



**ПОБРЗО ДО ОБНОВЛИВА  
ИДНИНА: КОРИСТЕЊЕ  
НА ДЕГРАДИРАНИ  
И НЕУПОТРЕБЛИВИ  
ПОВРШНИ КАКО  
ЛОКАЦИИ ЗА СОЛАРНИ И  
ВЕТЕРНИ ЦЕНТРАЛИ ВО  
СЕВЕРНА МАКЕДОНИЈА**

Септември, 2023



# ПОБРЗО ДО ОБНОВЛИВА ИДНИНА: КОРИСТЕЊЕ НА ДЕГРАДИРАНИ И НЕУПОТРЕБЛИВИ ПОВРШНИ КАКО ЛОКАЦИИ ЗА СОЛАРНИ И ВЕТЕРНИ ЦЕНТРАЛИ ВО СЕВЕРНА МАКЕДОНИЈА

## Подготвено од:

ИЦЕОР-МАНУ како дел од проектот „Exploring Pathways for Low-Impact Energy Solutions in North Macedonia“ имплементиран од The Nature Conservancy, ИЦЕОР-МАНУ и Центарот за истражување и информирање за животна средина „Еко-свест“.

Оваа публикација е овозможена преку финансиска поддршка на The Nature Conservancy.

## Членови на тимот од МАНУ:

акад. Григор Каневче

акад. Таки Фити

д-р. Александар Дединец, научен соработник

Проф. д-р Наташа Марковска

д-р. Верица Тасеска-Георгиевска

Дарко Јаневски дипломиран правник

Доцент. д-р Александра Дединец

д-р. Марица Антоvsка, научен соработник

м-р. Татјана Дранговска

м-р. Емилија Михајлоска

Дејан Димитриев, дипломиран електро инженер

Славе Накев

Авторите на публикацијата ја изразуваат својата благодарност на експертите и институциите кои овозможиле знаење, информации и поддршка за време на изработка на анализата: Joe Kiesecker, Kei Sochi, Jim Oakleaf, Ash Bhattacharjee, Igor Vejnović, Tijana Simonović, Kasandra Zorica Dropuljić и Mate Zec од The Nature Conservancy.

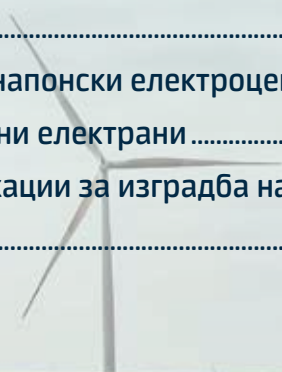
Авторите се заблагодаруваат на Еко-свест за координирање на работата на Советодавното тело за паметно енергетско планирање, составено од релевантни државни институции и агенции, како и за координирање на експертската работна група составена од: проф. д-р Стефан Бужарковски, м-р Тони Поповски, проф д-р Трајче Стафилов, д-р Методија Велевски, д-р Свемир Горин, д-р Иван Радевски и проф. д-р Драган Миновски.

Авторите воедно се заблагодаруваат на следниве институции кои обезбедија податоци неопходни за спроведување на оваа студија: Државен завод за статистика, Агенција за вработување, Агенција за енергетика и Македонско еколошко друштво.



# СОДРЖИНА:

1. Вовед .....	6
2. Преглед на литература .....	7
3. Генерален преглед.....	10
3.1 Фаза 1 .....	10
3.2 Фаза 2 .....	11
4. Методологија за приоритизирање на земјишните површини и влезни податоци.....	14
4.1 Критериуми и влезни податоци .....	14
4.1.1 Пред-оценување .....	14
4.1.2 Критериуми за оценување .....	15
4.1.2.1 Наклон.....	16
4.1.2.2 Поврзување на електричната мрежа .....	18
4.1.2.3 Близина до транспортна инфраструктура.....	22
4.1.2.4 Значајни подрачја за птици и значајни растителни подрачја .....	24
4.1.2.5 Социјална компонента.....	28
4.1.2.6 Близина до урбани и рурални населби.....	29
4.1.2.7 Близина до водени површини .....	34
4.1.2.8 Метеоролошки параметри .....	34
4.1.2.9 Вид на земјиште.....	36
4.1.2.10 Инсталиран капацитет.....	39
4.1.3 Дополнителни податоци .....	41
4.2 Методологија на аналитички процес на хиерархија (АНР).....	46
4.2.1 Проверка на конзистентност.....	47
4.2.2 Пресметки за тежината на секој критериум .....	47
5. ГИС мапи .....	50
5.1 Анализа на податоци.....	50
5.2 Развивање на ГИС мапи .....	52
6. Резултати и дискусија.....	54
6.1 Евалуација на површина за фотонапонски електроцентрали .....	54
6.2 Евалуација на површина за ветерни електрани .....	57
6.3 Анализа на највисоко оценети локации за изградба на ФН и ВЕ ...	60
7. Заклучок.....	64



## Список на слики

Слика 1: Организациска шема за задача 1.....	10
Слика 2: Организациска шема за задача 2.....	10
Слика 3: Организациска шема за фаза 2 од проектот.....	12
Слика 4: ГИС карта – Република Северна Македонија, со четири категории на наклон.....	16
Слика 5: ГИС карта – Република Северна Македонија со три категории на наклон.....	17
Слика 6: Распределба на растојанија до 110 kV преносна системска мрежа за ФН.....	19
Слика 7: Распределба на растојанија до 110 kV преносна системска мрежа за ВЕ.....	20
Слика 8: Распределба на растојанија до 400 kV преносна системска мрежа за ФН.....	21
Слика 9: Распределба на растојанија до 400 kV преносна системска мрежа за ВЕ.....	21
Слика 10: ГИС карта – патна инфраструктура на Република Северна Македонија.....	22
Слика 11: Распределба на растојанија на полигоните до системот на патната мрежа за ФН.....	23
Слика 12: Распределба на растојанија на полигоните до системот на патната мрежа за ВЕ.....	24
Слика 13: ГИС карти – области на ИВА (лево) и IPA области (десно).....	25
Слика 14: Распределба на растојанија до важни области за птици (ИВА) за ФН.....	26
Слика 15: Распределба на растојанија до важни области за растенија (IPA) за ФН.....	26
Слика 16: Распределба на растојанија до важни области за птици (ИВА) за ВЕ.....	27
Слика 17: Распределба на растојанија до важни области на растенијата (IPA) за ВЕ.....	28
Слика 18: Статистика на невработената работна сила.....	29
Слика 19: Распределба на растојанија до урбани области за ФН.....	31
Слика 20: Распределба на растојанија до руралните области за ФН.....	32
Слика 21: Распределба на растојанија до урбани области за ВЕ.....	33
Слика 22: Распределба на растојанија до руралните области за ВЕ.....	33
Слика 23: ГИС карта – речен систем во Република Северна Македонија.....	34
Слика 24: Распределба на растојанија до водни површини за ФН.....	35
Слика 25: Распределба на растојанија до водни површини за ВЕ.....	35
Слика 26: Просечно годишно сончево зрачење во Северна Македонија.....	36
Слика 27: ГИС карта – профил на ветер за Северна Македонија.....	37
Слика 28: Распределба на полигоните нацртани во однос на брзината на ветерот на локациите.....	38
Слика 29: ГИС карта – сите заштитени подрачја и биодиверзитет во Република Северна Македонија.....	39
Слика 30: ГИС карта – IPA, ИВА, смарагд и заштитени подрачја во Република Северна Македонија.....	40
Слика 31: ГИС карта – карстни региони во Северна Македонија.....	42
Слика 32: ГИС карта – Емералд заштитени подрачја во Северна Македонија.....	42
Слика 33: Локации на индустриски капацитети.....	43
Слика 34: Локации на метални и минерални руди во Северна Македонија.....	44
Слика 35: ГИС карта – постоечки локации за ОИЕ во Северна Македонија.....	44
Слика 36: ГИС карта – локации на електрани од ОИЕ побарани од ОЕПС.....	45
Слика 37: ГИС карта – преклопување на постоечките и разгледуваните области за развој на ОИЕ и заштитените подрачја.....	45
Слика 38: Земјиште во населено место.....	51
Слика 39: ГИС карта – со користење на катастарскиот сет на податоци.....	51
Слика 40: Преклопување помеѓу податоците од националниот катастар и екосистемите (ES) и податоците за наклонот.....	52
Слика 41: Потврда за валидноста на вториот пристап.....	52
Слика 42: Оценета површина за инсталација на ФН, со исклучок на националните паркови, Емералд локациите и области помали од 0,5 ha.....	54

Слика 43: оценети локации со исклучок на националните паркови, локалитетите Емералд, областите со биолошка разновидност и IPA.....	55
Слика 44: оценети локации со исклучок на националните паркови, локалитетите Емералд, заштитените подрачја и IBAs.....	55
Слика 45: оценети локации, со исклучок на националните паркови, локалитетите Емералд, заштитените подрачја, IPA и IBA.....	56
Слика 46: Распределба на разгледуваните локации за изградба на ВЕ, со исклучок на националните паркови, Емералд локалитетите и заштитените подрачја со биолошка разновидност, локации со површина помала од 10 ha и обработливо земјиште.....	57
Слика 47: ГИС карта – разгледуваните полигони за изградба на ВЕ, со исклучок на националните паркови, Емералд локациите, заштитените подрачја, локациите со површина помала од 10 ha и IBAs.....	58
Слика 48: Дистрибуција на разгледувани локации, со исклучок на националните паркови, Емералд локалитети, заштитени подрачја, локации со површина помала од 10 ha, IPA и IBA.....	58
Слика 49: ГИС карта – локациите со пет најдобри оценки за изградба на ФН, според сценариото на случај каде што се исклучени сите национални паркови, Емералд локации, заштитени подрачја, земјишни површини чија вкупна површина е помала од 0,5 ha, IPA и IBA.....	63
Слика 50: ГИС карта – локациите со пет најдобри оценки за изградба на ВЕ, според сценариото каде што се исклучени сите национални паркови, Емералд локации, заштитени подрачја, земјишни површини чија вкупна површина е помала од 10 ha, IPA и IBA.....	63

## Список на табели

Табела 1: Почетна поделба на категории на наклон.....	16
Табела 2: Наклон на локацијата – оценки.....	17
Табела 3: Растојание до поврзување на електричната мрежа за 110 k.....	18
Табела 4: Растојание до поврзување на електричната мрежа за 400 kV.....	18
Табела 5: Близина до патна инфраструктура – оценки.....	22
Табела 6: Критериуми за расположлива работна сила и соодветни оценки.....	29
Табела 7: Близина до урбано подрачје.....	30
Табела 8: Близина до рурално подрачје.....	30
Табела 9: Просечно годишно сончево зрачење во Северна Македонија и соодветните оценки.....	37
Табела 10: Просечни годишни интервали на брзината на ветерот и соодветните оценки.....	38
Табела 11: Вид на површина и соодветни оценки.....	39
Табела 12: Потенцијал за инсталирана моќност – критериумски податоци и оценки за ФН.....	41
Табела 13: Потенцијал за инсталирана моќност – критериумски податоци и оценки за ВЕ.....	41
Табела 14: Вредности за случајниот индекс на конзистентност.....	48
Табела 15: Тежина на критериумите.....	48
Табела 16: Резиме на резултати за PVPP.....	56
Табела 17: Резиме на резултати за ВЕ.....	59
Табела 18: Карактеристики на локациите со пет највисоки оценки за ФН (6 локации) според сценариото каде што се исклучени сите национални паркови, Емералд локалитети, заштитени подрачја, земјишни површини чија вкупна површина е помала од 0,5 ha, IPA и IBA.....	61
Табела 19: Карактеристики на локациите со пет највисоки оценки за ФН (6 локации) според сценариото каде што се исклучени националните паркови, Емералд локации, заштитените подрачја и сите земјишни површини чија вкупна површина е помала од 0,5 ha, со IPA и IBA вклучени.....	61
Табела 20: Карактеристики на локациите со десет највисоки оценки за ВЕ (тринаесет локации) според сценариото на случај каде што се исклучени сите национални паркови, Емералд локалитети, заштитени подрачја, земјишни површини чија вкупна површина е помала од 10 ha, IPA и IBA.....	62

## ВОВЕД

Поради серијата кризи на глобално ниво (војната во Украина, прекините на глобалниот синџир на снабдување, опаѓање на светската економија, зголемената инфлација итн.) се забрза енергетската транзиција, а особено развојот на постројки за децентрализирано производство на енергија кои се јаглеродно неутрални (без емисии на стакленички гасови). Забрзаното темпо со кое се инсталираат капацитетите за производство на електрична енергија од обновливи извори на енергија (ОИЕ) е од огромно значење во исполнувањето на националните цели и со тоа намалување на емисии на стакленички гасови и учество на ОИЕ во бруто финалната потрошувачка на енергија. Ова ќе придонесе поголем дел од вкупното производство на електрична енергија да доаѓа од домашни ресурси, со што ќе се зголеми сигурноста во снабдувањето и ќе се овозможи поголема независност во пристапот до потребната енергија. Сепак, потребен е структуриран и внимателен пристап кон овој процес; во спротивно, ризиците кои се поврзани со ова може да ги надминат потенцијалните придобивки.

Изградбата на капацитетите за ОИЕ во Северна Македонија брзо напредува во последните две години. Во 2022 година, вкупната инсталирана моќност на ОИЕ изнесува 944,5 мегавати (MW), што претставува зголемување од 16 проценти во однос на 2021 година и 17 проценти во однос на 2020 година. Сепак, овој тренд се очекува да продолжи и во иднина, според анализите направени од страна на МЕРСО<sup>1</sup>, инсталирање на дополнителни 500 MW ветерни и фотонапонски електроцентрали ќе има влијание врз балансирањето. Во исто време, и операторот на системот за пренос (ОЕПС) и операторот на дистрибутивниот систем (ОДС) добија голем број на барања за инсталирање на нови капацитети, над 12 гигавати (GW).<sup>2,3</sup> Целта за инсталиран капацитет од ОИЕ е поставена во националната Стратегија за развој на енергетиката на Република Северна Македонија до 2040 година<sup>4</sup> со план за инсталиран капацитет од 750 MW ветерни и 1.400 MW фотонапонски електроцентрали. Поставените цели се значително помали од поднесените барања. Оценувањето на развојот на ОИЕ мора да ги земе предвид неговите еколошки импликации. Една суштинска стратегија за ублажување на негативните еколошки ефекти на ОИЕ е правилен избор на локации за изградба. Изборот на соодветни локации за развој на ОИЕ може да придонесе за да се избегне нарушување на локалниот див свет и да го зачува обработливото земјиште за неговата примарна намена, односно одгледување на земјоделски производи. Дополнително, со усвојување на внимателен пристап за одредување на соодветни локации за изградба на ОИЕ, трошоците може да се намалат и да се подобри севкупната економска изводливост на проектите.

1 ПРИВРЕМЕН ИЗВЕШТАЈ - Димензионирање на системските резерви во македонските електроенергетски системи за сценарија со ОИЕ од големи размери [https://www.mepso.com.mk/docs/pubmk/MEPSO\\_INTERIM\\_2.1\\_12.04.2023\\_Clean.pdf](https://www.mepso.com.mk/docs/pubmk/MEPSO_INTERIM_2.1_12.04.2023_Clean.pdf)

2 МЕРСО, Развојен план на преносниот систем за периодот 2023-2032 година, октомври 2022 година, Скопје Република Северна Македонија

3 ЕВН, Развојен план на дистрибутивниот систем за периодот 2023-2027 година, ноември 2022 година, Скопје Република Северна Македонија

4 [https://economy.gov.mk/Upload/Documents/Adopted%20Energy%20Development%20Strategy\\_EN.pdf](https://economy.gov.mk/Upload/Documents/Adopted%20Energy%20Development%20Strategy_EN.pdf)

## ПРЕГЛЕД НА ЛИТЕРАТУРА

Проценката и просторната идентификација на потенцијалот за ОИЕ на гринфилд локациите станува сè попопуларно во последните години, добивајќи го долгоочекуваното и заслужено внимание. Точната визуелизација на гринфилд локациите е комплексна тема и е комбинација на меѓусекторска поддршка и експертиза со цел да се добијат функционални карти кои укажуваат на соодветни области за развој на ОИЕ. Сепак, во последната деценија изработени се голем број на студии кои покажуваат различни начини за спроведување на такви анализи. Една таква студија е Техничките потенцијали за обновлива енергија во САД: Анализа базирана на ГИС,<sup>5</sup> која ги елаборира резултатите од националната просторна анализа за техничкиот потенцијал на ОИЕ, расположливата површина, инсталираниот капацитет и производството на електрична енергија за шест различни технологии во фотонапонски, ветерни, хидро, био- и геотермални системи. Дополнително, студијата ја идентификува моќноста, факторот на капацитет и ограничувањата за користење на земјиштето, специфично за системот на секоја технологија. Проценките за перформансите на системот се направени на повеќе-регионален, повеќе-временски период, ГИС и линеарен модел на програмирање.

Денешните процеси за прецизно одредување и мапирање на соодветни локации за изградба на фотонапонски и ветерни електроцентрали вклучуваат различни методи и форми на анализа, како и повеќе критериуми, индикатори, фактори итн. Со цел да се поедностави целиот процес и да се прибираат податоци на системски начин Malczewski и Rinner (2015)<sup>6</sup> и Oakleaf et al. (2019)<sup>7</sup> користат просторна мулти-критериумска анализа на одлуки (MCDA) како метод за одредување на локацијата на ОИЕ на глобално ниво. Нивниот пристап се состои од четири чекори: 1. мапирање на ограничувања; 2. мапирање и скалирање на критериумите; 3. пондерирање на критериумите; 4. комбинација на пондерирани критериуми. Воедно, трудот ги прикажува праговите на ограничување, имено просечното годишно глобално хоризонтално зрачење и наклонот на земјиштето, просечната годишна брзина на ветерот, надморската височина, локациите на ветерните турбини за идентификација на потенцијалните области на енергија од ветер.

Иако MCDA е широко прифатен и користен метод, некои проценки може да се направат со предвидливи модели, односно алгоритам познат како "random forest algorithm", како што е објаснето од Evans et al. (2014),<sup>8</sup> во кои влезните податоци можат да ги имитираат критериумите под MCDA. Иако овој модел е базиран на машинско учење и е погоден за побрза анализа на поголеми локации, сепак

5 [https://www.researchgate.net/publication/241909619\\_US\\_Renewable\\_Energy\\_Technical\\_Potentials\\_A\\_GIS-Based\\_Analysis/link/0c960538c9e48e9684000000/преземи](https://www.researchgate.net/publication/241909619_US_Renewable_Energy_Technical_Potentials_A_GIS-Based_Analysis/link/0c960538c9e48e9684000000/преземи)

6 <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-540-74757-4>

7 <https://www.nature.com/articles/s41597-019-0084-8>

8 [https://www.researchgate.net/publication/260447918\\_Shale\\_Gas\\_Wind\\_and\\_Water\\_Assessing\\_the\\_Potential\\_Cumulative\\_Impacts\\_of\\_Energy\\_Development\\_on\\_Ecosystem\\_Services\\_within\\_the\\_Marcellus\\_P](https://www.researchgate.net/publication/260447918_Shale_Gas_Wind_and_Water_Assessing_the_Potential_Cumulative_Impacts_of_Energy_Development_on_Ecosystem_Services_within_the_Marcellus_P)

потребен е значителен број на означени податоци. Vorkarić et al. (2021)<sup>9</sup>, во нивниот труд за Задарската жупанија во Хрватска, го поедноставува развојот на картите со пристап од три чекори. Прво, врз основа на законски ограничувања и ранливости, се исклучуваат неповолните подрачја за ОИЕ, потоа се врши евалуација на корисни подрачја со помош на збир на индикатори (природа и биодиверзитет, природни ресурси важни за економски активности и општествени и културни карактеристики) и нивното ниво на чувствителност (ниско, средно или високо) се одредува преку MCDA. За секој индикатор, воведен и применет е пондерираниот фактор, а збирот на множењето ја дава конечната сензитивност на областа, процес познат како аналитички процес на хиерархија (АНП).

MCDA е претставен и во трудот на Sultan Al-Yahyai et al. (2012)<sup>10</sup> на локација на ветерна фарма во Оман. Трудот користи АНП со пондерирани просечна (ordered weighted averaging - OWA) функција на агрегација за да изведе индекс на соодветност на земјиштето и класификација во географски информациски систем (GIS) користејќи различни критериуми за селекција, како што се економски (оддалеченост до патот, наклон на теренот), социјални (урбана област), еколошки (историски локации, диви животни и природни резерви) и технички показатели (густина на ветерот, усогласување на побарувачката на енергија, процент на одржлив ветер, интензитет на турбуленции, песочни дини).

Идентификувањето и прикажувањето на локации погодни за изградба на фотонапонски електроцентрали е од големо значење за нивниот правичниот и објективен развој во смисла на еднаква дистрибуција и усогласеност со националните просторни планови. Abdullah Demir et al. (2023)<sup>11</sup> воведува нов пристап за одредување на локација заснована на оптималност (optimality-based site growing - OBSG) кој исто така користи АНП, вклучувајќи ги трошоците за земјиштето, ГИС и тежините на критериумите според инсталираната моќност на фотонапонската електроцентрала. Предложениот метод е прикажан преку студијата на случај во Турција, а резултатите покажуваат дека методот ефикасно ги одредува најсоодветните локации за големи фотонапонски електроцентрали. Друга студија на случај користејќи слична MCDA методологија е направена за југозападниот регион на Русија во рамките на докторската теза од Melnikova (2018).<sup>12</sup> Тезата го воведува изборот на геопросторни податоци, повеќеслојниот пристап, енергетската состојба и проценката на енергетската инфраструктура, влијанието врз животната средина, тампон зоните и други ограничувања, како и економскиот и пазарниот потенцијал на ветерот, сончевата енергија и биомасата. Во областа на гринфилд локации ориентирани кон сончева и ветерна енергија, слични пристапи се разгледуваат во Asare-Addo (2022),<sup>13</sup> Saraswat et al. (2021),<sup>14</sup> и Kowalczyk и Czyża (2022).<sup>15</sup>

9 [https://www.researchgate.net/publication/350942353\\_Integrated\\_Renewable\\_Energy\\_Planning\\_in\\_Southeast\\_Europe\\_-\\_Pilot\\_project\\_Integrated\\_Wind\\_and\\_Solar\\_Planning\\_in\\_Zadar\\_County](https://www.researchgate.net/publication/350942353_Integrated_Renewable_Energy_Planning_in_Southeast_Europe_-_Pilot_project_Integrated_Wind_and_Solar_Planning_in_Zadar_County)

10 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148112000158>

11 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038092X23003638>

12 [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/49/055/49055599.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/49/055/49055599.pdf)

13 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1755008422000254#preview-section-references>

14 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096014812100063X>

15 <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/18/6693>



Во рамките на овој проект, воспоставената методологија MCDA со ANP се применува во Северна Македонија. Овој процес вклучува прилагодување на критериумите и факторите за прецизно претставување на моменталната состојба на национално ниво. Секој регион поседува уникатни карактеристики, и затоа експертите се тие кои мора да се приспособат и интензивно да соработуваат со различни засегнати страни. Оваа приспособливост и ангажман се клучни предуслови за успешен развој на обновливите извори на енергија, со специфичен акцент на широката дистрибуција на локациите за изградба на фотонапонски и ветерни електроцентрали.

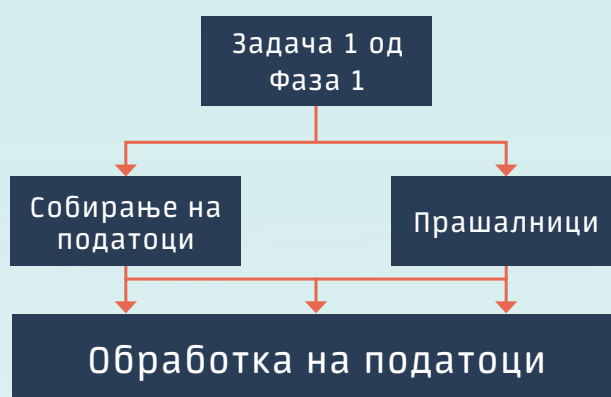


## ГЕНЕРАЛЕН ПРЕГЛЕД

### 3.1. Фаза 1

Во првата фаза од проектот, целта беше да се развие сет на критериуми кои би можеле да се користат како оценки за квантитативно оценување на соодветноста на неплодните површини (локации) за фотонапонски електроцентрали (PVPP) и ветерни електроцентрали (WPP). Пристапот за развие на овој сет на критериуми се состоеше од две фази. Во првата фаза беа извршени две задачи.

**Задача 1** – Собрани беа податоци со помош на истражување и прашалник кој беше дистрибуиран до релевантните засегнати страни. Откако беа добиени потребните податоци, тие беа соодветно обработени и користени во втората задача. Слика 1 ја прикажува организациската шема за задача 1.



Слика 1: Организациска шема за задача 1



Слика 2: Организациска шема за задача 2

**Задача 2** – Во овој дел од анализата даден е преглед на релевантната правна структура во Република Северна Македонија, како и на економските параметри кои влијаат на гринфилд и браунфилд инвестициите во ОИЕ. Дополнително, е развиен пристап за анализа и избор на соодветни локации кои подоцна ќе се споредат со множеството критериуми. Во оваа фаза од проектот, беа земени предвид само постоечките и затворените рудници за анализа на локацијата и избор на локацијата. Слика 2 ја прикажува организациската шема за задача 2.

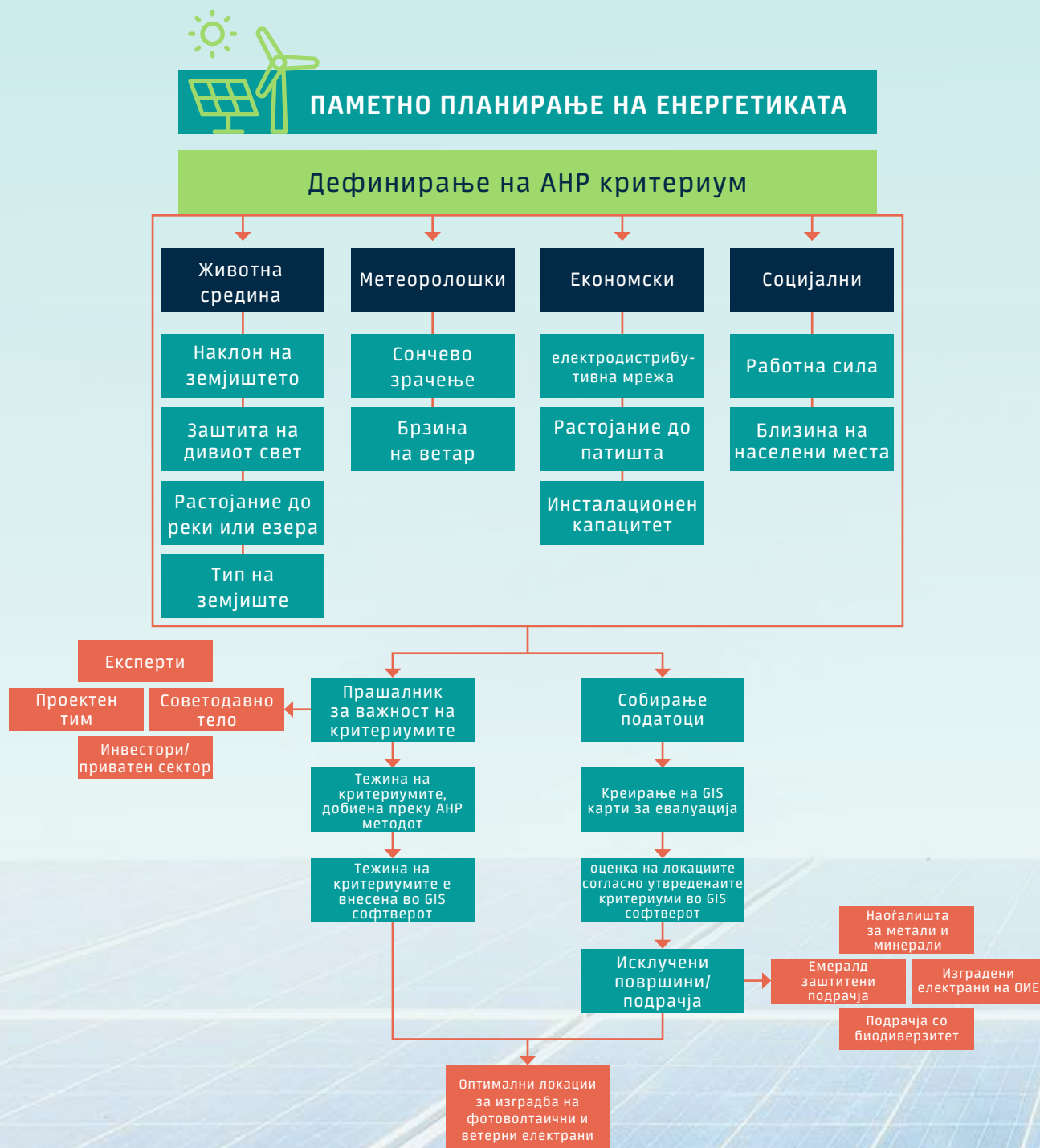
## 3.2. Фаза 2

Главната цел во **фаза 2** од проектот беше да се применат усвоените критериуми на национално ниво и да се провери подобноста на претходно избраните локации за изградба на ОИЕ (т.е. просторна идентификација на потенцијалните локации за ОИЕ). За да може да се примени методот на повеќе-критериумска проценка, неопходно беше да се испита целото земјиште на територијата на Северна Македонија и да се идентификува збир на локации од кои подоцна може да се направи карта на сите одржливи локации каде што би можеле да се градат ОИЕ.

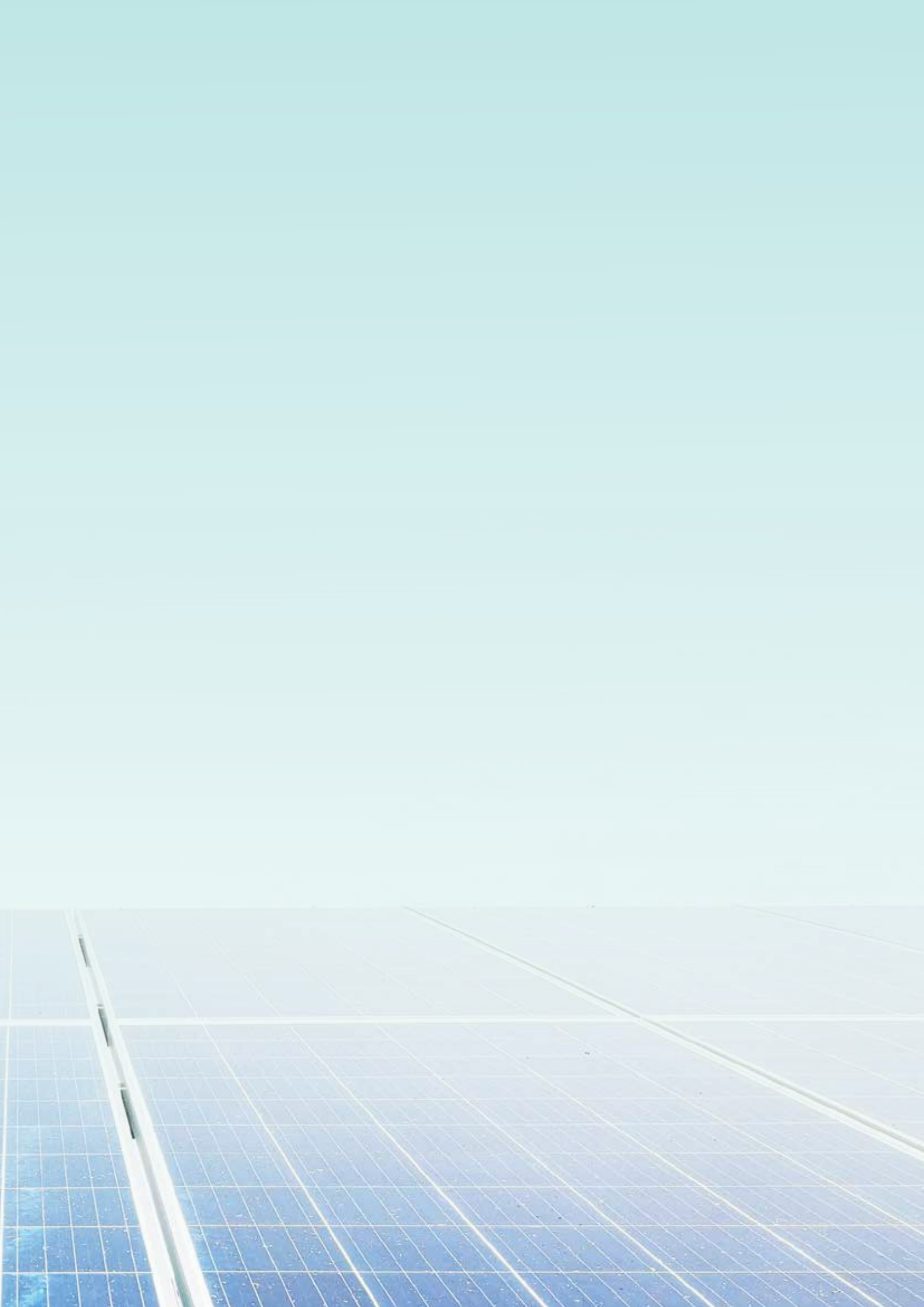
За да се направи ова, беше усвоена методологија за повеќе-критериумска анализа на одлуки (MCDA) која го користи аналитичкиот процес на хиерархија (АНР). Локациите на територијата на Република Северна Македонија подобни за понатамошна анализа беа избрани преку процес на претходна проценка. Во рамките на пред-оценка, секоја локација беше споредена со збир на критериуми за пред-оценка кои беа дефинирани врз основа и во согласност со правните и економските анализи и заклучоци од првата фаза на проектот. Детали за процесот на пред-оценување може да се најдат во следното поглавје. Следствено, подобните локации потоа беа споредени со сет на критериуми за евалуација. Критериумите за оценување беа исто така дефинирани во согласност со заклучоците и врз основа на првата фаза од проектот. Во принцип, овие критериуми може да се групираат во четири категории - еколошки (наклон, важна област за птици (IBA) / важно растително подрачје (IPA), близина на водни површини и типови земјишта), метеоролошки (просечно годишно сончево зрачење и брзина на ветерот), економски (поврзување на електричната мрежа, патишта и инсталирана моќност) и социјални (достапна работна сила во близина и близина на урбани/рурални населби). Воедно беше изработен прашалник и беа одржани повеќе состаноци со експерти од академската заедница, претставници од приватниот сектор/индустријата, владини претставници кои работат во оваа област итн. со цел да се утврди важноста на секој од критериумите за оценување. Тежините на разгледуваните критериуми беа одредени со користење на АНР.

Истовремено, беа собрани податоци за изработка на ГИС карти кои ги мапираа подобните локации земени во анализата. Изработката на ГИС картите се заснова на национален растерски слој со наклон со резолуција од 5x5 метри (м) и карта на екосистемите на Северна Македонија, од кои четири главни типови екосистеми беа избрани како најпогодни за гринфилд инвестиции (Табела 11). Дополнително, податоците за неплодното земјиште на територијата на Северна Македонија се добиени од националниот катастар. Овие податоци на крајот беа искористени како средство за да се потврди валидноста на применетиот пристап. Валидноста на пристапот беше потврдена кога ГИС картите на некои од регионите кои беа дефинирани со првиот пристап беа споредени со регионите

добие ни со вториот пристап. На овој начин беше пресметано совпаѓање (преклопување) од 83,15 проценти помеѓу картите добиени преку првиот пристап и вториот пристап каде локациите беа мапирани во ГИС врз основа на податоците за неплодното земјиште обезбедени од катастарот. Слика 3 ја прикажува организациската шема за фаза 2 од проектот.



Слика 3: Организациска шема за фаза 2 од проектот



# МЕТОДОЛОГИЈА ЗА ПРИОРЕТИЗИРАЊЕ НА ЗЕМЈИШНИТЕ ПОВРШНИ И ВЛЕЗНИ ПОДАТОЦИ

Овој дел ја опишува методологијата применета за приоритизирање на локациите за изградба на фотонапонски и ветерни електроцентрали. Првиот дел ги разгледува критериумите за пред-оценување и оценување, заедно со влезните податоци употребени за секој критериум. Последователно, е објаснета методологијата на повеќе-критериумска анализа на одлуки со користење на аналитичкиот хиерархиски процес (АНР).

Како прв чекор, множеството локации се развива со делење на земјата на полигони со различни просечни наклони (како што е објаснето во делот 4.1.2.1). Збирот на локации земени за изградба на ФН е различен од множеството локации за изградба на ВЕ, бидејќи локациите на кои просечната брзина на ветерот е под  $4,5 \text{ ms}^{-1}$  беа исклучени од анализата на локацијата на ВЕ.

## 4.1. Критериуми и влезни податоци

### 4.1.1. Пред-оценување

При приоритизацијата на проектите, првиот чекор е фазата на пред-оценка. Оваа фаза на пред-оценување вклучува подобност за локација.

На почетокот, секоја локација се проверува дали ги исполнува критериумите за подобност. Секој од критериумите за подобност мора да биде исполнет од секоја локација. Ако барем еден од критериумите за подобност не е исполнет, тогаш локацијата не е подобра и не се разгледува за понатамошна обработка.

За подобност за локација, беа избрани следниве критериуми:

- Дали локацијата е во заштитени подрачја (поради нивниот висок ризик од ранливост и нивната еколошка вредност, заштитените области се сметаат за целосно несоодветни за изградба на електроцентрали)
- Дали брзината на ветерот е под  $4,5 \text{ ms}^{-1}$  за ВЕ (сите локации кои имаат регистрирано годишна просечна брзина на ветер под  $4,5 \text{ ms}^{-1}$  беа исклучени од анализата на локацијата на ВЕ)

- Дали локацијата за ФН има површина помала од 0,5 хектари (ха) (сите локации кои имаат површина помала од 0,5 ха беа исклучени од анализата каде што беше оценета соодветноста за изградба на ФН на тие локации)
- Дали локациите што се разгледуваат за ВЕ имаат површина помала од 10 ха (сите локации чија површина е помала од 10 ха беа исклучени од анализата каде што беше оценета соодветноста за изградба на ВЕ на тие локации)
- Дали просечниот наклон на локацијата е поголем од 30 проценти (локациите со наклон поголем од 30 проценти беа исклучени од анализата)
- Дали растојанието до 110 киловолтната (kV) енергетска (преносна) мрежа е подалеку од 25 километри (km) и растојанието до 400 kV подалеку од 15 km (таквите локации беа исклучени)
- Дали растојанието на ВЕ локациите се поблиску од 1 km до населените места (таквите локации беа исклучени)
- Дали постои можност за откуп на земјиште и постоечки капацитети
- Дали може да се добијат градежни дозволи
- Стабилност на почвата и инженерски потенцијал
- Статус на рекултивација и ограничување на еколошкиот ризик

## 4.1.2. Критериуми за оценување

Врз основа на анализата спроведена во Фаза 1 од проектот и последователните истражувања, беа усвоени следниве критериуми за проценка на соодветноста на локацијата:

- Наклон на земјиштето;
- Поврзување на електроенергетската мрежа;
- Растојание до патот;
- Заштита на дивниот свет;
- Работна сила која може да се вработи во новата инвестиција;
- Близина до населени места;
- Растојание до реки или езера;
- Метеоролошки параметри:
  - Сончево зрачење;
  - Брзина на ветерот;
- Вид на земјиште;
- Инсталиран капацитет.

### 4.1.2.1. Наклон

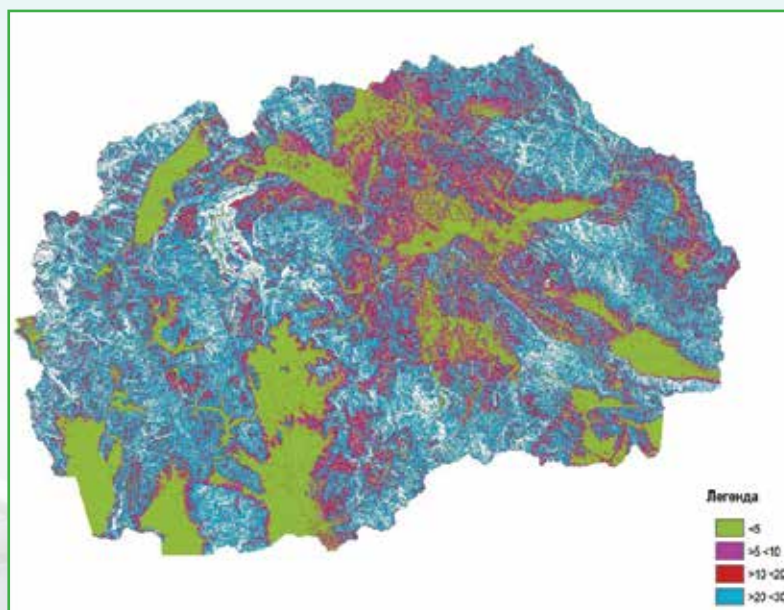
Наклонот на земјиштето е важен критериум што треба да се земе предвид при изборот на најсоодветните локации за изградба на ФН и ВЕ. Тоа е затоа што изградбата на електроцентрали на земјиште со голем наклон може да ги зголеми инвестициските и оперативните трошоци, бидејќи многу стрмниот наклон на областа (локацијата) значи потешок пристап до локациите. Дополнително, областите со стрмен наклон може да влијаат на перформансите на ФН. Националниот растерски слој на падините, со резолуција од 5x5 m, беше споен со картите на екосистемите на Северна Македонија<sup>16</sup> кои беа земени предвид во оваа студија (локалитети за екстракција на минерали (индустриски екосистеми), области со ретка вегетација (карпести и камени полиња), преодни шумски грмушки (грмушки) и пасишта). За секој од типовите на екосистемот, беше пресметан средниот наклон и првично беа разгледани четири различни интервали (категории) за наклонот (Табела 1). Врз основа на ова, беше изработена ГИС картата прикажана во Слика 4.

Табела 1:  
Почетна поделба  
на категории  
на наклон

Категорија	Наклон
Категорија 1	$x < 5\%$
Категорија 2	$5\% < x < 10\%$
Категорија 3	$10\% < x < 20\%$
Категорија 4	$20\% < x < 30\%$

Слика 4:  
ГИС карта –  
Република Северна  
Македонија, со  
четири категории  
на наклон

Извор:  
(Анализа на  
експертски  
тим)



<sup>16</sup> Податоци споделени од страна на Македонско еколошко друштво



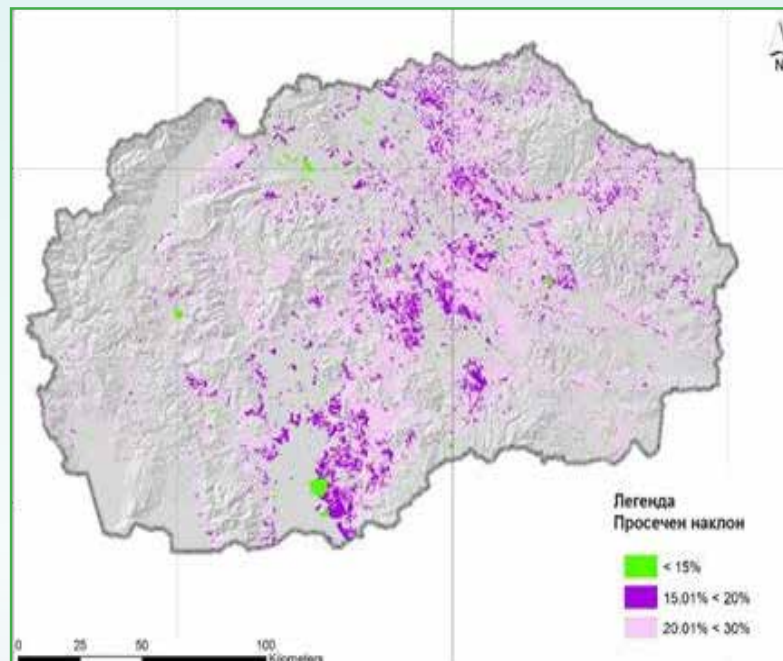
Во оваа итерација, добиени се многу голем број полигони. Поради големиот број на полигони, времето на работа на QGIS моделот е многу долго и бројот на полигони треба да се намали за да може анализата да се изврши во разумно време. Поради ова, наклонот на земјиштето беше категоризиран помеѓу три интервални вредности наместо четири (Табела 2). Слика 5 ја прикажува GIS картата со наклонот на полигоните категоризирани како што е прикажано на Табела 2. Ова е основа за креирање на збир на локации анализирани во овој извештај. Секое земјиште (полигон) со наклон поголем од 30 проценти беше исклучено и не беше земено предвид во понатамошната анализа.

Табела 2:  
Наклон на  
локацијата –  
оценки

Наклон	Оценка
$x < 15\%$	5
$15\% < x < 20\%$	3
$x > 20\%$	1

Слика 5:  
ГИС карта –  
Република Северна  
Македонија со  
три категории на  
наклон

Извор:  
(Анализа на  
експертски  
тим)



### 4.1.2.2. Поврзување на електричната мрежа

**Поврзување на електричната мрежа / близина на преносната / дистрибутивната мрежа** е еден од клучните критериуми при изборот на локација за изградба на електроцентрала. Тоа е затоа што произведената електрична енергија треба да се внесе во системот и да се испорача до крајните потрошувачи преку преносната и/или дистрибутивната мрежа (електро-мрежата). Трошоците за приклучување на електричната мрежа може да се поделат на два дела: прво, трошоците за изградба на водот од локацијата на електроцентралата до точката на приклучување, која се изразува во валута/km (и зависи од растојанието); и второ, трошокот за работата што треба да се изврши на приклучното место (пр. трансформатори, потстанции итн.), што е трошок по MW инсталирана моќност и зависи од тоа дали приклучокот е направен на постоечки вод или до трафостаница.

Во овој случај, најдобрата опција за проценка на трошоците за приклучување на електричната мрежа за секоја локација е да се добијат пресметките или од ОЕПС и/или од ОДС (МЕРСО и ЕВН, соодветно, за Северна Македонија), бидејќи тие се оние кои ја одредуваат оваа цена. Доколку овие пресметки не се достапни за секоја локација, тогаш може да се одреди приближен трошок врз основа на првиот дел од трошокот, односно растојанието од електроцентралата до точката на приклучување. Врз основа на ова, на локацијата со најниска цена за приклучување на електричната мрежа се доделуваат оцена пет, а на онаа со најголема цена се доделува оцена еден. Табела 3 и Табела 4 го прикажуваат интервалниот опсег на растојанија и нивните соодветни оценки за електричните мрежи од 110 kV и 400 kV.

**Табела 3:**  
Растојание до поврзување на електричната мрежа за 110 kV

Поврзување на електричната мрежа (110 kV)	Оценка
$x < 4$ km	5
$4 \text{ km} < x < 8$ km	4
$8 \text{ km} < x < 12$ km	3
$12 \text{ km} < x < 16$ km	2
$16 \text{ km} < x < 25$ km	1

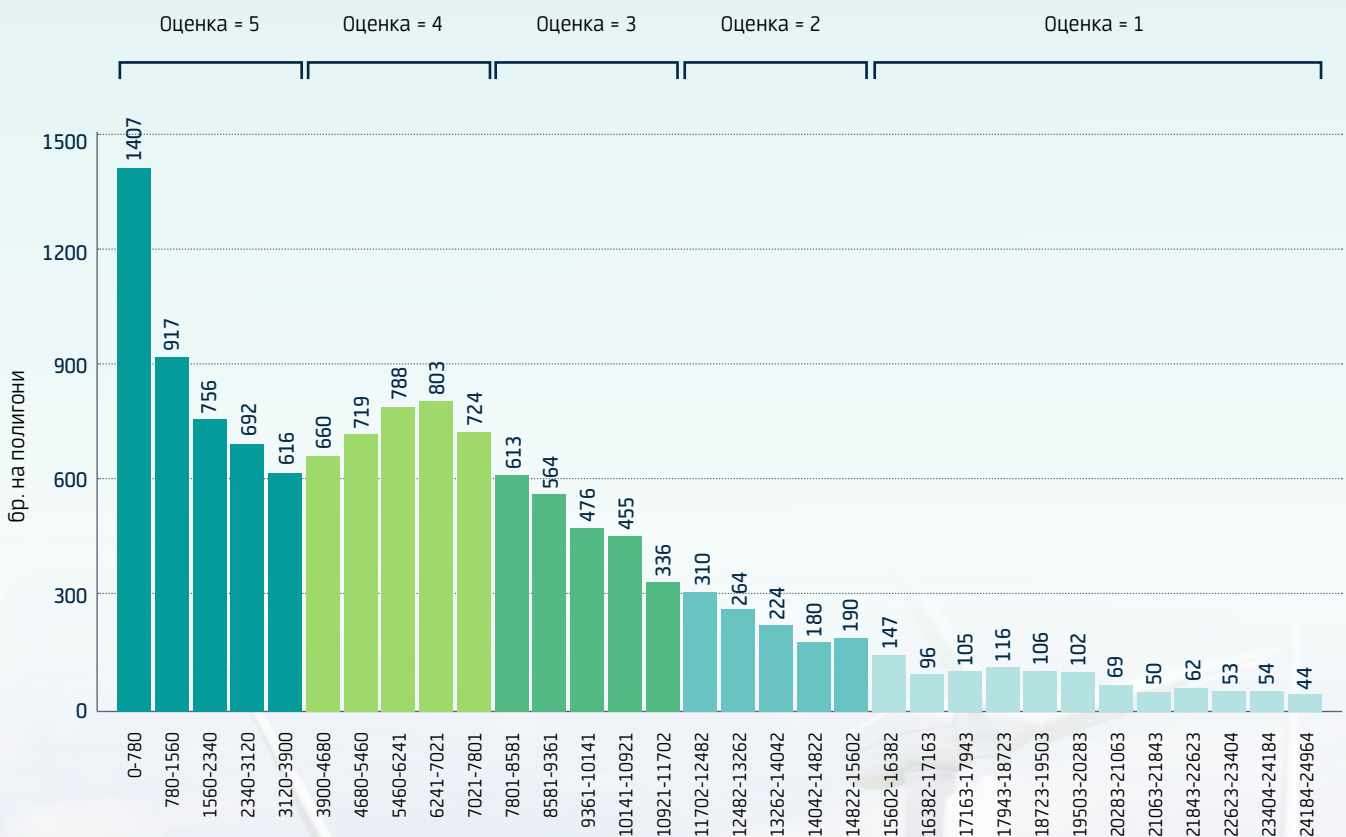
**Табела 4:**  
Растојание до поврзување на електричната мрежа за 400 kV

Поврзување на електричната мрежа (400 kV)	Оценка
$x < 2.5$ km	5
$2.5 \text{ km} < x < 5$ km	4
$5 \text{ km} < x < 7.5$ km	3
$7.5 \text{ km} < x < 10$ km	2
$10 \text{ km} < x < 15$ km	1

Според ОЕПС за преносната системска мрежа од 110 kV, максималното растојание што може да се повлече со една линија од постоечка трафостаница е 25 km. За преносната системска мрежа од 400 kV, ова максимално растојание е 15 km. Оваа информација беше клучна за одредување на интервалните вредности на кои беа доделени соодветните оценки за овој критериум. Сите потенцијални земјишни површини надвор од горенаведените опсези (за преносните мрежи 110 и 400 kV) не беа земени предвид.

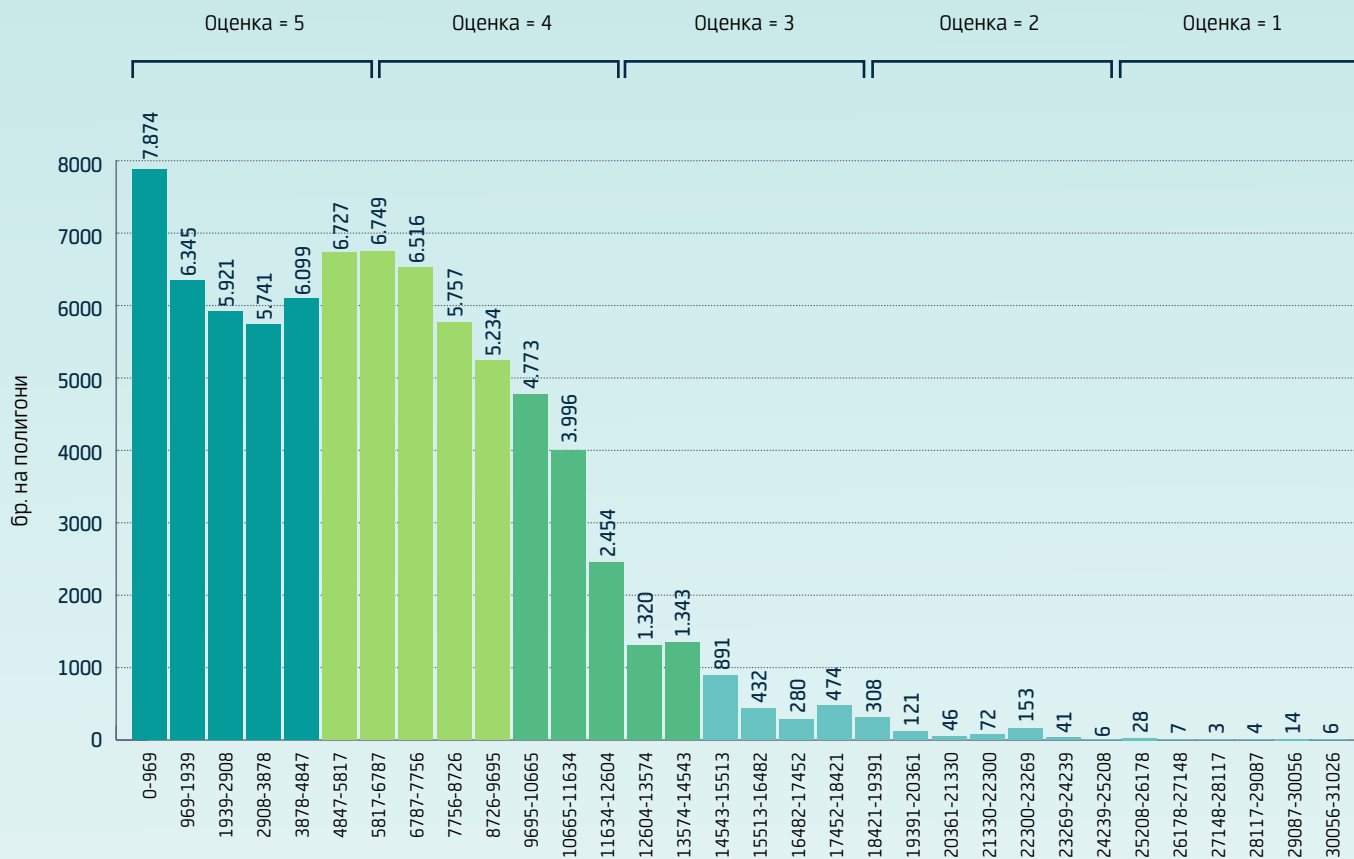
Анализата на соодветноста на локациите (полигоните) беше спроведена независно и за ветерните и за фотонапонските електроцентрали. Како што беше претходно споменато, ова се должи на фактот што локациите со просечна брзина на ветер помала од 4,5 ms<sup>-1</sup> беа исклучени од анализата на локациите за ВЕ. Од распределбата на растојанија од локациите до преносната мрежа од 110 kV, може да се заклучи дека приближно 65 проценти од полигоните за ФН се наоѓаат на 8 km или помалку од 110 kV преносната мрежа (Слика 6). За ВЕ, приближно 80 проценти од разгледуваните полигони се во радиус од 10 km од преносната мрежа од 110 kV (Слика 7).

Слика 6: Распределба на растојанија до 110 kV преносна системска мрежа за ФН



Извор: (Анализа на експертски тим)

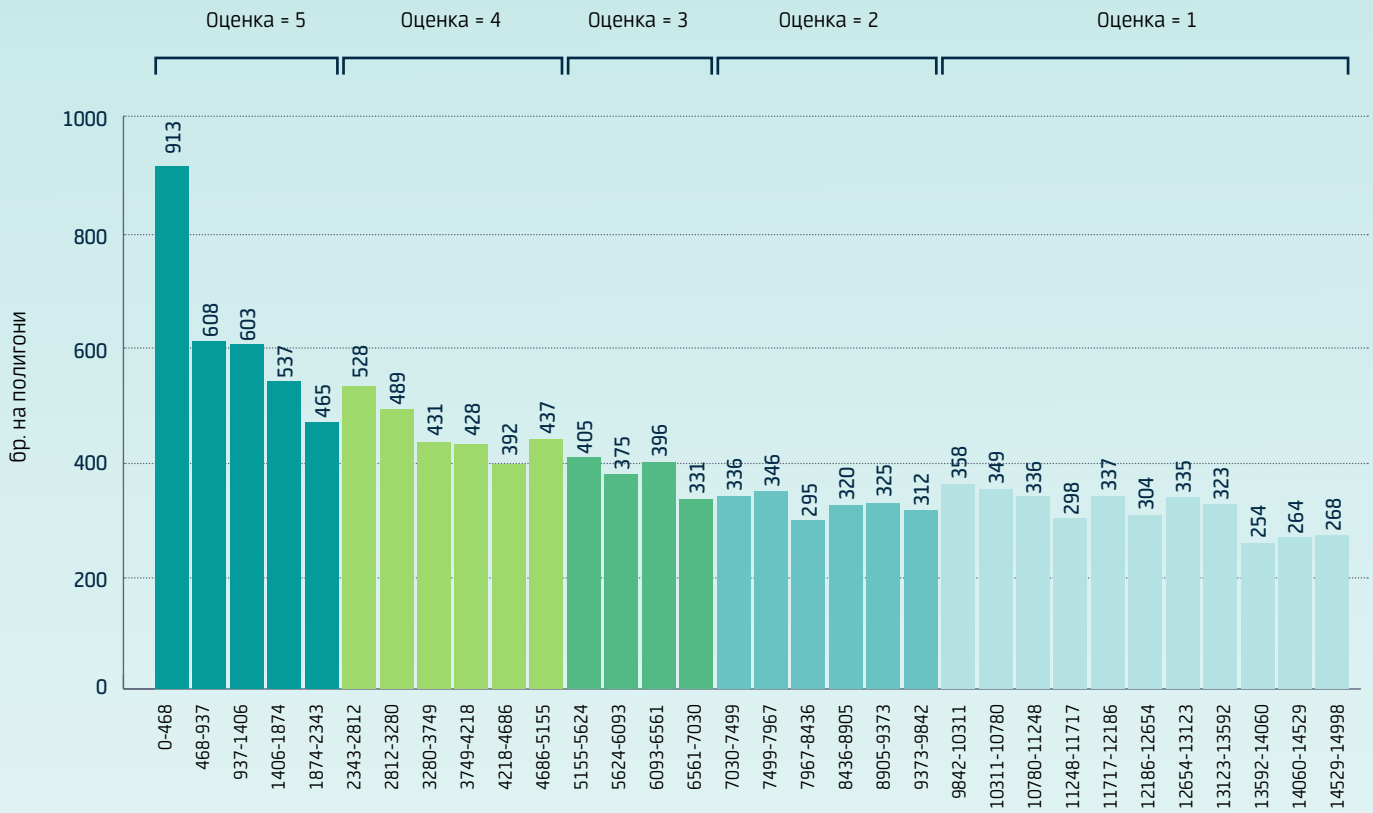
Слика 7: Распределба на растојанија до 110 kV преносна системска мрежа за ВЕ



Извор: (Анализа на експертски тим)

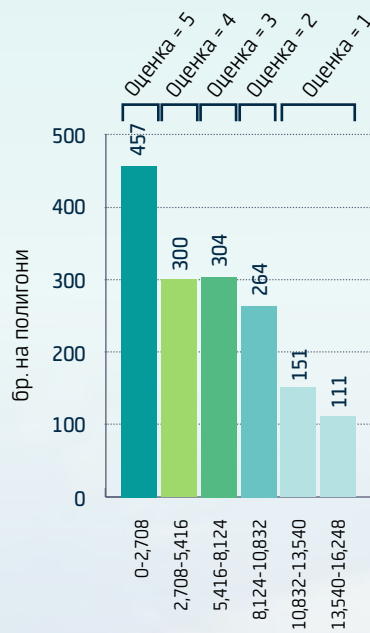
Слична ситуација може да се забележи и за распределбата на растојанија од полигоните на локациите до преносната мрежа од 400 kV (Слика 8). Поголема униформност е карактеристична за оваа дистрибуција, при што 45 проценти од сите полигони се наоѓаат на 5 km или помалку од 400 kV преносната мрежа на системот.

Слика 8: Распределба на растојанија до 400 kV преносна системска мрежа за ФН



Извор: (Анализа на експертски тим)

Слика 9: Распределба на растојанија до 400 kV преносна системска мрежа за ВЕ



Извор: (Анализа на експертски тим)

### 4.1.2.3 Близина до транспортна инфраструктура

Избраната локација за изградба на ветерна или фотонапонски електроцентрали треба да биде доволно блиску до постојната **транспортна инфраструктура**, која ќе биде потребна за транспорт на опрема и персонал за време на изградбата и во подоцнежните фази од работниот век на централата. Затоа, близината до транспортната инфраструктура се смета како еден од критериумите. Локациите кои имаат подобар пристап до патишта, со растојание од пат помало од 350 m, се сметаат за најпогодни и се оценети со пет. Растојанието од повеќе од 1,4 km се смета за најнесоодветно (бидејќи ќе биде потребна изградба на пат) и се оценува со оцена еден (Табела 5).

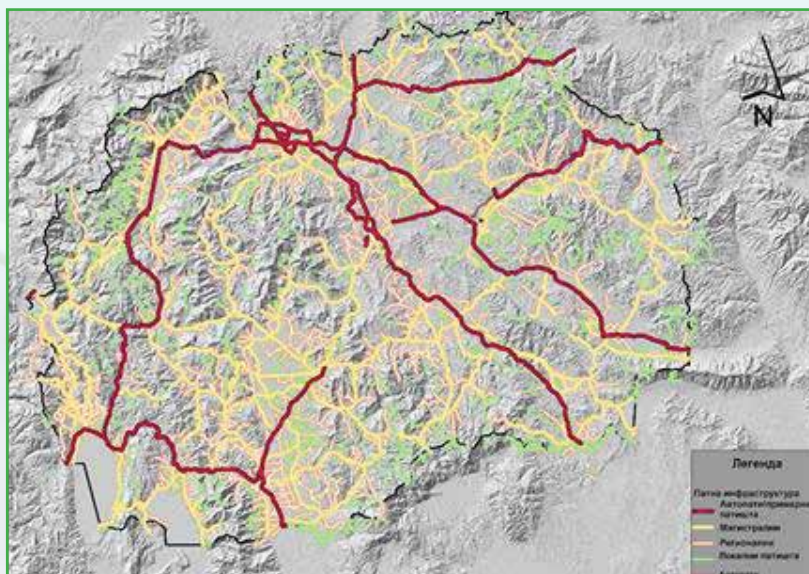
Табела 5:  
Близина до патна  
инфраструктура  
– оценки

Растојание до патот	Оценка
$x < 350 \text{ m}$	5
$350 \text{ m} < x < 700 \text{ m}$	4
$700 \text{ m} < x < 1,050 \text{ m}$	3
$1,050 \text{ m} < x < 1,400 \text{ m}$	2
$x > 1,400 \text{ m}$	1

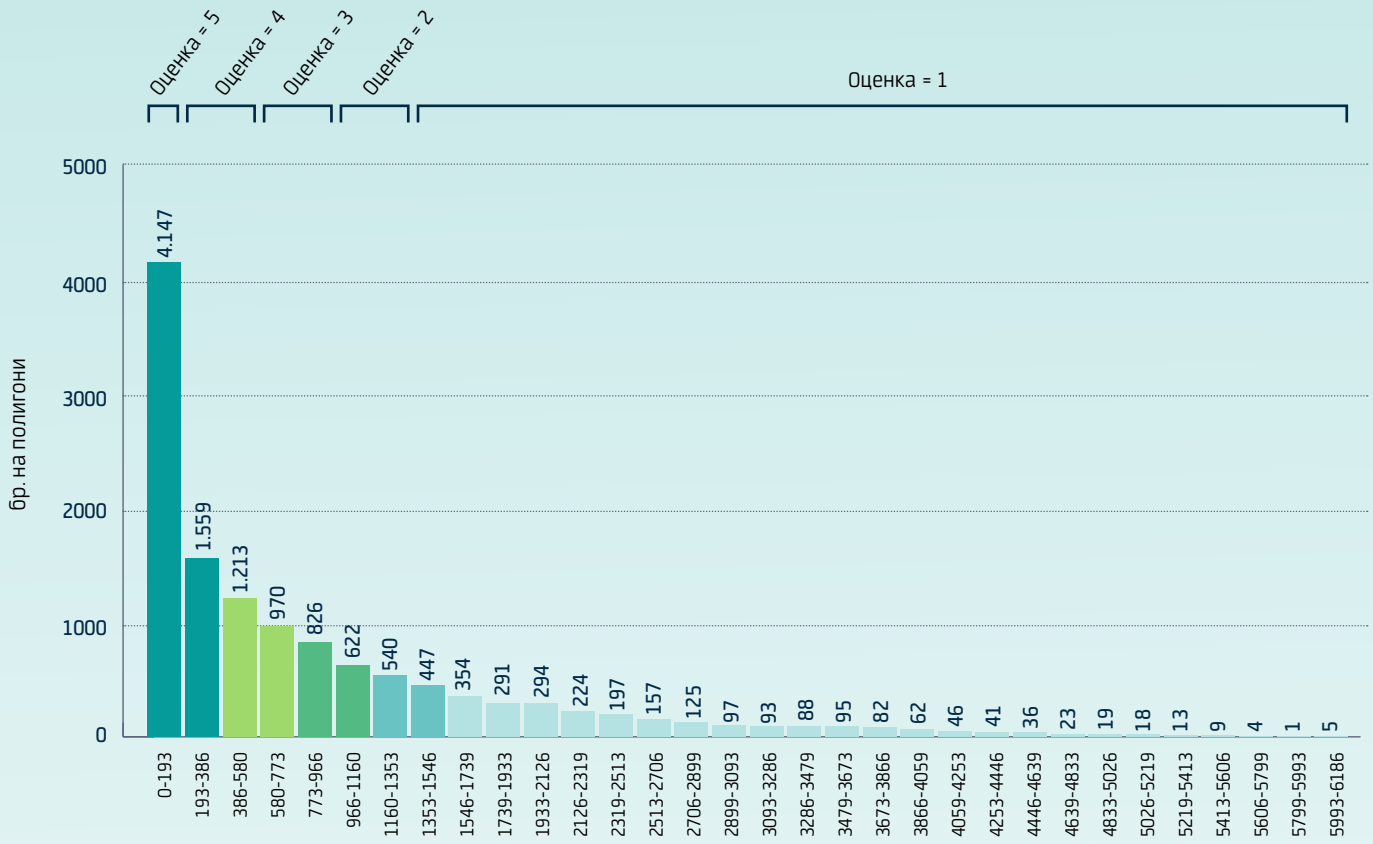
За спроведување на оваа анализа, користена е ГИС карта која ја содржи постојната патна инфраструктура во Северна Македонија (Слика 10). Дистрибуцијата на растојанија на секој анализиран полигон во однос на постојната патна инфраструктура за ФН е прикажана во Слика 11 и тоа за ВЕ во Слика 12. За двата типа на технологии за ОИЕ, може да се заклучи дека поголемиот дел од разгледуваните земјошни површини имаат соодветен патен пристап. Во случај на ФН, приближно 73 проценти од сите полигони се наоѓаат на максимум 1 km од најблискиот регистриран пат (Слика 11) и приближно 67 проценти од разгледуваните полигони се во радиус од 1 km од постоечки пат (Слика 12).

Слика 10: ГИС  
карта – патна  
инфраструктура на  
Република Северна  
Македонија

Извор: (Анализа  
на експертски  
тим и катастар на  
Република Северна  
Македонија)



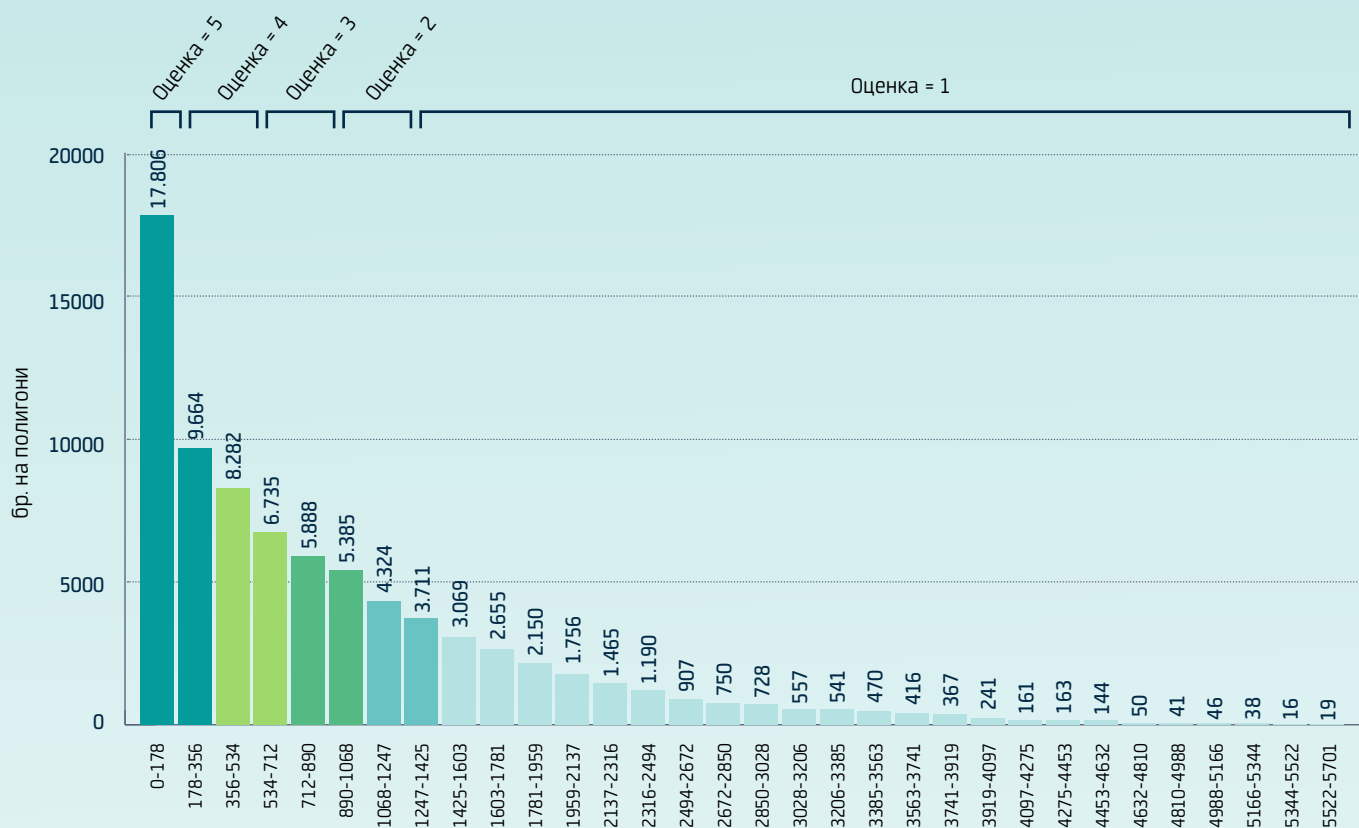
Слика 11: Распределба на растојанија на полигоните до системот на патната мрежа за ФН



Извор: (Анализа на експертски тим)



Слика 12: Распределба на растојанија на полигоните до системот на патната мрежа за ВЕ



Извор: (Анализа на експертски тим)

#### 4.1.2.4 Значајни подрачја за птици и значајни растителни подрачја

Врз основа на преклопувањето на една област со значајни подрачја за птици (Important Bird Area - IBA) и значајни растителни подрачја (Important Plant Area - IPA), како и со други важни области поврзани со заштитата на дивиот свет, секоја локација беше класифицирана како висок, среден или низок ризик. Врз основа на ова, беа утврдени соодветните оценки; локациите надвор од IBA/IPA добија пет поени, а локациите во рамките на IBA/IPA еден поен.

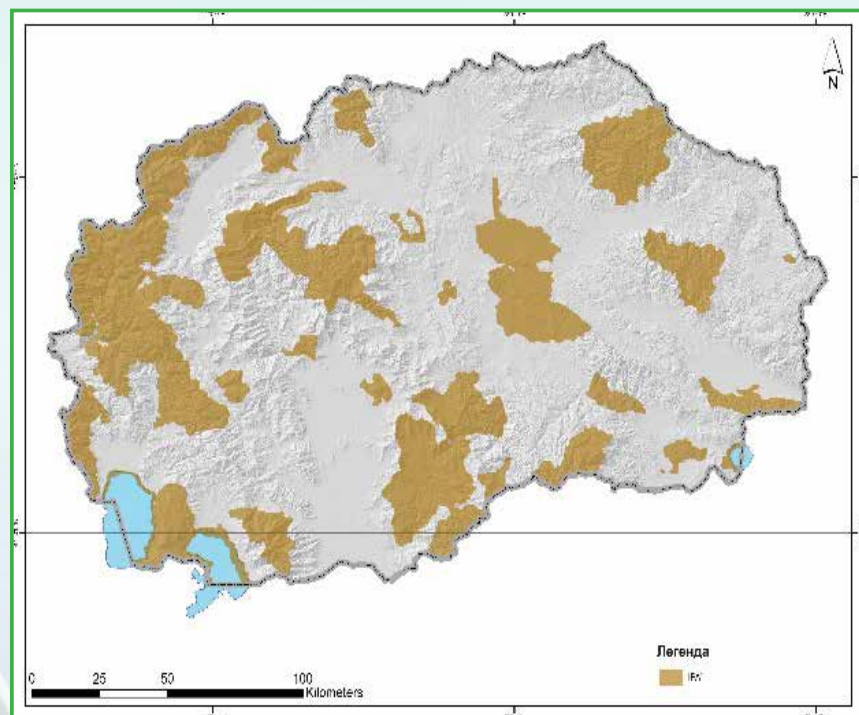
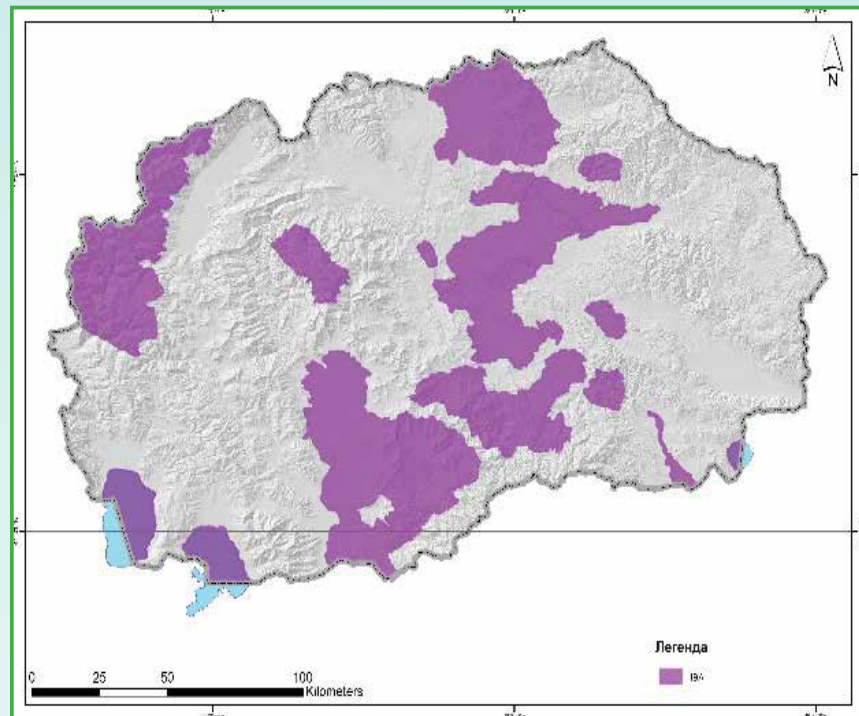
На Слика 13 како и во претходните случаи, за секоја од разгледаните технологии за ОИЕ (ФН и ВЕ), релативното растојание до заштитените подрачја беше независно испитувано. Дистрибуцијата на полигоните во однос на IBA и IPA за ФН е дадена во Слика 14 и Слика 15, соодветно. Од Слика 14, може да се забележи дека на целата територија на Република Северна Македонија, разгледуваното растојание на полигоните до IBA е релативно блиску, при што приближно 82 проценти од сите полигони се наоѓаат на 10 km од најблиската IBA и приближно 17 проценти од сите разгледувани полигони на 1 km од најблиската IBA. Ситуацијата е сосема поинаква кога се разгледуваат IPA,



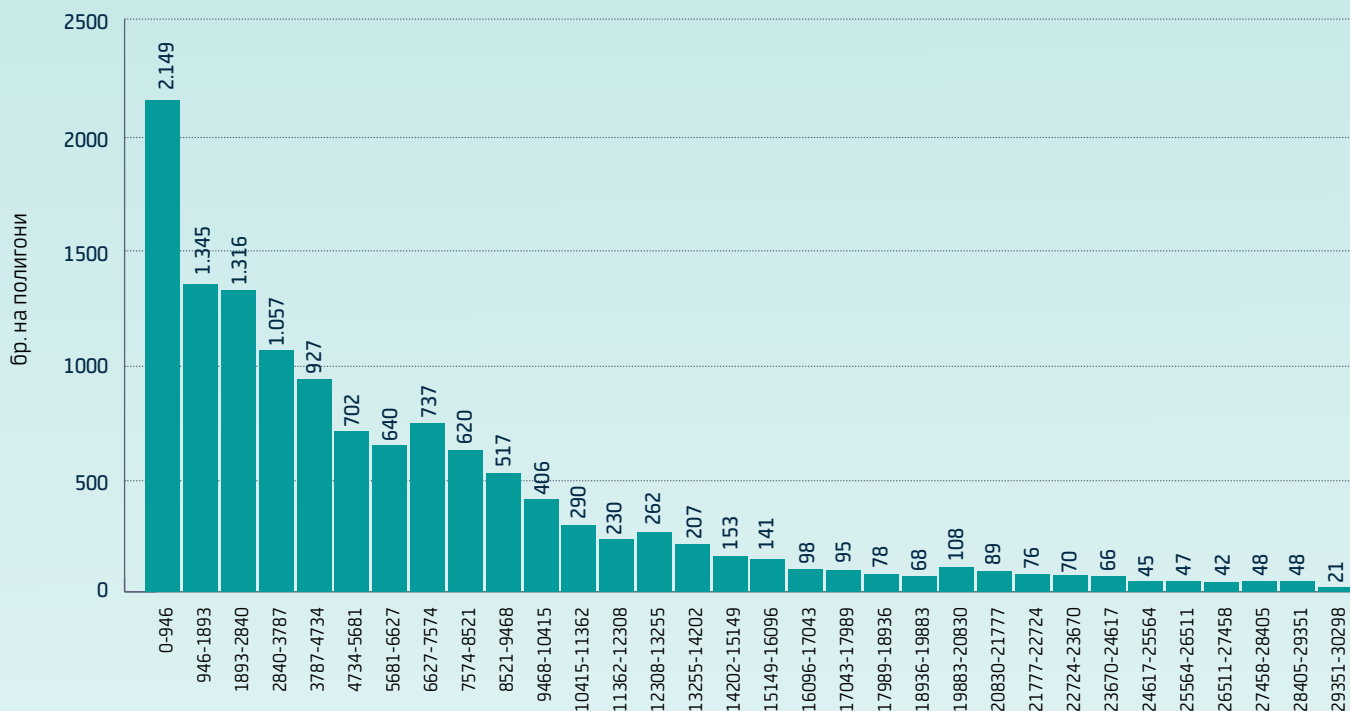
бидејќи областите како што се националните паркови и другите заштитени подрачја првично беа „дисквалификувани“, поголемиот дел од анализираниите полигони за изградба на ФН се во радиус од 10 километри од IPA. Во овој случај, приближно 89 отсто од сите полигони се наоѓаат во рамките на 10 км од најблиската IPA и помалку од 10 отсто од сите разгледувани полигони беа утврдени дека се на 1 км од најблиската IPA (Слика 15).

Слика 13: ГИС карти – области на ИВА (лево) и IPA области (десно)

Извор:  
(Анализа на  
експертски тим  
и Македонско  
еколошко  
друштво)

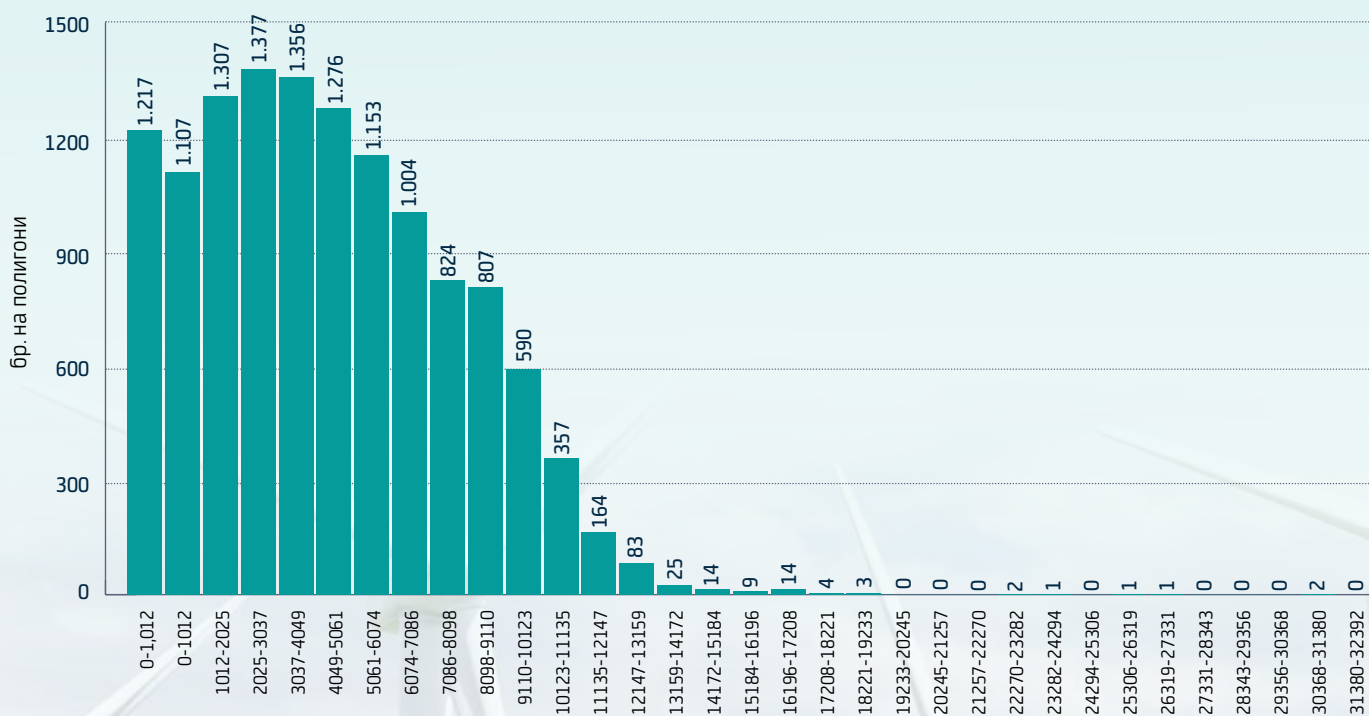


Слика 14: Распределба на растојанија до значајни подрачја за птици (ИВА) за ФН



Извор: (Анализа на експертски тим)

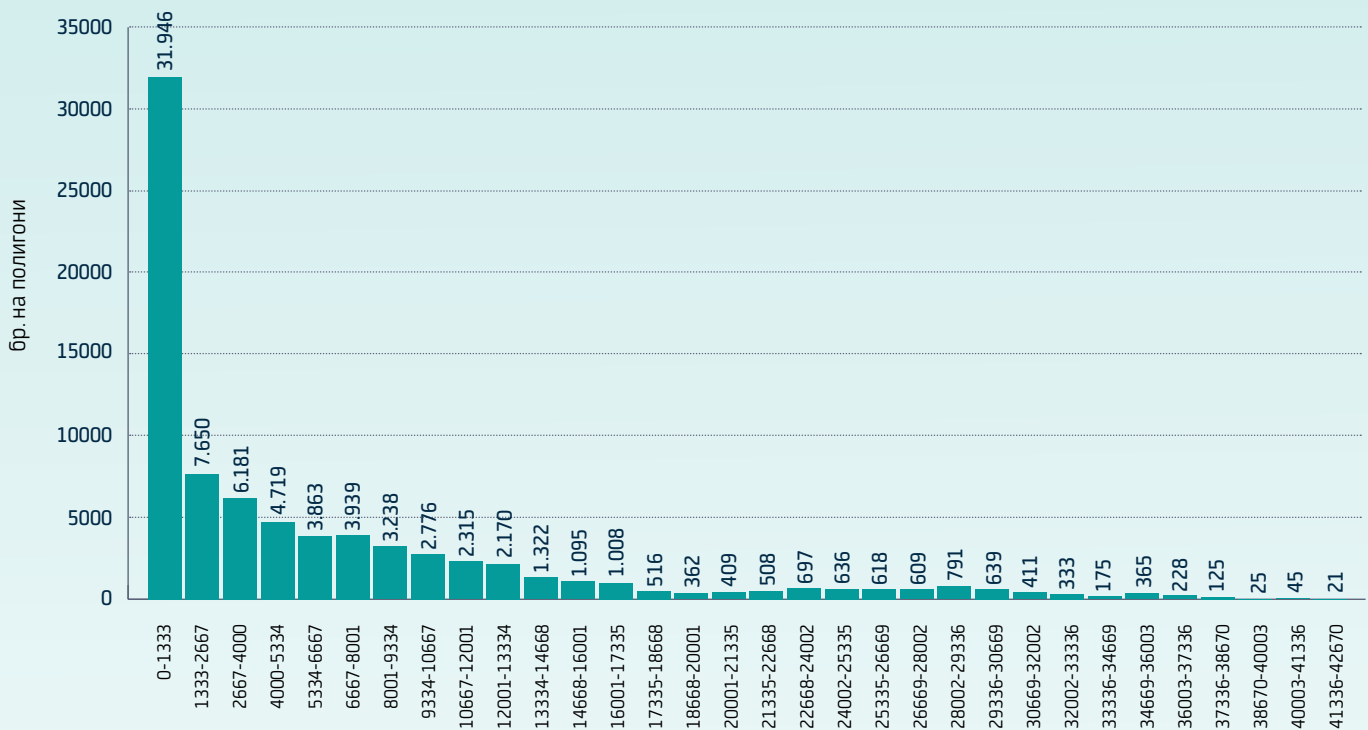
Слика 15: Распределба на растојанија до значајни растителни подрачја (ИРА) за ФН



Извор: (Анализа на експертски тим)

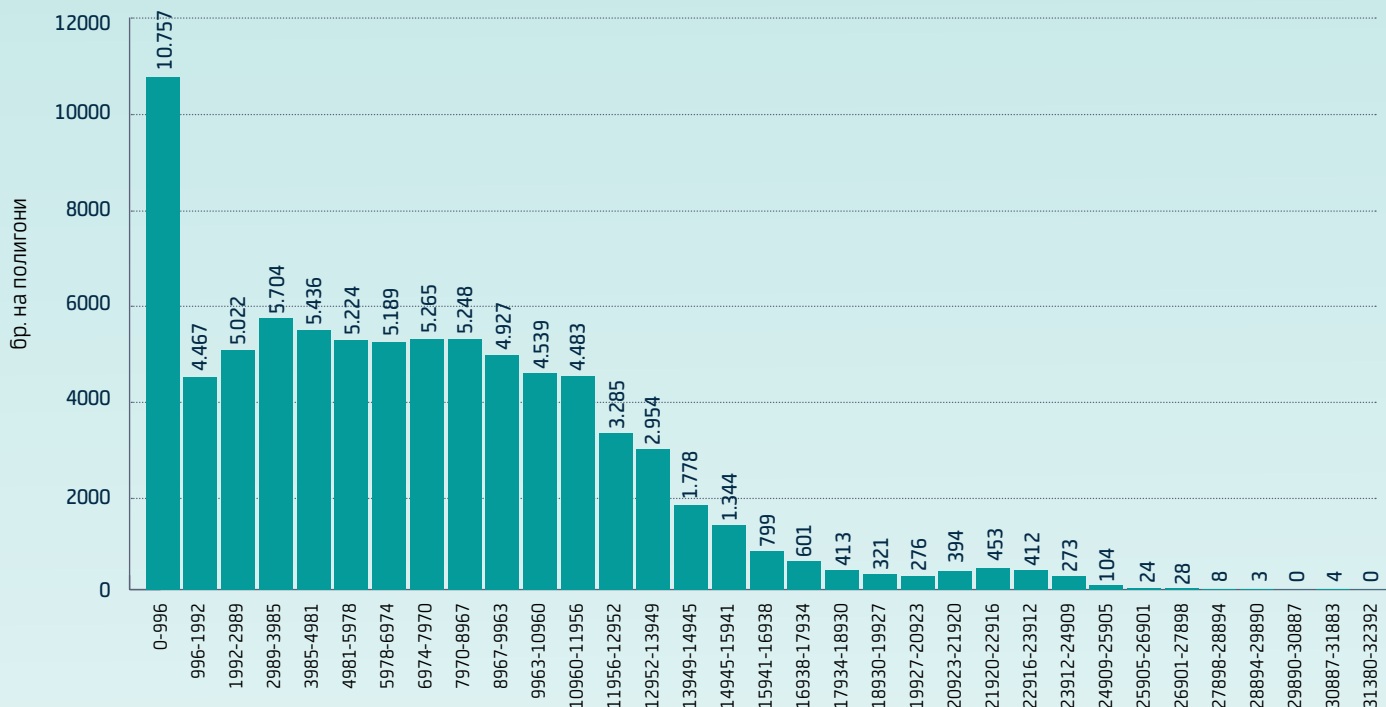
Распределбата на растојанија на полигоните кои се земаат предвид за изградба на ВЕ е прикажана на Слика 16 за ИВА и Слика 17 за ИРА. Како што беше случајот со полигоните кои беа земени предвид за изградба на ФН, слична ситуација може да се забележи на Слика 16 и Слика 17. Имено, приближно 80 проценти од разгледуваните полигони се во радиус од 10 km или помалку од ИВА, но половина од тие (приближно 40 проценти) од разгледуваните полигони се во радиус од 1,3 km од ИВА. Од друга страна, приближно 77 проценти од разгледуваните полигони се во радиус од 10 km од ИРА, но само приближно 14 проценти од разгледуваните полигони се во радиус од 1 km од ИРА.

Слика 16: Распределба на растојанија до значајни подрачја за птици (ИВА) за ВЕ



Извор: (Анализа на експертски тим)

Слика 17: Распределба на растојанија до значајни растителни подрачја (IPA) за ВЕ



Извор: (Анализа на експертски тим)

#### 4.1.2.5 Социјална компонента

Друг важен аспект што треба да се земе предвид е социјалниот аспект. Во таа насока, се проценува расположливата работна сила (невработени лица) која може да се ангажира да работи на нова инвестиција на дадена локација. Во оваа анализа беше земена предвид расположливата работна сила по глава на жител (т.е. бројот на невработени лица по глава на жител) и податоците беа базирани на бројот на невработени лица во најблиската општина, кои беа добиени од Државниот завод за статистика и Државната агенција за вработување.<sup>17</sup> Оценките и соодветните интервални вредности дадени на секој разгледуван полигон се дадени во Табела 6. На Слика 18 е прикажана ГИС карта за статистика на невработена работна сила врз основа на регионалните одделенија при Државната агенција за вработување.

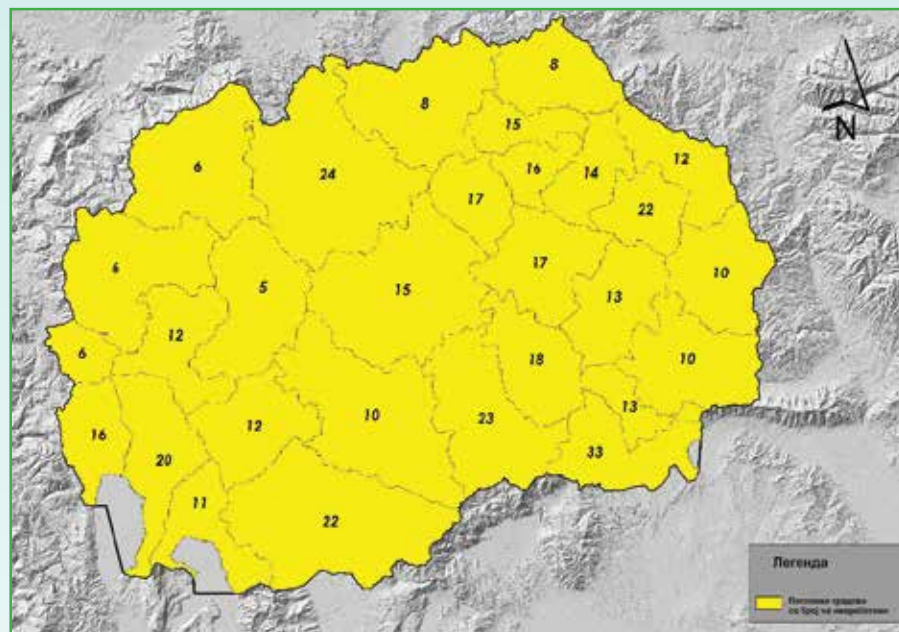
<sup>17</sup> [https://av.gov.mk/content/Statisticki\\_podatoci/Април\\_2023/P1\\_gradselo042023.pdf](https://av.gov.mk/content/Statisticki_podatoci/Април_2023/P1_gradselo042023.pdf)

Табела 6:  
Критериуми за  
расположлива  
работна сила и  
соодветни оценки

Расположлива работна сила (број на невработени по жител)	Оценка
0.13<	5
0.09 - 0.13	4
0.07 - 0.09	3
0.05 - 0.07	2
0.03 - 0.05	1

Слика 18:  
Статистика на  
невработената  
работна сила

Извор:  
(Анализа на  
експертски  
тим и Државна  
агенција за  
вработување)



#### 4.1.2.6 Близина до урбани и рурални населби

**Близината на локацијата до урбаните и руралните области** е уште еден фактор што беше земен предвид при утврдувањето на неговата соодветност како локација за развој на ОИЕ. Доколку растојанието помеѓу локацијата на електроцентралата од ОИЕ и станбените зони е преголемо, тогаш трошоците за снабдување на жителите со електрична енергија од оваа централа се зголемуваат сразмерно на растојанието. Дополнително, транспортот на работници до и од работното место/ електроцентралата, исто така, може да влијае на вкупните трошоци на проектот. Во спроведените анализи, кои ја проценуваа соодветноста на земените површини за изградба на ВЕ, локациите што беа на помалку од 1 km од урбаните населби не беа земени предвид поради придонесот на ВЕ во

загадувањето со бучава. Во оваа анализа, близината до урбаните и руралните населби се третира како два посебни критериуми кои не се меѓусебно поврзани. Во зависност од видот на подрачјето (урбано или рурално), локациите добиваат различни оценки врз основа на нивната близина до соодветната област. Соодветни оценки за урбано подрачје се прикажани на Табела 7, соодветните оценки за руралните области се прикажани во Табела 8. Дистрибуцијата на разгледуваните полигони за секоја од соодветните технологии за ОИЕ разгледани во оваа анализа е дадена подолу.

Табела 7:  
Близина до  
урбано подрачје

Урбани населби	Оценка
$x < 2 \text{ km}^*$	5
$2 \text{ km} \leq x < 8 \text{ km}$	4
$8 \text{ km} \leq x < 14 \text{ km}$	3
$14 \text{ km} \leq x < 20 \text{ km}$	2
$x \geq 20 \text{ km}$	1

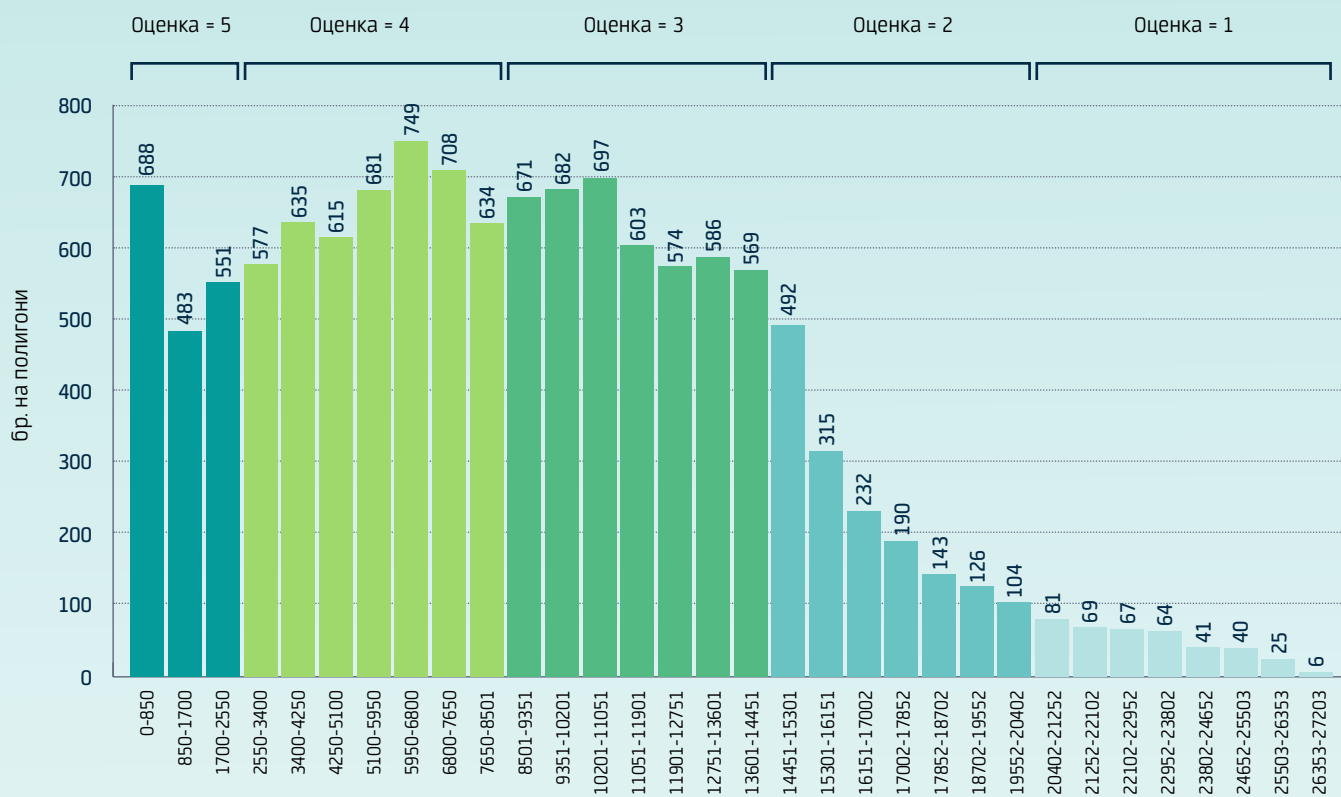
\*Локации за ветер што се поблиску од 1 km до населени места се исклучени за да се земе предвид загадувањето со бучава.

Табела 8:  
Близина до  
рурално подрачје

Рурални населби	Оценка
$x < 500 \text{ m}$	5
$500 \text{ m} \leq x < 2.7 \text{ km}$	4
$2.7 \text{ km} \leq x < 4.8 \text{ km}$	3
$4.8 \text{ km} \leq x < 7 \text{ km}$	2
$x \geq 7 \text{ km}$	1

Слика 19 ја прикажува распределбата на растојанија на разгледуваните полигони за градење на ФН во однос на урбаните области. Приближно 90 проценти од разгледуваните полигони се концентрирани во радиус од 16 km од урбаните области на земјата. Слика 20 ја прикажува распределбата на растојанија на полигоните во однос на руралните области. Приближно 80 проценти од сите полигони се наоѓаат на 2 km од руралните области.

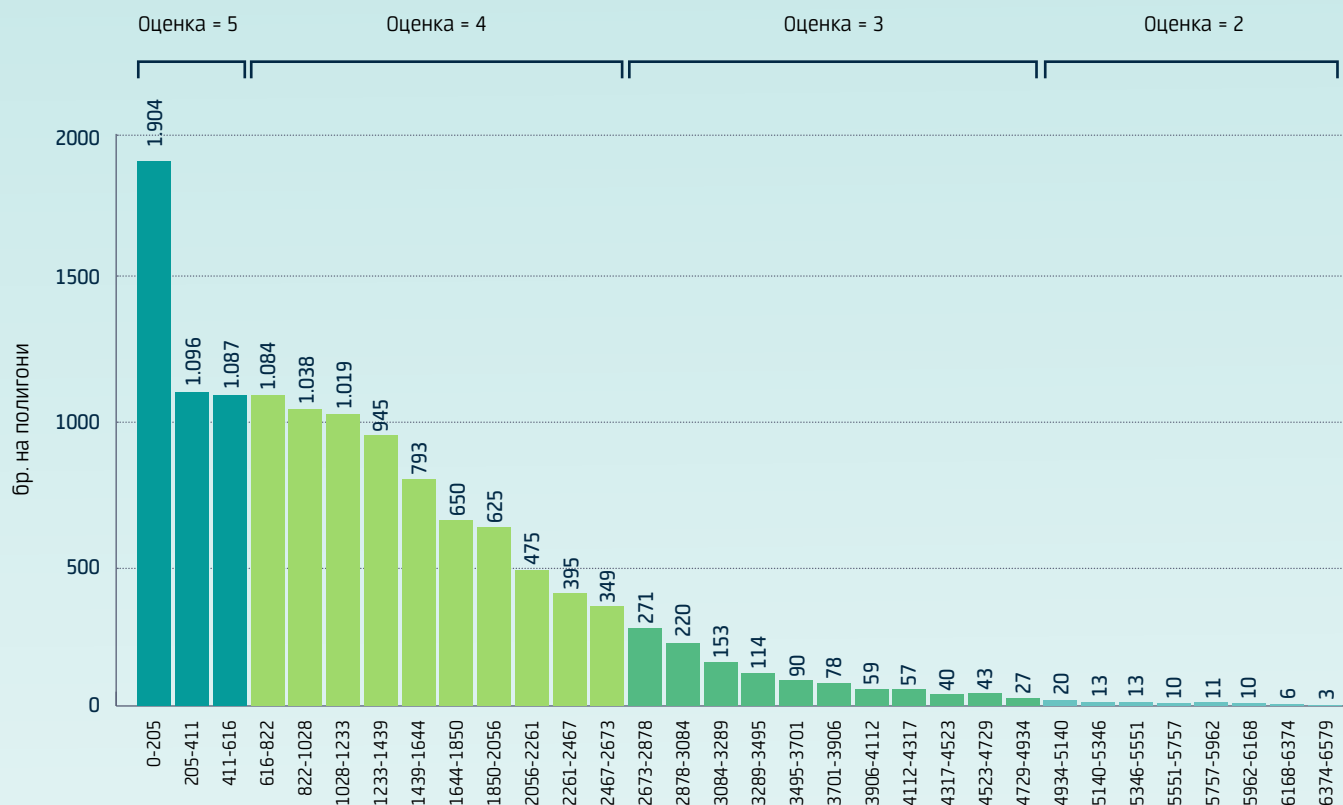
Слика 19: Распределба на растојанија до урбани области за ФН



Извор: (Анализа на експертски тим)



Слика 20: Распределба на растојанија до руралните области за ФН

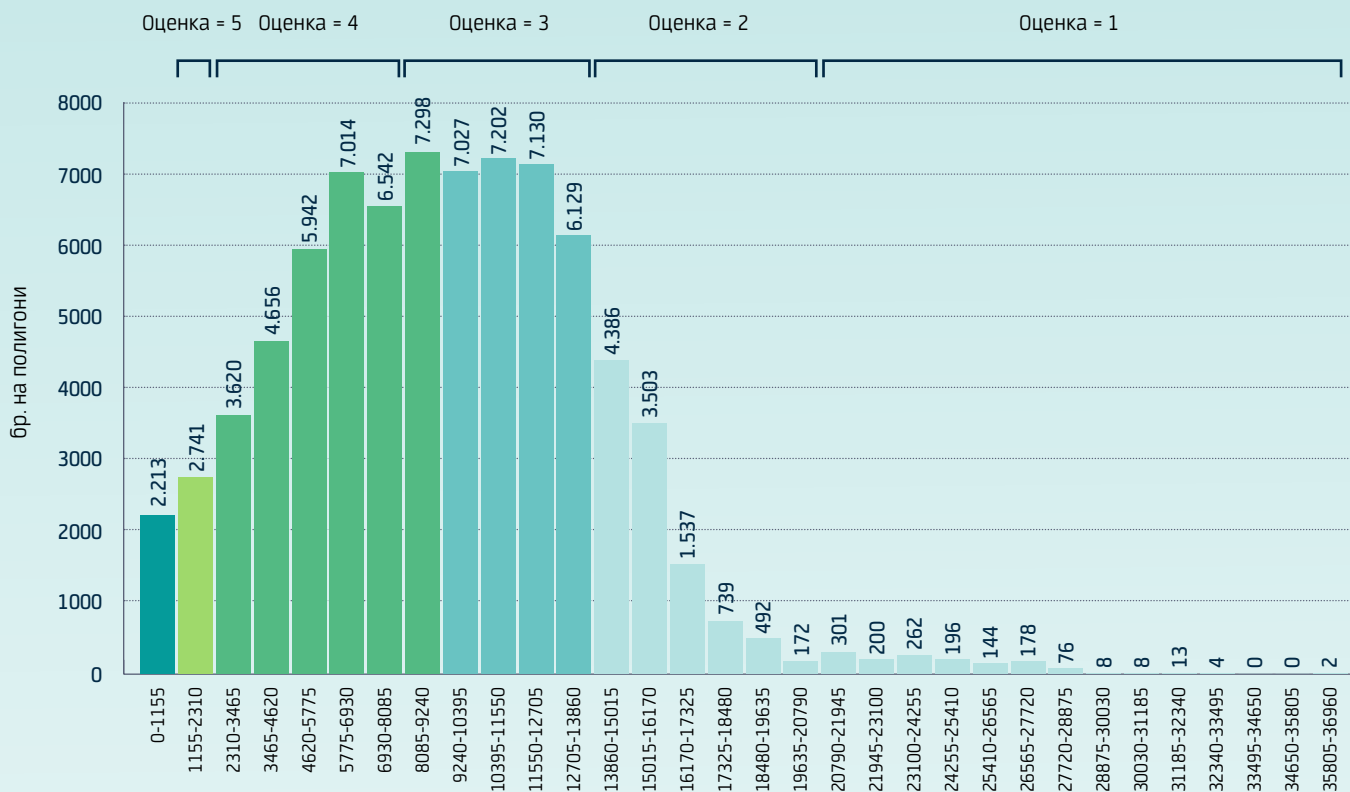


Извор: (Анализа на експертски тим)

На Слика 21 и Слика 22 се прикажани распределби за полигоните земени во предвид за ВЕ анализата. Приближно 94 отсто од разгледуваните полигонони се наоѓаат на 16 километри или помалку од урбаните области, со 41 отсто од сите полигонони во радиус од 8 километри. Што се однесува до руралните области, приближно 87 проценти од разгледуваните полигонони се во радиус од 2,7 km од руралните области.

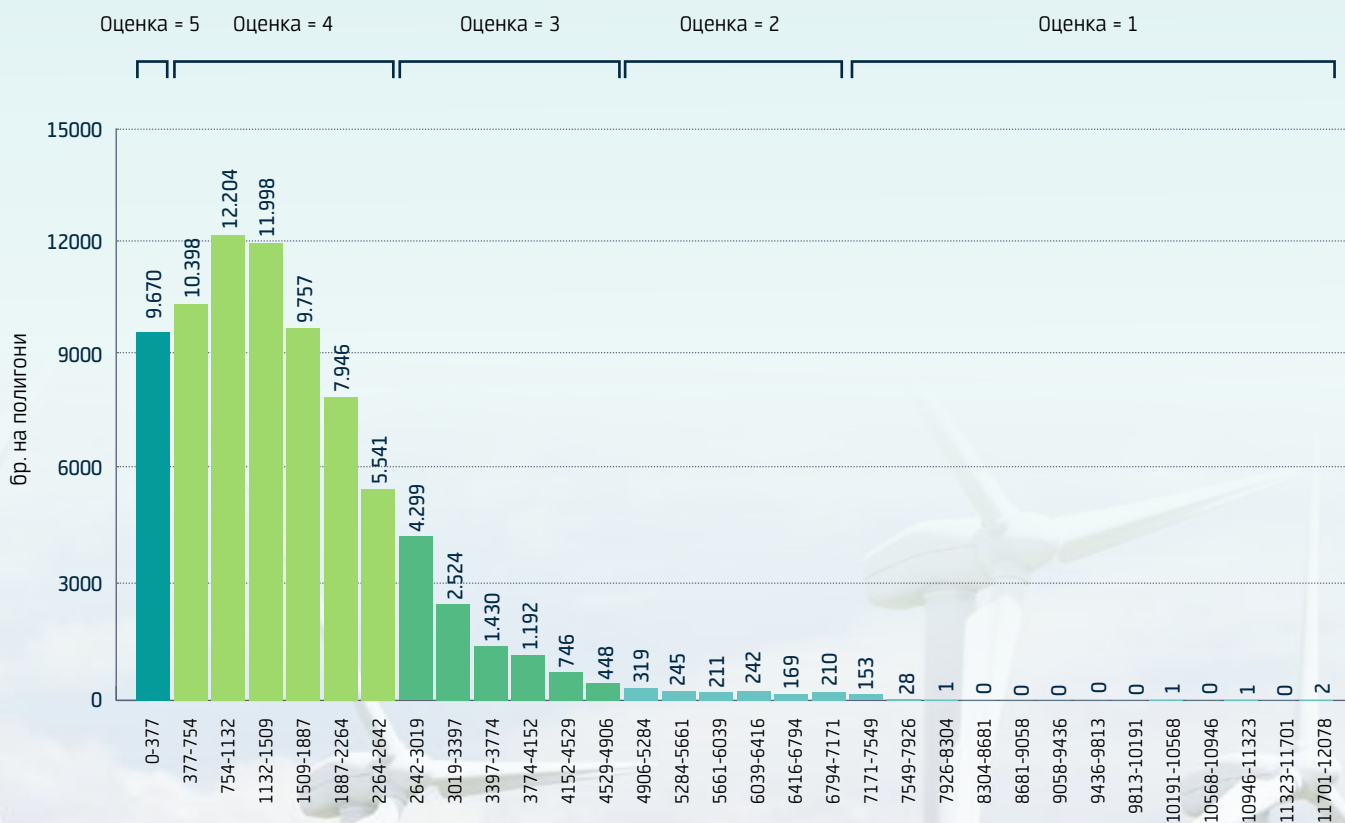


Слика 21: Распределба на растојанија до урбани области за ВЕ



Извор: (Анализа на експертски тим)

Слика 22: Близина до водени површини



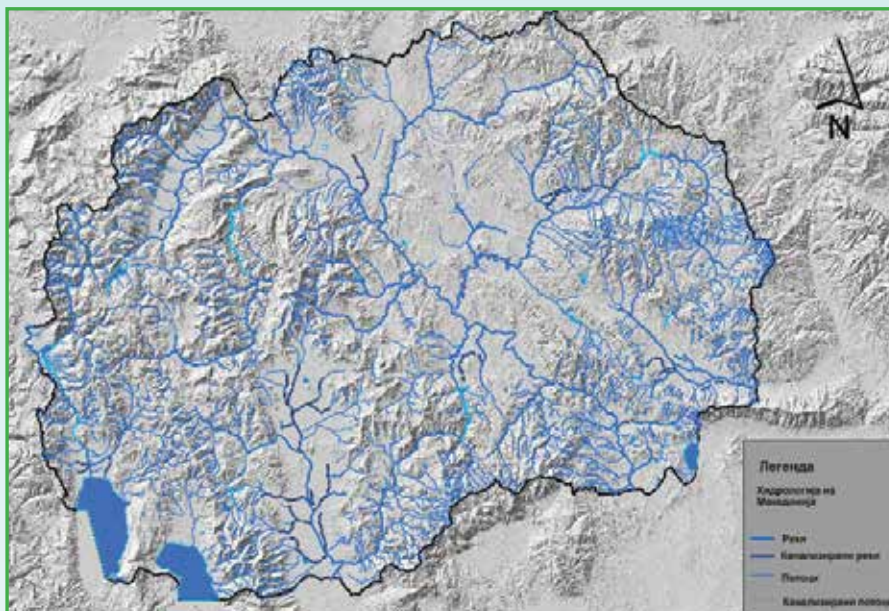
Извор: (Анализа на експертски тим)

#### 4.1.2.7 Близина до водени површини

Според Законот за води, за електроцентрала нема законска обврска да се изработи хидролошка студија доколку е оддалечена најмалку 50 m од река или езеро. Овој фактор се користи и за проценка на локациите кои ќе обезбедат еколошка безбедност, а во исто време ќе обезбедат економски повољно производство на електрична енергија. Ако растојанието е поблиску од 50 m, тогаш треба да се изработи хидролошка студија. Локациите што се на помалку од 50 m од езеро или река се оценуваат со еден, а локациите на повеќе од 50 m од езеро или река се оценуваат со пет. Слика 23 ја прикажува хидрографска ГИС карта на речниот систем во Република Северна Македонија.

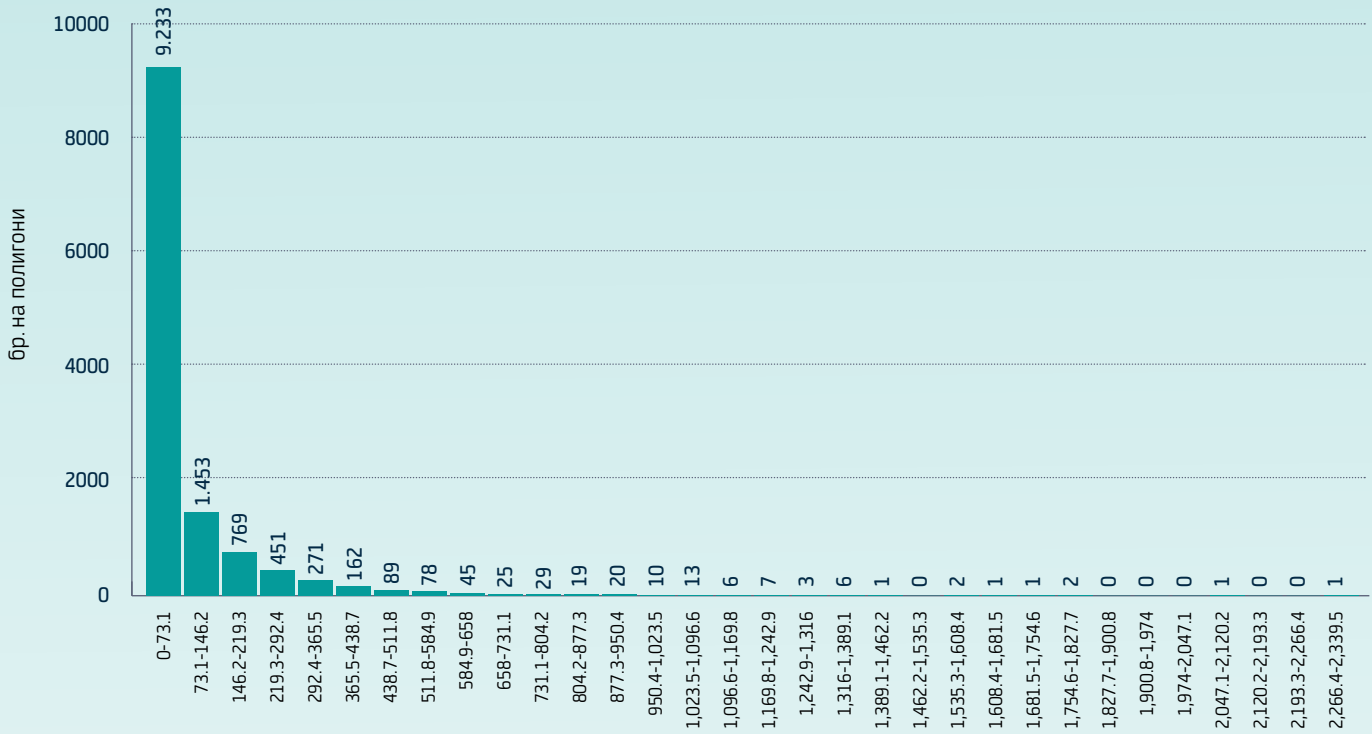
Слика 23:  
ГИС карта -  
речен систем  
во Република  
Северна  
Македонија

Извор:  
(Анализа на  
експертски тим  
и Национален  
катастар)



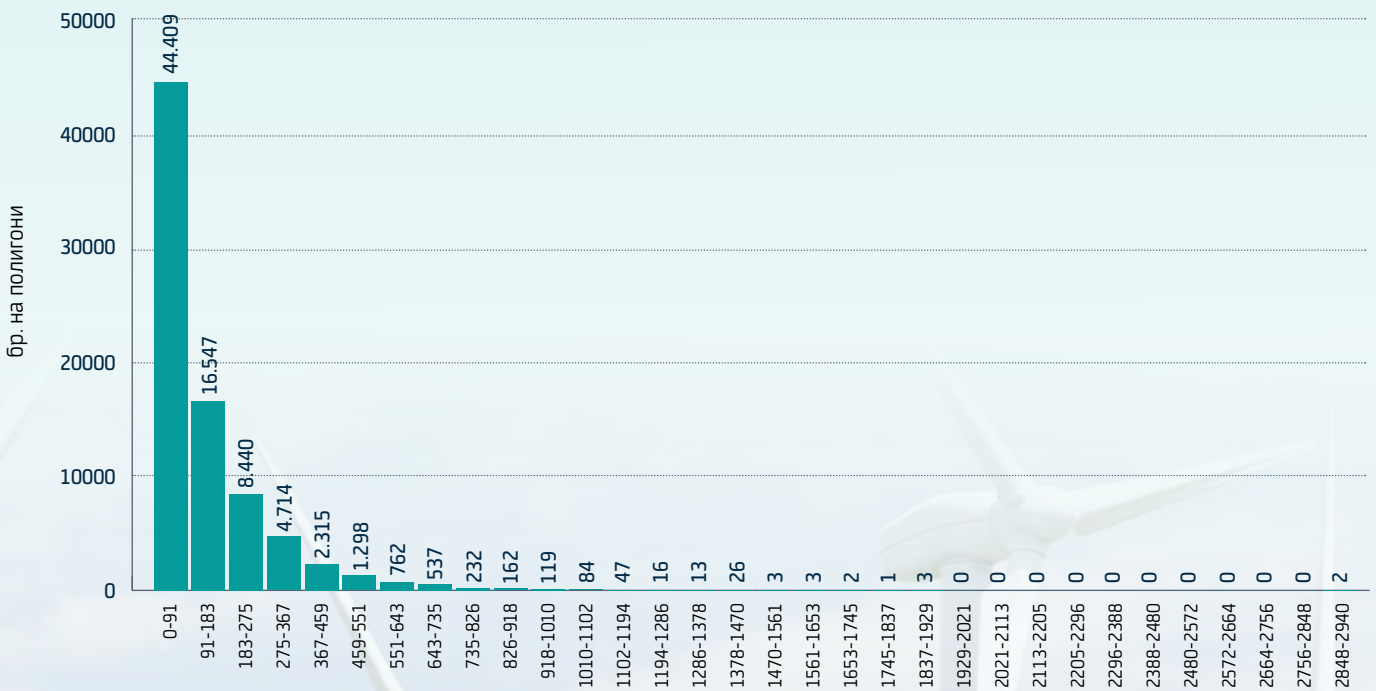
Распределбата на растојанија на полигоните земени во анализата за градење на ФН и ВЕ во однос на водните површини на територијата на Северна Македонија е прикажана во Слика 24 за ФН и Слика 25 за ВЕ. Од двете слики, може да се забележи дека поголемиот дел од полигоните се во непосредна близина на водни тела. Во случајот на полигоните кои се разгледуваат за изградба на ФН, се проценува дека приближно 72 проценти од сите полигони се наоѓаат на 73 m од речниот систем во Република Северна Македонија (Слика 24). Дополнително, приближно 76 проценти од разгледуваните полигони за ВЕ се 200 m или помалку од речниот систем во земјата (Слика 25).

Слика 24: Распределба на растојанија до водни површини за ФН



Извор: (Анализа на експертски тим)

Слика 25: Распределба на растојанија до водни површини за ВЕ



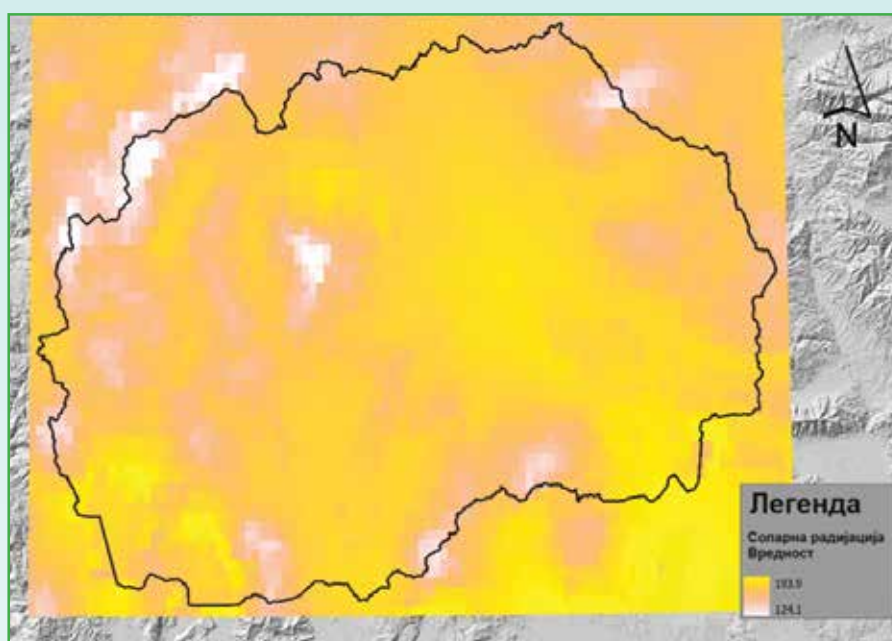
Извор: (Анализа на експертски тим)

#### 4.1.2.8 Метеоролошки параметри

За избор на најдобра локација за изградба на ФН, сончевото зрачење е секако еден од клучните параметри. Бројот на сончеви часови е директно поврзан со количината на енергија добиена од сонцето; затоа за секоја локација се пресметува просечното годишно сончево зрачење во вати по квадратен метар ( $W/m^2$ ). Податоците за сончевото зрачење беа добиени од Сателитската апликација на ЕУ за следење на климата<sup>18</sup> (CM SAF). Резолуцијата на добиените податоци е 200 x 200 m. Соодветната ГИС карта е прикажана на Слика 26.

Слика 26:  
Просечно годишно  
сончево зрачење  
во Северна  
Македонија

Извор:  
(Анализа на  
експертски тим  
и EUMETSAT - CM  
SAF)



Како и за другите критериуми, така и поволноста на метеоролошките параметри беше оценета од 1 до 5. Локацијата која има највисока просечна вредност за сончево зрачење добива 5 поени, а локацијата со најниска просечна вредност за сончево зрачење добива оценка 1. Во овој случај е искористена линеарна интерполација помеѓу минималното и максималното сончево зрачење за да се доделат оценки за сончевото зрачење на другите локации. Вредностите на интервалот што одговараат на секоја од оценките се дадени Табела 9.

<sup>18</sup> [https://joint-research-centre.ec.europa.eu/photovoltaic-geographical-information-system-pvgis/pvgis-data-download/cm-saf-solar-radiation\\_en](https://joint-research-centre.ec.europa.eu/photovoltaic-geographical-information-system-pvgis/pvgis-data-download/cm-saf-solar-radiation_en)

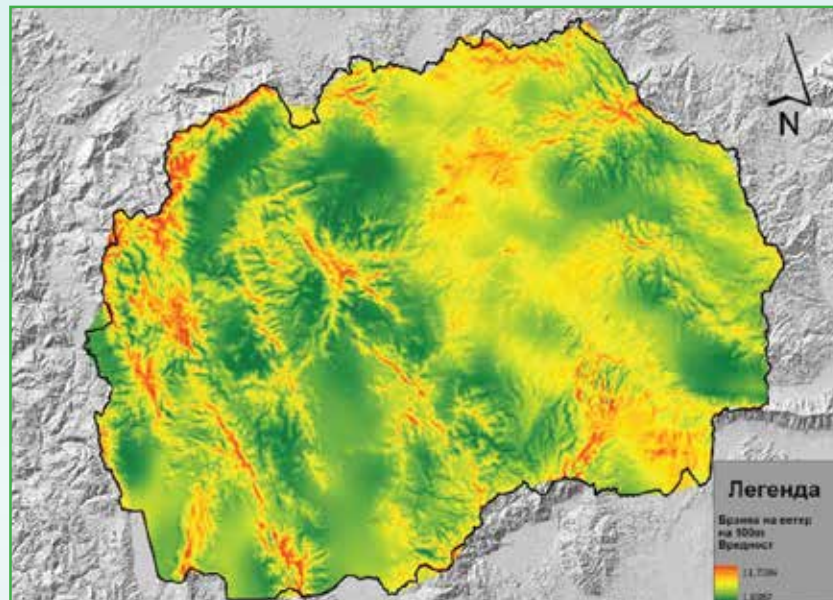
Табела 9:  
Просечно  
годишно сончево  
зрачење  
во Северна  
Македонија и  
соодветните  
оценки

Сончево зрачење (/m2)	Оценка
< 138	1
138 - 152	2
152 - 166	3
166 - 180	4
180 - 194	5

Според тоа, просечната годишна брзина на ветерот се користи за да се избере најсоодветната локација за изградба на ВЕ. Тоа е затоа што електричната енергија произведена во ВЕ е пропорционална со брзината на ветерот на таа локација. Затоа, за секоја локација треба да се процени просечната годишна брзина на ветерот. Податоците за профилот на ветерот (т.е. просечната годишна дистрибуција на брзината на ветерот низ земјата) се добиени од Глобалниот атлас на ветерот.<sup>19</sup> Резолуцијата на податоците е 200 x 300 m, а брзината на ветерот се мери на височина од 100 m над земјата. Дистрибуцијата на просечната брзина на ветерот за Северна Македонија е мапирана на Слика 27.

Слика 27:  
ГИС карта -  
профил на ветер  
за Северна  
Македонија

Извор:  
(Анализа на  
експертски тим  
и Global Wind  
Atlas 3.0)



Врз основа на ова, на локацијата со најголема просечна брзина на ветерот се доделува оценка 5, а на локацијата со најмала просечна брзина на ветерот се доделува оценка еден. Дополнително, на сите

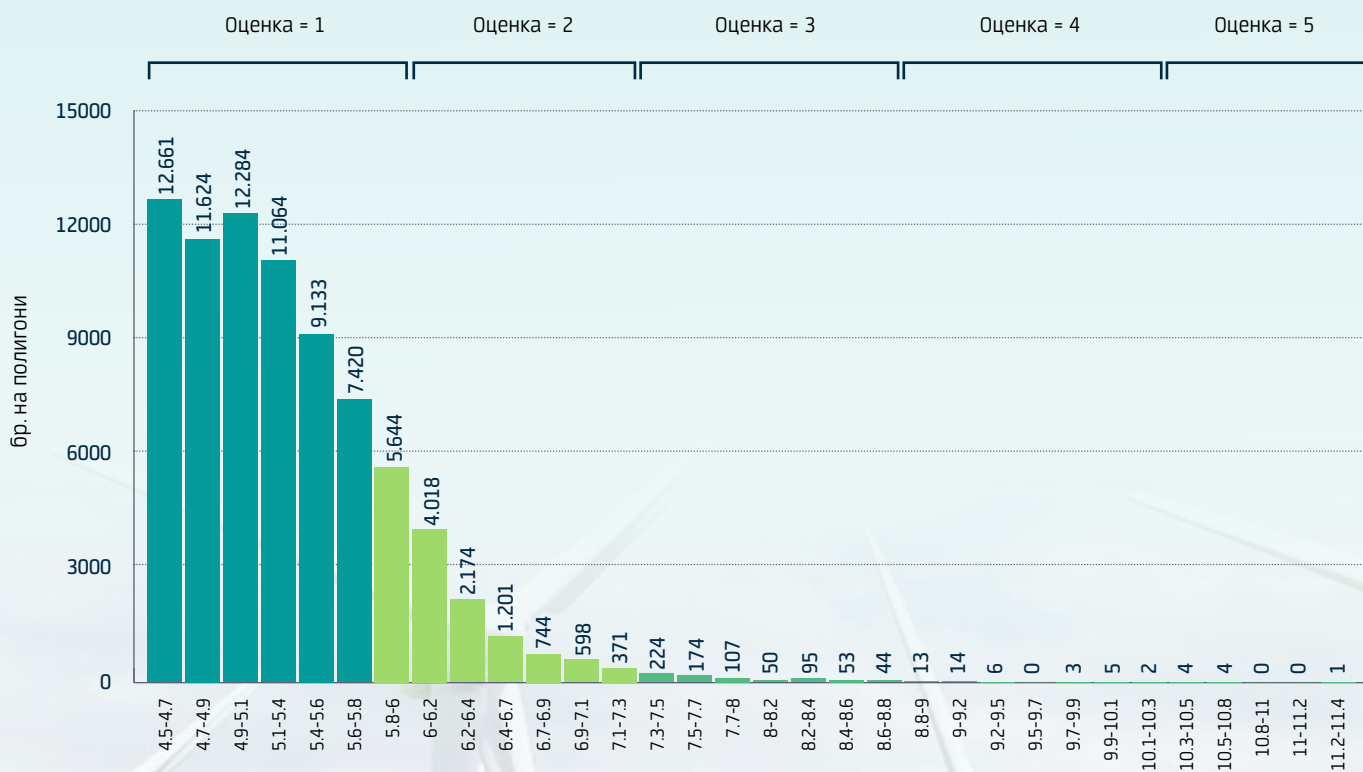
<sup>19</sup> Податоците се добиени од Global Wind Atlas 3.0, бесплатна веб-базирана апликација развиена, и управувана од Техничкиот универзитет во Данска (DTU). Глобалниот атлас на ветерот 3.0 е објавен во партнерство со Групацијата на Светска банка, користејќи податоци обезбедени од Vortex и финансирани од Програмата за помош за управување со енергетскиот сектор (ESMAP). За дополнителни информации: <https://globalwindatlas.info>.

локации кои имаат забележано просечна годишна брзина на ветер под  $4,5 \text{ ms}^{-1}$  им се доделуваат 0 поени, односно се исклучени од понатамошна анализа. За да се бодуваат другите локации во разгледуваниот опсег, се користи линеарна интерполација помеѓу точките доделени за минималната и максималната брзина на ветерот. Еквивалентните оценки и нивните соодветни интервали на брзината на ветерот се дадени во Табела 10. Дополнително, распределбата на разгледуваните полигони за изградба на ВЕ и соодветните брзини на ветерот во разгледуваните области се прикажани на Слика 28. Во приближно 87 проценти од разгледуваните полигони, просечната брзина на ветерот е помала или еднаква на  $6 \text{ ms}^{-1}$ .

Табела 10:  
Просечни  
годишни  
интервали  
на брзината  
на ветерот и  
соодветните  
оценки

Брзина на ветерот (m/s)	Оценка
$4.5 \leq x < 5.94$	1
$5.94 \leq x < 7.38$	2
$7.38 \leq x < 8.82$	3
$8.82 \leq x < 10.26$	4
$10.26 \leq x \leq 11.70$	5

Слика 28: Распределба на полигоните нацртани во однос на брзината на ветерот на локациите



Извор: (Анализа на експертски тим)

### 4.1.2.9 Вид на земјиште

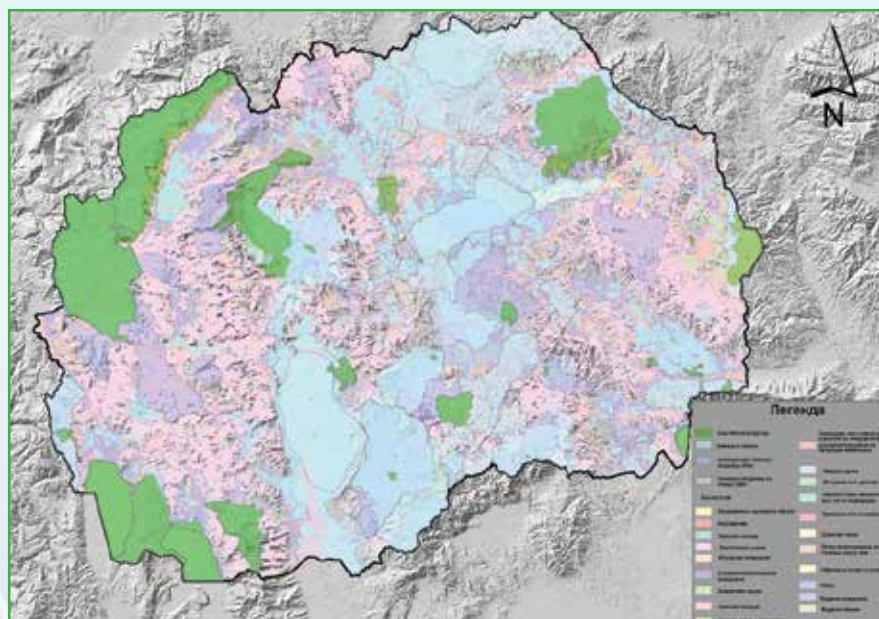
Видот на земјиштето е исто така многу важен критериум, бидејќи ги зема предвид еколошките аспекти поврзани со изградбата на ОИЕ. На пример, локација со многу добри метеоролошки услови за производство на електрична енергија треба да има помал приоритет доколку е на земјоделско земјиште. Затоа, се користи категоризација на земјиштето како што е дефинирано со националниот катастар и за секој тип на земјиште е дадена соодветна оценка, како што е прикажано во Табела 11. Обработливото земјиште, шумите, подрачјата со биодиверзитет и заштитеното земјиште (националните паркови) беа целосно исклучени од анализата. Слика 29 прикажува ГИС карта на сите екосистеми (обработливи површини, шуми и сл.) кои не биле вклучени во анализата. Слика 30 прикажува ГИС карта каде што IPA и ИВА се претставени заедно со Емералд и други заштитени подрачја на територијата на Северна Македонија.

Табела 11:  
Вид на површина  
и соодветни  
оценки

Тип на област	Оценка
Области со ретко вегетација	5
Места за екстракција на минерали и индустриски области	4
Преодна шумска грмушка	3
Пасишта	2

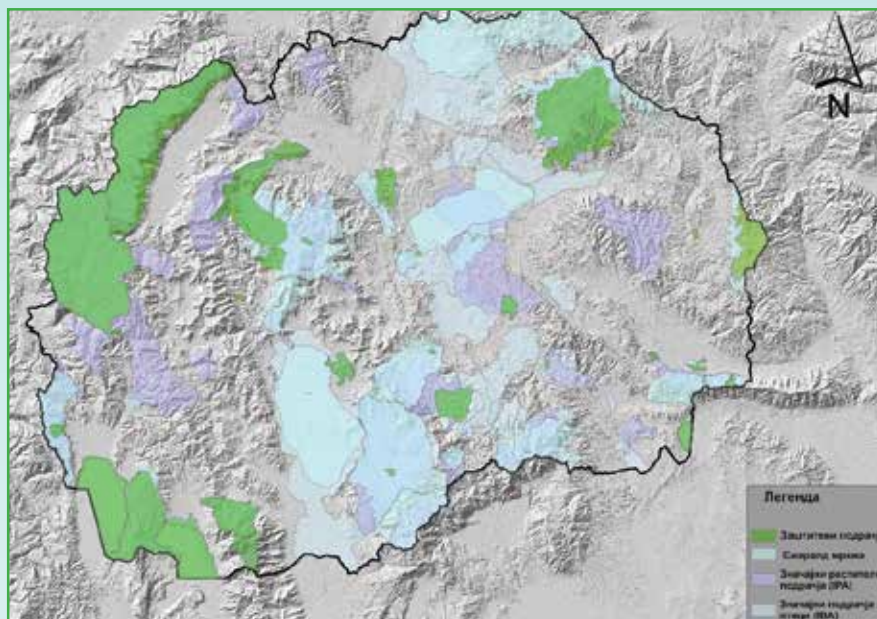
Слика 29:  
ГИС карта -  
сите заштитени  
подрачја и  
биодиверзитет  
во Република  
Северна  
Македонија

Извор:  
(Анализа на  
експертски тим  
и Македонско  
еколошко  
друштво)



Слика 30:  
ГИС карта – IPA,  
ИВА, смарагд  
и заштитени  
подрачја во  
Република  
Северна  
Македонија

Извор:  
(Анализа на  
експертски тим  
и Македонско  
еколошко  
друштво)



#### 4.1.2.10 Инсталиран капацитет

Еден од критериумите кои се важни е и **потенцијалот за инсталираната моќност** на дадената локација. На инсталираната моќност најмногу влијае локацијата на просторот. Локациите на кои може да се градат електроцентрали со поголема инсталирана моќност се поисплатливи, па затоа се поповолни. Фиксните трошоци настанати при инсталацијата, како што се оние поврзани со изводливоста на изградба на патишта, пристап до мрежата итн., ќе бидат поисплатливи доколку на дадената локација се произведува повеќе електрична енергија (т.е. инсталираната моќност на електроцентралата е повисока). Според тоа, локацијата на која може да се изгради електроцентрала со најголема инсталирана моќност се оценува со 5 бода, а онаа со најмал потенцијал за капацитет се оценува со 1 бод. За ФН се претпоставува дека 1 MW моќност може да се инсталира на 1,3 хектари земјиште. За ВЕ, се претпоставува дека може да се инсталира 1 MW на 10 ha земјиште; оваа претпоставка се заснова на моментално постоечките и оперативните ВЕ, како и на барањата за развој на ВЕ што ги доби националниот ОЕПС. Површината и еквивалентниот капацитет заедно со нивните соодветни оценки за ФН се прикажани во Табела 12, а оние за ВЕ се прикажани во Табела 13. Во случајот со ФН, областите со површина помала од 0,5 ha не се земени предвид во анализата.



Табела 12:  
Потенцијал за  
инсталирана  
моќност –  
критериумски  
податоци и  
оценки за ФН

Површина (ха)	Еквивалентен капацитет (MW)	Оценка
$0.5 \leq x < 26.16$	$0.4 \leq x < 20$	1
$26.16 \leq x < 52.12$	$20 \leq x < 40$	2
$52.12 \leq x < 78.08$	$40 \leq x < 60$	3
$78.08 \leq x < 104.04$	$60 \leq x < 80$	4
$104.04 \leq x$	$80 \leq x$	5

Табела 13:  
Потенцијал за  
инсталирана  
моќност –  
критериумски  
податоци и  
оценки за ВЕ

Површина (ха)	Еквивалентен капацитет (MW)	Оценка
$20 > x$	$2 < x$	1
$20 \leq x < 50$	$2 \leq x < 5$	2
$50 \leq x < 80$	$5 \leq x < 8$	3
$80 \leq x < 110$	$8 \leq x < 11$	4
$110 \leq x$	$11 \leq x$	5

### 4.1.3 Дополнителни податоци

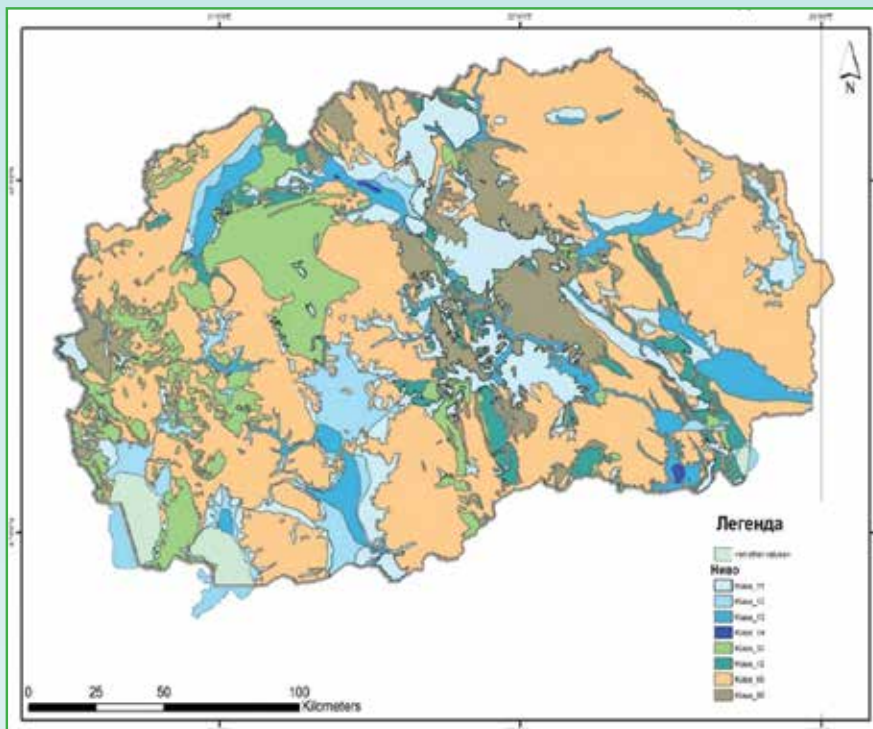
Покрај податоците наведени во претходното поглавје, беа земени предвид дополнителни параметри при анализата и изборот на соодветни локации. Некои од дополнителните влезни параметри и категории кои беа земени предвид се локациите на карстните региони и локациите на веќе изградените електроцентрали од ОИЕ, како и локациите на постоечките индустриски капацитети, заштитените локации од Emerald мрежата, минералните наоѓалишта итн. Паралелно со развојот од овој извештај се подготвува Стратегија за минерални сировини и од анализата спроведена за стратегијата се земени локациите на карстните региони. Врз основа на ова, карстните региони не беа земени предвид во оваа студија, бидејќи влијанието и влијанието на карстот врз производството на обновлива енергија не беше јасно според параметрите на анализата.

Слика 31 прикажува ГИС карта на карстните региони во Северна Македонија. Нивното значење е од големо значење, бидејќи голем дел од водата за пиење во земјата доаѓа од карстните региони.

Слика 31:  
ГИС карта –  
карстни региони  
во Северна  
Македонија

Забелешка: Класите на сликата го претставуваат типот на карстниот регион и не се поврзани со анализата направена како дел од проектот

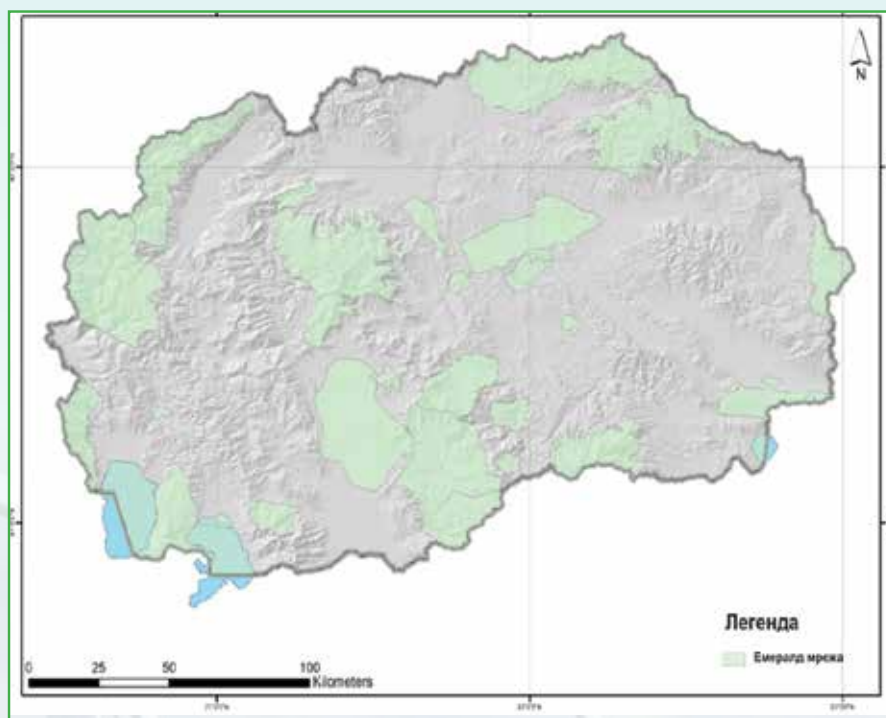
Извор: (Нацрт анализа на Стратегијата за геолошки истражувања и одржливо искористување и експлоатација на минералните сировини на Република Северна Македонија 2025-2045)



Локациите на Емералд локалитетите исто така беа мапирани и разгледани во оваа студија. Локациите класифицирани како локалитети Емералд не беа земени во предвид во согласност со усвоената методологија. Слика 32 ја прикажува ГИС картата на локалитетите Емералд во Северна Македонија.

Слика 32:  
ГИС карта  
– Емералд  
заштитени  
подрачја  
во Северна  
Македонија

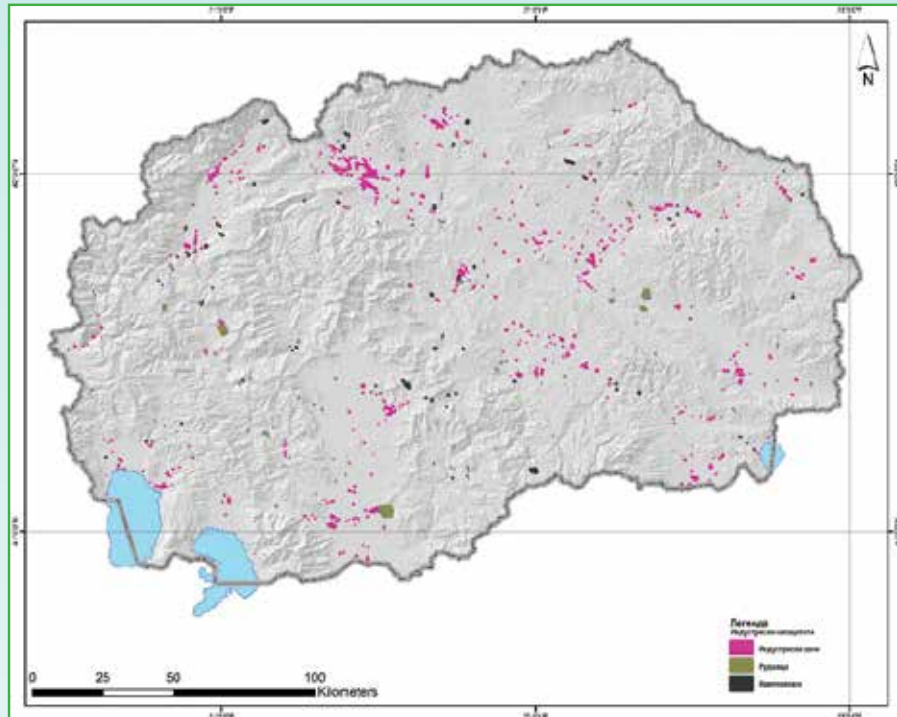
Извор: (Анализа на експертски тим + Нацрт анализа на Стратегијата за геолошки истражувања и одржливо искористување и експлоатација на минералните сировини на Република Северна Македонија 2025-2045 година)



Дополнително, беа мапирани локациите на постојните индустриски локации и локациите каде што може да се најдат и/или се ископуваат метални и неметални минерални руди и беа развиени слоеви во форма на ГИС карта за секоја од овие категории. Слика 33 и Слика 34 ги прикажуваат локациите на постојните индустриски капацитети и локациите на метални и неметални минерални руди, соодветно.

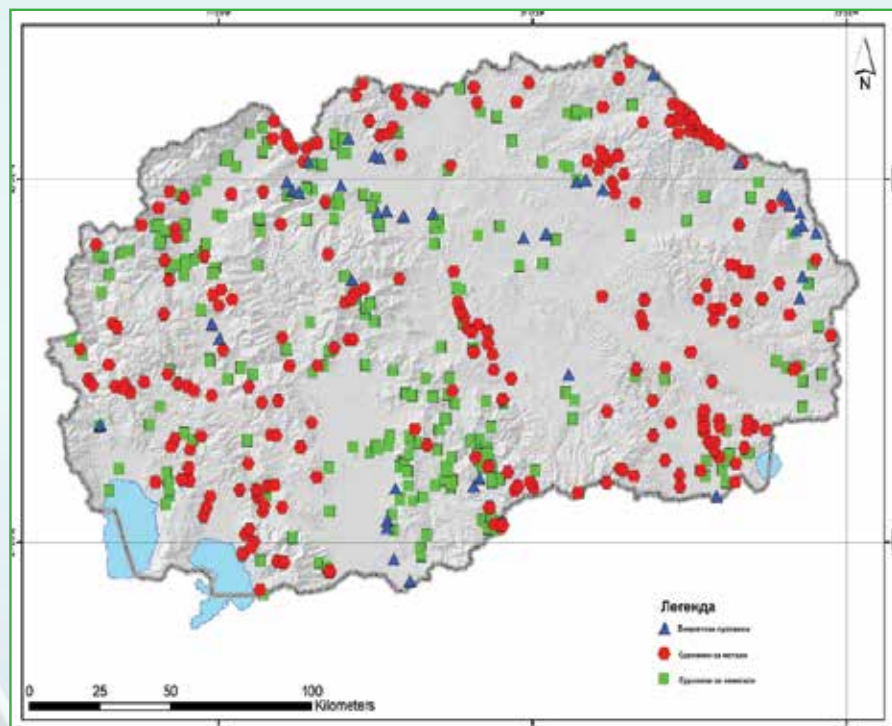
**Слика 33:**  
Локации на индустриски капацитети

Извор: (Анализа на експертски тим + Нацрт анализа на Стратегијата за геолошки истражувања и одржливо искористување и експлоатација на минералните сировини на Република Северна Македонија 2025-2045 година)



**Слика 34:**  
Локации на метални и минерални руди во Северна Македонија

Извор: (Нацрт анализа на Стратегијата за геолошки истражувања и одржливо искористување и експлоатација на минералните сировини на Република Северна Македонија 2025-2045)



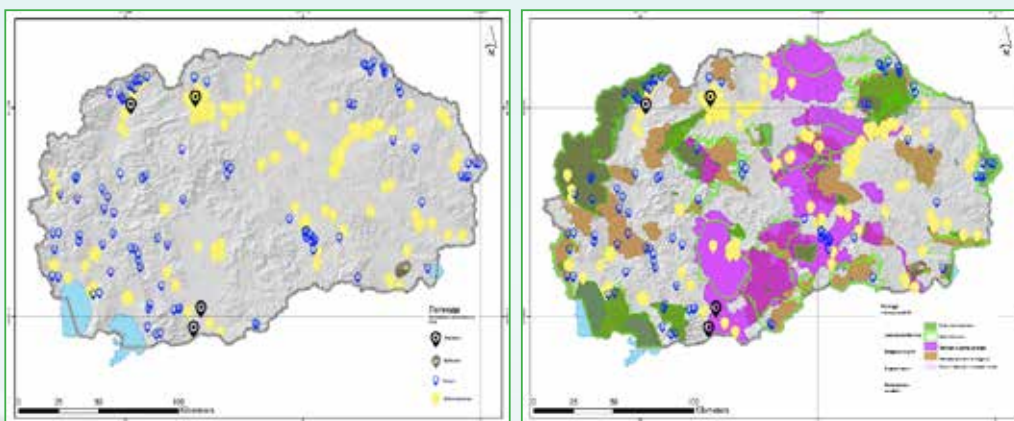
Заклучно со март 2023 година, има вкупно 270 ФН (вклучувајќи ги и кровните инсталации и ФН на земја), една ВЕ, 105 мали хидроцентрали (МХЕ), три електроцентрали кои работат на биогаз и една електроцентралата која користи биомаса како основно гориво во Република Северна Македонија (Национален регистар, 2023). Податоците за локациите на постројките за ОИЕ се добиени од онлајн регистарот на Агенцијата за енергетика на Северна Македонија.<sup>20</sup> Изработена е ГИС карта на сите тековно инсталирани и оперативни ОИЕ. Што се однесува до ФН, беа мапирани само ФН поставени на земја, бидејќи населените области не беа земено предвид (Слика 35, лево). Добиениот слој потоа беше спореден со областите ИВА и ИРА, клучните области за биолошка разновидност, заштитените подрачја и локалитетите Емералд. Ова покажа дека некои од моментално оперативните постројки за ОИЕ се изградени на заштитени терени со непочитување на заштитениот статус на нивното соодветно подрачје.

Други параметри кои беа земено предвид при предизборот на полигоните (областите) беа локациите на постојните електрани од ОИЕ, како и предложените локации за нови електрани за ОИЕ за кои ОЕПС има добиено барања за дозвола. И локациите на веќе изградените електроцентрали од ОИЕ и локациите на оние за кои ОЕПС има добиено барања беа споредени со претходно споменатите ГИС карти (слоеви). Ова беше направено за да се утврдат соодветните (потенцијални) позиции на овие електрани од ОИЕ во однос на горенаведените области (слоеви) од интерес. Соодветните ГИС карти се прикажани на Слика 35, каде што локациите на постојните електрани од ОИЕ се прикажани самостојно (лево), а истите локации се споредуваат со претходно споменатите слоеви на ГИС картата (десно). Локациите на електраните за ОИЕ за кои се поднесени барања самостојно до ОЕПС се прикажани на левата страна на Слика 36, а нивното преклопување со другите слоеви е прикажано на десната страна на Слика 36.

Слика 35:  
ГИС карта –  
постоечки  
локации за ОИЕ  
во Северна  
Македонија

Извор: (Анализа на експертски тим + Агенција за енергетика на Република Северна Македонија)

Забелешка: Сликата лево го претставува слојот со локациите за ОИЕ. Сликата од десната страна ги претставува локациите за ОИЕ споредени со заштитените подрачја.

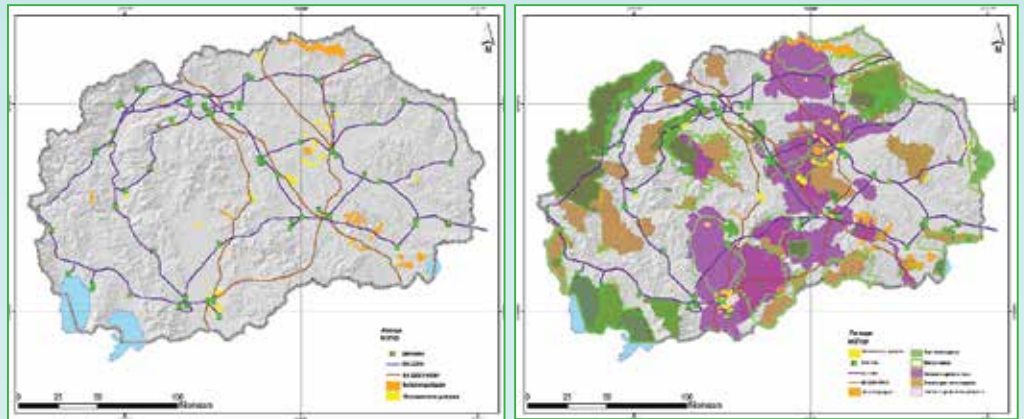


<sup>20</sup> <https://www.ea.gov.mk/dokumenti/registri/>

Слика 36:  
ГИС карта –  
локации на  
електрани од ОИЕ  
побарани од ОЕПС

Извор: (Анализа на експертски тим + Национален ОЕПС (МЕРСО))

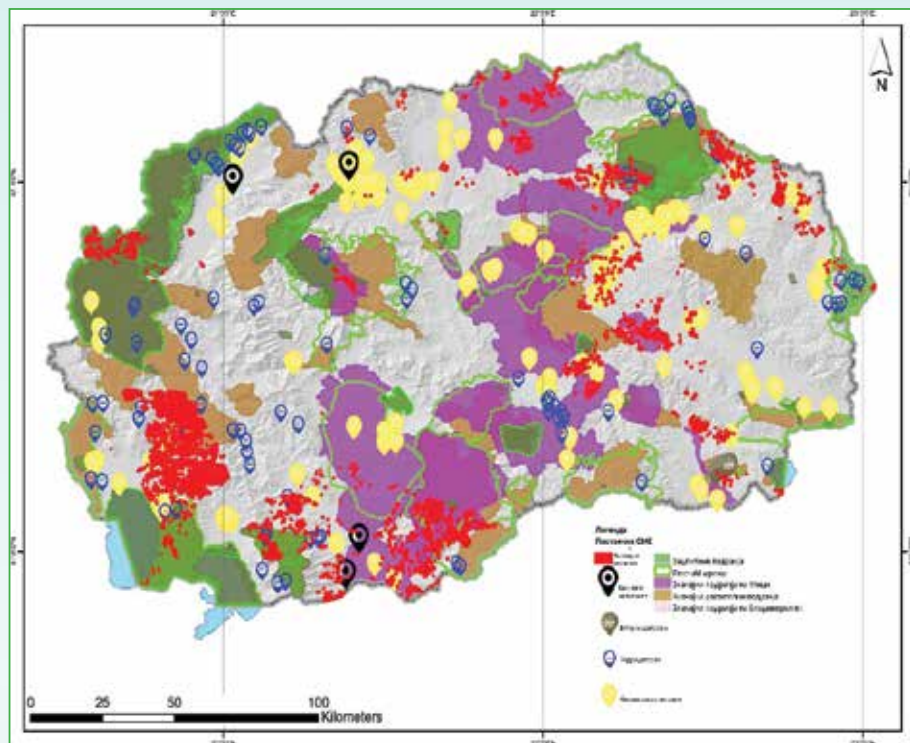
Забелешка: Слојот лево ги претставува предложените локации на потенцијалните ОИЕ. Слојот од десната страна го претставува преклопувањето помеѓу заштитените подрачја и предложените локации за ОИЕ.



Изработена е ГИС карта со сите заштитени и разгледани слоеви на областите преклопени на една карта. Притоа, локациите на постоечките и оперативните ОИЕ беа споредени со сите области на интерес. Добиената карта е прикажана на Слика 37.

Слика 37:  
ГИС карта –  
преклопување  
на постоечките и  
разгледуваните  
области за  
развој на ОИЕ  
и заштитените  
подрачја

Извор: (Анализа на експертски тим)



## 4.2. Методологија на аналитички процес на хиерархија (АНР)

Тежините за секој критериум се одредуваат со користење на методот на аналитички процес на хиерархија (АНР). АНР е метод на одлучување со повеќе критериуми што се користи за да се направат скали на сооднос од спарени споредби. Овие скали на сооднос се изведени од главните Eigen вектори, а индексот на конзистентност е изведен од главната Eigen вредност.

Со цел да се пресметаат тежините за различните критериуми, на почетокот се креира парна споредбена матрица  $A$ . Матрицата  $A$  е  $m \times m$  вистинска матрица, каде  $m$  е бројот на критериуми за оценување. Секој запис  $a_{jk}$  од матрицата  $A$  ја претставува важноста на  $j^{\text{th}}$  критериумот во однос на  $k^{\text{th}}$  критериумот. Ако  $a_{jk} > 1$ , тогаш  $j^{\text{th}}$  критериумот е поважен од  $k^{\text{th}}$  критериумот. За да се оцени важноста на двата критериуми се користи нумеричка скала од 1 до 9. Ако  $j^{\text{th}}$  критериумот е подеднакво или поважен од  $k^{\text{th}}$  критериумот, може да се користи следново бодување::

- $a_{jk} = 1 - j$  и  $k$  се подеднакво важни
- $a_{jk} = 3 - j$  е малку поважен од  $k$ ;
- $a_{jk} = 5 - j$  е поважен од  $k$ ;
- $a_{jk} = 7 - j$  е силно поважен од  $k$ ;
- $a_{jk} = 9 - j$  е апсолутно поважно од  $k$ .

Ако  $k^{\text{th}}$  критериумот е подеднакво или поважен од  $j^{\text{th}}$  критериумот, се користат соодветните реципрочни вредности.

По споредбената матрица се пресметува приоритетен вектор. Во овој проект, се користи приближување на Eigen векторот (и Eigen вредност) на реципрочна матрица. Прво, нормализираната матрица  $A_{norm}$  за споредба во пар се пресметува според следната равенка:

$$\frac{a_{jk}}{a_{jk}} = \frac{a_{jk}}{\sum_{l=1}^m a_{lk}} \quad (1)$$

$$w_j = \frac{\sum_{l=1}^m \frac{a_{jl}}{m}}{m} \quad (2)$$

Конечно, векторот на тежината на критериумите  $w$ , или нормализираниот главен Eigen вектор, може да се добие со просек низ редовите користејќи равенка 2.

Векторот  $w_j$  кој уште се нарекува и приоритетен вектор, ги прикажува релативните тежини меѓу критериумите кои се споредуваат.

### 4.2.1 Проверка на конзистентност

Кога се вршат многу споредби во пар, може да се појават некои недоследности. За да се провери доследноста на одговорот на секој експерт, се користи вредност на главна Eigen вредност. Главните Eigen вредности се добиваат од збирот на производите помеѓу секој елемент од Eigen векторот и збирот на колоните од реципрочната матрица:

$$\lambda_{MAX} = \sum_{j,k=1}^m (w_j * \sum_{l=1}^m a_{lk}) \quad (3)$$

Индекс на конзистентност (CI) се добива со користење на равенката 4:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - m}{m - 1} \quad (4)$$

Каде  $m$  е бројот на критериуми.

Совршено доследен носител на одлуки секогаш треба да добие  $CI = 1$ , но малите вредности на недоследност може да се толерираат. Значи, овој индекс на конзистентност се споредува со Случаен индекс на конзистентност (Random Consistency Index – RI). Вредностите за RI за мали проблеми, каде што  $m$  е помало од 10, се дадени во Табела 14.

Табела 14:  
Вредности за  
случајниот индекс  
на конзистентност

m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.51

Според ова, соодносот на конзистентност се пресметува на следниов начин:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (5)$$

Ако вредноста на соодносот на конзистентност е помала или еднаква на 10 проценти ( $CR \leq 0.1$ ), недоследноста е прифатлива.

### 4.2.2 Пресметки за тежината на секој критериум

Експерти и професионалци од различни институции и компании од енергетскиот сектор во Северна Македонија извршија споредба на секој пар на критериуми поединечно (парна споредба). Направена беше проверка на конзистентноста на резултатите дадени од секој учесник и беше пресметана поединечна тежина за секој критериум со пондерирање на оценките на секој учесник. Со цел да се

воспостави кредибилна основа за парната споредба, изработена беше анкета на која одговорија 93 лица кои претставуваат различни субјекти (јавни, приватни, образовни и истражувачки) во Северна Македонија. Приватните субјекти кои работат во енергетскиот сектор (компаниите) дадоа 80 проценти од одговорите, а јавните институции (академската заедница и владините институции) 20 проценти. Пресметаните тежини за секој од критериумите се прикажани во Табела 15.

Табела 15:  
Тежина на  
критериумите

Критериуми	Тежина
Близина до преносни/дистрибутивни мрежи	21%
Близина до патната инфраструктура	10%
Наклон (просечен)	10%
Важна област за птици (IBA) / Важна област за растенија (IPA)	9%
Подобна работна сила	6%
Близина до населени места (hm)	5%
Растојание до реки или езера	4%
Брзина на ветерот (m/s) / сончево зрачење (kWh/m <sup>2</sup> )	14%
Вид на земјиште	7%
Инсталиран капацитет (km <sup>2</sup> )	13%







## ГИС МАПИ

### 5.1 Анализа на податоци

Необработените податоци, обезбедени од националниот катастар, ги вклучија сите неплодни земјишни парцели (вкупно 60.000 поединечни парцели) како и нивните референтни броеви во онлајн алатката за катастар на OSSP. Меѓутоа, бидејќи имаше недоследности помеѓу дадените податоци и тоа што се парцелите во реалноста (вклучени се постоечки патишта, парцели со куќи изградени на нив и/или парцели во густо населени места), необработените податоци обезбедени од катастарот беа филтрирани и споредени со множество критериуми што беа користени при одредувањето дали парцелата треба дополнително да се разгледа во анализата. За преглед и споредба на парцелите се користеше онлајн алатката OSSP на катастар. Бидејќи алатката OSSP поддржува само една парцела во исто време, ова беше направено рачно за секоја парцела поединечно.

Критериумите што се користат за исклучување на парцелите од катастарскиот список од понатамошна обработка ги содржеа следните критериуми:

- Ако парцелата е помала од 200 m<sup>2</sup>;
- Ако парцелата е предолга и недоволно широка (како што е јавен пат);
- Ако парцелата е регистрирана во густо населена област;
- Ако парцелата има некакви згради на неа;
- Ако парцелата не е неплодно земја.

Слика 38 прикажува тип на парцела која е пат во населена средина. Поради тоа, оваа парцела и другите кои ги исполнуваа горенаведените критериуми беа елиминирани при испитувањето на катастарските податоци.



Слика 38:  
Земјиште во  
населено место

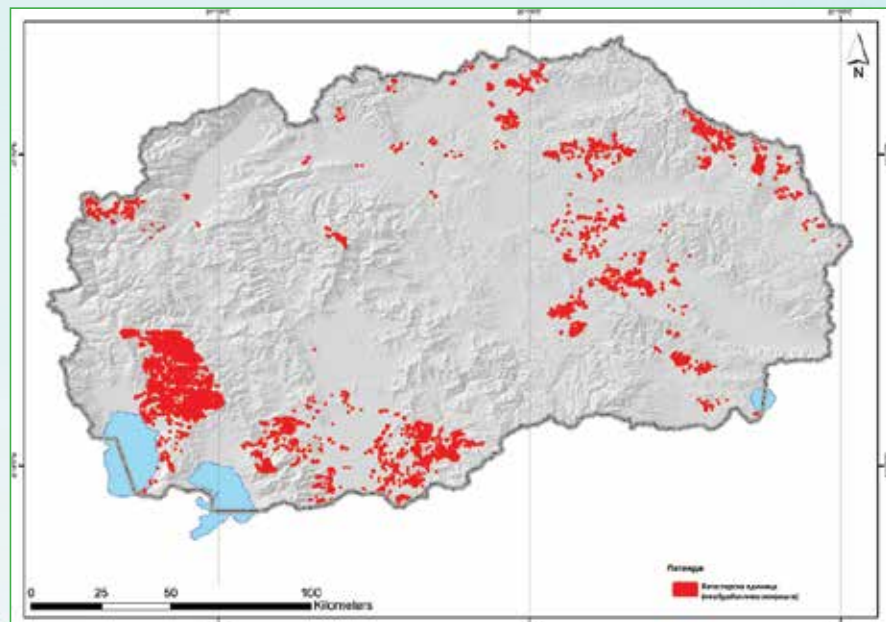
Извор: (Анализа  
на експертски  
тим + OSSP систем  
на Националниот  
катастар на  
Република Северна  
Македонија)



По детална обработка, околу 17.000 локации (парцели) беа означени како соодветни. Следниот чекор од процесот беше да се создаде карта на парцелите во QGIS. Најлесен начин да се направи ова беше да се соберат податоци од локални геодетски компании кои поседуваат ваков вид на податоци и беа подготвени да ги споделат, бидејќи само така ќе се избегне купувањето на податоците по многу скапа цена од националниот катастар. Сепак, ова беше голем предизвик, бидејќи податоците се достапни само за 13 од 31 катастарски регион и се во AutoCAD формат за што е потребна дополнителна конверзија и прилагодување за да се пренесат во соодветната ESRI shapefile. Поради ова, само 13 од 31 катастарски регион беа мапирани со помош на податоците доставени од катастарот (Слика 39).

Слика 39:  
ГИС карта - со  
користење на  
катастарскиот сет  
на податоци

Извор: (Анализа  
на експертски  
тим + Национален  
катастар на  
Република Северна  
Македонија)



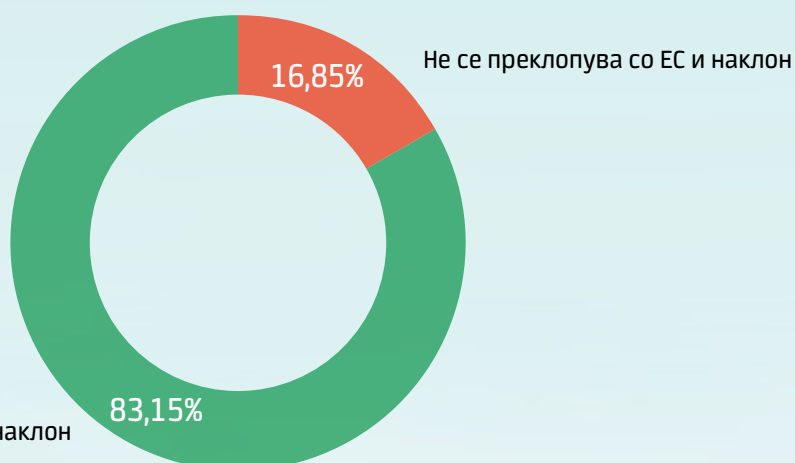
## 5.2 Развивање на ГИС мапи

Наместо користење на податоците од катастар, беше искористен поелегантен и временски ефикасен пристап за да се создаде карта на целото неплодно земјиште во Северна Македонија со користење на национален растерски слој со наклон со резолуција од 5x5 m и карта на екосистемите на Северна Македонија. Четири главни типа на екосистеми беа избрани како најпогодни за гринфилд инвестиции: локации за екстракција на минерали (индустриски екосистеми), области со ретко вегетација (карпести и камени полиња), преодни шумски грмушки (грмушки) и пасишта (пасишта). Валидноста на пристапот беше потврдена со споредување на ГИС картите на некои од регионите дефинирани со првиот пристап со истите региони добиени со вториот пристап. Пресметано е совпаѓање (преклопување) од 83,15 проценти помеѓу вкупната катастарска површина (изразена во ha) идентификувана и во првиот и во вториот пристап. Резултатите на преклопување на прикажани на Слика 40 и Слика 41.

Слика 40:  
Преклопување  
помеѓу податоците  
од националниот  
катастар и  
екосистемите (ЕС)  
и податоците за  
наклонот

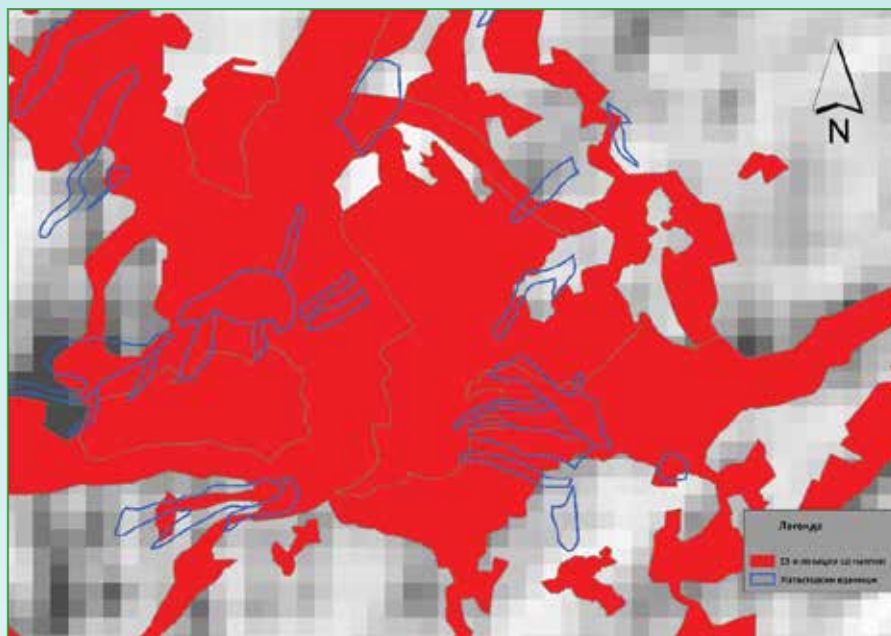
Извор: (Анализа на  
експертски тим)

Преклопување со ЕС и наклон



Слика 41:  
Потврда за  
валидноста на  
вториот пристап

Извор: (Анализа на  
експертски тим)



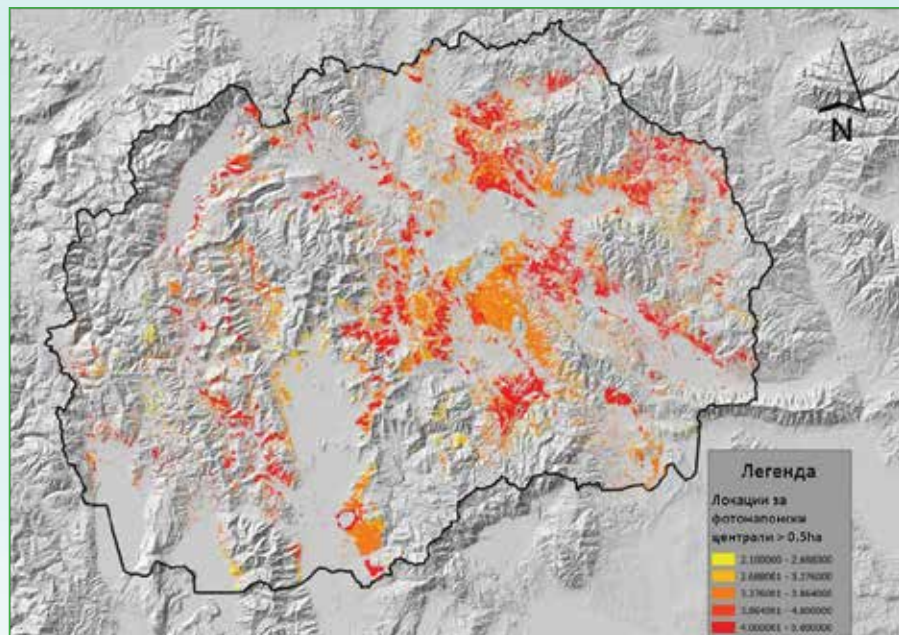
## РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

### 6.1 Евалуација на површина за фотонапонски електроцентрали

Вкупната разгледана површина која беше оценета за инсталации на ФН изнесува е еднаква на 459.689 ha. Првенствено, оваа површина е добиена со целосно исклучување на земјиштето кое е дел од заштитените подрачја и Емералд локалитетите. По примената на методологијата објаснета во претходното поглавје, резултатите покажуваат дека вкупната површина на најдобрите локации (оние чија оценка е поголема или еднаква на 4,2 поени) изнесува приближно 64.420 ha (Слика 42). Имајќи ја предвид претпоставката дека се потребни 1,3 ha земјиште за инсталирање на 1 MW ФН, се проценува дека 50 GW ФН може да се инсталираат на локации кои добиле оценка од 4,2 поени или повисока. На Слика 42, областите во темно црвена боја се локациите со највисоки оценки (поголеми или еднакви на 4,2 поени).

Слика 42:  
Оценета површина за инсталација на ФН, со исклучок на националните паркови, Емералд локациите и области помали од 0,5 ha

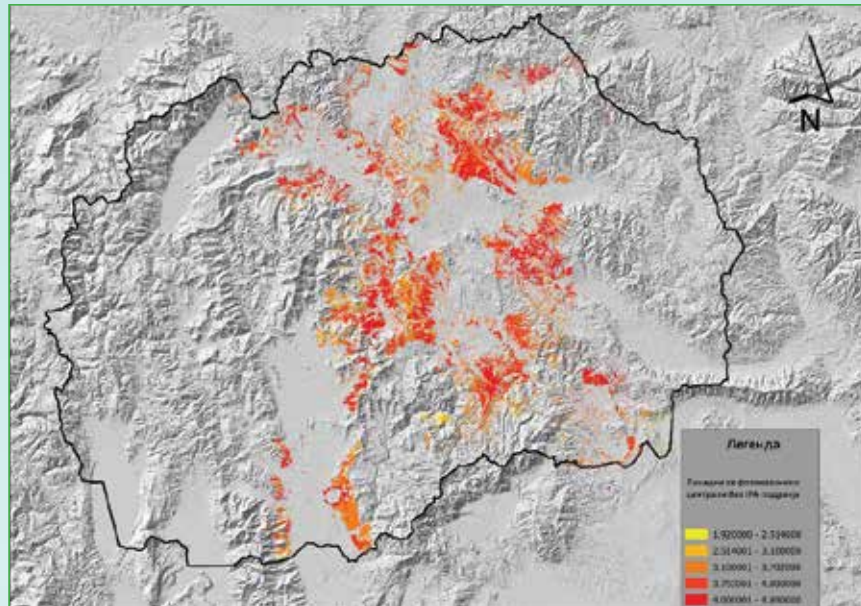
Извор: (Анализа на експертски тим)



Дополнителни анализи беа спроведени со исклучување на локациите кои се наоѓаат во рамките на ИВА и ИРА. Разгледуваната површина беше намалена на околу 276.545 ha со исклучување само на областите важни за растенија (ИРА). Вкупната површина на локациите кои имаат оценка од 4,2 или повеќе е еднаква на 29.625 ha, или приближно 30 GW ФН кои што може да се инсталира (види Слика 43 – областите во темно црвена боја се оние кои освоиле 4,2 или повеќе поени).

Слика 43: оценети локации со исклучок на националните паркови, локалитетите Емералд, областите со биолошка разновидност и IPA

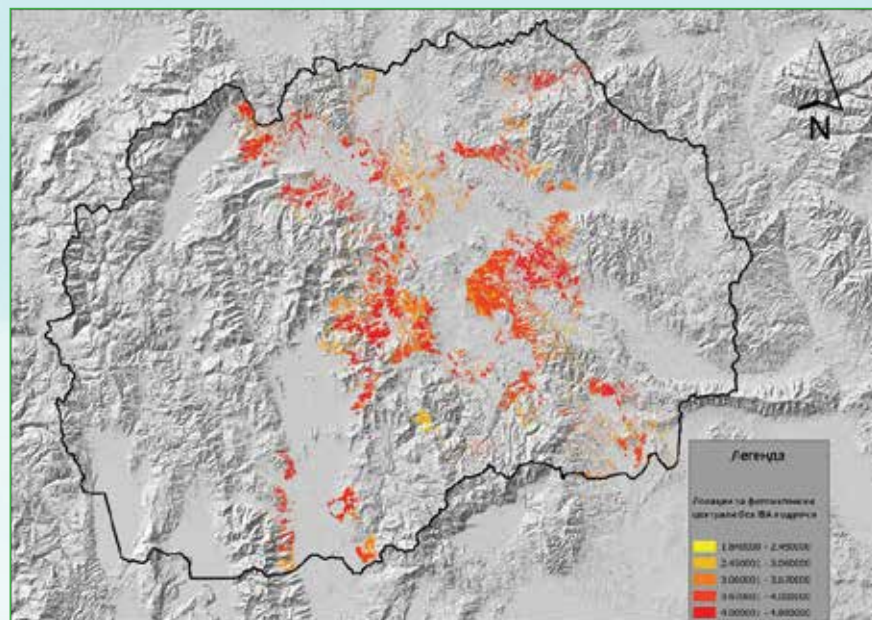
Извор: (Анализа на експертски тим)



Со исклучување само на важните области за птици (IBAs), добиената површина на локациите земени за евалуација се намали на 233.334 ha. Врз основа на повеќе-критериумската проценка, вкупната површина на локациите со оценка поголема или еднаква на 4,2 поени беше проценета на 25.942 ha, или приближно 20 GW капацитет на ФН што може да се инсталира според овие претпоставки (Слика 44).

Слика 44: оценети локации со исклучок на националните паркови, локалитетите Емералд, заштитените подрачја и IBAs

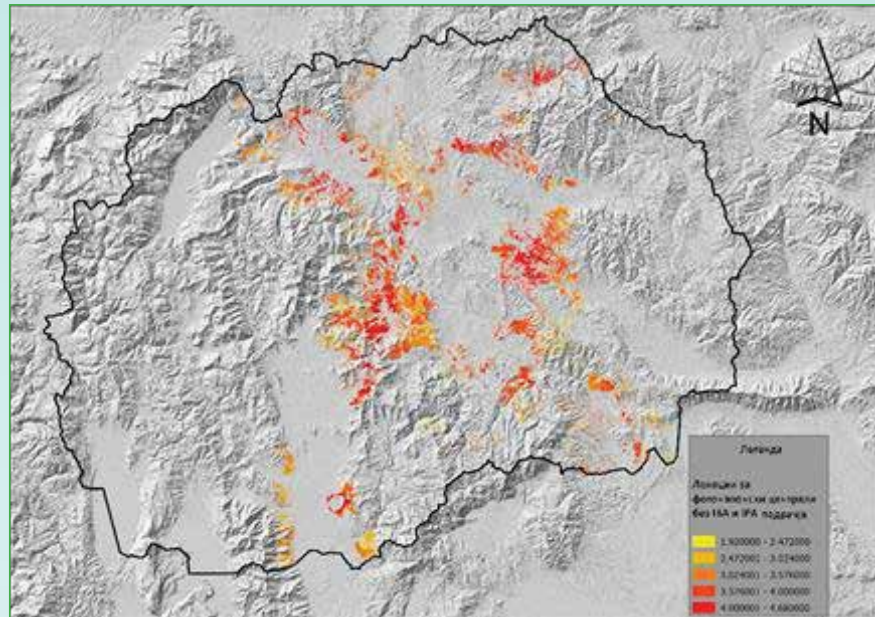
Извор: (Анализа на експертски тим)



Дополнително, локациите кои се наоѓаат во рамките на IBA и IPA се исклучени од анализата. Со ова вкупната површина за понатамошна евалуација изнесува 174.456 ha. Површината на најдобро оценетите локации - оние кои добиле оценки поголеми од или еднакви на 4,2 поени - е еднаква на 14.347 ha, што покажува дека приближно 11 GW ФН може да се инсталираат според овие претпоставки (Слика 45). Областите означени со темно црвена боја се оние кои добиле 4,2 или повеќе поени.

Слика 45: оценети локации, со исклучок на националните паркови, локалитетите Емералд, заштитените подрачја, IPA и IVA

Извор: (Анализа на експертски тим)



Табела 16 дава збирна споредба на вкупната површина на подобните локации што беа земени предвид за изградба на ФН и најдобро оценетите локации од оваа анализа.

Табела 16:  
Резиме на  
резултати за PVPP

Извор: (Анализа на експертски тим)

Сценарио	Подобни локации што беа земени предвид (ха)	Најдобро оценети локации (ха)	Претпоставен потенцијал за инсталирање на ФН (GW)
Исклучени национални паркови, Емералнд заштитени подрачја и подрачја помали од 0,5 ха	459,689	64,420	- 50
Исклучени национални паркови, Емералд заштитени подрачја, подрачја помали од 0,5 ха и ИПА	276,545	29,625	- 30
Исклучени национални паркови, Емералд заштитени подрачја, области помали од 0,5 ха и IBAs	233,334	25,942	- 20
Исклучени национални паркови, Емералд заштитени подрачја, области помали од 0,5 ха, IVA и IPA	174,456	14,347	- 11

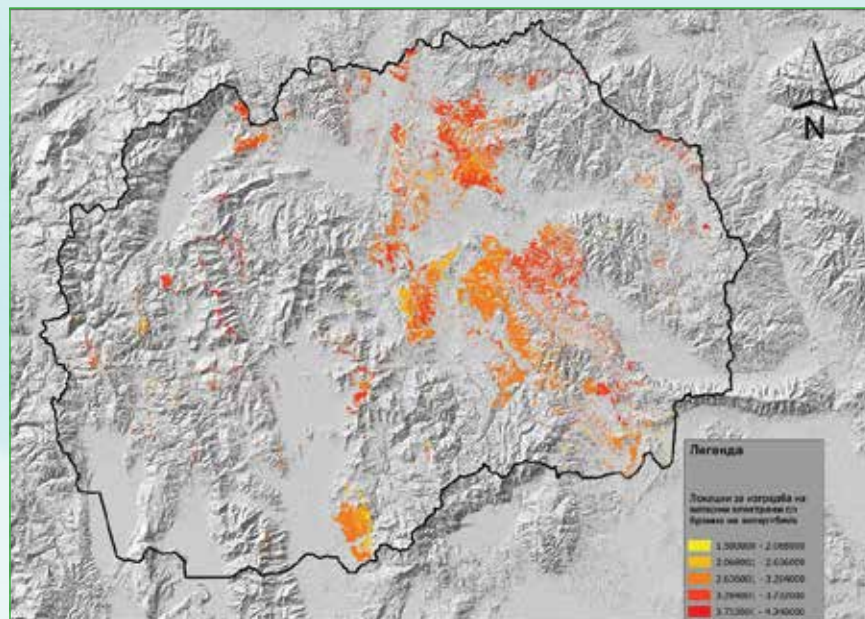


## 6.2 Евалуација на површина за ветерни електрани

Процентата површина достапна за инсталации на ВЕ изнесува 209.026 ha. Слично на процесот за ФН, оваа област беше одредена со исклучување на земјиштето означено како заштитени подрачја или Емералд локалитети. Дополнително, секоја парцела чија вкупна површина беше помала од 10 ha беше исклучена од анализата во првото сценарио, бидејќи овие земјишни површини се несоодветни за ВЕ поради нивната мала површина, без оглед на нивните карактеристики кога се споредуваат со другите критериуми. Географската дистрибуција на локациите оценети преку евалуација со повеќе критериуми е прикажана на Слика 46. Меѓу проценетите локации, приближно 4.563 ha е вкупната површина која е оценета со 3,7 поени или повисоко (означена со темно црвена боја на Слика 46). Доколку се претпостави дека 1 MW ВЕ може да се изгради на земјиште со површина од 10 ha, тогаш во рамките на ова сценарио, приближно 457 MW ВЕ би можеле да се инсталираат на локациите кои добиле оценки поголеми или еднакви на 3,7.

**Слика 46:**  
Распределба на разгледуваните локации за изградба на ВЕ, со исклучок на националните паркови, Емералд локалитетите и заштитените подрачја со биолошка разновидност, локации со површина помала од 10 ha и обработливо земјиште

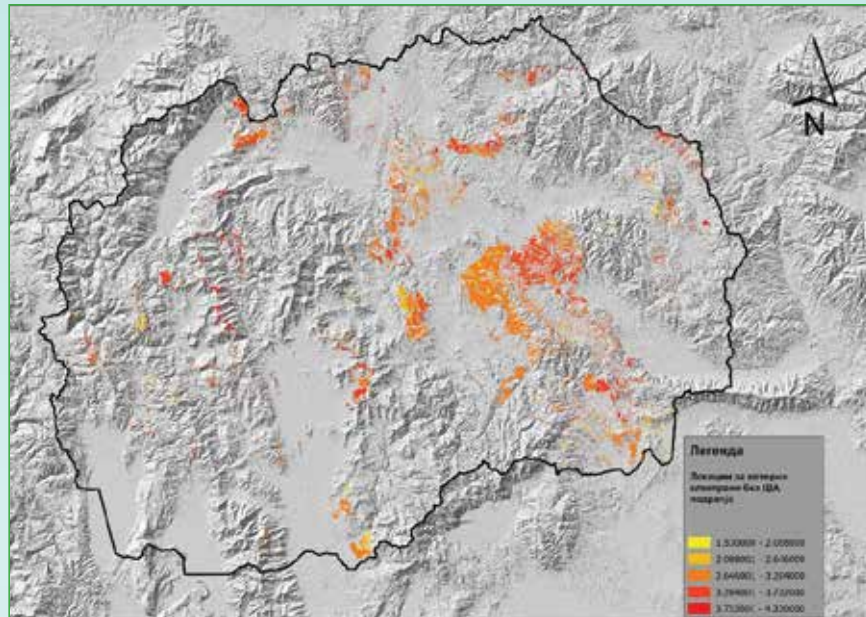
Извор: (Анализа на експертски тим)



Во второто сценарио на оваа анализа на чувствителност, заедно со националните паркови, Емералд локалитетите и локациите чија вкупна површина е помала од 10 ha, Важните области за птици (IBAs) исто така беа отстранети од разгледување. Целокупната површина на земјиштето проценета во сепфатната евалуација е 132.620 ha. Следствено, вкупната површина на локациите кои добиле оценка од 3,7 поени или повисока изнесува приближно 4.324 ha, чија распределба е означена со темно црвена боја на Слика 47. Доколку се примени претходната претпоставка за потребната површина за сместување на 1 MW ВЕ, тогаш на локации со степени поголеми или еднакви на 3,7 би можеле да се инсталираат приближно 433 MW ВЕ.

Слика 47:  
ГИС карта –  
разгледуваните  
полигони за изградба  
на ВЕ, со исклучок  
на националните  
паркови, Емералд  
локациите,  
заштитените подрачја,  
локациите со  
површина помала од  
10 ha и IBAs

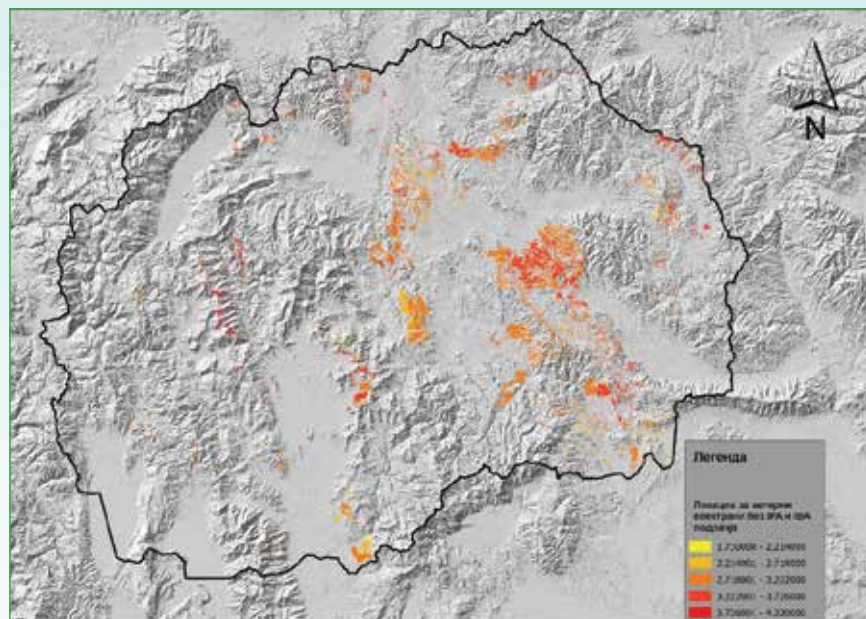
Извор: (Анализа на  
експертски тим)



За третото сценарио во рамките на оваа анализа на чувствителност, сите IPA, IBA, национални паркови и Емералд локалитети, како и сите парцели со површина помала од 10 ha, беа исклучени од анализата. Вкупната површина земена во предвид за ова сценарио е приближно 79.293 ha. Површината на највисоко оценетите локации, со оценка од 3,7 или повеќе поени, изнесува приближно 3.534 ha, што покажува дека на овие локации може да се инсталираат приближно 354 MW ВЕ. Слика 48 ја илустрира дистрибуцијата на проценетите локации, при што темноцрвените области означуваат локации кои освоиле 3,7 или повеќе поени.

Слика 48:  
Дистрибуција на  
разгледувани  
локации, со исклучок  
на националните  
паркови, Емералд  
локалитети,  
заштитени подрачја,  
локации со површина  
помала од 10 ha, IPA  
и IBA

Извор: (Анализа на  
експертски тим)



Табела 17 дава резиме на споредба на вкупните површини на подобните локации кои беа земено предвид за изградба на ВЕ и најдобро оценетите локации од оваа анализа.

Табела 17:  
Резиме на  
резултати за ВЕ

Извор: (Анализа на  
експертски тим)

Сценарио	Подобни локации што беа земено предвид (ха)	Најдобро оценети локации (ха)	Претпоставен потенцијал за инсталирање на ВЕ (GW)
Исклучени национални паркови, Емералд заштитени подрачја и подрачја помали од 10 ха	209,026	4,653	- 0.457
Исклучени национални паркови, Емералд заштитени подрачја, области помали од 10 ха и ИВА	132,620	4,324	- 0.433
Исклучени национални паркови, Емералд заштитени подрачја, области помали од 10 ха, ИВА и ИРА	79,293	3,534	- 0.354

Врз основа на анализата на чувствителноста спроведена и за ФН и ВЕ, евидентно е дека може да се инсталира доволно количество капацитет за обновлива енергија без да се нанесе штета на локалниот див свет или значителна штета на околината, дури и кога се земаат предвид ограничувањата, според првичните претпоставки направени при анализата на соодветноста на земјишните површини според усвоената методологија. На национално ниво, има повеќе локации со доволна површина кои добиле оценка од 4,2 за изградба на ФН и 3,7 за изградба на ВЕ. Покрај тоа, овие локации нудат оптимални услови, како што се близината на патната инфраструктура, достапноста на работната сила и близината до преносните/дистрибутивните мрежи, меѓу другите фактори. Резултатите добиени од анализата покажуваат дека процесот бил продуктивен и позитивен.



## 6.3 Анализа на највисоко оценети локации за изградба на ФН и ВЕ

Подетална анализа беше направена на локациите кои ги добија најдобрите оценки, односно оние кои се најпогодни за изградба на ФН и ВЕ. Во овој дел се претставени и испитани оценките на најдобро оценетите локации – во согласност со критериумите според усвоената методологија. Дополнително, прикажани се ГИС карти со локациите на површините со највисоко оценети земјишта. Треба да се земе предвид дека на повеќе локации може да им биде доделена иста оценка; како такви, сите локации кои делат иста оценка се вклучени во оваа анализа.

Табела 18 ги претставува критериумите на локациите за ФН кои ги постигнале петте највисоки оценки (кои може да се состојат од повеќе од пет локации бидејќи некои од нив имаат иста оценка) според сценариото на случај каде што националните паркови, Емералд локалитетите, заштитените подрачја, сите земјишни области чии вкупната површина е помала од 0,5 ха, IPA и IBA се исклучени. Дополнително, соодветните критериуми на локациите на кои им беа дадени пет најдобри оценки според сценариото на случај каде што се исклучени националните паркови, Емералд локациите, заштитените подрачја и сите земјишни површини чија вкупна површина е помала од 0,5 ха се дадени во Табела 19. Од табелите може да се извлечат неколку заклучоци. Поголемиот дел од екосистемите (видови на земјиште) каде што се наоѓаат најдобро оценетите локации се рударски и индустриски екосистеми. Сите земји кои се разгледуваат имаат добар пристап до инфраструктурата за патен транспорт и повеќето се добро поставени во однос на руралните или урбаните населби. Годишното просечно сончево зрачење на сите разгледувани локации е доста високо, со вредности кои се движат од 170 до 186 W/m<sup>2</sup>. Дополнително, сите разгледувани локации се добро поставени во однос на постојниот систем за преносна мрежа и во разумна близина до него.

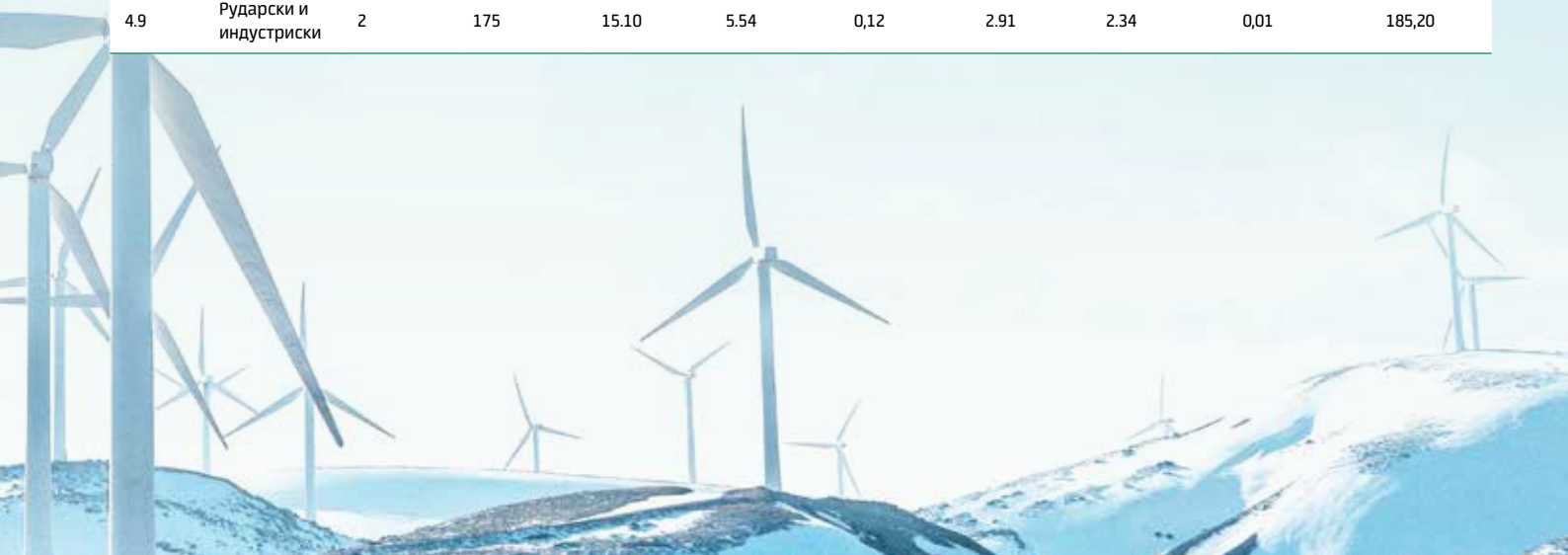
За ВЕ, Табела 20 ги прикажува критериумите на локациите што ги добиле десетте најдобри оценки според сценариото на случај каде што се исклучени националните паркови, Емералд области, заштитени подрачја, сите земјишни површини чија вкупна површина е помала од 10 ха, IPA и IBAs. Од критериумите на локациите може да се види дека просечната годишна брзина на ветерот варира помеѓу 4,7 и 6,74 m/s. Дополнително, највисоките оценки доделени на локациите чија подобност беше оценета за изградба на ВЕ се помеѓу 3,90 и 4,23. Од Табела 20 може да се заклучи дека географските и физичките услови во Република Северна Македонија дозволуваат помалку изградба на ВЕ - особено кога се споредуваат со множеството услови за изградба на ФН.

Табела 18: Карактеристики на локациите со пет највисоки оценки за ФН (6 локации) според сценариото каде што се исклучени сите национални паркови, Емералд локалитети, заштитени подрачја, земјишни површини чија вкупна површина е помала од 0,5 ха, IPA и IBA

Оценка	Тип на екосистем	Површина (ха)	Растојание од патот (м)	Растојание од IBA (км)	Растојание од IPA (км)	Растојание од рурални населби (км)	Растојание од урбани населби (км)	Растојание од 110 kV преносна системска мрежа (km)	Растојание од 400 kV преносна системска мрежа (km)	Просечно годишно сончево зрачење (W/m <sup>2</sup> )
4.7	Рударски и индустриски	182,60	0	21.30 часот	4.28	0,34	0,00	0,00	4.33	179,36
4.6	Рударски и индустриски	2.69	1	19.71	6.83	0,73	0,74	0,50	2.11	182,70
4.6	Рударски и индустриски	151,23	0	11.03	8.34	0,04	6.64	0,00	4.54	179,90
4.6	Рударски и индустриски	5.10	69	17.87	7,75	0,00	2.87	0,03	1.26	182,80
4.6	Рударски и индустриски	1,77	175	15.10	5.54	0,12	2.91	2.34	2.31	185,20
4.6	Рударски и индустриски	69	0	3.81	2.87	0,05	0,39	0,00	0,38	183,89

Табела 19: Карактеристики на локациите со пет највисоки оценки за ФН (6 локации) според сценариото каде што се исклучени националните паркови, Емералд локации, заштитените подрачја и сите земјишни површини чија вкупна површина е помала од 0,5 ха, со IPA и IBA вклучени

Оценка	Тип на екосистем	Површина (ха)	Растојание од патот (м)	Растојание од IBA (км)	Растојание од IPA(км)	Растојание од рурални населби (км)	Растојание од урбани населби (км)	Растојание од 110 kV преносна системска мрежа (km)	Растојание од 400 kV преносна системска мрежа (km)	Просечно годишно сончево зрачење (W/m <sup>2</sup> )
5.0	Рударски и индустриски	347,40	0	14,73	7.42	0,06	3.37	0,94	51,28	175,85
4.8	Рударски и индустриски	219,59	505	11.56	7.09	0,62	5.44	0,13	30,97	170,51
4.8	Рударски и индустриски	0,98	100	23.51	7.54	2.05	5,45	0,39	29.16	183,40
4.9	Рударски и индустриски	156,20	0	21.30 часот	4.28	0,34	0,00	0,00	0,00	179,36
4.9	Рударски и индустриски	151,15	0	11.03	8.34	0,04	6.64	0,00	0,00	179,90
4.9	Рударски и индустриски	2	175	15.10	5.54	0,12	2.91	2.34	0,01	185,20



Табела 20: Карактеристики на локациите со десет највисоки оценки за ВЕ (тринаесет локации) според сценариото на случај каде што се исклучени сите национални паркови, Емералд локалитети, заштитени подрачја, земјишни површини чија вкупна површина е помала од 10 ха, IPA и IVA

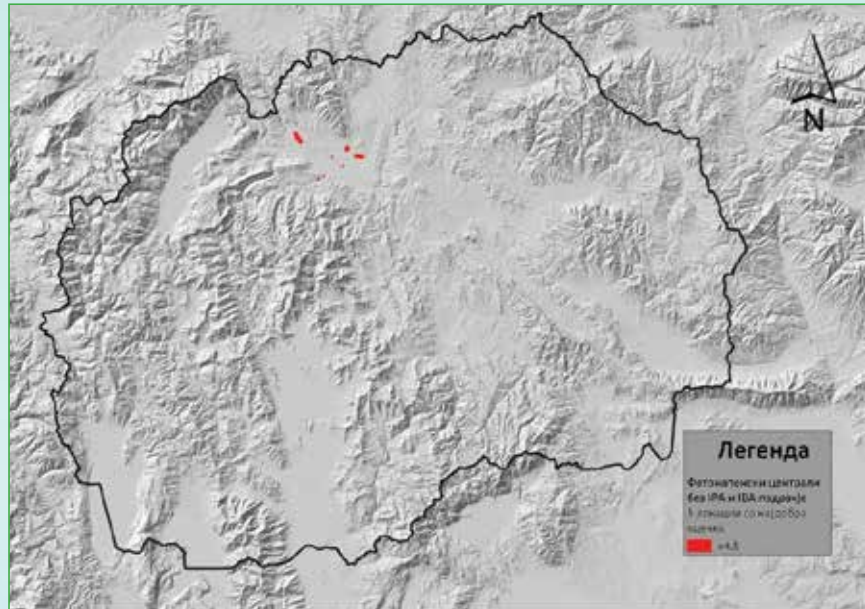
Оценка	Тип на екосистем	Површина (ха)	Растојание од патот (м)	Растојание од IVA (км)	Растојание од IPA (км)	Растојание од рурални населби (км)	Растојание од урбани населби (км)	Растојание од 110 kV преносна системска мрежа (km)	Растојание од 400 kV преносна системска мрежа (km)	Средна брзина на ветерот (m/s)
3.90	Области со ретко вегетација	52.84	1206.51	5.47	3.76	2.12	10.29	10.84	1.74	6.74
3.90	Области со ретко вегетација	52.84	1206.51	5.47	3.76	2.12	10.29	10.84	1.74	6.74
4.05	Области со ретко вегетација	14.28	108.51	6.73	4.60	4.01	9.98	9.68	0.33	6.73
4.10	Области со ретко вегетација	55.86	295.29	5.51	2.87	2.08	9.34	9.45	0.52	6.23
3.90	Рударски и индустриски	11.17	0.00	0.00	2.08	0.11	7.48	1.97	4.45	6.12
4.03	Рударски и индустриски	95.71	20.76	4.69	1.58	0.88	2.10	1.98	4.49	6.08
4.07	Рударски и индустриски	15.83	7.66	3.11	15.76	0.02	1.48	3.79	5.27	4.91
4.23	Рударски и индустриски	12.26	0.00	3.74	15.18	0.04	1.75	3.54	5.96	4.86
4.09	Области со ретко вегетација	10.58	263.58	5.18	4.68	1.72	22.22	1.40	33.80	5.16
3.93	Области со ретко вегетација	57.71	177.26	5.21	4.82	1.94	21.28	1.73	33.75	4.72
3.97	Области со ретко вегетација	43.10	0.00	17.32	4.65	1.61	14.84	3.15	47.00	6.61
3.97	Области со ретко вегетација	43.10	0.00	17.32	4.65	1.61	14.84	3.15	47.00	6.61
4.00	Рударски и индустриски	15.14	0.00	0.00	16.73	1.27	2.99	3.06	7.39	5.38

Според горенаведените претпоставки, каде што се исклучени националните паркови, Емералд локалитетите, заштитените подрачја, земјишните површини чија вкупна површина е помала од 0,5 ха, IPA и IVAs, вкупната површина на сите локации на кои им беа доделени петте најдобри оценки за ФН се проценува на приближно 380 ха. Слика 49 прикажува ГИС карта каде што се прикажани само површините со највисоки оценки. На табела 18 даден е приказ на карактеристики на локациите со

највисоки оценки. Врз основа на претпоставката дека 1 MW фотонапонски електроцентрали може да се инсталираат на земјиште со површина од 1,3 ha, тогаш на вкупната површина на најдобро рангираните, според ова сценарио, може да се инсталираат околу 300 MW.

**Слика 49:** ГИС карта – локациите со пет најдобри оценки за изградба на ФН, според сценариото на случај каде што се исклучени сите национални паркови, Емералд локации, заштитени подрачја, земјишни површини чија вкупна површина е помала од 0,5 ha, IPA и IVA

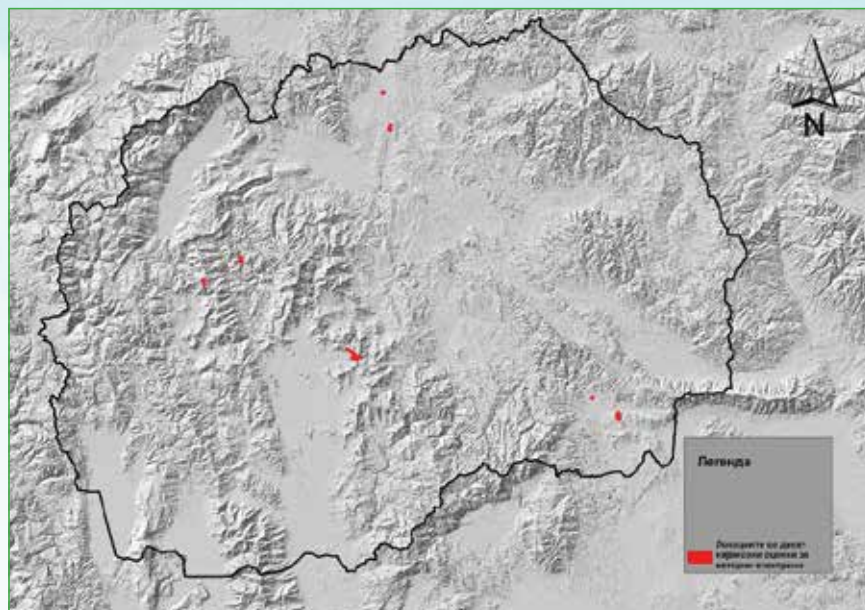
Извор: (Анализа на експертски тим)



Во случајот на ВЕ, околностите околу локациите кои ги добија десетте најдобри оценки се различни од оние за ФН. Табела 20 дава приказ на карактеристиките на локациите кои се со пет најдобри оценки, а на Слика 50 е прикажана ГИС карта на локациите кои ги добиле десетте најдобри оценки за изградба на ВЕ. Вкупна површина што ја покриваат овие локации е приближно 480 ha; ако се претпостави дека за 1 MW капацитет на ВЕ се потребни 10 ha, тогаш на локациите на кои им беа доделени десетте најдобри оценки потенцијално би можеле да се изградат приближно 48 MW капацитет на ВЕ.

**Слика 50:** ГИС карта – локациите со пет најдобри оценки за изградба на ВЕ, според сценариото каде што се исклучени сите национални паркови, Емералд локации, заштитени подрачја, земјишни површини чија вкупна површина е помала од 10 ha, IPA и IVA

Извор: (Анализа на експертски тим)



## ЗАКЛУЧОК

Просторната визуелизација и идентификацијата на локациите кои се соодветни, а истовремено и не контрадикторни една на друга е од најголема важност за транзицијата кон обновлива енергија. Како продолжение на Фазата 1, која беше фокусирана на проценка на ветерниот и сончевиот потенцијал на браунфилд областите во Северна Македонија, Фаза 2 анализира соодветни локации за ВЕ и ФН на целата територија на Северна Македонија. Користената методологија се заснова на методот на повеќе-критериумска проценка со користење на аналитичкиот процес на хиерархија, вклучувајќи стручно расудување и проверки на конзистентност.

Следниот чекор кон просторна идентификација на соодветни области за распоредување на ОИЕ беше собирање гео-референцирани податоци како влез во ГИС. Необработени податоци за 60.000 неплодни земјишни парцели беа обезбедени од националниот катастар. Поради неусогласеност со дадените податоци и нивниот моментален статус, податоците беа филтрирани, споредени според збир на критериуми и намалени на 17.000 соодветни области за понатамошна анализа. Меѓутоа, со користење на овој пристап, само 13 од 31 катастарски регион беа мапирани со помош на податоците доставени од катастарот. Што се однесува до преостанатите области, беше заклучено дека процесот на дигитализација ќе одземе премногу време и труд.

Бидејќи со примарниот пристап не може да се обезбеди распоредување на национално ниво, беше спроведен алтернативен top-down метод со користење на националниот растерски слој и карта на екосистемите на Северна Македонија од која беа избрани четири главни типа на екосистеми како најпогодни за гринфилд инвестиции. За секој тип на екосистем, беше пресметан средниот наклон, а потоа поедноставен во три категории:  $x < 15\%$ ;  $15\% < x < 20\%$  и  $x < 30\%$ . Со цел да се потврди овој пристап, беше извршена споредба и преклопување на слоеви во избрана област, што ја потврди валидноста на методот со преклопување поголемо од 80 проценти.

Понатаму, за секој од избраните критериуми беа генерирани поединечни ГИС карти, кои потоа беа искористени при евалуацијата на локациите. Мапите содржат различни слоеви, вклучувајќи индустриски капацитети, заштитени Емералд подрачја, важни области за птици (IBA), важни растителни области (IPA), региони со биолошка разновидност, реки и инфраструктура, постоечки локации за обновлива енергија, области определени за барања за нов капацитет, локации на метали и други неметални минерали и карстни области. За да се создаде сеопфатен преглед, беше



развиена комплексна карта, која ги интегрира сите заштитени и разгледувани области, постоечки и оперативни локации за обновлива енергија, просечно хоризонтално годишно сончево зрачење и националниот профил на ветерот, сите преклопени на еден слој со цел добивање на една сеопфатна ГИС карта.

Како последен чекор, беше спроведена анализа на чувствителност за секој од типовите на ОИЕ. Применето е повеќе-критериумско оценување и секоја од разгледуваните локации е оценета во согласност со однапред утврдената шема на оценување. По вклучувањето на сите податоци, преклопувањето на различните карти и исклучувањето на областите кои не се погодни за гринфилд инвестиции, вкупната разгледана површина чијашто соодветност беше оценета за инсталации на ФН е приближно 14.500 ha, или приближно 11 GW фотонапонски електроцентрали што може да се инсталираат на овие површини. Вкупната површина за ВЕ е приближно 3.534ha, или еквивалент од 354 MW ветерна енергија што може да се инсталира на ова земјиште. Резултатите добиени од анализата покажуваат дека процесот бил ефикасен, и истиот може да служи како цврста основа за развој на енергетски планови кои се усогласени со националните цели.









**ПЛАНСКИ  
ЕКОЛОШКИ  
ЕКОНОМИЧНО**

За енергетска транзиција  
и користење на обновливи  
извори на енергија

