од архитектонската обвивка со цел определување степен на енергетска автономност.

- Споредбена анализа за производство на електрична енергија од три типологии на станбено домување: куќа, блок и кула.

Резултатите од анализата на поединечните објекти покажуваат дека типологијата на домување е директно поврзана со густината на населеност што претставува значаен критериум во определување на енергетската автономност. Од анализата се согледува дека домувањето во куќа има потенцијал за енергетска автономност со интегрирање на комерцијалните повеќекристални ФВ системи. Домувањето во станбен блок има потенцијал за енергетска автономност доколку се интегрираат напредни петровскитни

ФВ келии. На крај, производството на електрична енергија од покривните површини во станбени кули не ги исполнува критериумите за енергетска автономност што се посочува дополнителни истражувања за сончевиот потенцијал на севкупната обвивка од кулата.

4.4. Месечно производство и потрошувачка на финална електрична енергија

Резултатите за производството и потрошувачката на електрична енергија во ова поглавје се анализирани од месечен временски аспект. Добиените резултати се одговор на примарната идеја на истражувањето која се врзува со постигнување одржливост во градските средини во Македонија. Одржливоста како категорија е анализирана преку просторот, но таа е во директна зависност од времето. Добиените резултати од претходните три поглавја (4.1, 4.2, 4.3) се преточени во вредности од временски распон од една година. Сепак, потребна е дополнителна анализа на производство и потрошувачка на електрична енергија на месечно ниво.

Вредностите за производство на електрична енергија на месечно ниво се пресметани врз основа на податоците од сегметнираните резултати кои се на годишно ниво со процентот на распределба на месечно ниво. За определување на пропорционалниот однос на сончевата радијација на месечно ниво применети се резултатите од алатката PVGIS. Во зависност од климатското зонирање и просторната позиционираност пресметани се пропорционалните разлики прикажани во (Табела 20).

Табела 20- пропорционална распределба на годишната сончева радијација и електрична енергија во месечен интервал

	Гевгелија	Градско	Неготино	Пехчево	Скопје
Јануари	6.18%	5.32%	5.12%	5.75%	5.03%
Февруари	6.53%	6.59%	6.49%	6.62%	6.48%
Март	8.33%	8.36%	8.29%	8.21%	8.35%
Април	9.14%	9.27%	9.25%	8.86%	9.37%
Мај	9.78%	9.92%	9.90%	9.52%	9.95%
Јуни	10.04%	10.19%	10.31%	10.06%	10.34%
Јули	10.94%	11.19%	11.27%	11.33%	11.44%
Август	10.65%	10.99%	11.08%	10.81%	11.29%
Септември	9.08%	9.22%	9.30%	9.09%	9.38%
Октомври	7.81%	8.16%	8.23%	8.22%	8.06%
Ноември	5.90%	5.88%	5.93%	6.26%	5.66%
Декември	5.62%	4.91%	4.83%	5.27%	4.65%

Врз основа на вредноста од резултатите од енергетскиот потенцијал (4.2-сегментирани резултати) при тоа со вредностите од (Табела 20) добиени се вредностите за производство и потрошувачка на електрична енергија на месечно ниво во (Табела 21).

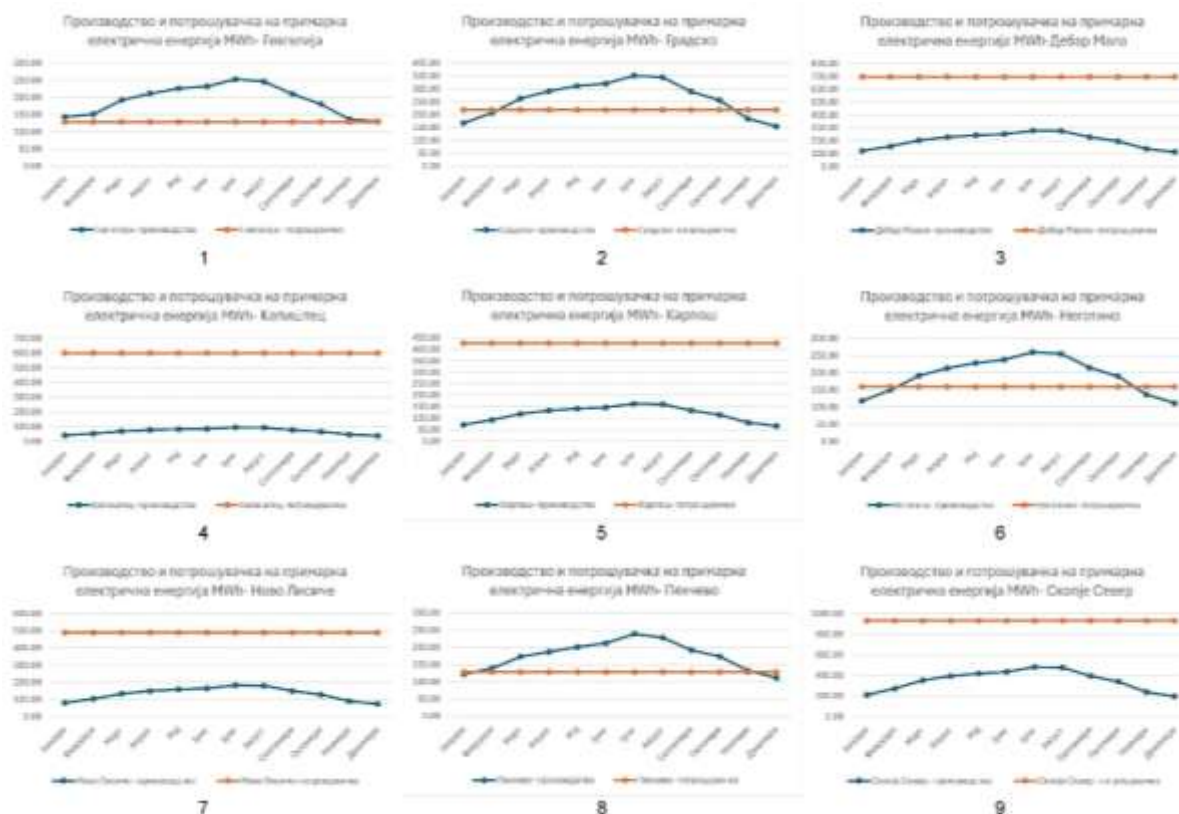
Табела 21- месечно производство и потрошувачка на електрична енергија

Производство и потрошувачка на енергија (месец)	Јануари MWh	Февруари MWh	Март MWh	Април MWh	Мај MWh	Јуни MWh
Гевгелија- производство	143,09	151,19	192,87	211,62	226,44	232,46
Гевгелија- потрошувачка	128,76	128,76	128,76	128,76	128,76	128,76
Градско- производство	167,01	206,88	262,44	291,01	311,41	319,89
Градско- потрошувачка	218,66	218,66	218,66	218,66	218,66	218,66

Неготино-производство	118,19	149,82	191,37	213,54	228,54	238,01
Неготино-потрошувачка	160,08	160,08	160,08	160,08	160,08	160,08
Пехчево- производство	121,43	139,81	173,39	187,11	201,05	212,46
Пехчево - потрошувачка	128,18	128,18	128,18	128,18	128,18	128,18
Дебар Маало-производство	122,83	158,24	203,91	228,81	242,98	252,50
Дебар Маало-потрошувачка	696,58	696,58	696,58	696,58	696,58	696,58
Капиштец-производство	41,68	53,70	69,19	77,64	82,45	85,68
Капиштец-потрошувачка	600,30	600,30	600,30	600,30	600,30	600,30
Карпош- производство	71,55	92,18	118,78	133,29	141,54	147,09
Карпош- потрошувачка	426,88	426,88	426,88	426,88	426,88	426,88
Ново Лисиче - производство	80,25	103,38	133,21	149,48	158,74	164,96
Ново Лисиче-потрошувачка	489,52	489,52	489,52	489,52	489,52	489,52
Скопје Север - производство	211,85	272,92	351,68	394,64	419,07	435,49
Скопје Север - потрошувачка	930,32	930,32	930,32	930,32	930,32	930,32
Производство на енергија (месец)	Јули MWh	Август MWh	Септември MWh	Октомври MWh	Ноември MWh	Декември MWh
Гевгелија-производство	253,30	246,58	210,23	180,83	136,60	130,35
Гевгелија-потрошувачка	128,76	128,76	128,76	128,76	128,76	128,76
Градско- производство	351,28	345,00	289,44	256,16	184,59	154,45
Градско- потрошувачка	218,66	218,66	218,66	218,66	218,66	218,66
Неготино-производство	260,17	255,78	214,69	189,99	136,89	111,73
Неготино-потрошувачка	160,08	160,08	160,08	160,08	160,08	160,08
Пехчево- производство	239,28	228,30	191,97	173,60	132,20	111,51
Пехчево - потрошувачка	128,18	128,18	128,18	128,18	128,18	128,18
Дебар Маало-производство	279,36	275,70	229,06	196,82	138,22	113,55
Дебар Маало-потрошувачка	696,58	696,58	696,58	696,58	696,58	696,58
Капиштец-производство	94,80	93,55	77,73	66,79	46,90	38,53
Капиштец-потрошувачка	600,30	600,30	600,30	600,30	600,30	600,30
Карпош- производство	162,74	160,61	133,44	114,66	80,52	66,15
Карпош- потрошувачка	426,88	426,88	426,88	426,88	426,88	426,88
Ново Лисиче - производство	182,51	180,11	149,64	128,58	90,30	74,18
Ново Лисиче-потрошувачка	489,52	489,52	489,52	489,52	489,52	489,52
Скопје Север - производство	481,82	475,50	395,06	339,47	238,38	195,85

Скопје Север - потрошувачка	930,32	930,32	930,32	930,32	930,32	930,32
--------------------------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Идејата за определување проекција на иден развој од временска гледна точка произлегува од определување на производство и потрошувачка на финална електрична енергија во месечни интервали. Следствено, во поглавјето се претставени резултати на односот помеѓу произведена и потрошена енергија на месечно ниво. За таа цел, спрвдена е анализа (како и во претходните поглавја) на деветте анализирани локации, но овој сегмент секоја од локациите преку количествата на потрошена и произведена финална електрична енергија MWh/месечно. Вредностите од произведена енергија се добиени со вкрстување на методологијата на определување енергетски потенцијал во компјутерскиот софтвер ArcGIS во комбинација со алатката PVGIS. Презентираните резултати се однесуваат на месечните вредности од (Слика 138). Вредностите прикажани табеларно во (Табела 21) и аналитички (Слика 138) се забележува дека вредноста на производството на енергија варира на месечно ниво од каде што во летните денови се препознава највисока вредност, додека во зимските денови најниска вредност на производство на електрична енергија. Податоците за количеството на потрошувачка на енергија се добиени со вкрстување на бројот на станбени единици од методологијата на истражување и количество на просечна потрошена енергија на едно домаќинство од страна на РКЕ и МЕПСО. Вкрстување на резултатите од производство и потрошувачка



Слика 138- Анализа на производство и потрошувачка на електрична енергија

на електрична енергија прикажуваат образец на определување идни развојни насоки од анализираниите градски средини.

Аналитичките резултати прикажани во (Слика 138) откриваат три категории: првата се однесува на случаи каде потрошувачката на енергија е целосно покриена од производство на енергија од ФВ системи, втората опфаќа случаи во кои потрошувачката

е само делумно покриена (со исклучок во зимскиот период) и третата категорија ги опфаќа објектите каде производството не ја надминува потрошувачката на енергија. Првата категорија на резултати се препознава во анализираните урбани сегменти во град Гевгелија (Слика 138-1) каде што произведената енергија е значително поголема во однос на количина на енергетска потрошувачка. Втората категорија на резултати претставува поголем интензитет на производство во споредба на потрошувачката од финална електрична енергија со исклучок на зимските денови. Втората категорија на резултати се препознава во рамки на анализираните урбани опфати во: Градско (Слика 138-2), Неготино (Слика 138-6) и Пехчево (Слика 138-8). Трета категорија на резултати е случаите во кои потрошувачката на електрична енергија е значително поголема во споредба со енергетскиот потенцијал од изградени покривни површини. Третата категорија на резултати се препознава во анализираните урбани опфати во населените места во Скопје: Дебар Маало (Слика 138-3), Капиштец (Слика 138-4), Карпош (Слика 138-5), Ново Лисиче (Слика 138-7) и Скопје Север (Слика 138-9).

Категоризацијата на резултатите од производство и потрошувачка на електрична енергија посочуваат дека постои значителна разлика во градските средини помеѓу бројот на станбени единици и капацитетот на покривните површини за производство на електрична енергија. На основа на разликите кои се групирани во три категории се предлагаат неколку сценарија. Во првата категорија на објекти од анализиран урбан сегмент од Гевгелија се предлага сценарио на третирање на дополнителната (вишок) финална електрична енергија преку следните активности: складирање (во батерии) и пренос (враќање) во централната енергетска мрежа. Во втората категорија на објекти од анализираните урбани опфати (од градските средини во: Градско, Неготино и Пехчево) се предлагаат истите мерки како и во првото сценарио, со исклучок за време на зимските денови недостатокот на енергија неопходно е да се користи од централната енергетска мрежа или потенцијалната складирана енергија во батерии. Во третата категорија на објекти од анализираните урбани опфати (Дебар Маало, Капиштец, Карпош, Ново Лисиче и Скопје Север) производството на електрична енергија е значително помало во споредба со потрошувачката. За таа цел се предлагаат насоки за идни истражување на сончев и ФВ потенцијал од останатите површини од архитектонската обвивка за производство на финална електрична енергија.

5. Примена на резултатите од истражувањето и можни насоки за натамошно истражување

Резултатите од истражувањето се применливи во поширок контекст на изградената средина при решавање на проблематиката поврзана од енергетски, архитектонски и урбанистички аспект. Добиените резултати посочуваат на капацитетите на сончевата енергија од изградени покривни површини при трансформација во финална електрична енергија. Карактерот на резултатите сугерира дека покривните површини од македонското поднебје се значаен енергетски потенцијал за интегрирање ФВ системи. Согласно методите од истражувањето, главната примена на резултатите се однесува на интегрирање на системите за производство на електрична енергија во процесот на урбанистичко планирање и архитектонско проектирање преку два клучни плански документи: урбанистички план и архитектонски проект. Методологијата којашто е развиена во истражувањето создава основа за примена во различни нивоа на планирање на просторот.

Резултатите од просторно-енергетската анализа од истражувањето се применливи во процесот на урбанистичко планирање. Во процесот на планирање резултатите имаат можност да се применат при изработка на двата клучни урбанистички планови: ГУП и ДУП. Развиената методологија на документација и симулација која прави вовед во дефинирање на термодинамичка анализа и соларен катастар е применлива при изработка на планските решенија на постоечките и новопланирани објекти. Анализата за производство на електрична енергија од покривни површини е применлива за иден развој на градските подрачја според сончевиот потенцијал при дефинирањето на условите за интегрирање на ФВ системи. Идните плански решенија во градските средини анализирани во оваа истражување (Гевгелија, Градско, Неготино и Пехчево) имаат капацитет за енергетска автономија која е неопходно да се интегрира во процесот на планирање на пошироко урбано и општинско ниво.

Покрај примената во урбанистичките планови, резултатите од истражувањето се применливи во процесот на изработка на основен архитектонски објект. При изработка на проектната документација, истата се однесува на постоечките и новопроектираните објекти. Резултатите од истражувањето за определување сончев потенцијал од изградени покривни површини се применливи во случаите за третирање на постоечките објекти (најчесто преку реновирање и енергетско подобрување) и во случај на новопроектираните објекти. Согласно одредбите во европската директива за енергетски перформанс на градбите, производството на електрична енергија во рамки на градбата претставува елемент од проектната документација за издавање на градежна дозвола. Иако во моментот директивата не е инкорпорирана во македонското законодавство, сепак во блиска иднина се очекува голем број од законските одредби во Македонија да ги вклучат краткоричните и долгорочните цели од европската директива. Резултатите од истражувањето се применливи при изработка на проектната документација за производство на електрична енергија од ФВ системи како услов во иднина за издавање на градежна дозвола.

Резултатите од истражувањето за енергетски потенцијал од изградени покривни површини се применливи при планирањето и управувањето со соларни енергетски системи. Методологијата за пресметка на сончевиот потенцијал овозможува примена во технички и експертски студии за децентрализираните системи од сончевата енергија. Градските средини кои имаат висок потенцијал за производство на електрична енергија од ФВ системи во идните истражување потребно е вклучат студија за економичноста за складирање на дополнително произведената енергија во батерии.

Покрај просторно-енергетскиот дискурс, резултатите од истражувањето обезбедуваат научна основа за примена на системите од обновливи извори на енергија од пошироко

општествено ниво. Производството на електрична енергија од ФВ системи придонесува кон намалување на зависноста од фосилни горива и оптеретувањето на централноенергетската мрежа. Придонесот во поширок општествен контекст се однесува врз намалување на енергетската сиромаштија, особено кај ранливите социјални категории граѓани и во поширок контекст на објектите од семејно домување.

Врз основа на резултатите од овој труд можат да се развијат повеќе насоки во идните истражувања. Резултатите од истражувањето претставуваат основа за развој на методологија на соларен катастар. Документирањето на покривните површини преку методите на сончева симулација се составен дел од динамичка симулација која е ввoед во создавање соларен катастар. Втора насока се посочува проценка на енергетската самостојност од постоечките објекти на пошироко урбано и национално ниво. Добиените резултати од урбаните фрагменти кои според енергетските потенцијали постигнуваат енергетска самостојност во идните истражувања потребно е да спроведат поширок урбан, регионален и национален опфат на истражување.

Во идните истражувања се предлага краткорочен и долгорочен мониторинг на ФВ системи. Истражувањето покажа дека производството на електрична енергија во рамки на покривните површини е во директна зависност од технологијата на ФВ системи. Според ограничувањата на соларните системи се предлагаат идни истражувања за мониторинг и перформансите на ФВ системи во долгорочни временски интервали: 5, 10, 15 години.

Управувањето со произведената енергија е неопходно дополнително да се истражува во иднина од аспект на економичноста. При производство на електрична енергија од ФВ системи според заклучоците од истражувањето анализирани се сценарија во случај на помало или поголемо производство во споредба со потрошувачката. Во случај на поголемо производство на електрична енергија неопходно е идните истражувања се предлага првото сценарио да вклучат анализа на економичноста на складирањето на енергијата. Покрај третирање на енергијата во батерии, во второто сценарио се предлага третирање преку предавање во централната електроченергетска мрежа. Во случај на предавање на дополнителната енергија во централната електроенергетска мрежа се предлагаат истражувања за моќноста на преземање на вишокот енергија од трафостаниците и севкупниот систем на централната мрежа.

Покрај дополнителната енергија, во случаи на помало производство на енергија во однос на потрошувачката се предлагаат дополнителни анализа. За таа цел, идни истражувања потребно е да вклучат изработка на енергетски потенцијал во градски средини според интензитетот на изградба не ги задоволуваат потребите на самостојност од покривни површини. На пример се посочува анализа на вертикални површини и севкупните елементи за интегрирање ФВ системи во рамки на архитектонската обвивка.

Во идните истражувања се предлага изработка на прирачник за интегрирање ФВ системи на основа на клучните резултати од оваа истражување кои покажаа дека производството на електрична енергија е условено од изграденоста на покривните површини и густината на населеност на станбените објекти. Прирачник кој претставува составен дел од идејата за одржлив развој преку енергетски самостојни објекти.

6. Заклучок

Добиените резултати се во линија со европските цели за одржливост и националните цели за постигнување енергетска независност. Европските цели за одржливоста се однесуваат на делумно производство на електрична енергија од обновливи извори до 2035 и целосна независност на објектите до 2050. Националните цели од друга страна, се насочени кон намалување на енергетската зависност, особено преку намалувањето на употребата на фосилни горива и зголемување на производството на енергија од обновливи извори. Токму овие цели беа во фокусот на истражувањето на овој труд кои при тоа придонесуваат кон нивна примена преку искористување на сончевиот потенцијал од изградените покривни површини во градските средини во Македонија.

Истражувањето на сончевиот потенцијал од изградени покривни површини од македонското поднебје е опфатено преку обемно, систематско и методолошко истражување во поширок контекст на одржливоста. Воедно, истражувањето е значајно за меѓусебната поврзаност на изградената средина, енергијата и податокот како темели во одржливиот развој на градските средини кои при тоа се основа за развој на пошироко национално ниво. Со примена на методите на документација, симулација и емпириска анализа создаден е вовед во методологијата на сончев катастар кој содржи динамичка анализа од месечен и годишен временски карактер преку висока прецизност за определување на сончев и фотоволтаичен потенцијал од изградените покривни површини.

Главниот заклучок од истражувањето се однесува кон придонес на објектите од изградената средина во процесот на енергетската транзиција. Овој пристап ја потврдува главната хипотеза на истражувањето и релевантноста на интегрирањето на обновливите извори на енергија од сонцето преку технологијата на ФВ системи од покривните површини. На тој начин произведената енергија во градските средини претставува предуслов во долгорочната цел на одржливоста на македонско и европско ниво.

Примена на методите за документирање изградени покривни површини покажаа процес во кој се применуваат дигитални алатки кои при тоа обезбедуваат високо ниво на техничка прецизност. За целите на документирањето се применети податоците на облак од точки од LiDAR технологијата. Наведените податоци со примена на дигиталните алатки за истражување придонесоа кон дефинирање на суштинските параметри од покривните површини. Примена на методолошките чекори на разграничување, интерполација и растеризација на облакот од точки доведоа најпрвин до прецизно дефинирање на покривната геометрија преку растерските модели, а потоа и преку извлекување на двата клучни параметри од покривните површини: наклонет агол и ориентација. Овие параметри се суштински сегмент кон интегрирањето на ФВ системи кои при тоа придонесуваат кон дефинирање на корисна покривна површина и перформансите на сегментите од покривот за производство на електрична енергија. Постапката на документирање изградени покривни површини придонесува кон модуларност и стандардизирање на истражувачките алатки. При тоа се овозможува повторливост на процесите на национално и пошироко регионално ниво.

Вториот методолошки пристап на симулација на влијанието на сончевите зраци врз изградените покривни површини покажа научен пристап преку кој се постигнува квантифицирање на сончевата енергија. Постапката на симулација вклучуваше примена на истражувачки алатки кои се геореференцирани и во методолошките пристапи интегрираат параметри за пресметка на сончевата радијација. Во процесот на квантифицирање на сончевата енергија симулациските модели интегрираат севкупни влијанија од сончевите зраци, облачната маса и засенување што придонесува кон динамичка симулација на сончевите зраци на секој еден просторен сегмент од покривните површини. Процесот на симулација ја потврди тезата дека ориентацијата и

наклонетиот агол од покривните површини се клучни параметри при интегрирање на ФВ системи. Резултатите од истражувањето потврдија дека ориентацијата на покривните површини кон југ, југоисток и југозапад со наклонет агол помал од 45° се поволен параметар за интегрирање на ФВ системи во рамки на покривните површини. Процесот на квантифицирање на сончевите зраци интегрира клучни параметри за определување на сончев и фотоволтаичен потенцијал во временски распон од една година. На тој начин резултатите од анализираните урбани сегменти покажуваат оптимални енергетски карактеристики кои имаат висок потенцијал за производство на електрична енергија во јужните, југоисточните и источните краишта во Македонија преку примерот во ова истражување на урбаните сегменти во: Гевгелија, Градско, Неготино и Пехчево.

Третиот методолошки пристап во кој е вклучена емпириската анализа придонесува кон поставување на енергетските показатели преку функционалните параметри на домувањето. Во овој дел од истражувањето анализирани се потенцијалите за интегрирање на параметрите од претходните методи (документација и симулација) преку техничките карактеристики на ФВ системи и демографските показатели за бројот на станбените единици и потрошувачка на електрична енергија. Преку примена на емпириските методи направена е анализа на произведената финалната електрична енергија во рамки на станбените единици од анализираните покривни површини. Токму поврзувањето на енергијата со демографските показатели во однос на просторните параметри покажуваат примена на истражувањето во неколку насоки: урбанистички план (дисциплина на урбанистичко планирање), основен проект (дисциплина на архитектонско проектирање) и енергетска симулација (дисциплина на термодинамика). Дополнително, примена на емпириските методи добиваат реален карактер со вклучување на податоците од АКН, РЕК, МЕПСО и МЖСПП во емпириската метода на истражување и во севкупниот опфат на истражувачката методологија.

Примена на методите на истражување резултираат со просторно-енергетски показатели кои претставуваат основа за постигнување нулта потрошувачка на енергија во македонските градови. Во резултатите од истражувањето производството на електрична енергија е анализирано од месечна и годишна временска рамка. Дополнително преку анализа на типологиите на домување (куќа, блок и кула) добиени се показатели за густината на населеност. Анализата на градските средини во кои најзастапено е домувањето во куќи за семејно домување, капацитетите за производство на електрична енергија од покривните површини ја надминуваат потрошувачката во рамки на станбените единици. Резултатите за односот помеѓу производството и потрошувачката на електрична енергија покажуваат дека во градските средини надвор од Скопје (Гевгелија, Градско, Неготино и Пехчево) произведената енергија изнесува помеѓу 118% и 149% од потрошувачката во рамки на станбените единици. Овој податок укажува на потенцијалите за енергетска автономност и производство на дополнителна електрична енергија преку која се предлагаат две сценарија: складирање во батерии и пренос во централноенергетската мрежа. Овие показатели посочуваат дека релативно малиот број на станбени единици и достапноста на покривната површина за интегрирање ФВ системи за производство на електрична енергија придонесуваат кон потенцијал за енергетска автономност. Од друга страна, резултатите од анализираните градски сегменти во Скопје покажуваат спротивни карактеристики во споредба со останатите градови. Потенцијалите за производство на електрична енергија изнесуваат помеѓу 11% и 38% од потрошувачката. Овие резултати се последица од високата густината на населеност преку големиот број на станбени единици. Резултатите посочуваат дека производството на електрична енергија според примерот на населување во блоковски станбени објекти придонесуваат делумно кон постигнување на

енергетската автономност, но доколку се интегрираат напредни ФВ келии според примерот на петровските системи, во тој случај блоковските објекти имаат потенцијал за енергетска автономност. Од друга страна, производството на електрична енергија од покривните површини при населувањето во станбени кули има делумно придонес кон енергетската автономија. Од тие причини во идните истражувања се предла дополнителни анализи со цел дистрибуирање на нулта потрошувачка на енергија од обновливи извори во објекти со висока густина на населеност.

Законодавната рамка во истражувањето е опфатена на повеќе легислативни нивоа. При анализа на законодавството направен е пресек на препораките од меѓународните институции, европското законодавство и законодавството во Македонија. Особено е нагласена европската директивата за перформанс на градбите во која се опфатени насоки за интегрирање ФВ системи во рамки на постоечките и новопроектираните објекти. Предизвиците во директивата се однесуваат на регулирањето на производството на електрична енергија од сончевите зраци во однос на типовите на градби. Развиената методологија преку резултатите и заклучоците од истражувањето придонесуваат кон насоки за имплементирање на македонското и европското законодавство. Примена на просторните податоци во насока на развивање на соларен катастар преку енергетска симулација како процес потребно е интегрирање во планирањето (урбанистички план и основен проект) и управувањето со енергијата во доменот на изградената средина. Истражувањето во овој труд кој има пред се научна основа и истата ја поврзува преку законската регулатива на домашно и меѓународно ниво што создава вредност кон поширок контекст на одржливоста преку енергетската транзиција.

Просторните потенцијали од градските средини на македонското поднебје покажуваат значаен капацитет за производство на електрична енергија од сончевите зраци кој има потенцијали за енергетска автономност. Интегрирањето на дигиталните алатки во методолошката рамка на истражувањето создаваат научна основа за идни истражувања на соларен катастар од градските средини во Македонија. Дополнително, развиената методологија претставува основа за развој на системите за складирање на електричната енергија во рамки на архитектонските објекти при тоа создавајќи енергетски заедници кои функционираат преку капацитетите за енергетска автономност.

Наведените заклучоци имаат практичен придонес кон промена на парадигмата на градбите од потрошувачки ентитети кон активни произведувачки чинители во општеството. Преку ова истражување се покажува дека производството на електрична енергија од изградените покривни површини од градските средини од македонското поднебје се значаен елемент во идните развојни процеси на урбанистичкото планирање и архитектонското проектирање.

Библиографија

- Abdel-Basset, M. *et al.* (2022) “A comparative study of optimization algorithms for parameter estimation of PV solar cells and modules: Analysis and case studies,” *Energy Reports*, 8, pp. 13047–13065. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.09.193>.
- Abdirahman, A.A. *et al.* (2025) “Optimizing PV systems in high-temperature environments: A SWOT-based analysis of cooling technologies,” *Energy Strategy Reviews*. Elsevier Ltd. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.esr.2025.101828>.
- Aboushal, E.A. (2018) “Applying GIS Technology for optimum selection of Photovoltaic Panels ‘Spatially at Defined Urban Area in Alexandria, Egypt,’” *Alexandria Engineering Journal*, 57(4), pp. 4167–4176. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2018.11.005>.
- Abujayyab, S.K.M. *et al.* (2023) “Integrating object-based and pixel-based segmentation for building footprint extraction from satellite images,” *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 35(10). Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2023.101802>.
- Adam, J.M. *et al.* (2023) “Deep learning-based semantic segmentation of urban-scale 3D meshes in remote sensing: A survey,” *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. Elsevier B.V. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2023.103365>.
- Adjiski, V., Kaplan, G. and Mijalkovski, S. (2023) “Assessment of the solar energy potential of rooftops using LiDAR datasets and GIS based approach,” *International Journal of Engineering and Geosciences*, 8(2), pp. 188–199. Available at: <https://doi.org/10.26833/ijeg.1112274>.
- Agathangelidis, I. *et al.* (2025) “Local Climate Zones and urban morphology dataset to support numerical modelling in Greece, utilizing GIS, multispectral, and SAR data,” *Data in Brief*, 61. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.dib.2025.111784>.
- Ahmed, W.A.E.M. *et al.* (2022) “Fractional order Darwinian particle swarm optimization for parameters identification of solar PV cells and modules,” *Alexandria Engineering Journal*, 61(2), pp. 1249–1263. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.06.019>.
- Alami, Y. El *et al.* (2025) “Numerical exploration and relational impact ranking of critical parameters in 3D PV module studies,” *Results in Engineering*, 27. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.107097>.
- Alfouly, M., Halilovic, S. and Hamacher, T. (2025) “Evaluating urban form influence on solar exposure and corresponding building energy demands,” *Energy and Buildings*, 338. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2025.115708>.
- Amoussou, I. *et al.* (2025) “Battery-coupled PV systems for residential applications in Benin: An optimal sizing and cost-effectiveness analysis,” *Solar Compass*, 16. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.solcom.2025.100140>.
- Bakmohammadi, P. *et al.* (2025) “A holistic framework to optimize embedding PV systems into building façades,” *Applied Energy*, 382. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2025.125288>.
- Basnet, R. *et al.* (2025) “Advancing circular economy of silicon Photovoltaics: Current status and challenges of PV module reuse,” *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 292. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2025.113816>.
- Benda, V. and Černá, L. (2020) “PV cells and modules – State of the art, limits and trends,” *Heliyon*. Elsevier Ltd. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05666>.
- Borodinecs, A., Lebedeva, K. and Odineca, T. (2024) “Evaluation of household electricity consumption in multi-apartment buildings for optimization of rooftop PV systems,” *Energy and Buildings*, 325. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114971>.

- Brecl, K., Bokalič, M. and Topič, M. (2021) “Annual energy losses due to partial shading in PV modules with cut wafer-based Si solar cells,” *Renewable Energy*, 168, pp. 195–203. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.12.059>.
- Brito, M.C. *et al.* (2017) “The importance of facades for the solar PV potential of a Mediterranean city using LiDAR data,” *Renewable Energy*, 111, pp. 85–94. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.03.085>.
- Brooks, R. *et al.* (2015) “Semi-automated building footprint extraction from orthophotos,” *Geomatica*, 69(2), pp. 231–244. Available at: <https://doi.org/10.5623/cig2015-206>.
- Cao, Y. *et al.* (2020) “Optimal Designing and Synthesis of a Hybrid PV/Fuel cell/Wind System using Meta-heuristics,” *Energy Reports*, 6, pp. 1353–1362. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2020.05.017>.
- Cardoso, A. *et al.* (2024) “Automated detection and tracking of photovoltaic modules from 3D remote sensing data,” *Applied Energy*, 367. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.123242>.
- Chiabrando, F. *et al.* (2017) “3D roof model generation and analysis supporting solar system positioning,” *Geomatica*, 71(3), pp. 137–153. Available at: <https://doi.org/10.5623/cig2017-301>.
- Dimeski, S. and Malijanska, N. (2021) *Lidar scanning of the territory of the Republic of North Macedonia 5 | P a g e LIDAR SCANNING OF THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF NORTH MACEDONIA, Scientific Journal of Civil Engineering •*.
- Dong, K. *et al.* (2025) “Advancing building facade solar potential assessment through AIoT, GIS, and meteorology synergy,” *Advances in Applied Energy*, 17. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.adapen.2025.100212>.
- Ebhota, W.S. and Tabakov, P.Y. (2025) “Integrating rooftop PV system in low-cost building plan: A pathway to improving energy access and environmental sustainability,” *Energy and Buildings*, 344. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2025.116020>.
- Farouk, N., Samah, G.B. and Alqsair, U.F. (2024) “Boosting electricity generation associated with Saudi Arabi buildings using PCM and PV cells on walls and roof leading to a sustainable building,” *Case Studies in Thermal Engineering*, 64. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.csite.2024.105444>.
- Frischholz, Y., Hames, O. and Lehning, M. (2025) “Optimizing snow distribution in alpine PV systems: CFD-based design guidelines for power plant layout.” Available at: <https://doi.org/10.16904/envidat.223>.
- Goss, B. *et al.* (2014) “Irradiance modelling for individual cells of shaded solar photovoltaic arrays,” *Solar Energy*, 110, pp. 410–419. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2014.09.037>.
- Guillén-Lambea, S. *et al.* (2023) “Energy Self-Sufficiency Urban Module (ESSUM): GIS-LCA-based multi-criteria methodology to analyze the urban potential of solar energy generation and its environmental implications,” *Science of the Total Environment*, 879. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163077>.
- He, H. *et al.* (2024) “Systematic evaluation and review of Germany renewable energy research: A bibliometric study from 2008 to 2023,” *Heliyon*. Elsevier Ltd. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e34933>.
- Hegger, Manfred. (2008) *Energy manual: Sustainable architecture, Sustainable Architecture*.
- Hendarti, R. and Sjarifudin, F.U. (2016) “Form Finding of PV Roof Top Using Parametric Study,” *Procedia Engineering*. Elsevier Ltd, pp. 416–421. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.10.051>.
- Hosouli, S. *et al.* (2024) “Mitigating PV cell cracking in solar photovoltaic thermal collectors with a novel H-pattern absorber design,” *Applied Thermal Engineering*, 242. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2024.122516>.
- Houchmand, L.J., Macarulla Martí, M. and Gassó-Domingo, S. (2024) “Influence of PV panels on convective heat flux in different roofs in the Mediterranean: Effects on the urban heat island,” *Building and Environment*, 266. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.112097>.

- Idrovo-Macancela, A. *et al.* (2025) “GIS-based assessment of photovoltaic solar potential on building rooftops in equatorial urban areas,” *Heliyon*, 11(1). Available at: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e41425>.
- Javed, A. *et al.* (2024) “Numerical modelling of an effective perovskite solar cell and PV-module for comparison analysis of organic and inorganic electron transport layers,” *International Journal of Electrochemical Science*, 19(8). Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijoes.2024.100641>.
- Javed, A. *et al.* (2025) “Numerical simulation for a suitable electron transport layer of a lead-free CuInSe₂ based perovskite solar cell and PV module,” *International Journal of Electrochemical Science*, 20(1). Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijoes.2024.100893>.
- Jiang, H. *et al.* (2022) “Geospatial assessment of rooftop solar photovoltaic potential using multi-source remote sensing data,” *Energy and AI*, 10. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.egyai.2022.100185>.
- Jordehi, A.R. (2016) “Parameter estimation of solar photovoltaic (PV) cells: A review,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 61, pp. 354–371. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.03.049>.
- Kanters, J. and Davidsson, H. (2014) “Mutual shading of PV modules on flat roofs: A parametric study,” *Energy Procedia*. Elsevier Ltd, pp. 1706–1715. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.10.160>.
- Kidegho, G. *et al.* (2021) “Evaluation of thermal interface materials in mediating PV cell temperature mismatch in PV–TEG power generation,” *Energy Reports*, 7, pp. 1636–1650. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.egypr.2021.03.015>.
- Kolibarov, N. *et al.* (2022) “Roof Segmentation Towards Digital Twin Generation in LoD2+ Using Deep Learning,” *IFAC-PapersOnLine*. Elsevier B.V., pp. 173–178. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.08.068>.
- Lambarki, R. *et al.* (2025) “Assessing the technical and economic potential of rooftop solar panels in Nador, Morocco, using advanced GIS methodology and remote sensing data,” *Global Energy Interconnection* [Preprint]. KeAi Publishing Communications Ltd. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.gloei.2025.01.010>.
- Lemay, A.C., Wagner, S. and Rand, B.P. (2023) “Current status and future potential of rooftop solar adoption in the United States,” *Energy Policy*, 177. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2023.113571>.
- Li, J. *et al.* (2024) “Automated generation and semantic segmentation of roof orthophoto for digital twin -based monitoring of slated roofs,” *Automation in Construction*, 167. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105725>.
- Li, Y., Matgen, P. and Chini, M. (2025) “Extraction of built-up areas using Sentinel-1 and Sentinel-2 data with automated training data sampling and label noise robust cross-fusion neural networks,” *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 139. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2025.104524>.
- Li, Z. *et al.* (2025) “Prediction of potential induced degradation for TOPCon PV modules working in field based on accelerated stress testing,” *Solar Energy*, 290. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2025.113340>.
- Lima, M. (2013) *Visual complexity : mapping patterns of information*. New York: Princeton Architectural Press.
- Lingfors, D., Johansson, R. and Lindahl, J. (2025) “Deriving the orientation of existing solar energy systems from LiDAR data at scale,” *Solar Energy*, 291. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2025.113344>.
- Liu, Y. *et al.* (2024) “Point2Building: Reconstructing buildings from airborne LiDAR point clouds,” *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 215, pp. 351–368. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2024.07.012>.
- Mahir, I.H. *et al.* (2025) “Processing airborne LiDAR point cloud for solar cadasters: A review,” *Applied Energy*, 382. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2025.125325>.
- Martín-Jiménez, J. *et al.* (2020) “Multi-scale roof characterization from LiDAR data and aerial orthoimagery: Automatic computation of building photovoltaic capacity,” *Automation in Construction*, 109. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102965>.

- Masita, K. *et al.* (2025) “Deep learning in defects detection of PV modules: A review,” *Solar Energy Advances*. Elsevier Ltd. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.seja.2025.100090>.
- Massano, M. *et al.* (2023) “A GIS Open-Data Co-Simulation Platform for Photovoltaic Integration in Residential Urban Areas,” *Engineering*, 26, pp. 198–213. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.eng.2022.06.020>.
- Mateo Romero, H.F. *et al.* (2023) “Optimized estimator of the output power of PV cells using EL images and I–V curves,” *Solar Energy*, 265. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2023.112089>.
- Maurer, B., Lienert, J. and Cook, L.M. (2023) “Comparing PV-green and PV-cool roofs to diverse rooftop options using decision analysis,” *Building and Environment*, 245. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110922>.
- Memme, S., Fossa, M. and Rouse, D. (2025) “Best tilt of PV system in Canada: Effect of the sky radiation model and climate conditions,” *Renewable Energy*, 254. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2025.123716>.
- Mewes, D. *et al.* (2017) “Evaluation Methods for Photovoltaic Installations on Existing Buildings at the KTH Campus in Stockholm, Sweden,” *Energy Procedia*. Elsevier Ltd, pp. 409–422. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.05.038>.
- Mohammadzadeh Bina, S., Fujii, H. and Toriya, H. (2025) “Innovative methodology for unlocking solar energy potential in Japanese urban areas: drone-based DSM and roof shape analysis in Akita City,” *Energy Conversion and Management*, 345. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2025.120391>.
- Molnár, G., Üрге-Vorsatz, D. and Chatterjee, S. (2022) “Estimating the global technical potential of building-integrated solar energy production using a high-resolution geospatial model,” *Journal of Cleaner Production*, 375. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134133>.
- Obatola, S.O. and Junjie, T. (2024) “A data-driven approach to grid-connected PV system reliability assessment: Combining deep learning and hybrid optimization,” *Energy Reports*, 12, pp. 5582–5593. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2024.11.041>.
- Osama, A. *et al.* (2025) “Effect of electrical operating conditions on thermal behavior of PV modules: Numerical and experimental analysis,” *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 287. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2025.113625>.
- Pađen, I. *et al.* (2024) “Automatic high-detailed building reconstruction workflow for urban microscale simulations,” *Building and Environment*, 265. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111978>.
- Premalatha, L. and Rahim, N.A. (2017) “The Effect of Dynamic Weather Conditions on Three Types of PV Cell Technologies - A Comparative Analysis,” *Energy Procedia*. Elsevier Ltd, pp. 275–282. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.05.132>.
- Ramafikeng, M., Ajayi, O. and Adeleke, A. (2025) “A web-based decision support tool for multifarious renewable energy systems,” *Renewable Energy Focus*, 54. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ref.2025.100702>.
- Rodríguez-Gómez, F. *et al.* (2022) “Data driven tools to assess the location of photovoltaic facilities in urban areas,” *Expert Systems with Applications*, 203. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.117349>.
- Romanengo, C., Falcidieno, B. and Biasotti, S. (2024a) “From aerial LiDAR point clouds to multiscale urban representation levels by a parametric resampling,” *Computers and Graphics (Pergamon)*, 123. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cag.2024.104022>.
- Romanengo, C., Falcidieno, B. and Biasotti, S. (2024b) “From aerial LiDAR point clouds to multiscale urban representation levels by a parametric resampling,” *Computers and Graphics (Pergamon)*, 123. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cag.2024.104022>.

- Saadaoui, D. *et al.* (2021) “Parameters optimization of solar PV cell/module using genetic algorithm based on non-uniform mutation,” *Energy Conversion and Management: X*. Elsevier Ltd. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2021.100129>.
- Sevillano-Bendezú, M.A. *et al.* (2024) “Assessing the accuracy of analytical methods for extracting parameters of different PV module technologies under clear and cloudy sky conditions,” *Energy Reports*, 12, pp. 4279–4293. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2024.10.002>.
- Sheng, Y. *et al.* (2025) “Learning from other cities: Transfer learning based multimodal residential energy prediction for cities with limited existing data,” *Energy and Buildings*, 338. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2025.115723>.
- Skeie, K.S. *et al.* (2025) “Characterizing and structuring open datasets for assessment of residential building energy use on the neighborhood and urban scale,” *Energy and Buildings*, 341. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2025.115842>.
- Soha, T., Sugár, V. and Hartmann, B. (2024) “City-scale analysis of PV potential and visibility in heritage environment using GIS and LiDAR,” *Energy and Buildings*, 311. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114124>.
- Soto Calvo, M. and Lee, H.S. (2025) “Advanced geospatial analytics and multi-objective optimization framework for national rooftop solar assessment: Cuba case study,” *Energy Reports*, 14, pp. 254–267. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2025.06.012>.
- Torbatinezhad, A. *et al.* (2022) “A new hybrid heatsink design for enhancement of PV cells performance,” *Energy Reports*, 8, pp. 6764–6778. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.05.050>.
- Touaref, F., Seres, I. and Farkas, I. (2025) “IOT-enabled thermal and surface management system for PV modules coupled with a Cylindro-Parabolic Collector,” *Energy Reports*, 14, pp. 2075–2091. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2025.08.037>.
- Urech, P.R.W., Mughal, M.O. and Bartesaghi-Koc, C. (2022) “A simulation-based design framework to iteratively analyze and shape urban landscapes using point cloud modeling,” *Computers, Environment and Urban Systems*, 91. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2021.101731>.
- Walch, A. *et al.* (2020) “Big data mining for the estimation of hourly rooftop photovoltaic potential and its uncertainty,” *Applied Energy*, 262. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114404>.
- Wang, Y., Wang, D. and Liu, Y. (2017) “Study on Comprehensive Energy-saving of Shading and Photovoltaics of Roof Added PV Module,” *Energy Procedia*. Elsevier Ltd, pp. 598–603. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.672>.
- Ward, W.O.C. *et al.* (2023) “Estimating energy consumption of residential buildings at scale with drive-by image capture,” *Building and Environment*, 234. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110188>.
- Weller, B. *et al.* (2010) *Detail Practice: Photovoltaics : Technology, Architecture, Installation*. Edited by S. Lenzen. Munich: Institut für internationale Architektur-Dokumentation.
- Xu, S. and Qiu, H. (2022) “A modified stochastic fractal search algorithm for parameter estimation of solar cells and PV modules,” *Energy Reports*, 8, pp. 1853–1866. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.01.008>.
- Yao, X. *et al.* (2025) “Community-scale microclimate simulation using Airborne Laser Scanning and object-based urban tree classification,” *Landscape and Urban Planning*, 263. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2025.105420>.
- Yu, Y. *et al.* (2025) “Deep learning-based Scalable Image-to-3D Facade Parser for generating thermal 3D building models,” *Automation in Construction*, 179. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2025.106449>.
- Žalik, M., Mongus, D. and Lukač, N. (2024) “High-resolution spatiotemporal assessment of solar potential from remote sensing data using deep learning,” *Renewable Energy*, 222. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.119868>.

- Zander, K.K. *et al.* (2019) “Preferences for and potential impacts of financial incentives to install residential rooftop solar photovoltaic systems in Australia,” *Journal of Cleaner Production*, 230, pp. 328–338. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.133>.
- Zeng, F. *et al.* (2021) “Parameter identification of PV cell via adaptive compass search algorithm,” *Energy Reports*, 7, pp. 275–282. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.01.069>.
- Zhao, W., Persello, C. and Stein, A. (2022) “Extracting planar roof structures from very high resolution images using graph neural networks,” *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 187, pp. 34–45. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2022.02.022>.
- Zhou, J. *et al.* (2022) “Passivating contacts for high-efficiency silicon-based solar cells: From single-junction to tandem architecture,” *Nano Energy*, 92, p. 106712. Available at: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2021.106712>.
- Zhu, R. *et al.* (2023) “GIScience can facilitate the development of solar cities for energy transition,” *Advances in Applied Energy*. Elsevier Ltd. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.adapen.2023.100129>.
- Малијанска, Е. (2024) *Процена на соларниот фотоволтаичен потенцијал на покриви на објекти со примена на просторни модели за урбани средини*. Универзитет „Св. Кирил и Методиј“.
- Хартман, У. *et al.* (2011) *Фотоволтаични постројки*. Скопје: Факултет за бизнис економија.

Листа на закони и легислативни документи:

- Акциски план за енергетска ефикасност, Влада на РСМ.
- Directive 2010/31/EC, Energy Performance of Buildings (EPBD), EU, 2010.
- Directive 2012/27/EU, Energy Efficiency Directive, EU, 2012.
- Directive (EU) 2019/1024, Directive on Open Data and Re-Use of Public Sector Information, EU, 2019.
- Directive (EU) 2024/1275, Energy Performance of Buildings Directive (EPBD), European Parliament & Council, 2024.
- European Green Deal, European Commission, 2019.
- Kyoto Protocol, United Nations, 1997.
- National Energy and Climate Plan (NECP), Влада на РСМ. (Национален план за енергија и клима)
- Национална книга на енергетски параметри, државен документ.
- New European Bauhaus Initiative (NEB), European Commission.
- Paris Climate Agreement, United Nations, 2015.
- Правилник за енергетски карактеристики на згради, МЖСПП, РСМ.
- Правилник за обновливи извори на енергија, Министерство за економија, РСМ.
- REPowerEU Plan, European Commission, 2022.
- Renewable Energy Directive (RED II / RED III), EU.
- Сертификат за енергетска ефикасност на објекти (национална регулатива).
- Sustainable Development Goals (SDGs), United Nations, 2015.
- UN Agenda 2030 for Sustainable Development, ОН, 2015.
- UN-Habitat - Habitat III Conference, United Nations, 2016.
- UNECE Housing 2030 Initiative, UNECE & UN-Habitat.
- Закон за градење, „Службен весник на РСМ“, член 78-в (фотонапонски централи) и други релевантни членови.
- Закон за енергетика, „Службен весник на РСМ“.
- Закон за енергетска ефикасност, „Службен весник на РСМ“.
- Закон за животна средина, „Службен весник на РСМ“.
- Закон за катастар на недвижности, „Службен весник на РСМ“.
- Закон за обновливи извори на енергија, „Службен весник на РСМ“.
- Закон за просторно и урбанистичко планирање, „Службен весник на РСМ“.