



**Цялостна методология за определяне на  
зони за ускорено развитие на енергия от  
възобновяеми източници  
чрез използване на мултикритериален  
анализ за вземане на решения (MCDM) и  
географски информационни системи (GIS)**



EPG



HUN  
REN



Centre for  
Energy Research

Supported by:

Federal Ministry  
for the Environment, Climate Action,  
Nature Conservation and Nuclear Safety



on the basis of a decision  
by the German Bundestag



# Съдържание

|                                                                                                          |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Въведение</b>                                                                                      | <b>3</b>  |
| <b>2. Преглед на литературата</b>                                                                        | <b>5</b>  |
| 2.1. Процес на оценка и основни стъпки                                                                   | 5         |
| 2.2. Критерии и прагове/буферни разстояния, прилагани в литературата                                     | 8         |
| 2.3. Методи (MCDM – GIS), прилагани в литературата                                                       | 15        |
| 2.4. Обобщение на други свързани документи<br>в рамките на проекта RENewLand                             | 17        |
| 2.5. Документи за национални принципи                                                                    | 18        |
| <b>3. Необходими данни за цялостен анализ</b>                                                            | <b>21</b> |
| <b>4. Методическо ръководство за процедурата по избор на място</b>                                       | <b>25</b> |
| 4.1. Препоръки, основани на прегледа на литературата                                                     | 25        |
| 4.2. Оценка на тежестите на факторите чрез метод<br>на мултикритериално вземане на решения               | 26        |
| 4.3. Операции в GIS                                                                                      | 29        |
| 4.3.1. Предварителна обработка на пространствените данните                                               | 29        |
| 4.3.2. Определяне на буферни зони и други класове на пригодност                                          | 31        |
| 4.3.3. Операции с растери                                                                                | 32        |
| 4.3.4. Оценка на резултатите                                                                             | 37        |
| <b>5. Обобщение и препоръки</b>                                                                          | <b>39</b> |
| <b>Използвана литература</b>                                                                             | <b>40</b> |
| <b>Приложение</b>                                                                                        | <b>44</b> |
| Приложение 1. Критерии и буферни разстояния в литературата –<br>Вятърни електроцентрали                  | 44        |
| Приложение 2. Критерии и буферните разстояния в литературата – Соларни<br>електроцентрали                | 45        |
| Приложение 3. Препоръчителни буферни разстояния и прагове за трите<br>сценария – Вятърни електроцентрали | 46        |
| Приложение 4. Препоръчителни буферни разстояния и прагове за трите<br>сценария – Соларни електроцентрали | 47        |

# 1. Въведение

Ревизираната Директива за възобновяема енергия (RED – 2023/2413) беше приета на 31 октомври 2023 г. Член 15в от нея гласи, че държавите членки трябва да приемат един или повече планове за определяне на зони за ускорено внедряване на енергия от възобновяеми източници за един или повече видове възобновяеми енергийни източници до 21 февруари 2026 г. Това са зони, в които изграждането на проекти за възобновяема енергия от конкретна технология не се очаква да има значително въздействие върху околната среда. Европейската комисия публикува Насоки за определяне на зони за ускорено внедряване на енергия от възобновяеми източници (Guidance on designating renewables acceleration areas) през май 2024 г. Насоките съдържат незадължителни препоръки относно определянето на зони за ускорено развитие и са съсредоточени върху картографирането на тези зони за наземни фотоволтаични централи и за вятърни проекти на сушата и в морето.

Съгласно насоките има две основни стъпки за определянето на зони за ускорено развитие на енергия от възобновяеми източници: Стъпка 1 е изготвянето на планове за зоната за съответната технология или технологии, които ще се прилагат в различните зони. Това включва идентифициране на зоните (като се вземат предвид приоритетни и изключени зони и картографиране на чувствителни области).

Стъпка 2 е представянето на плановете за процедура по Стратегическа екологична оценка (СЕО), включително подготовка на правилник, съдържащ набор от правила за мерките за намаляване на въздействието, които ще се прилагат в зоните. Всяка зона за ускорено внедряване на енергия от възобновяеми източници трябва да премине през СЕО и да има собствен правилник, който да е максимално конкретен и съобразен с местните условия и контекст.

Очаква се увеличаването на целите за възобновяема енергия да бъде постигнато и чрез увеличаване на площите, заети от възобновяеми енергийни източници. Съвместният изследователски център (JRC) на ЕС картографира техническия потенциал и пригодността на земята за изграждане на проекти за възобновяема енергия в ЕС. В анализа като подходящи за възобновяеми енергийни източници са определени терени, смятани за оптимални за устойчиво използване. Картографирането изключва райони, богати на биоразнообразие, природни резервати и продуктивна земеделска земя, като се дава приоритет на урбанизирани зони и нарушени земеделски земи с ограничени перспективи. Изследванията показват, че има достатъчно подходяща земя за постигане на целите за възобновяема енергия, без да се засягат най-чувствителните от екологична гледна точка територии. Поради тази причина бързото определяне на зони за ускорено развитие на енер-

гия от възобновяеми източници е от съществено значение, за да бъдат избрани терени с подходящи характеристики (ЕЕВ 2024).

Затова е особено важно да се разработи метод за определяне на зони с нисък потенциал за конфликт и ниско ниво на чувствителност, който може да се използва в пространственото планиране и в регулаторните процедури. Идентифицирането на за ускорено внедряване изисква методология, която може да интегрира интересите на различни сектори и гледните точки на различни участници. През целия процес е важно да се провеждат постоянни консултации с експерти и заинтересовани страни от различни области, свързани с възобновяемата енергия (напр. техническа, екологична, социална).

Настоящото проучване е подготвено за Energy Policy Group (EPG) във връзка с проекта RENewLand, финансиран от Европейска инициатива за климата (EUKI). Целите на проекта включват прилагането на мултикритериален подход в процеса на определяне на национални зони за ускорено внедряване за слънчева енергия и вятърна енергия на сушата, както и представяне

на научнообоснована методология за интегрирано пространствено планиране на тези зони в три пилотни региона – Румъния, България и Унгария. Настоящото проучване има за цел да осигури методологична основа за първата част от Стъпка 1, посочена в Насоки за определяне на зони за ускорено развитие на енергия от възобновяеми източници, а именно да се разработи методологично предложение за картографиране на тези зони. След обширен литературен преглед предлагаме метод за пространствено планиране, който интегрира различните дисциплинарни аспекти, свързани с възобновяемата енергия, като използва географски информационни системи (GIS) и инструменти за мултикритериален анализ на решенията (MCDA). При разработването на препоръчания метод предлагаме процес на анализ за два вида енергийни източници (слънчева и вятърна енергия) в съответствие с Директивата за възобновяема енергия чрез създаване на няколко сценария. Изследването на тези сценарии може да подпомогне процеса на определяне на зоните.





## 2. Преглед на литературата

В нашия преглед на изследванията на пригодността на различни територии за соларни и вятърни електроцентрали се фокусирахме върху анализи, направени за Европа. Обикновено тези анализи вземат предвид няколко различни критерия за оценка, които в прегледа на литературата са групирани в следните категории: технически, екологични и социално-икономически. Оценките често използват както ограничаващи или изключващи критерии (картографиране на ограниченията – Sochi et al. 2023), така и оценъчни критерии (или степенуване показатели с различна тежест – карти на конфликтни точки или карти на чувствителни области). Изключващите критерии се отнасят до области, които не са подходящи за внедряване на възобновяема енергия поради тяхната висока екологична чувствителност. Степенуваните показатели представляват аспекти на екологичната чувствителност, които могат да бъдат съотнесени към ползите от потенциала за възобновяема енергия в дадената зона.

Картографирането може да се извършва в различни мащаби. Æko-Institute (2024) отбелязва, че при картографиране на национално ниво могат да се загубят регионални специфики и свързаната с тях информация, поради което се препоръчва извършване на регионално картографиране в допълнение към националните анализи.

Критериите за оценка, включени в анализа на соларните електро-

централи, са обобщени в Приложение 1, а тези, включени в оценката на вятърните електроцентрали – в Приложение 2 (посочени са и праговете/буферните разстояния, които се прилагат). Праговете и буферните разстояния, използвани в литературата, са обобщени в Таблица 1 въз основа на интервала и средните стойности на приложениите тежести.

### 2.1. Процес на оценка и основни стъпки

Във всички случаи, изследванията за потенциала на територията минават през многоетапен процес (Фигура 1). Въпреки това, логическата последователност на стъпките може да се различава, а в литературата са описани няколко различни метода за картографиране, включително различни процеси на оценка. В някои случаи първо се идентифицират изключените зони (дори и в допълнение към силно чувствителните области), а след това се разработват сценарии или се оценяват и класират зони, намиращи се извън изключените и силно чувствителните. Друг подход е първо да се картографира техническият потенциал, след което да се идентифицират и интегрират пространствените фактори на чувствителност и изключване. Основните стъпки на различните подходи са илюстрирани по-долу с няколко примера.

SolarPower (2024) предлага седемстъпков процес в наръчника Renewables Mapping Guidance

(Наръчник за картографиране за ВЕИ): (1) Идентифициране на потенциала, (2) Определяне на благоприятните зони, (3) Идентифициране на мрежова наличност и планиране на разширения на мрежата, (4) Определяне на зони с ниска чувствителност, (5) Определяне на зони за ускорено развитие на енергия от възобновяеми източници, (6) Определяне на зони за ускорено развитие на електропреносната и електроразпределителната мрежа, (7) Консултации и стратегическа екологична оценка. В проучването се подчертава, че капацитетът на мрежата е постоянно променлив параметър, затова подходящите територии следва да бъдат идентифицирани първи. В Sochi et al. (2023) се предлагат следните стъпки по отношение на картографирането на устойчивата възобновяема енергия: (1) Картографиране на пригодността и приоритетите за ВЕИ (картографиране на ограниченията), (2) Идентифициране и картографиране на защитени територии, ценни екосистеми и местообитания, които да бъдат опазени (картографиране на конфликтни точки), (3) Идентифициране и картографиране на културни ценности, (4) Обединяване на резултатите. В проучването се отбелязва, че има два възможни метода за оценка на пригодността на територията: Първият включва пространствен мултикриериален анализ на решенията (GIS-MCDA), а вторият използва локациите на съществуващи вятърни и слънчеви съоръжения, за

да се разработят прогнозни модели.

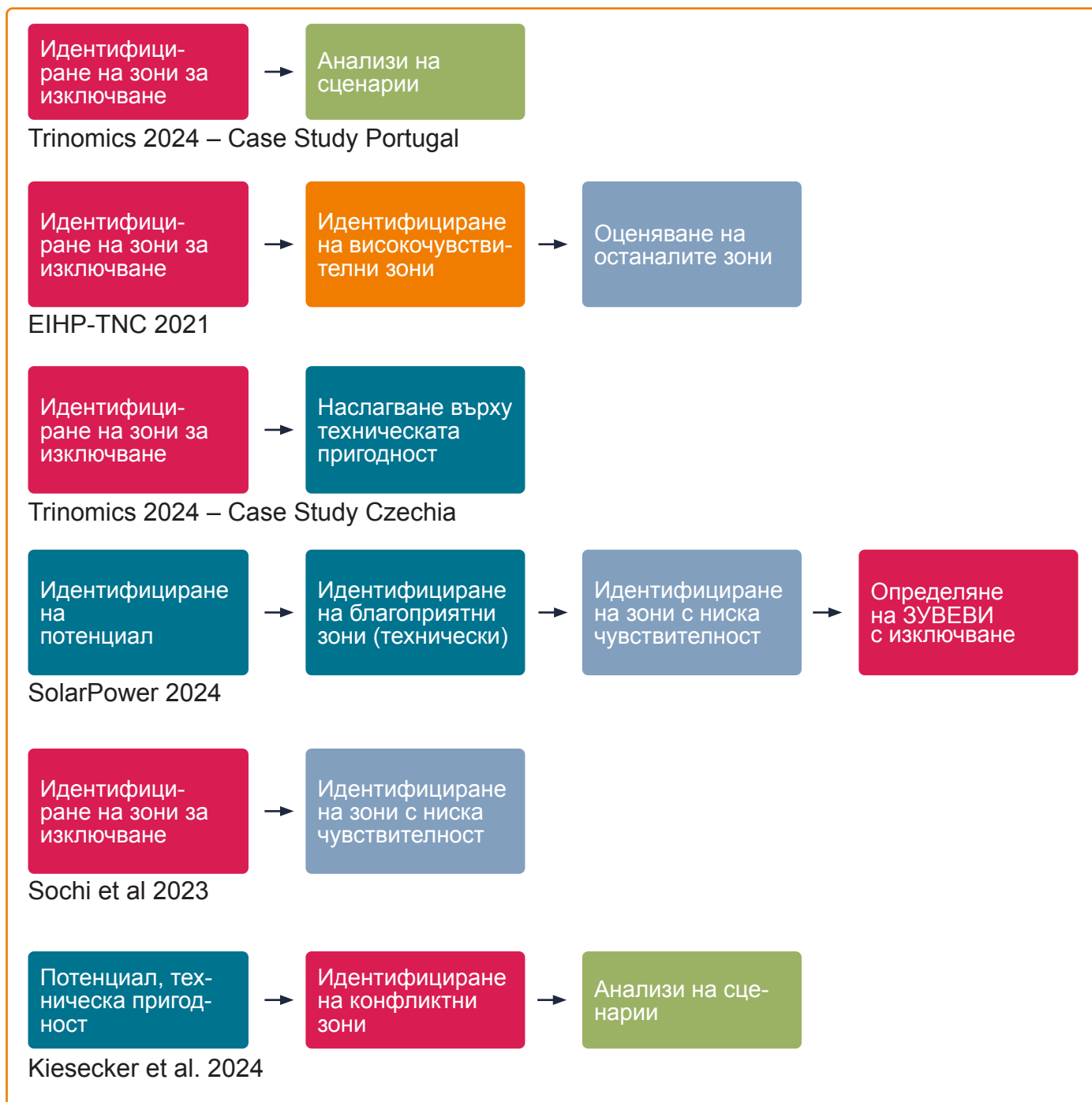
Основните стъпки в анализа на EHP-TNC (2021) за примерен район в Хърватия са следните:

(1) Идентифициране на изключени зони, (2) Идентифициране на силно чувствителни зони, (3) Оценка на останалите зони чрез мултикриериален анализ. В този случай зоните с ниска чувствителност са допълнително подразделени на: отлична, много добра и с добра пригодност.

Kiesecker et al. (2024) разделят анализа на следните стъпки: (1) Разработване на карти на ограниченията, базирани на потенциал и техническа пригодност, (2) Изчисляване на индекс на конфликтите (по различни класове земно покритие и защитени територии, за да се определят зони за нискоконфликтно внедряване на слънчева и вятърна енергия), (3) Сравнение на два сценария.

През 2023 г. е проведено проучване за оценка на потенциала на вятърната енергия (на сушата и в морето) в България, Унгария и Румъния (AIT-REKK 2023), като са взети предвид метеорологични данни и ограничения във връзка със земеползването. За основните входни параметри са извършени анализи на чувствителността въз основа на предварителна идентификация на значимостта на факторите с цел адаптиране на анализа към спецификата на отделните страни. Анализът, базиран на GIS, включва следните стъпки:

1. Съпоставяне на данни за скоростта на вятъра с кривата на мощността на вятърните турбини
2. Вземане предвид на разстоянията до застроената среда
3. Изключване (или илюстративно включване) на природозащитни територии и други категории земеползване, които не са подходящи за внедряване на вятърна енергия.



Фигура 1: Основни стъпки на разгледаните проучвания

## 2.2. Критерии и прагове/буферни разстояния, прилагани в литературата

Сред техническите критерии, използвани при оценката на пригодността на местата за соларни електроцентрали, най-често срещаните са: потенциалът на слънчевата енергия, електропреносната мрежа, пътната и железопътната мрежа. В случая с вятърните електроцентрали, освен инфраструктурните критерии и потенциала на вятърната енергия, в редица оценки се включват и летища, антени, радари или телекомуникационни станции, както и военни зони. Според обзорната статия на Shao et al. (2020), най-често разглежданите технически изключващи критерии за слънчеви и вятърни електроцентрали са пътищата и наклонът на терена.

Изграждането на слънчеви и вятърни съоръжения изисква значителни транспортни дейности и поради това обикновено се планират в близост до транспортни мрежи, за да се намалят разходите за строителство, експлоатация и поддръжка. Близостта до електропреносната мрежа също е от ключово значение за свързването на електроцентралата. Колкото по-голямо е разстоянието, толкова по-високи са разходите за изграждане на нови линии или подстанции. Важно е също така електроенергията да се предава и разпределя с минимални загуби. Поради тази причина електроцентралите обикновено се планират на максимално разстояние от 2 до 10 км от основните елементи на електропреносната и транспортната мрежа (Höfer et al. 2016,

Giamalaki-Tsoutsos 2019, Colak et al. 2020, Günen 2021, Sotiropoulou-Vavatsikos 2021, Tercan 2021, Tercan et al. 2021, Demir et al. 2024). В анализа си на европейските държави, Съвместният изследователски център разглежда като територии с добър потенциал такива, които са разположени на по-малко от 5 км от съществуващата пътна мрежа (ЕЕВ 2024). В някои случаи се отчита и разположението на газопроводи, тъй като териториите в близост до тях могат да бъдат засегнати от риск от теч или експлозия (Colak et al. 2020). Прилагат се също и буферни разстояния около газопроводи, електропреносни линии и елементи на транспортната мрежа, които в разгледаните проучвания варират между 20 и 500 м. Вятърните паркове обикновено използват по-големи буферни разстояния спрямо инфраструктурните елементи. За пътната мрежа средната стойност на буфера е 90 м за соларни паркове и 170 м за вятърни паркове. Обзорът на Rediske et al. (2021) показва, че буферни разстояния от 500 м също са типични за вятърните паркове. По отношение на железопътните линии средният буфер е 75 м за соларни и 120 м за вятърни електроцентрали. Вятърните турбини могат да предизвикват проблеми в работата на системите за комуникация, навигация и наблюдение, свързани с авиационната безопасност (Gigovic et al. 2017, Karipoğlu et al. 2021, Sotiropoulou-Vavatsikos 2021, Tercan 2021). По тази причина около летища, радари и военни обекти се прилагат по-големи буферни разстояния,



вариращи между 250 м и 10 км. Най-големите буферни разстояния обикновено се прилагат около военни зони, със средна стойност от 5,75 км. За летищата средното разстояние е 3,5 км, докато около антени, комуникационни станции и радары в някои случаи е прилаган буфер от едва 250 м. Авиоорганизациите препоръчват по-рестриктивни разстояния, които са показани в Таблица 1. Според доклада на CAN Europe (2024), при картографирането следва да се обмислят и решения за облекчаване (или премахване) на определени ограничения, като например правилата за гражданската авиация и военните интереси в някои случаи.

В изследванията се обхваща широк спектър от природни и екологични параметри, включително топографски, метеорологични, характеристики на земното покритие и природни ценности. Сред топографските фактори наклонът на терена е най-често използва-

ният критерий (Tegou et al 2010, Latinopoulos-Kechagia 2015, Watson-Hudson 2015, Höfer et al. 2016, Gigovic et al. 2017, Sotiropoulou-Vavatsikos 2021, Tercan 2021, Demir et al 2024) а освен него, за соларните електроцентрали често се отчита и изложението (Watson-Hudson 2015, Giamalaki-Tsoutsos 2019, Colak et al. 2020, Finn-McKenzie 2020, Tercan et al. 2021, Vrînceanu et al. 2022). Надморската височина също се взема предвид в редица случаи (Giamalaki-Tsoutsos 2019, Tercan et al. 2021, Vrînceanu et al. 2022), но е по-рядко срещана в разгледаните изследвания. Големите наклони затрудняват изграждането на големи съоръжения и могат да увеличат времето и разходите за строителство. Този аспект е особено важен за ефективността на слънчевите инсталации. Повишаването на надморската височина също може да затрудни строителството поради намалена достъпност. В няколко случая са взети

|                  | Изключение                  | Необходимо оценяване на въздействие / консултация |                                               | Прието                              |
|------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------|
|                  |                             | Подробно                                          | Опростено                                     |                                     |
| EUROCONTROL 2014 | < 500 м                     | < 15 км                                           | > 15 км освен в линията на видимост на радара | извън линията на видимост на радара |
| ICAO 2015        |                             | < 15 км                                           |                                               |                                     |
| CAA 2019         | < 2,1 км (единична турбина) | < 17,2 км (до 10 турбини)                         | < 20 км (летища)                              |                                     |
| DHPLG 2019       |                             | < 20 км                                           |                                               |                                     |
| CAA 2016         |                             | < 30 км (летища)                                  |                                               |                                     |

*Таблица 1: Прилагани буферни разстояния около радары в литературата.*

предвид сеизмично активни зони, за да се намали рискът от структурни повреди (Colak et al. 2020, Günen 2021, Tercan et al. 2021). Не са установени съществени разлики между слънчевите и вятърните електроцентрали по отношение на топографските ограничения. Обикновено райони с надморска височина между 1800 и 2000 м и зони с наклон над 20–22% се изключват от разглеждане. За вятърните паркове на сушата JRC смята за подходящи зони с наклон под 2,1° и зони с добри ветрови условия, тоест коефициент на използване на мощността над 20% (ЕЕВ 2024).

Сред екологичните и природните параметри често се вземат предвид земното покритие и водните басейни или влажните зони и по-рядко се оценяват горски територии, крайбрежни зони и острови. Опазването на водните басейни, езерата, реките и влажните зони като чувствителни екосистеми е важен фактор (Colak et al. 2020, Günen 2021, Sotiropoulou-Vavatsikos 2021, Tercan 2021, Tercan et al. 2021, FHNPI 2024). Около тези зони буферните разстояния за слънчеви централи варират между 10 и 100 м (средно 80 м), а за вятърни централи са по-големи – между 50 м и 1 км, като най-често срещани са разстояния от 100–200 м (средно 280 м). В някои случаи се отчита и разстоянието от крайбрежната линия (Giamalaki–Tsoutsos 2019; Sotiropoulou–Vavatsikos 2021; Tercan 2021), тъй като това може да има значение по технически, екологични и естетически причини. За вятърните паркове буферното разстояние може да бъде до 1,5 км поради визу-

алното въздействие (средно 800 м), а за слънчевите централи — 50 м.

Метеорологични фактори като температура, влажност и брой на дъждовните дни също се вземат предвид при соларните електроцентрали (Günen 2021; Tercan et al. 2021, Vrînceanu et al. 2022). Производственият капацитет на соларните електроцентрали намалява при по-високи годишни валежи, тъй като влагата поглъща част от късовълновото излъчване. Зони с по-ниски средни температури са по-подходящи за повишаване на ефективността на слънчевите паркове. Ефективността на фотоволтаичните системи намалява при температури над 25°C, а райони с висока относителна влажност са по-малко подходящи за слънчево производство на електроенергия. Зони с висока скорост на вятъра могат да предизвикат технически проблеми при разполагането и експлоатацията (например повишено натрупване на прах и пясъчни частици) (Vrînceanu et al. 2022). При вятърните паркове като оценъчни критерии често се разглеждат и миграционните пътища на птиците, местообитанията на птици и убежищата на прилепи (Karipoğlu et al. 2021, Tercan 2021, Demir et al. 2024, FHNPI 2024). Вятърните турбини могат да причинят сблъсъци с птици или прилепи, поради което те трябва да бъдат планирани на възможно най-голямо разстояние от важни орнитологични зони, миграционни пътища на птиците и убежища на прилепи. Буферните разстояния обикновено варират между 200 м и 3 км, в зависимост

от защитаваните видове. Около местообитанията на птици и прилепи средното буферно разстояние е 1–1,2 км, а около миграционните маршрути – средно 2,8 км.

Ръководството на EUROBATS (2014) също изисква използването на буферни зони около национално и регионално значими убежища на прилепи. Следва да се вземе предвид и наличието на съществуващи или потенциално важни местообитания на прилепи, например гори, дървета, дървесни пояси, влажни зони, водни басейни, водни течения, планински проходи, както и новозасадени гори. Определено е минимално буферно разстояние от 200 м около всички видове горски територии, водни басейни или влажни зони, посочени по-горе. Буферното разстояние трябва да се измерва от крайната точка на въртене на перките, а не от оста на кулата.

Зони, които да се смятат за изключени съгласно Директива на ЕС (2023/2413): Защитени зони по „Натура 2000“ и зоните, определени съгласно националните и международни схеми за опазване на природата и на биологичното разнообразие. В почти всички случаи защитените територии от международно и национално значение са включени в категорията на екологичните и природните критерии или, в някои изследвания – в категориите територия с изключителна природна красота (Watson-Hudson 2015, Finn-McKenzie 2020, Harper et al. 2018, FHNPI 2024), в зависимост от прилаганата категория на защита в съответната държава. В няколко проучвания изрично се

посочват видовете защитени територии, които са били взети предвид. В повечето случаи териториите от международно значение са включени заедно с тези от национално значение (напр. Tegou et al. 2010, Latinopoulos-Kechagia 2015, Höfer et al. 2016, Harper et al. 2018, Finn-McKenzie 2020, Sotiropoulou-Vavatsikos 2021, Vrinceanu et al. 2022): Зони от значение за Общността (ЗЗО) или Специални конзервационни зони (СКЗ); Специални защитени зони (СЗЗ), Обекти по Рамсарската конвенция, биосферни резервати, обекти от списъка на Световното наследство. Shao et al. (2020) също установяват, че сред екологичните параметри защитените територии и водните басейни се разглеждат много по-често като изключващи критерии, отколкото други свързани аспекти. Изграждането на слънчеви и вятърни паркове трябва да бъде съвместимо с чувствителността на природните ландшафти поради тяхното въздействие върху дивата природа, биоразнообразието и естетиката. Тези територии често се изключват от анализа поради законови изисквания, а в много случаи се прилагат буферни зони. Използваните разстояния варират между 100 м и 1 км за слънчеви паркове (средно 750 м) и между 300 м и 5 км за вятърни паркове (средна стойност – 1,7 км).

За да се отчете по-пълно естетическата защита на ландшафта, може да се използва анализът на видимостта, предлаган от GIS софтуер, както по време на картографирането, така и при оценката на териториите.

През 2015 г. Работната група на германските Държавния орнитологичен институт публикува общо ръководство за определяне на разстояния от важни защитени територии за птици (ЕС 2024), препоръчвайки буферно разстояние, равно на десет пъти височината на турбината (или поне 1,2 км).

Сред социално-икономическите аспекти най-често срещаният критерий е включването на застроени територии, особено жилищни зони (Shao et al. 2020). В градските райони може да възникне конфликт между пространственото разрастване на жилищните територии и визуалното замърсяване. Вятърните паркове генерират шум и значително визуално въздействие. От друга страна, слънчевите паркове трябва да бъдат разположени възможно най-близо до населените места, за да се намалят транспортните разходи и да се гарантира енергийна сигурност (Höfer et al. 2016, Colak et al. 2020, Günen 2021, Sotiropoulou-Vavatsikos 2021, Tercan 2021, Tercan et al. 2021, Demir et al. 2024). Използваните буферни разстояния са 500 м за слънчевите централи и между 400 м и 3 км за вятърни паркове (средно 1 км). JRC прилага буферно разстояние от 700 м около жилищни райони и 500 м около индустриални обекти за соларни електроцентрали (ЕЕВ 2024). Обектите на Световното наследство или други исторически и културни територии също се вземат предвид в зависимост от законодателството на съответната държава (Tegou et al. 2010, Latinopoulos-Kechagia 2015, Watson-Hudson

2015, Höfer et al. 2016, Giamalaki-Tsoutsos 2019, Finn-McKenzie 2020, Sotiropoulou-Vavatsikos 2021).

Освен това понякога се оценяват и земеделски територии (постоянно напоявани зони, пасища) (Tegou et al. 2010, Watson-Hudson 2015, Sotiropoulou-Vavatsikos 2021), обикновено с буферно разстояние от 200 м. В много случаи се отчита видимостта чрез прилагане на буферни зони (напр. около жилищни или исторически обекти), но съществуват и изследвания, при които са извършвани директни анализи на видимостта – например за населени места, археологически обекти, паметници, плажове, пристанища или туристически зони (Tegou et al. 2010, Gigovic et al. 2017).

Социалната справедливост е важен компонент в процеса на картографиране. По време на оценката могат да се използват различни социално-икономически показатели, които подпомагат достъпа до енергия, разпределението на ползите и осигуряването на справедливи механизми за споделяне на ползите. Примери за такива социално-икономически показатели, които могат да се използват при картографиране, са гъстота на населението, близост до населени места, ниво на заетост, среден доход на домакинствата, общинска собственост върху ВЕИ проекти, достъп до по-евтино електричество за домакинства с ниски доходи и уязвими групи. Трябва да бъде взет под внимание и достъпът до природни ресурси като сладки води и екосистемни услуги (Sochi et al. 2023; CAN Europe 2024). В литературата има по-малко конкретни

примери за прилагането им в реални проучвания. Картографирането обикновено се основава на вида населени места и разстоянията до тях. Но Gigović (2017) например прилага комбиниран подход с аналитичен йерархичен процес (AHP) и GIS в Сърбия, използвайки плътността на населението като критерий за пригодност:

- много ниска пригодност:  $>110$  души/км<sup>2</sup>
- ниска пригодност: 90-110 души/км<sup>2</sup>
- умерено ниска пригодност: 70-90 души/км<sup>2</sup>
- умерена пригодност: 50-70 души/км<sup>2</sup>
- умерено висока пригодност: 30-50 души/км<sup>2</sup>
- висока пригодност: 10-30 души/км<sup>2</sup>
- много висока пригодност:  $<10$  души/км<sup>2</sup>

Harper et al. (2019) използват следните социални параметри, които влияят върху общественото приемане на вятърни турбини въз основа на предходно проучване: процент от местното население с висока квалификация, средна възраст, политически състав на местната власт (напр. дял на политическите партии или профсъюзите в общинския съвет). Тези и допълнителни параметри са обединени в един слой/променлива и използвани за по-нататъшен MCDM–GIS анализ.

EIHP (2021) в Хърватия отчита броя на жителите като социален показател, наред с разстоянието до населени места, културни ценности и визуално въздействие.

Зоните, свързани с риск от

наводнения, и тези, изискващи специална защита на повърхностните и подпочвените води, се третират по различен начин в отделните държави при липса на конкретни разпоредби. Според изследването на Европейската комисия (ЕС 2024), Испания, Португалия и проектът в Хърватия (EIHP–TNC 2021) изключват тези територии от зоните за ускорено внедряване на енергия от възобновяеми източници. Във Франция обаче те не се изключват, а изискват специално внимание поради тяхната екологична чувствителност. Проучването на Öko-Institut e.V. (2024) препоръчва при картографирането да се взема предвид съществуващата инфраструктура за възобновяема енергия. Така може по-добре да се оцени кумулативното въздействие на проектите в процеса на планиране.

В доклада на CAN Europe (2024) се подчертава потенциалът на многофункционалното използване на земята, например чрез агрофотоволтаични системи, като многофункционалното използване насърчава синергиите между производството на възобновяема енергия и други видове земеползване.

Друг възможен подход за многофункционално ползване е съчетаването на възстановяването на природата с ВЕИ проекти. Например слънчевите паркове могат да допринасят за възстановяването на нарушени земи, когато се комбинират с устойчиви земеделски практики. Това може също така да подобри състоянието на почвите и да увеличи биоразнообразието (ЕС 2024).

В Таблица 2 са представени



някои от критериите и показателите и приложените им диапазони спо-

ред научните изследвания:

|                       | Критерии                                                     | Слънчева електроенергия           |                                 |                             | Вятърна електроенергия          |                                 |                               |                             |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
|                       |                                                              | Критерии за изключване - интервал | Критерии за изключване - средно | Sochi et al. 2023 - преглед | Критерии за изключване-интервал | Критерии за изключване - средно | Rediske et al. 2021 - преглед | Sochi et al. 2023 - преглед |
| Технически            | Свързване към електропреносната мрежа                        |                                   |                                 | > 10 км                     |                                 |                                 |                               | > 10 км                     |
|                       | Високовоптова електропреносна мрежа                          | < 0,1 км, > 10 км                 | < 0,1 км, > 10 км               | < 0,2 км                    | < 0,1-0,5 км > 2-10 км          | < 0,25 км, > 6 км               |                               | < 0,2 км                    |
|                       | Пътища                                                       | < 0,05-0,1 км > 5 км              | < 0,09 км, > 4,5 км             | < 0,15 км, > 10 км          | < 0,02-0,3 км > 2,5-10 км       | < 0,165 км, > 6,25 км           | < 0,5 км                      | < 0,15 км, > 10 км          |
|                       | Железопътни линии                                            | < 0,05-0,1 км                     | < 0,09 км                       | < 0,15 км                   | < 0,1-0,15 км                   | < 0,125 км                      |                               | < 0,15 км                   |
|                       | Въгледородни тръбопроводи                                    | < 0,03-0,07 км                    | < 0,05 км                       | < 0,15 км                   | < 0,2                           | < 0,2                           |                               | < 0,15 км                   |
|                       | Летища                                                       | < 0,05 км                         | < 0,05 км                       | < 5 км                      | < 0,5-10 км                     | < 3,44 км                       | < 2,5 км                      | < 5 км                      |
|                       | Анени, радари и телекомуникационни станции                   |                                   |                                 |                             | < 0,25-1 км                     | < 0,5 км                        |                               | < 0,5 км                    |
|                       | Военни зони                                                  | < 0,1 км                          | < 0,1 км                        |                             | < 0,1-10 км                     | < 4,6 км                        | < 5 км                        |                             |
|                       | Потенциал на слънчевата енергия (kWh/m <sup>2</sup> /година) | < 1000-1200                       | < 1130                          | < 1095                      |                                 |                                 |                               |                             |
|                       | Средна скорост на вятъра                                     | > 6 м/с                           | > 6 м/с                         |                             | < 3,5-6 м/с                     | < 4,4 м/с                       | 7-25 м/с                      | 5 м/с                       |
| Екологично-природни   | Застрашени от наводняване зони                               |                                   |                                 |                             | < 0,5 км                        | < 0,5 км                        |                               |                             |
|                       | Продължителност на слънчевото греене                         | < 1800 ч                          | < 1800 ч                        |                             |                                 |                                 |                               |                             |
|                       | Средна температура                                           | < 5°C                             | < 5°C                           |                             |                                 |                                 |                               |                             |
|                       | Наклон на терена                                             | > 9-28 %                          | > 20 %                          | > 10 %                      | > 7-30%                         | > 22,6 %                        | > 15-25° (27-45%)             | > 10 %                      |
|                       | Надморска височина                                           | > 1000-3000 м                     | > 1875 м                        |                             |                                 |                                 | > 2000 м                      | > 2000 м                    |
|                       | Разломни линии на земетресения                               |                                   |                                 |                             | < 0,15-0,5 км                   | < 0,33 км                       |                               |                             |
|                       | Горски зони                                                  | < 0,1 км                          | < 0,1 км                        | < 0,3 км                    | < 0,2 км                        | < 0,2 км                        |                               | < 0,3 км                    |
|                       | Водни басейни                                                | < 0,01-0,1 км                     | < 0,075 км                      | < 0,3 км                    | < 0,05-0,2 км                   | < 0,11 км                       | < 0,4 км                      | < 0,3 км                    |
|                       | Влажни зони                                                  | < 0,1 км                          | < 0,1 км                        | < 1 км                      | < 0,1-1 км                      | < 0,55 км                       |                               | < 1 км                      |
|                       | Миграционни пътища на птиците                                |                                   |                                 |                             | < 2,5-3 км                      | < 2,8 км                        |                               |                             |
|                       | Местообитания на птици                                       |                                   |                                 |                             | < 0,2-3 км                      | < 1,2 км                        |                               |                             |
|                       | Местообитания на прилепи                                     |                                   |                                 |                             | < 1 км                          | < 1 км                          |                               |                             |
|                       | Пясъчни дюни                                                 |                                   |                                 |                             | < 1 км                          | < 1 км                          |                               |                             |
|                       | Брегова зона и брегова линия                                 | < 0,05-1 км                       | < 0,525 км                      | < 1 км                      | < 0,1-1,5 км                    | < 0,87 км                       |                               | < 1 км                      |
|                       | Лавини, свлачища                                             |                                   |                                 |                             | < 1 км                          | < 1 км                          |                               |                             |
|                       | Защитени природни територии                                  | < 0,5-1 км                        | < 0,8 км                        | < 1 км                      | < 0,3-5 км                      | < 1,7 км                        | < 0,5-1 км/ 1-5 км            | < 1 км                      |
| Социално-икономически | Райони с изключителна природна красота                       | < 0,5-1 км                        | < 0,75 км                       |                             | < 1-2 км                        | < 1,5 км                        |                               |                             |
|                       | Обекти на световното наследство                              | < 0,5-1 км                        | < 0,75 км                       |                             | < 1 км                          | < 1 км                          |                               |                             |
|                       | Историческо/културно наследство                              | < 0,01-1 км                       | < 0,53 км                       |                             | < 0,5-1 км                      | < 0,7 км                        | < 0,2 км                      |                             |
|                       | Градски райони                                               | < 0,1-0,5 км                      | < 0,42 км                       | < 0,8 км                    | < 0,4-3 км                      | < 1 км                          | < 1-3 км                      | < 0,8 км                    |
|                       | Туристически съоръжения, туристически обекти                 |                                   |                                 |                             | < 1 км                          | < 1 км                          |                               |                             |
|                       | Земеделски площи                                             |                                   |                                 | < 0,05 км                   | < 0,2 км                        | < 0,2 км                        | < 0,5 км                      |                             |
|                       | Пасища                                                       |                                   |                                 |                             | < 0,2 км                        | < 0,2 км                        |                               |                             |
|                       | Индустриални райони, минни зони                              |                                   |                                 | < 0,1 км                    | < 0,5 км                        | < 0,5 км                        |                               | < 0,1 км                    |
|                       | Електроцентрали                                              |                                   |                                 | < 0,15 км                   |                                 |                                 |                               | < 0,15 км                   |
|                       | Вятърни турбини                                              |                                   |                                 | < 0,3 км                    |                                 |                                 |                               | < 0,3 км                    |

Таблица 2: Обобщение на буферните разстояния и праговете в литературата.

### 2.3. Методи (MCDM – GIS), прилагани в литературата

Тъй като изборът на местоположение за различни инфраструктурни и енергийни проекти обикновено е сложна задача, изискваща сътрудничество между различни области и компромис между разнообразни гледни точки и приоритети, в тези проекти често се използват инструменти за мултикритериално вземане на решения (MCDM) (Таблица 3). През годините основните MCDM инструменти са разширени с данни, базирани на аналитичния йерархичен процес (AHP) и географските информационни системи (GIS). Ранни примери за прилагане на такива комбинирани методи могат да се открият при избора на площадки за депа за отпадъци (Amiri et al. 2022). По-късно, когато използването на комбинирани методи се превърна в стандартизиран и общоприет подход за вземане на решения, натрупаният опит беше приложен и в различни области на енергетиката – включително вятърна енергия в морето (Abdel-Basset et al. 2021), вятърна енергия на сушата (Rehmann et al. 2020) и слънчева енергия (Kocabaldir–Yücel 2020). Всички разгледани в настоящото проучване публикации използват методите MCDM и GIS заедно. Някои анализи на пригодността на терени прилагат геостатистически методи и програмиране на езика R, за да решат сложни пространствени задачи за оценка или оптимизация (Kaya et al. 2019). Освен AHP съществуват и множество други MCDM методи,

като например TOPSIS, анализ на оперативната среда (DEA) и неясно (fuzzy) вземане на решения, които често се използват в енергийното планиране и управление.

Най-често прилаганият метод за избор на места е AHP, който използва двойствени сравнения, за да оцени относителната важност на всеки фактор. Това позволява анализ на комплексни задачи за вземане на решения. Методът често включва експерти от различни заинтересовани страни, свързани с възобновяемата енергия. Така се съчетава оценката на различни категории фактори – технически, икономически, екологични, социални и други – при избора на подходящи места (Höfer et al. 2010, Tegou et al. 2010, Latinopoulos-Kechagia 2015, Watson-Hudson 2015, Colak et al. 2020, Finn-McKenzie 2020, Günen 2021, Demir et al. 2024). Освен това често се прилага методът на претеглената линейна комбинация (WLC) (Latinopoulos–Kechagia 2015; Gigovic et al. 2017, Tercan 2021, Tercan et al. 2021). Това е агрегиращ подход, използван за комбиниране на критериите. При този метод всеки фактор се умножава по определена тежест, а резултатите се сумират чрез алгебра на картите, за да се получи крайният индекс на пригодност. В редица случаи се разглеждат различни сценарии за картата на пригодността, при които се използват различни тежести – например икономически или екологични модели. Това позволява да се оцени чувствителността на модела, като се анализира как различните стойности на тежестите влияят

върху крайния резултат. За допълнителни подробности читателят може да се обърне към раздел 4.2.

Резултатите от АНР претеглянето в разгледаните анализи зависят от разглежданите аспекти, проучената територия и използваните сценарии. Höfer et al. представят използваните тежести на относителна важност [%], получени чрез АНР. В техния анализ потенциалът на вятърната енергия получава най-високо тежест, като също така разстоянието от природни среди и разстоянието от урбанизирани зони са отчетени като важни фактори. Tercan (2021) провежда АНР анализ с участието на шест експерти, като средните получени тежести са представени в Таблица 4. В този случай скоростта на вятъра отново

е оценена като най-значим фактор, следвана от земното покритие, близостта до защитени територии и близостта до населени места. За соларни електроцентрали примери за използваните тежести могат да се намерят в анализа на Günen (2021). В този случай най-висока тежест е дадена на GHI (глобална хоризонтална радиация) и изложение, следвани от разстоянието до електропреносната мрежа. Също така земното покритие (включително защитени територии) и годишната средна температура са оценени с високи стойности на тежест. След тях следва разстоянието от населени места. Анализите показват, че потенциалът на ВЕИ заема водещо място в претеглянето.

**Таблица 3: Прилагани методи в литературата. АНР: аналитичен йерархичен процес; АНР: аналитичен мрежов процес; WLC: претеглена линейна комбинация; BWM: метод на най-добрата и най-лошата алтернатива; WO: претеглено наслагване, PR: PROMETHEE, IDW: обратно претеглено разстояние**

|                              | MCDM методи |     |     |         |       |     |    |    |     | GIS | Анализ на сценарий |
|------------------------------|-------------|-----|-----|---------|-------|-----|----|----|-----|-----|--------------------|
|                              | АНР         | АНР | WLC | DEMATEL | MAIAC | BWM | WO | PR | IDW |     |                    |
| Latinopoulos-Kechagia 2015   | x           |     | x   |         |       |     |    |    |     | x   | x                  |
| Watson-Hudson 2015           | x           |     |     |         |       |     |    |    |     | x   | x                  |
| Gigovic et al. 2017          |             | x   | x   | x       | x     |     |    |    |     | x   | x                  |
| Giamalaki-Tsoutsos 2019      | x           |     |     |         |       |     |    |    |     | x   | x                  |
| Finn-McKenzie 2020           | x           |     |     |         |       |     |    |    |     | x   |                    |
| Colak et al. 2020            | x           |     |     |         |       |     |    |    |     | x   |                    |
| Günen 2021                   | x           |     |     |         |       |     |    |    |     | x   |                    |
| Tercan et al. 2021           | x           |     | x   |         |       |     |    |    |     | x   |                    |
| Vrinceanu et al. 2022        |             |     |     |         |       |     | x  |    |     | x   |                    |
| Tegou et al. 2010            | x           |     |     |         |       |     |    |    |     | x   | x                  |
| Höfer et al. 2010            | x           |     |     |         |       |     |    |    |     | x   | x                  |
| Demir et al. 2024            | x           |     |     |         |       |     |    |    |     | x   |                    |
| Sotiropoulou-Vavatsikos 2021 |             |     |     |         |       |     |    | x  |     | x   | x                  |
| Tercan 2021                  |             |     | x   |         |       | x   |    |    |     | x   |                    |

Защитените територии, земното покритие и разстоянието от населени места обикновено получават по-висока тежест сред факторите, отнасящи се до чувствителността.

## 2.4. Обобщение на други свързани документи в рамките на проекта RENewLand

В рамките на проекта RENewLand, Trinomics проведе през 2024 г. проучване, в което бяха представени добри практики в пространственото планиране и бяха предложени методи за тяхното прилагане. Проучването също така представи добри практики в законодателната рамка, институционалното сътрудничество и включването на заинтересовани страни. Настоящото проучване се фокусира

върху прилагането на добрите практики, свързани с процеса на изготвяне на карти на зоните за ускорено развитие на енергия от възобновяеми източници.

В Португалия е приложен подход на картографиране на чувствителните области, при който са събрани данни за територии за изключване, създадена е GIS база данни, а потенциалните зони за ускорено развитие на енергия от възобновяеми източници са определени като територии без ограничителни фактори. Накрая са анализирани различни сценарии. В Хърватия е приложен подобен подход, при който чрез картографиране на чувствителните области са определени зоните за изключване, след което са идентифицирани високо-

|                        | Höfer et al. 2016              |                         | Tercan 2021                            |        |                                     | Günen 2021                           |        |
|------------------------|--------------------------------|-------------------------|----------------------------------------|--------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------|
| Вятърни електростанции | Критерии                       | Относителна важност (%) | Критерии                               | Тегла  | Соларни електростанции              | Критерии                             | Тегла  |
|                        | Потенциал на вятърната енергия | 21,6                    | Скорост на вятъра                      | 0,2301 |                                     | Глобална хоризонтална радиация (GHI) | 0,5556 |
|                        | Природни среди                 | 20,4                    | Земно покритие / земеползване          | 0,2041 |                                     | Изложение                            | 0,5278 |
|                        | Градски райони                 | 18,5                    | Специфични защитени територии          | 0,1059 |                                     | Електропреносна мрежа                | 0,4140 |
|                        | Електрическа мрежа             | 8,0                     | Градски населени места                 | 0,1053 |                                     | Земно покритие / земеползване        | 0,3325 |
|                        | Пътна мрежа                    | 7,4                     | Наклон на терена                       | 0,0879 |                                     | Средна годишна температура           | 0,2141 |
|                        | Забележителности               | 7,2                     | Влажни зони и важни орнитологични зони | 0,0775 |                                     | Населени места                       | 0,1698 |
|                        | Ландшафтна архитектура         | 6,2                     | Електропреносни линии                  | 0,0749 |                                     | Пътнотранспортна мрежа               | 0,1464 |
|                        | Тип земно покритие             | 6,0                     | Летища                                 | 0,0637 |                                     | Наклон на терена                     | 0,1397 |
|                        | Наклон на терена               | 4,6                     | Главни пътища                          | 0,0507 |                                     | Средни годишни валежи                | 0,1186 |
|                        |                                |                         |                                        |        | Средна годишна относителна влажност | 0,1117                               |        |
|                        |                                |                         |                                        |        | Разломни линии                      | 0,1016                               |        |
|                        |                                |                         |                                        |        | Езера и язовири                     | 0,0592                               |        |
|                        |                                |                         |                                        |        | Реки                                | 0,0592                               |        |
|                        |                                |                         |                                        |        | Железопътна транспортна мрежа       | 0,0498                               |        |

Таблица 4: Примери от литературата за АНР претегляне

чувствителни зони (които не винаги са законово защитени, но често попадат под определена форма на опазване или устойчиво управление), а останалите територии са оценени по няколко критерия чрез мултикритериален анализ. В Чехия са дефинирани „избрани“ зони, за да се идентифицират подходящи територии за вятърни и соларни проекти чрез мултикритериален и многоетапен подход. Зоните за изключване са наложени върху картата на потенциално подходящите територии за внедряване на ВЕИ. В Чехия летищата и териториите с критично значение за националната отбрана се оценяват индивидуално за всеки отделен случай.

Добри практики при картографирането според проучването на Trinomics:

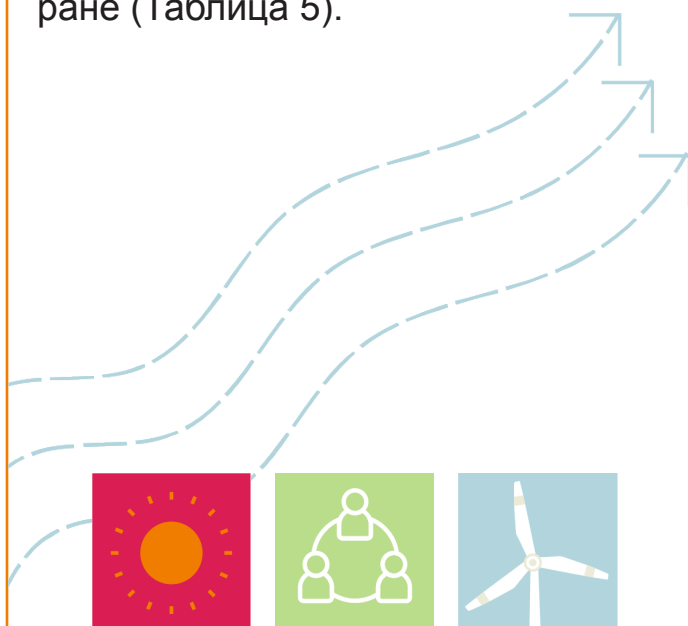
- Идентифициране и управление на спорни зони – зони, които не са предмет на пряко изключване съгласно ревизираната Директива за възобновяема енергия, но при които определянето на зони за ускорено развитие на енергия от възобновяеми източници може да породии конфликти.
- Разработване и използване на инструменти за вземане на решения – тези инструменти могат да помогнат за разрешаване на локални конфликти и балансиране на конкуриращи се форми на земеползване, като предоставят структуриран подход за оценка и/или класиране на потенциалните територии за ВЕИ проекти, както и по-ясно разбиране относно наличните

земи и възможните компромиси при изключване на чувствителни зони.

- Класиране на потенциалните зони – освен картографирането на подходящите територии, идентифицирането на най-подходящото място включва и класиране по степен на пригодност на всяка зона.
- Разработване на различни сценарии – помага да се изясни „тежестта“ на ключовите спорни изключения от гледна точка на земята.

## 2.5. Документи за национални принципи

В по-ранен етап от проекта RENewLand чрез работни срещи и въпросник бяха определени националните принципи на изследваните държави. Въз основа на получените документи бяха идентифицирани следните предизвикателства и принципи при оценката на пригодността на земята в България, Унгария и Румъния, които трябва да се вземат предвид при разработването на методологията за картографиране (Таблица 5).





| България                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Унгария                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Румъния                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Приоритизиране на нарушени територии (и урбанизирани райони)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Критерии за изключване:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Σ Защитените територии, независимо дали са под национална или международна защита, са приоритетни</li> <li>Σ Важни екологични коридори и горещи точки на биоразнообразието извън защитените природни зони</li> <li>Σ Важни места за размножаване, отглеждане, зимуване и миграция</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Опазване на ландшафта, пасищата и най-ценните почви                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Съчетаване на зоните на производство и на потребление на енергия                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Необходимост от стандартизирани, качествени, подробни и актуални данни                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Прагове за техническа пригодност:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Плътност на вятъра <math>\geq 300 \text{ W/m}^2</math>, скорост <math>\geq 6 \text{ m/s}</math> при 150 м</li> <li>Геологично стабилни територии, нисък риск от ерозия и земетресения</li> <li>Потенциал за енергия от фотоволтаици <math>\geq 1200 \text{ kWh/kWp}</math></li> <li>Наклон (за фотоволтаици): <math>&lt; 10\%</math> (неградски райони), <math>&lt; 45\%</math> (градски райони)</li> <li>За фотоволтаици: високоприоритетни изложения: юг, югоизток, югозапад; среден приоритет: североизток, северозапад; нисък приоритет: север, с твърде голям наклон</li> <li>Приоритет: територии в рамките на 10 км от най-близката подстанция</li> <li>Възможно най-близо до райони с високо потребление на електроенергия</li> </ul><br><b>Допълнителни важни критерии и буферни разстояния / прагове:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Крайбрежни зони с буферни ивици (изключване)</li> <li>Гори</li> <li>Високоплодородни земеделски земи</li> <li>Ловни полета</li> <li>Реки, езера, влажни зони, плажни ивици, пясъчни дюни</li> <li>Естествени и полуестествени тревни екосистеми, храсти, скални терени, други територии с потенциал за високо биологично разнообразие</li> <li>Екосистемни услуги*</li> <li>Населени места: мин. 500 м</li> </ul> | <b>Прагове за техническа пригодност:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>вятърна електроенергия: <math>&gt; 00 \text{ W/m}^2</math> при 150 м, скорост <math>&gt; 6 \text{ m/s}</math></li> <li>Наклон за фотоволтаици: <math>&gt; 10^\circ</math></li> <li>Съществуващи точки за присъединяване</li> <li>(Планирани) маршрути на линейна инфраструктура: 50 - 250 м</li> </ul><br><b>Допълнителни важни критерии и буферни разстояния / прагове:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Защитени природозащитни територии (изключване): вятърни инсталации – 1500 м, фотоволтаици – няколкостотин метра</li> <li>СЗЗ, обекти по Рамсарската конвенция, местообитания на мигриращи птици, водни площи <math>&gt; 10 \text{ ха}</math> и са с поне регионална значимост за водните птици: 1200-5000 м за вятърни инсталации</li> <li>Важни местообитания на прилепи, входове на пещери и мини: 1000 м</li> <li>Гори (изключване): 200-250 м</li> <li>Зони за защита на подземни води и карстови терени (изключване за фотоволтаици)</li> <li>Влажни зони без постоянно водно покритие (изключване за фотоволтаици)</li> <li>Обекти на световното наследство (изключване за вятърни инсталации)</li> <li>Пасища (изключване за фотоволтаици)</li> <li>Влажни зони, водни басейни и големи водни течения: 200-500 м за фотоволтаици</li> <li>Високозащитени видове</li> <li>Опазване на територии с изключителна ландшафтна стойност</li> <li>Културни ценности: 150 м за вятърни инсталации</li> <li>Жилищни и застроени територии: 700 м за вятърни инсталации</li> <li>Радари: 10-24 км</li> <li>Приоритет: територии, в които вече е настъпила трансформация на ландшафта, нарушени земеделски земи</li> </ul> | <b>Допълнителни важни критерии:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Територии с висок потенциал за екологично възстановяване (напр. влажни зони/заливни равнини)</li> <li>Капацитет на преносната и разпределителната мрежа</li> <li>Нискокачествени земеделски земи</li> </ul>                         |
| <b>Други принципи:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Сравнение на резултатите с териториите, необходими за постигане на националните цели за ВЕИ</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <b>Други принципи:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Зоните трябва да се определят там, където състоянието на природата няма да се влоши</li> <li>Анализ на връзката между определените чрез пространствени методи зони за ускорено развитие на енергия от възобновяеми източници (местоположение и размер)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>Други принципи:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Зоните за ускорено развитие на енергия от възобновяеми източници да се насърчават в по-слабо икономически развити региони</li> <li>След идентифициране на зоните за изключване – установяване на потенциала за ресурси и за капацитет</li> </ul> |

**Таблица 5: Национални принципи, свързани с определянето на зони за ускорено развитие на енергия от възобновяеми източници**

\* Екосистемни услуги:

- естествени екосистеми с високо значение за регулирането на качеството на въздуха и климата, количеството и качеството на водите, ерозията на почвите;
- естествени екосистеми, важни за намаляване на честотата на природни бедствия;
- територии, които са източник

на храна, опрашване и сладка вода;

- естествени екосистеми със значение за културното наследство и екотуризма.

\*\* Препоръчва се индивидуална оценка на буферните разстояния около горски пояси и мрежи от живи плетове, обекти на Световното наследство и летища.



### 3. Необходими данни за цялостен анализ

Настоящата глава разглежда факторите за пригодност (критерии или показатели), тяхната хармонизация и възможности за групиране. Директивата за възобновяема енергия съдържа териториални аспекти, които трябва да бъдат взети предвид при планирането. Приоритет трябва да се дава на следните територии:

- „изкуствени и застроени площи като покриви и фасади на сгради, транспортна инфраструктура и тяхната пряка заобикаляща ги среда, зони за паркиране,
- земеделски стопанства,
- площадки за отпадъци,
- промишлени обекти, рудници,
- изкуствени вътрешни водни басейни, езера или резервоари и,
- когато е целесъобразно, обекти за пречистване на градски отпадъчни води, както и земи с влошено качество, които не могат да се използват в селското стопанство“.

Изключват се следните територии:

- „защитени зони по „Натура 2000“ и зоните, определени съгласно националните схеми за опазване на природата и на биологичното разнообразие,
- големите миграционни маршрути за птици и морски бозайници,
- както и други зони, които се определят с помощта на карти на чувствителните области и на инструменти (с изключение на изкуствените и застроени площи, разположени в тези

зони, като покриви, зони за паркиране и транспортна инфраструктура)“.

За да се изготви комплексен анализ на пригодността на териториите, който взема предвид множество интереси, е необходимо да се отчетат различни аспекти. Експертите трябва да се стремят към пълнота още при подбора на критериите. При правилен избор на критерии трябва да се обмислят всички потенциални фактори – както очевидно важните, така и тези с по-слабо въздействие. Като се вземат предвид критериите и се обхване широк спектър от тях, може да се избегне усложнен, продължителен и трудоемък процес, който би завършил с неуспех или поне с незадоволителни резултати.

Повечето фактори се срещат универсално във всички изследвани райони, включително в различни държави. Например, навсякъде може да се очакват добре осветени или гъсто населени територии, макар че тяхната интензивност или разпределение може да варират по места. Освен това може да има специфични за района фактори, които поради своята уникалност са характерни само за определен географски регион.

Може да се случи и така, че даден фактор присъства в различни зони, но неговото тълкуване се различава. Такъв пример са националните паркове, които съществуват във всички европейски държави, но правната им дефиниция се раз-

личава въпреки усилията за хармонизация в ЕС. В такива случаи е полезно да се сравняват ясно свързани фактори. Това значително улеснява анализа, като се правят само малки компромиси с детайлите.

Може да се приеме, че факторите са сходни във всички изследвани държави – например местообитанията на птици винаги представляват висока природна ценност и във всички държави трябва да се спазват защитни разстояния около критична линейна инфраструктура. Различията могат да се проявят в размера на санкциите при увреждане на местообитания или в дефинирането на защитните зони, но този тип сравнение изисква подробен правен анализ, който авторите не предприемат. Обхватът, относимостта и взаимовръзките на елементите с други фактори по същество е малко вероятно да оказват съществено влияние върху резултатите от при провеждането на изследване. Въз основа на това и отчитайки необходимостта от лесна хармонизация между факторите, експертите, провеждащи изследването, имат възможност внимателно да свързват отделни фактори един с друг дотолкова, доколкото това не застрашава качеството на анализа. Това изисква внимателна преценка, а при първоначалните резултати може да наложи повторно структуриране на хармонизацията по итеративен метод.

При критерии с голям брой компоненти е препоръчително те да бъдат групирани и обработвани по единен начин въз основа на сходните им характеристики. Гру-

пирането също има своята роля в опростяването на следващите етапи на работния процес, представени в проучването в раздел 4.2.

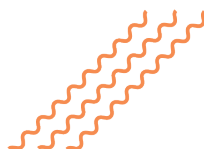
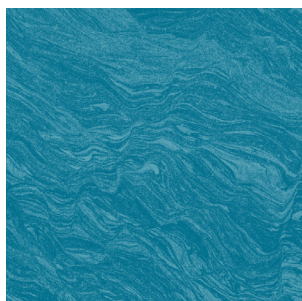
Аспектите, предложени от консорциума RENewLand, допълнени с факторите, предложени от авторите на проучването, са представени в Таблица 6. Съгласно горното авторите предлагат и групиране на многобройните фактори, когато това е необходимо и възможно. Имената на групираните фактори, използвани в АНР анализа, са изписани с курсив в таблицата.

Събирането на необходимите геопространствени данни или статистически данни може да бъде предизвикателство при изграждането на обширни пространствени бази данни за различни региони и мащаби. Източниците им могат да бъдат: официални (местни институции, държавни органи, академичен сектор, статистически служби), частни (продукти на частни компании) или отворени източници (публично достъпни, но понякога с по-ниска надеждност). Въпреки че официалните източници се смятат за най-надеждни, предоставянето на данни от национални или местни власти може да отнеме дълго време (според опита на авторите), а в някои случаи определени данни изобщо не са налични (тъй като предоставянето им не попада в обхвата на дейността на даден орган или институция). Ако определени данни липсват на национално или местно ниво, те понякога могат да бъдат свалени от базите данни на ЕС или други международни институции и изследователски цен-

трове. Такива данни обикновено са достъпни безплатно, основно за научни цели. Липсващите данни могат да бъдат компенсирани и чрез възлагане на пазарен оператор, специализиран в тази дейност, който да осигури теренни проучвания или данни от дистанционни наблюдения. Този метод обаче може да бъде много скъп, в зависимост от вида на данните. Използването на отворени бази данни предлага бърз и безплатен достъп, но тяхното съдържание често е ограничено или с по-ниско качество.

Потребителят трябва внимателно да оцени възможностите си,

отчитайки финансовите ресурси, сроковете и изискванията за качество на данните. В зависимост от целта на задачата, изискванията към качеството и очакваните резултати е препоръчително предварително да се направи проучване на достъпните бази данни, преди да започнат тестове. Ако необходимите данни и показатели липсват, трябва да се предприемат действия за замяната им – чрез генериране на нови данни, извличане от други бази, модифициране на съществуващи или използване на алтернативни такива.





| Критерии                                                       | Вятърни електроцентрали                                                                                                      |                                   |                                   | Соларни електроцентрали           |                                   |                                   |
|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
|                                                                | Сценарий 1: Екологичен                                                                                                       | Сценарий 2: Технически            | Сценарий 3: Социално-икономически | Сценарий 1: Екологичен            | Сценарий 2: Технически            | Сценарий 3: Социално-икономически |
| <b>Технически</b>                                              |                                                                                                                              |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
| Точка на свързване към електропреносната мрежа                 |                                                                                                                              |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
| Главни пътища                                                  |                                                                                                                              |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
| Високоволтова електропреносна мрежа                            |                                                                                                                              |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
| Въглеродородни тръбопроводи                                    |                                                                                                                              |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
| Железопътни линии                                              |                                                                                                                              |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
| Летища                                                         |                                                                                                                              | Авиация                           | Авиация                           |                                   |                                   |                                   |
| Радарни станции                                                |                                                                                                                              |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
| Военни зони                                                    |                                                                                                                              |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
| Средна скорост на вятъра                                       |                                                                                                                              |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
| Глобална хоризонтална радиация                                 |                                                                                                                              |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
| Релеф (цифров модел на терена)                                 |                                                                                                                              |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
| Застрашени от наводняване зони                                 |                                                                                                                              |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
| Защитени водни резервати                                       |                                                                                                                              |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
| <b>Екологично-природни</b>                                     |                                                                                                                              |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
| Местообитания на прилепи                                       |                                                                                                                              |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
| Миграционни маршрути и местообитания на птици                  |                                                                                                                              |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
| Пространствена гъстота на популацията на птици                 |                                                                                                                              |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
| Водни басейни                                                  |                                                                                                                              |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
| Влажни зони                                                    |                                                                                                                              |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
| Горски зони                                                    | Ценна растителност                                                                                                           |                                   |                                   | Ценна растителност                |                                   |                                   |
| Пасища и храсти                                                |                                                                                                                              |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
| Натура 2000                                                    |                                                                                                                              |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
| Биосферни резервати на ЮНЕСКО                                  | Защитени природни територии                                                                                                  |                                   |                                   | Защитени природни територии       |                                   |                                   |
| Обекти на световното наследство на ЮНЕСКО                      |                                                                                                                              |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
| Обекти по Рамсарската конвенция                                |                                                                                                                              |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
| Национални паркове и други природозащитни територии или обекти |                                                                                                                              |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
| <b>Социално-икономически</b>                                   |                                                                                                                              |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
| Населени места                                                 |                                                                                                                              |                                   | Селища                            |                                   |                                   |                                   |
| Други застроени територии                                      |                                                                                                                              |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
| Високопродуктивни земеделски земи                              |                                                                                                                              |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
| Земеделски и овощни площи                                      |                                                                                                                              |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
| Нарушени и индустриални територии                              | Предпочитани зони за земеползване                                                                                            | Предпочитани зони за земеползване | Предпочитани зони за земеползване | Предпочитани зони за земеползване | Предпочитани зони за земеползване | Предпочитани зони за земеползване |
| Видимост (напр. туристически маршрути, панорамни точки)        | Естетически аспект                                                                                                           |                                   | Естетически аспект                | Естетически аспект                |                                   | Естетически аспект                |
| Територии с ландшафтна естетическа защита                      |                                                                                                                              |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
| Социален показател                                             | Социално-икономически показатели                                                                                             | Социално-икономически показатели  | Социално-икономически показатели  | Социално-икономически показатели  | Социално-икономически показатели  | Социално-икономически показатели  |
| Икономически показател                                         |                                                                                                                              |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
| <b>Критерии за изключване</b>                                  |                                                                                                                              |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
| Критерии за изключване                                         | Изключени в рамките на самата зона и с буферна зона                                                                          |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
| Критерии за изключване                                         | Изключени в рамките на самата зона                                                                                           |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
| Критерии за изключване + оценка                                | Изключени в рамките на самата зона (възможна буферна зона) и с постепенно нарастващо предимство в зависимост от разстоянието |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |
| Критерии за оценка                                             | Допустими в рамките на самата зона и с постепенно нарастващо предимство в зависимост от разстоянието                         |                                   |                                   |                                   |                                   | → АНР                             |
|                                                                | Не е приложимо                                                                                                               |                                   |                                   |                                   |                                   |                                   |

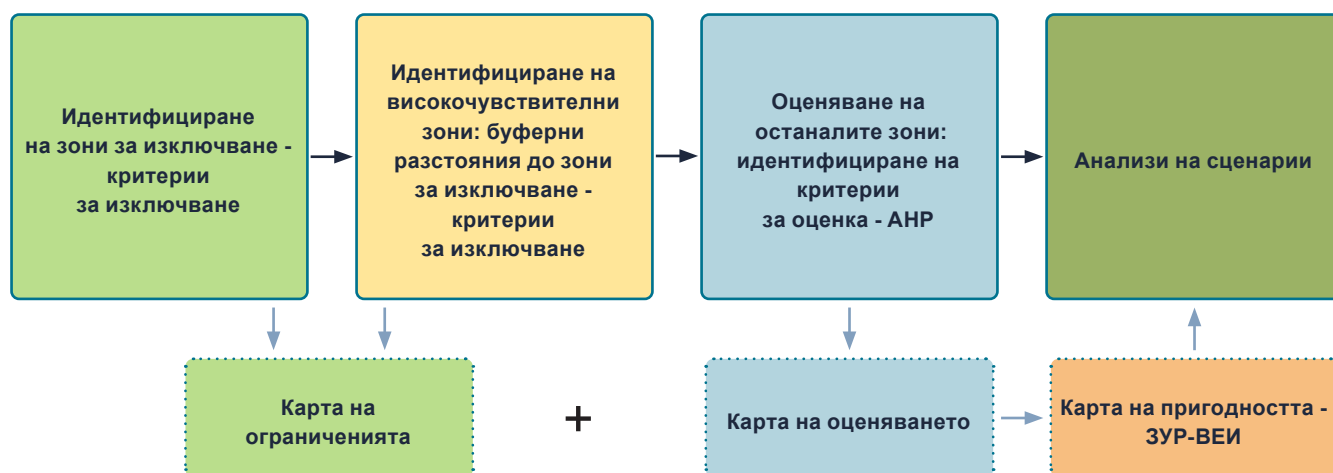
Таблица 6: Критерии и техните групи, за които се препоръчва да бъдат взети предвид при процеса на избор на зони за ускорено развитие на енергия от възобновяеми източници.

## 4. Методическо ръководство за процедурата по избор на място

### 4.1. Препоръки, основани на прегледа на литературата

Както се вижда от обобщението на литературните източници, оценката на териториите и подборът на подходящи места за съоръжения, използващи възобновяеми енергийни източници, вече се извършват чрез GIS инструменти въз основа на дългогодишна практика. Геопространственият анализ се различава съвсем незначително в изследванията на различни автори, докато основният подход и в много случаи използваните инструменти и методологични стъпки са едни и същи. Настоящото проучване също има за цел да бъде част от тази общоприета практика. Предложените методологични стъпки са представени на Фигура 2 и са обяснени по-подробно в следващите глави.

За извършването на анализите се препоръчва използването на софтуера ArcMap от платформата Esri ArcGIS, който е известен не само със своята надеждност, но вероятно и е най-разпространеният софтуер сред GIS специалистите. Важно е обаче да се отбележи, че по време на подготовката на методологичното предложение поддръжката на ArcMap от страна на разработчика скоро ще бъде прекратена и постепенно ще отпадне. Неговото място ще бъде заето от софтуера ArcGIS Pro, който обаче по отношение на набора от инструменти показва значително припокриване с предшественика си, поради което се смята, че прилагането на методите няма да представлява затруднение за онези експерти, които вече желаят да извършат тестовите с новия софтуер. Заслужава си да се отбележи също, че освен препоръчания софтуер, съществуват и други GIS програми (например



Фигура 2: Препоръчителен процес на оценяване

QGIS, MapInfo Professional, Global Mapper и др.), които също могат да бъдат подходящи за изпълнение на задачата. Инструментите в тези програми могат леко да се различават от предлагания ArcMap. Професионалните уеб форуми за въпроси и отговори, използвани от потребителите, могат да бъдат от голяма помощ при осигуряване на съвместимост между GIS инструментите.

## 4.2. Оценка на тежестите на факторите чрез метод на мултикритериално вземане на решения

С навлизането на методическото ръководство в неговата практическа фаза се предлага задълбочен процес на оценяване, чрез който да се определи относителната значимост на всеки критерий за пригодност на мястото, като се използва аналитичният йерархичен процес (АНР) (Saaty 1990). Методът АНР се използва широко в анализите на пригодност на места за различни технологии, поради което е подходящ и за оценка на места за възобновяеми енергийни източници (ВЕИ) като вятърни турбини и фотоволтаични централи. Известен със своя систематичен подход и простота, АНР служи като ефективен инструмент за мултикритериално вземане на решения (MCDM), поради което и авторите препоръчват използването му.

Експертите, участващи в съставянето на матрицата, трябва да опре-

делят въз основа на своя опит колко по-важен е аспект X в сравнение с аспект Y при двойково сравнение, като оценяват това по скала от 1 до 9, където: 1 = еднакво важен; 3 = умерено важен; 5 = важен; 7 = много важен; 9 = изключително важен. Междинните стойности 2, 4, 6 и 8 също могат да се използват. Поради структурата на матрицата, аспект Y също се сравнява с аспект X, като по определение се използва реципрочната стойност на точката, дадена в сравнение X–Y. Стойността при сравнение на аспект X със самия себе си винаги е 1, т.е. е еднакво важен.

В конкретното приложение на АНР критериите са класирани от експерти в областите архитектура, ландшафтна архитектура, геоинформатика, регионално планиране и електроинженерство (авторите). Въпреки различията в мненията относно значимостта на отделните критерии, стойностите в АНР матрицата са определени чрез колективно съгласие (Таблица 7). Различни цели и интереси могат да възникнат при оценката на значимостта между отделните критерии. За да бъдат представени тези различни гледни точки, се предлагат три подхода:

- Екологичен подход, съсредоточен върху опазването на природата;
- Технически подход, целящ изграждането и експлоатацията на енергийните съоръжения с по-малко ограничения;
- Социално-икономически подход, който поставя акцент върху обществените интереси и икономическите ползи от инвестициите.

Въпреки очевидните прилики между трите подхода (например – вътрешността на националните паркове са абсолютно недопустими зони съгласно Директивата за възобновяема енергия), някои критерии са твърде много или твърде малко представени, в зависимост от това кой подход се предпочита. Поради това за двата вида ВЕИ са създадени различни АНР матрици, като са приложени трите подхода, което води до общо шест варианта. За демонстрационния анализ е изготвен и допълнителен АНР (Таблица 8 и резултатите в Таблица 9). Стойностите на АНР, определени

от експертите, са били итеративно коригирани, за да се поддържа коефициент на съгласуваност (CR) в приемливи граници. Този показател отразява последователността в процеса на вземане на решения: класирането на аспектите може да се смята за обективно и съгласувано, ако  $CR < 0,1$ . Ако след двойковото сравнение стойността на CR надвишава тази граница, стойностите в матрицата трябва да бъдат променени, докато CR стане по-малко от 0,1. За по-подробна информация относно методологията на АНР читателят може да се обърне към Saaty, 1990.

Таблица 7: Претеглените стойности за различните сценарии.

#### Вятърни електроцентрали

| Сценарий 1: Екологичен                         |                      |
|------------------------------------------------|----------------------|
|                                                | Тежест на критериите |
| Точка за присъединяване към мрежата            | 0,065                |
| Близост до пътища                              | 0,028                |
| Средна скорост на вятъра                       | 0,073                |
| Наклон на терена                               | 0,045                |
| Пространствена гъстота на популацията на птици | 0,189                |
| Ценна растителност                             | 0,184                |
| Защитени природни територии                    | 0,198                |
| Предпочитани зони за земеползване              | 0,051                |
| Естетически аспект                             | 0,106                |
| Социално-икономически показатели               | 0,062                |

#### Соларни електроцентрали

| Сценарий 1: Екологичен              |                      |
|-------------------------------------|----------------------|
|                                     | Тежест на критериите |
| Точка за присъединяване към мрежата | 0,087                |
| Близост до пътища                   | 0,033                |
| Глобална хоризонтална радиация      | 0,036                |
| Наклон на терена                    | 0,085                |
| Ценна растителност                  | 0,183                |
| Защитени природни територии         | 0,275                |
| Предпочитани зони за земеползване   | 0,146                |
| Естетически аспект                  | 0,068                |
| Социално-икономически показатели    | 0,087                |

**Вятърни електроцентрали**

| <b>Сценарий 2: Технически</b>                  |                             |
|------------------------------------------------|-----------------------------|
|                                                | <b>Тежест на критериите</b> |
| Точка за присъединяване към мрежата            | 0,272                       |
| Близост до пътища                              | 0,065                       |
| Авиация                                        | 0,085                       |
| Средна скорост на вятъра                       | 0,174                       |
| Наклон на терена                               | 0,141                       |
| Пространствена гъстота на популацията на птици | 0,051                       |
| Пасища и храсти                                | 0,043                       |
| Предпочитани зони за земеползване              | 0,099                       |
| Социално-икономически показатели               | 0,07                        |

**Соларни електроцентрали**

| <b>Сценарий 2: Технически</b>       |                             |
|-------------------------------------|-----------------------------|
|                                     | <b>Тежест на критериите</b> |
| Точка за присъединяване към мрежата | 0,282                       |
| Близост до пътища                   | 0,061                       |
| Летища                              | 0,031                       |
| Глобална хоризонтална радиация      | 0,128                       |
| Наклон на терена                    | 0,241                       |
| Пасища и храсти                     | 0,07                        |
| Предпочитани зони за земеползване   | 0,113                       |
| Социално-икономически показатели    | 0,073                       |

**Вятърни електроцентрали**

| <b>Сценарий 3: Социално-икономически</b>       |                             |
|------------------------------------------------|-----------------------------|
|                                                | <b>Тежест на критериите</b> |
| Точка за присъединяване към мрежата            | 0,144                       |
| Близост до пътища                              | 0,071                       |
| Авиация                                        | 0,028                       |
| Средна скорост на вятъра                       | 0,075                       |
| Наклон на терена                               | 0,046                       |
| Пространствена гъстота на популацията на птици | 0,046                       |
| Селища                                         | 0,132                       |
| Предпочитани зони за земеползване              | 0,08                        |
| Естетически аспект                             | 0,122                       |
| Социално-икономически показатели               | 0,257                       |

**Соларни електроцентрали**

| <b>Сценарий 3: Социално-икономически</b> |                             |
|------------------------------------------|-----------------------------|
|                                          | <b>Тежест на критериите</b> |
| Точка за присъединяване към мрежата      | 0,157                       |
| Близост до пътища                        | 0,044                       |
| Летища                                   | 0,02                        |
| Глобална хоризонтална радиация           | 0,102                       |
| Наклон на терена                         | 0,109                       |
| Предпочитани зони за земеползване        | 0,102                       |
| Естетически аспект                       | 0,133                       |
| Социално-икономически показатели         | 0,333                       |



|                                     | Точка за присъединяване към мрежата | Средна скорост на вятъра | Защитени природни територии | Икономическа ефективност |
|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Точка за присъединяване към мрежата | 1,00                                | 3,00                     | 0,33                        | 2,00                     |
| Средна скорост на вятъра            | 0,33                                | 1,00                     | 0,33                        | 0,33                     |
| Защитени природни територии         | 3,00                                | 3,00                     | 1,00                        | 2,00                     |
| Икономическа ефективност            | 0,50                                | 3,03                     | 0,50                        | 1,00                     |

Таблица 8: АНР матрицата за демонстрационния анализ.

| Критерии                            | Тежест на критериите |
|-------------------------------------|----------------------|
| Точка за присъединяване към мрежата | 0,259                |
| Средна скорост на вятъра            | 0,096                |
| Защитени природни територии         | 0,439                |
| Икономическа ефективност            | 0,206                |

Таблица 9: Стойности на тежестите на критериите като резултат от прилагането на АНР за демонстрационния анализ.

## 4.3. Операции в GIS

По-долу е представено подробно ръководство за GIS експерти. Ръководството стъпка по стъпка е илюстрирано чрез демонстрационен анализ (споменат по-рано в раздел 4.2), който е извършен за произволно избран унгарски регион – административната единица Папа (LAU 1) с площ 1022 km<sup>2</sup>, разположена в североизпадната част на страната.

### 4.3.1. Предварителна обработка на пространствените данни

Съберете всички необходими пространствени данни, които потребителят иска да включи в анализа (препоръчителен списък на слое-

вете с данни е представен в Таблица 6). Проверете дали всички данни са налични в случай на няколко зони. При несъответствие запълнете липсващите данни от друг източник. Препоръчително е да се съсредоточи вниманието върху най-важните източници на данни, тъй като може да се наложи да бъдат пропуснати някои слоеве с по-малко значение. В този случай потребителят трябва да реши дали липсващият слой от една зона ще бъде игнориран и при анализа на останалите зони.

Създайте нов проектен файл (.mxd в ArcGIS). Задайте настройките на рамката от данни според личните предпочитания. Обърнете внимание на настройките на коор-

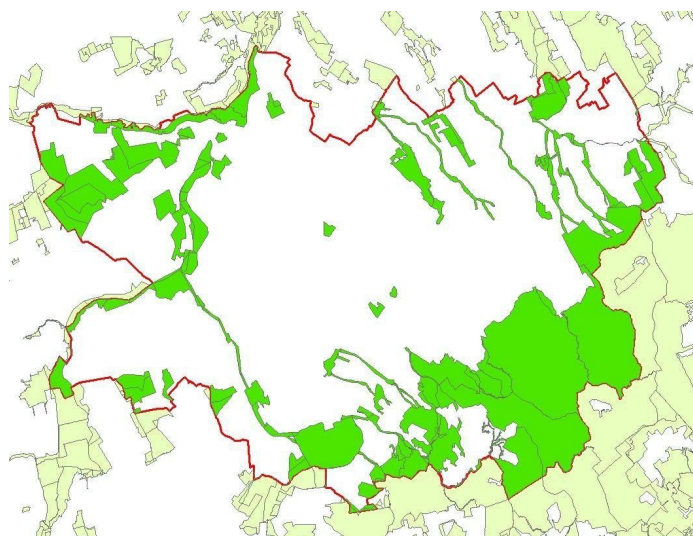
динатната система, която трябва да бъде общоприета референтна система. Тя може да бъде национална система, използвана официално в съответната държава или регион (например EOV72 в Унгария). Имайте предвид, че използването на национална координатна система може да доведе до значителни изкривявания при отдалечаване от страната на произход. Може също да се използва световно валидна координатна система, например WGS84 (World Geodetic System) или UTM (Universal Transverse Mercator), които са подходящи за обработка на данни от съседни държави в единна система. Необходимо е всички слоеве с данни – както векторни, така и растерни – да бъдат в една и съща референтна система.

За растерните слоеве задайте една и съща резолюция (cell size) за всички, дори когато те представят различна географска информация. За демонстрационния проект е използвана пространствена резолюция 25 м, за да могат да се визуализират и малки обекти в растерен формат. По-големият размер на

пикселите би довел до загуба или прекалено опростяване на някои от тези обекти при растеризация.

Препоръчително е да се комбинират/сляят различни векторни слоеве (например категории защитени територии), които имат сходни характеристики, предполагаема важност и очаквано въздействие върху резултатите. Използвайте инструмента Merge от набора Geoprocessing.

Изберете изследваната област. Обикновено това е административна единица (държава или поднационален регион). Използвайте нейните граници (векторен слой с полигони) като изрезка (clip), с което може да се създадат подмножества на други слоеве, обхващащи избраната изследвана област (Фигура 3). Препоръчително е да се създаде и зона чрез инструмента Create Buffer, тъй като някои фактори извън изследваната зона могат да повлияят на резултатите вътре в нея (например миграционни маршрути на птици). Използвайте инструмента Clip за векторни слоеве, а Extract by Mask за растерни слоеве.



*Фигура 3. Изрязване на векторни обекти (защитени територии) чрез маската на границите на изследваната административна област.*

Всички новосъздадени слоеве трябва да се съхраняват и експортират по структуриран начин — или във вид на папкова структура (.shp за векторни и .tiff или подобен формат за растерни файлове), или във File Geodatabase, според предпочитанията на потребителя, като се има предвид по-нататъшното им използване.

#### 4.3.2. Определяне на буферни зони и други класове на пригодност

Таблица 10 показва примерна структура за класифициране на няколко разглеждани критерия съгласно относимата литература. Авторите целят да предложат и приложат различни критерии по отношение на класификацията, за да представят варианти на присвояване на оценки за пригодност. Потребителят трябва да дефинира буферите и ширината на преходните зони за територии, които трябва да бъдат защитени, както и да класифицира критериите, които не зависят от разстоянието, като социално-икономически показатели или скорост на вятъра. Класификацията на последните два е различна. Икономическата производителност (в случая – общ доход на глава от населението в дадено населено място) е извършена с разпределение Natural Breaks

(естествени прекъсвания), докато скоростта на вятъра е класифицирана с разпределение Equal Interval (равни интервали).

Предложените от авторите буферни разстояния са представени в таблиците в Приложения 3 и 4. Очевидно е, че при точките за присъединяване към мрежа, колкото по-близо се намират вятърните турбини (или фотоволтаичният парк), толкова по-добре. Следователно не е определена зона за изключване, като стойностите на пригодност намаляват с отдалечаването от точката на присъединяване. (Авторите са използвали фиктивни точки на присъединяване, избрани на случаен принцип по протежение на електропроводи със средно напрежение.) Обратното важи за защитените природни територии, където по-голямото разстояние е по-благоприятно, а също така е въведена пълна забрана в рамките на допълнителни 100 м. Водните басейни също са недопустими зони, но нямат буферни зони за изключване, докато при населените места е определена буферна зона с широчина 700 м в съответствие с унгарската нормативна уредба. След 700 м изследваната територия се смята за еднакво подходяща за внедряване на ВЕИ.

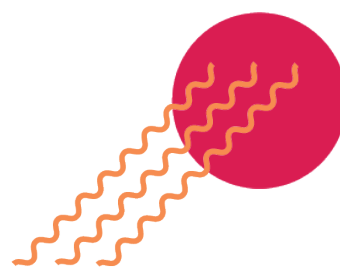
| Оценка за пригодност | Разстояние (м) от                              |                             |               |                | Икономическа ефективност (€/човек) | Средна скорост на вятъра (м/с) |
|----------------------|------------------------------------------------|-----------------------------|---------------|----------------|------------------------------------|--------------------------------|
|                      | Точка на свързване към електропреносната мрежа | Защитени природни територии | Водни басейни | Населени места |                                    |                                |
| Изключени зони (0)   |                                                | 0-100                       | X             | 0-700          |                                    |                                |
| 1                    | 4500 <                                         | 100-200                     |               |                |                                    | < 6,7                          |
| 2                    | 4000-4500                                      | 200-300                     |               |                | 1700 <                             | 6,7-7,0                        |
| 3                    | 3500-4000                                      | 300-400                     |               |                |                                    | 7,0-7,3                        |
| 4                    | 3000-3500                                      | 400-500                     |               |                | 1000-1700                          | 7,3-7,6                        |
| 5                    | 2500-3000                                      | 500-600                     |               |                |                                    | 7,6-7,9                        |
| 6                    | 2000-2500                                      | 600-700                     |               |                | 700-1000                           | 7,9-8,2                        |
| 7                    | 1500-2000                                      | 700-800                     |               |                |                                    | 8,2-8,5                        |
| 8                    | 1000-1500                                      | 800-900                     |               |                | 400-700                            | 8,5-8,8                        |

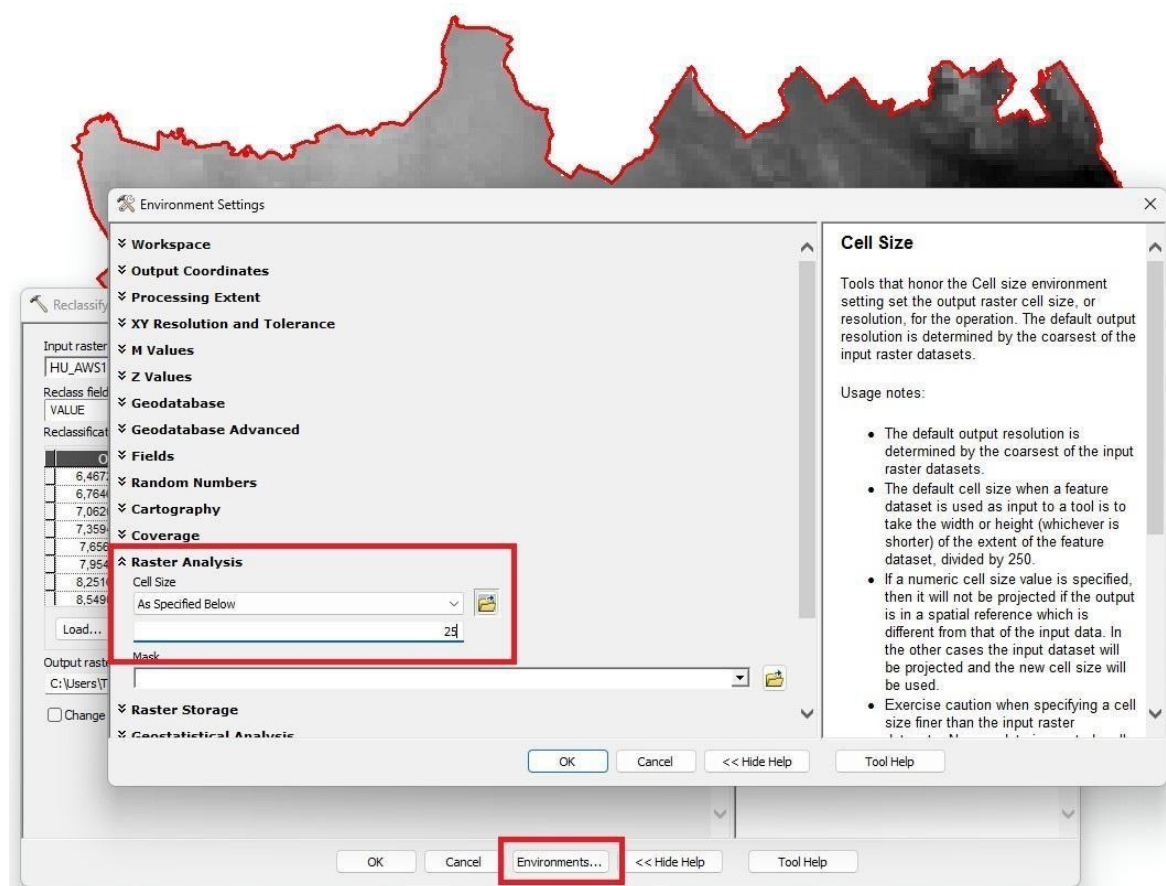
Таблица 10: Изключени територии, буферни и преходни зони с техните съответни оценки за пригодност за разглежданите критерии. („X“ означава „в рамките на самата зона“.)

### 4.3.3. Операции с растери

Според таблица 10 всички растерни слоеве трябва да бъдат прекласифицирани, за да им бъде присвоена съответната оценъчна стойност. За растерни слоеве като средната скорост на вятъра, които могат да обхващат широк спектър от стойности, е необходимо опростяване. Използвайте инструмента Reclassify, за да определите категориите. По време на прекласификацията на растера за скоростта на вятъра (средна скорост на вятъра от Global Wind Atlas, 235

м, ≈2 градуса), слой трябва да бъде преобразуван в по-фина пространствена резолюция в процеса на прекласификация. Това може да се направи чрез настройките на Raster Analysis в раздела Environments (Фигура 4). В съответното поле стойността показва линейната единица на слоя – в този случай в метри. Важно е да се отбележи, че по-фината резолюция означава не само по-висока точност, но и по-голям изчислителен капацитет и необходимост от повече място за съхранение на данните.





Фигура 4: Промяна на оригиналния размер на клетката (растерна резолюция) по време на прекласификацията на слой за скоростта на вятъра.

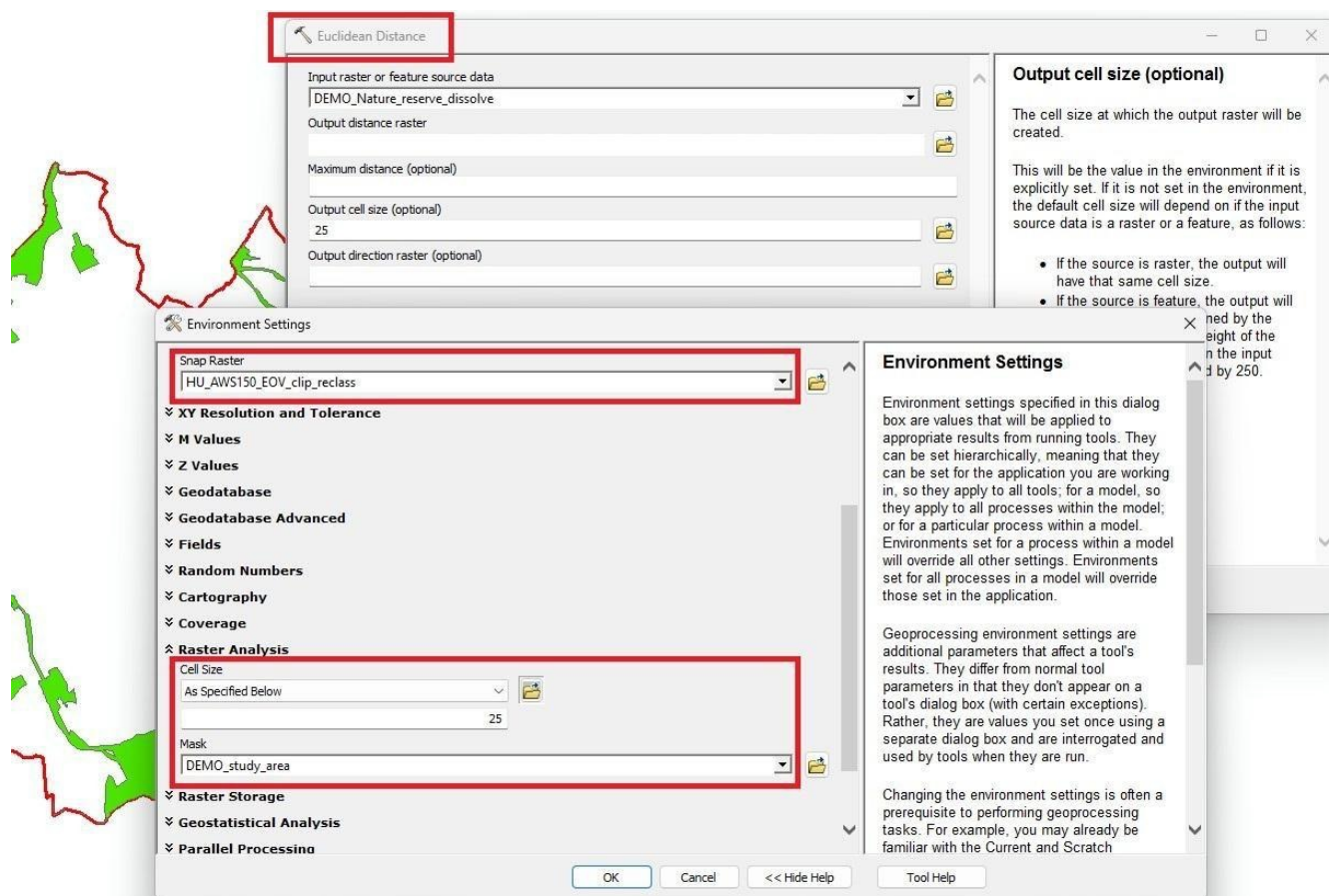
При прекласифицирането на други растери потребителят трябва в инструмента да навигира до Environments, да избере опцията Snap Raster и да зададе като референтен слой, обработен преди това (в този случай слой за скоростта на вятъра). Също така трябва да се зададе една и съща растерна резолюция (размер на клетката) като на референтния слой (в този случай 25 м или чрез опцията Same as layer... и съответния избор).

За финалния анализ на пригодността на мястото всички векторни полигонни слоеве, които имат изключваща роля само в собствените си граници, трябва да бъдат преобразувани в растери с инструмента Convert Feature to

Raster. Техните стойности в пиксели се задават като NoData от инструмента Reclassify.

Точковите и линейните обекти (например точки за присъединяване към електропреносната система или пътища) присъстват само на определени места в района, но пространството между тях трябва да бъде запълнено/охарактеризирано (чрез присвояване на определена стойност на пригодност или изключване). Това може да се извърши с инструмента Euclidean Distance, който създава пространствено запълване в растерен формат (Фигура 5). Растерът трябва да има същата резолюция като предходния референтен растер. Функцията Snap Raster осигурява



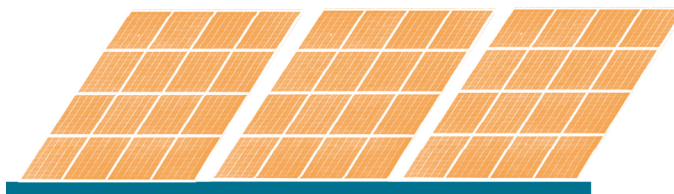


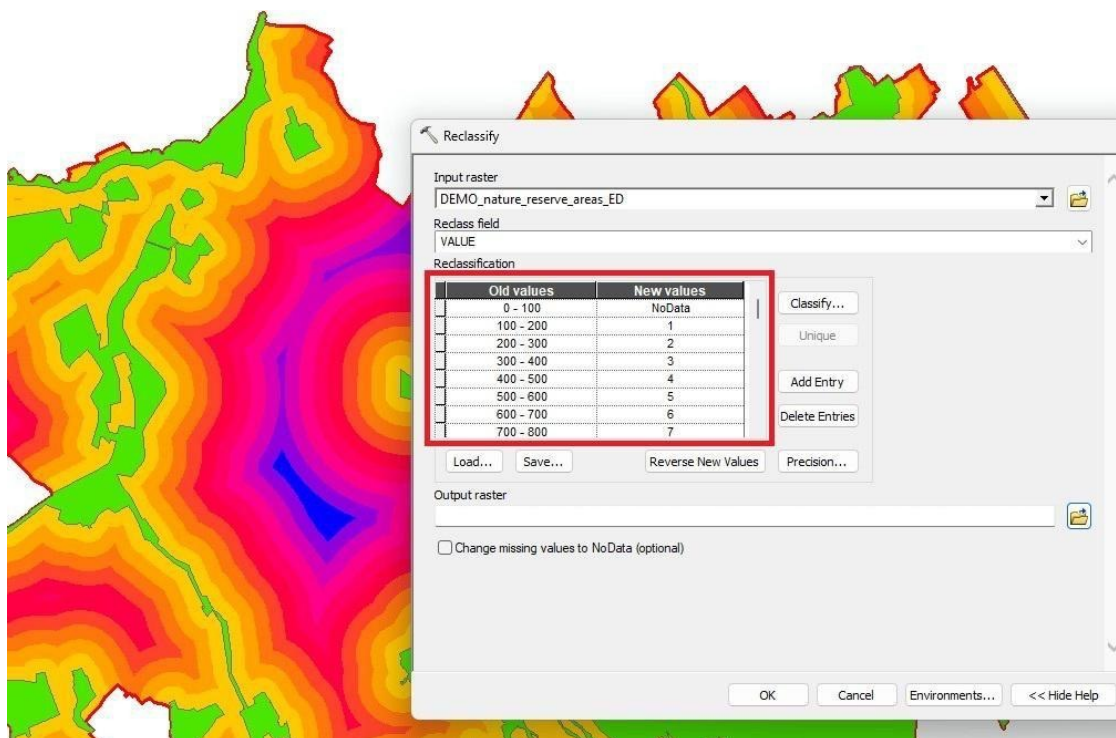
Фигура 5: Инструментът Euclidean Distance и неговите настройки.

точното съвпадение на отделните квадратни решетки, за да се гарантира съвместимост на слоевете при последващи операции. Използвайте границите на изследваната територия като Mask.

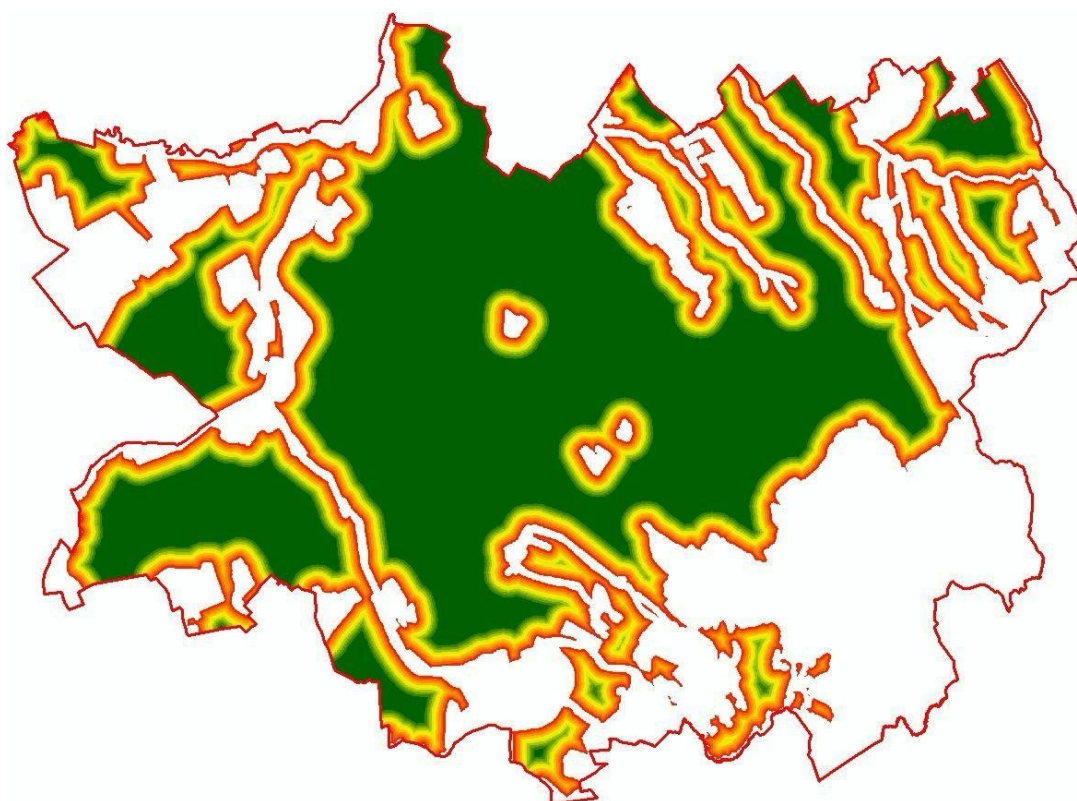
Всеки пиксел има стойност, съответстваща на разстоянието му от дадения обект, което позволява използването на инструмента Reclassify за класифициране по

класове и зони според категориите разстояния, представени числово в таблица 10. Изключените зони трябва да бъдат зададени като NoData (Фигура 6). Потребителят може да избере подходяща цветова схема за получения слой, която най-добре изобразява пригодността, както е показано на Фигура 7. Обърнете внимание, че изключените зони остават празни.





Фигура 6: Прекласифициране на непрекъснати стойности в класове разстояния и зони за изключване.



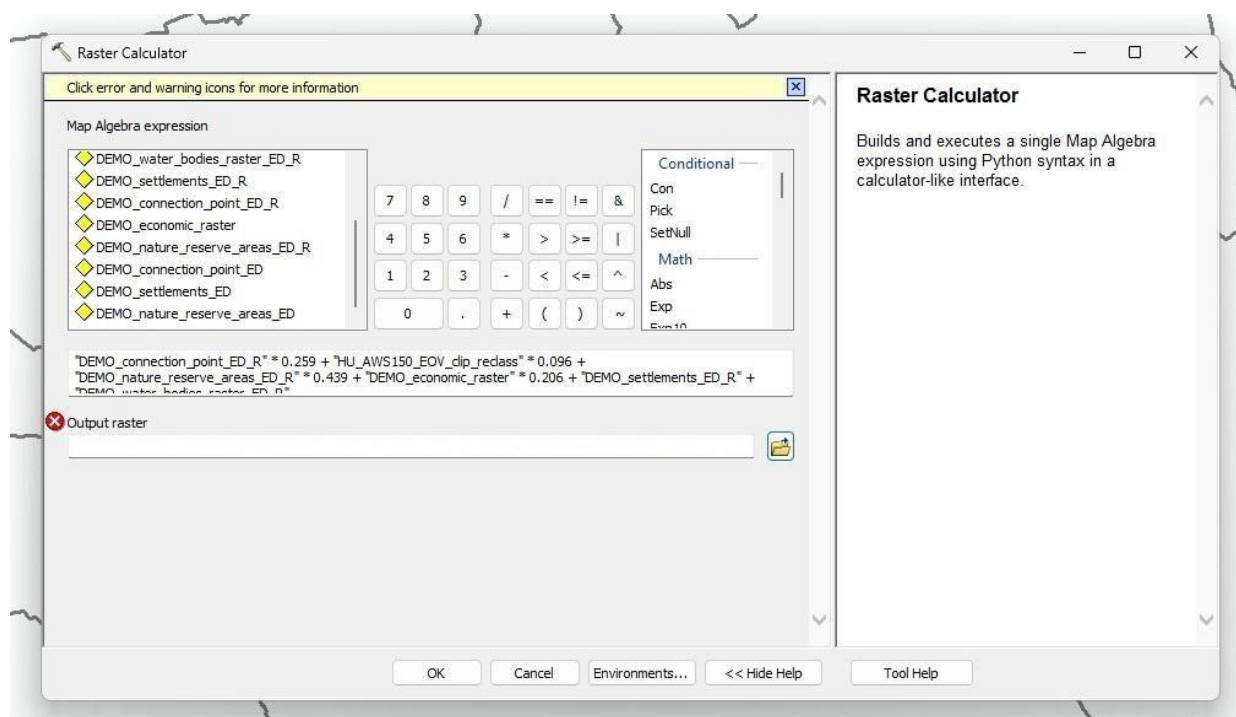
Фигура 7: Пригодност на проучваната зона спрямо територии на природни резервати. Зеленото показва висока пригодност, а оттенъците на червено – по-ниска пригодност, но не и забранена зона. Празните области в границите на изследваната територия представляват зони за изключване.

В последната стъпка на анализа на пригодността на зоната се използва инструментът Raster Calculator за характеризиране на отделните растерни клетки, т.е. местата. Поставете слоевете чрез щракване или плъзгане в текстовото поле (Фигура 8). Крайната оценка за пригодност може да се определи чрез умножаване на стойността на пригодност на всеки критерий по съответната тежест от резултатите на АНР и тяхното събиране. Изразът в Map Algebra Expression трябва да следва следната логика:

$$\begin{aligned} &\text{Оценка на пригодността} = \\ &\text{Точка на присъединяване към} \\ &\text{електропреносната мрежа} \times 0.259 \\ &+ \text{Средна скорост на вятъра} \times 0.096 \\ &+ \text{Природни резервати} \times 0.439 + \\ &\text{Икономически показател} \times 0.206 + \\ &\text{Селища} + \text{Водни басейни} \end{aligned}$$

Обърнете внимание, че населените места и водните басейни в уравнението са дефинирани като NoData (имат стойност 0), следователно поведението им е на изключващи фактори.

Полученият нов растерен слой съдържа крайната точкова стойност за пригодност за всяка точка в изследваната зона (Фигура 9). Тези стойности могат да се класифицират в нови класове с инструмента Reclassify, използвайки опцията Equal Interval за подреждане. Ако конкретна растерна клетка е била характеризирана като 0 (NoData, изключена зона) в слоя на който и да е от критериите за пригодност, то вследствие на операцията по сумиране тя ще бъде отчетена като изключена зона и в крайния индекс на пригодност, независимо колко благоприятна би била дадената зона според други критерии. Това означава, че съответната клетка



Фигура 8: Определяне на крайния индекс на пригодност с инструмента Raster Calculator.



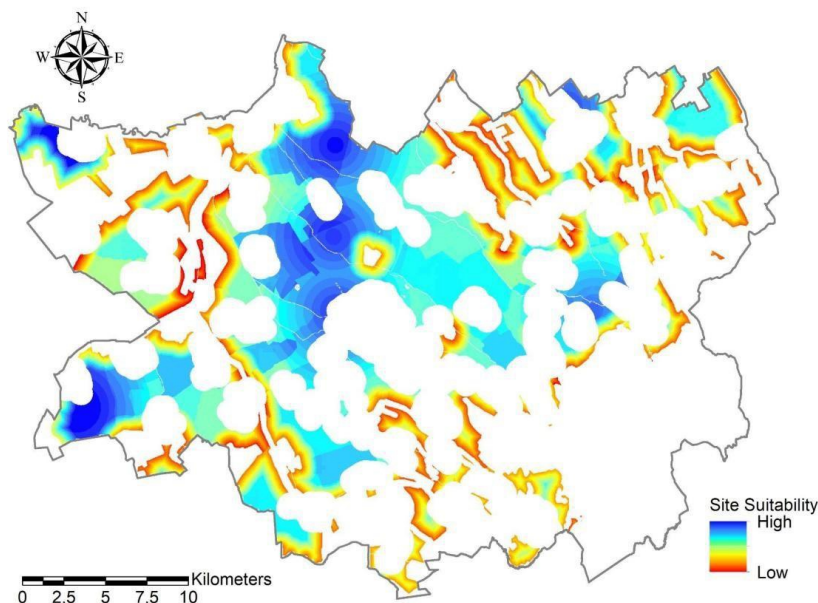
или представяното от нея географско местоположение не е подходяща за разполагане – в конкретния демонстрационен случай – на вятърна турбина.

Изпълнете методическите стъпки за всички желани зони и за всеки от предложените аналитични подходи (екологичен, социално-икономически и технически), като използвате съответните критерии и техните тегла, определени чрез АНР. Имайте предвид, че предложените критерии за всеки анализ се променят съгласно Таблица 6.

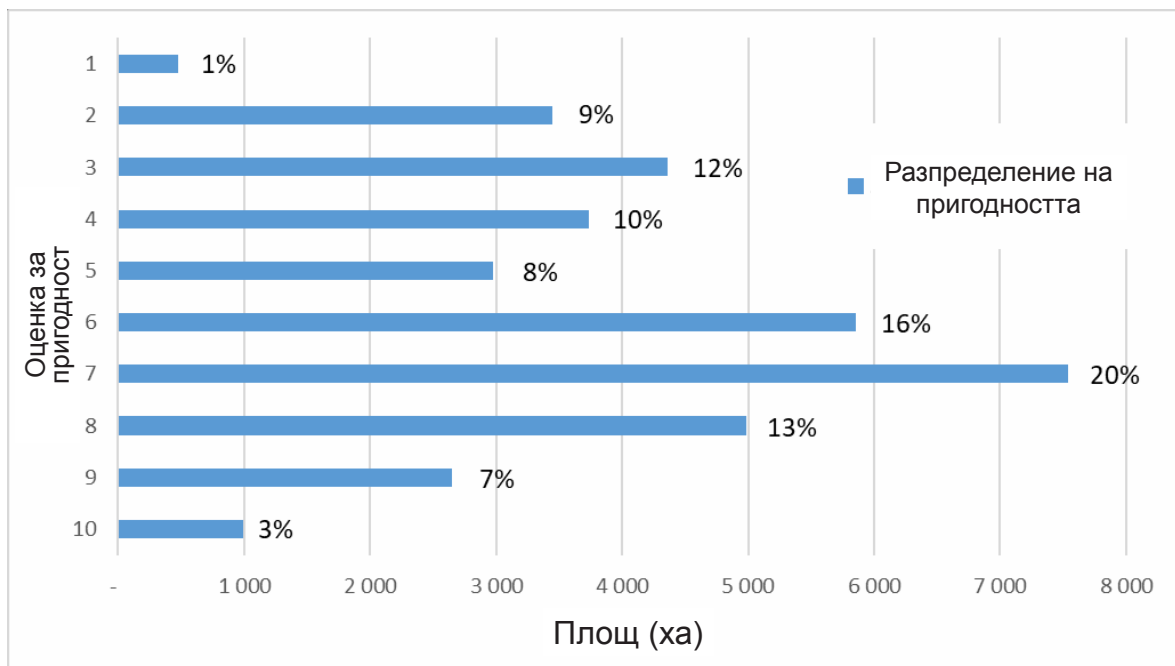
#### 4.3.4. Оценка на резултатите

Резултатите могат да бъдат представени картографски (карти) или посредством графики, показващи броя пиксели (пространствения обхват) като разпределение на резултатите от оценката (Фигура 10). Потребителят може да сравнява резултатите, например като използва гореспоменатия подход с Raster Calculator, чрез изваждане на стойностите на двата слоя една

от друга. В конкретния демонстрационен случай резултатите ясно открояват недопустимите зони за развиване на вятърна енергия. Тези зони остават незапълнени (бели) на Фигура 9. В зависимост от качеството на входните данни, резултатите могат с висока точност и надеждност да определят зоните, в които следва да се обозначат зони за ускорено развитие на енергия от възобновяеми източници. Това са районите с най-високи точкови стойности, отбелязани в синьо на фигурата (централната и западната част на изследваната област). Жълтите и червените оттенъци не означават, че инвестиции във ВЕИ не могат да се реализират в дадената зона – те показват, че тя е по-малко подходяща за такава цел според приложените фактори и мултириералната процедура за вземане на решение. Градираните символи на картата добре визуализират различията между зоните, а процедурата по сумиране на слоевете е лесна за проследяване.



Фигура 9: Крайна пригодност на изследваната зона за развитие на вятърна енергия спрямо екологичния подход.



Фигура 10: Хистограма на стойностите на оценката за пригодност в изследваната зона





## 5. Обобщение и препоръки

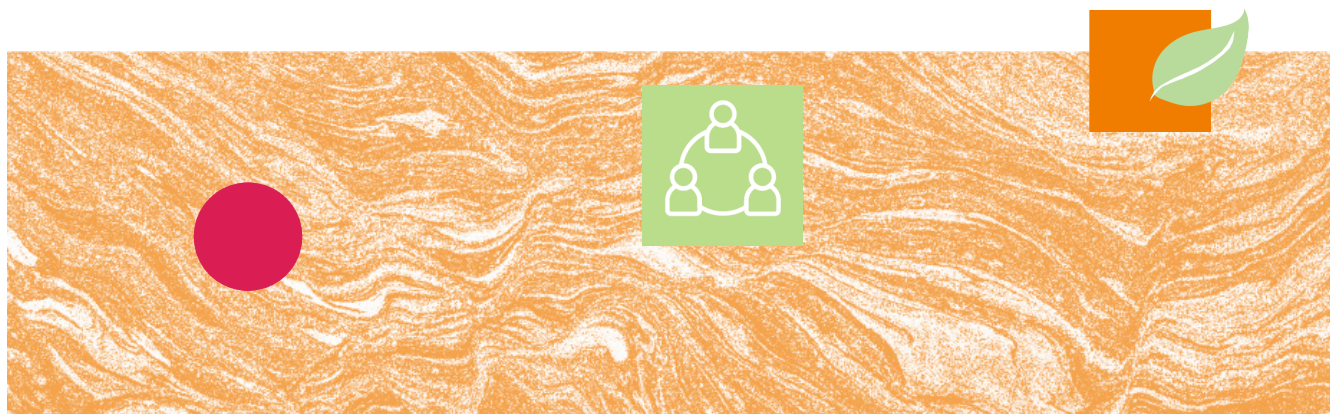
В това проучване авторите разгледаха възможни методи за обозначаване на зони за ускорено развитие на енергия от възобновяеми източници, базирани на преглед на литературата и собствен опит. Предложеният GIS-базиран процес е най-подходящ за тази задача и по принцип е най-широко използваната процедура за оценка на пригодността на зони и избор на места за определени съоръжения, т.е. соларни и вятърни електроцентрали. В рамките на многокритериалната процедура за вземане на решения бяха предложени три подхода – екологичен, технически и социално-икономически, които осигуряват цялостен поглед за експерти от различни области при оценка на даден регион за подобни ВЕИ проекти. Трите подхода се различават по използваните показатели (критерии). Броят на показателите прави предложената методика уникална сред други изследвания, свързани с пригодност на места, но същевременно създава предизвикателства при събирането на данни.

При прилагането ѝ предложените буферни разстояния трябва да се сравняват с местните правни

изисквания. Освен за определяне на подходящи зони, анализът може да послужи и за подкрепа на преизглеждането на някои прекалено строги нормативни изисквания и за предлагане на изменения в тях.

Въпреки стремежа на настоящото проучване към цялостност по отношение на критерии, буферни разстояния, преходни зони на пригодност и тежести на факторите, потребителите, които желаят да приложат и повторят методиката, могат да модифицират и адаптират всеки показател и стойност така, че най-добре да съответстват на тяхната зона и цел на анализа. Сценариите също могат да се променят или комбинират, за да се създаде например сценарий с по-строги екологични и социално-икономически изключения. Имайте предвид, че законодателни промени, достъпът до данни и допълнителни изисквания могат да наложат актуализации в методите преди повторното им прилагане.

Авторите пожелават на потребителя успех в усвояването на знанията от проучването, прилагането на методите и успешното завършване на собствения анализ!



# Използвана литература

- Abdel-Basset M., Gamal A., Chakraborty R.K., Ryan M. (2021): A new hybrid multi-criteria decision-making approach for location selection of sustainable offshore wind energy stations: A case study. J Cleaner Prod 2021;280:124462. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124462>.
- AIT-REKK (2023): Study on the wind power potential in Bulgaria, Hungary, and Romania. Technical report. Vienna, Budapest. <https://www.ait.ac.at/en/research-topics/integrated-energy-systems/projects/wind-power-potential-in-bulgaria-hungary-and-romania>
- Amiri, F., Babaei, F., Tabatabaie, T. (2022): Site Selection of Kangan Municipal Solid Waste Landfill by Using a Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) and GIS. Journal of Applied Researches in Geographical Sciences, Volume:23 Issue: 69, 2022
- CAA - Civil Aviation Authority (2016): CAA Policy and Guidelines on Wind Turbines. CAP 764.
- CAA - Civil Aviation Authority (2019): Air Traffic Services Safety Requirements. CAP 670.
- CAN Europe (2024): Briefing. Renewable Energy Planning and Mapping for Successful Acceleration with Nature and Communities at Its Heart: Guiding Principles for Member States.
- [https://caneurope.org/content/uploads/2024/02/CAN-Europe-contribution\\_RAAs-guidance\\_23022024.pdf](https://caneurope.org/content/uploads/2024/02/CAN-Europe-contribution_RAAs-guidance_23022024.pdf)
- Colak, H. E., Memisoglu, T., Gercek, Y. (2020): Optimal site selection for solar photovoltaic (PV) power plants using GIS and AHP: A case study of Malatya Province, Turkey. Renewable Energy, 149, стр. 565-576.
- <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.12.078>.
- Demir, A., Dinçer, A., Çiftçi, C., Gülçimen, S., Uzal, N., Yilmaz, K. (2024). Wind farm site selection using GIS-based multicriteria analysis with Life cycle assessment integration. Earth Science Informatics, 17, стр. 1-18. <https://doi.org/10.1007/s12145-024-01227-4>
- DHPLG - Government of Ireland, Departments of Housing, Planning and Local Government (2019): Wind Energy Development Guidelines. Draft version.
- Директива (ЕС) 2023/2413 на Европейския парламент и на Съвета от 18 октомври 2023 година за изменение на Директива (ЕС) 2018/2001, Регламент (ЕС) 2018/1999 и Директива 98/70/ЕО по отношение на насърчаването на енергията от възобновяеми източници и за отмяна на Директива (ЕС) 2015/652 на Съвета (RED) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32023L2413>
- EUROCONTROL (2014): EUROCONTROL Guidelines for Assessing the Potential Impact of Wind Turbines on Surveillance Sensors.
- European Commission (2024): Study on the designation of

- Renewables Acceleration Areas (RAAs) for onshore and offshore wind and solar photovoltaic energy.
- EEB (2024): Land for Renewables: Briefing on spatial requirements for a sustainable energy transition in Europe. <https://eeb.org/library/land-for-renewables-briefing-on-spatial-requirements-for-a-sustainable-energy-transition-in-europe/>
  - EIHP-TNC (2021): Integrated Renewable Energy Planning in Southeast Europe Pilot project: Integrated Wind and Solar Planning in Zadar County. [https://www.eihp.hr/wp-content/uploads/2021/04/EIHP\\_Integrated-Renewable-Energy-Planning-in-Southeast-Europe\\_DOC\\_1.pdf](https://www.eihp.hr/wp-content/uploads/2021/04/EIHP_Integrated-Renewable-Energy-Planning-in-Southeast-Europe_DOC_1.pdf)
  - EUROBATS (2014): Guidelines for consideration of bats in wind farm projects. Revision 2014. Publication Series No. 6. [https://www.eurobats.org/sites/default/files/documents/publications/publication\\_series/pubseries\\_no6\\_english.pdf](https://www.eurobats.org/sites/default/files/documents/publications/publication_series/pubseries_no6_english.pdf)
  - European Commission (2024): Guidance on designating renewables acceleration areas. Brussels, 13.5.2024. SWD(2024) 333 final. [https://energy.ec.europa.eu/publications/guidance-designating-renewables-acceleration-areas\\_en](https://energy.ec.europa.eu/publications/guidance-designating-renewables-acceleration-areas_en)
  - Fertő-Hanság Nemzeti Park Igazgatóság (2024): Szélerőművek telepíthetősége. Szélerőművek engedélyezhetősége a Fertő-Hanság Nemzeti Park Igazgatóság működési területén. Verzió: v6 (2024.08.29.) <https://www.ferto-hansag.hu/hu/termeszetvedelem/termeszetvedelmi-kezeles/szeleromuvek-telepithetosege.html>
  - Finn, T., McKenzie, P. (2020): A high-resolution suitability index for solar farm location in complex landscapes, *Renewable Energy*, 158, стр. 520-533. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.05.121>.
  - Giamalaki, M., Tsoutsos, T. (2019): Sustainable siting of solar power installations in Mediterranean using a GIS/AHP approach. *Renewable Energy*, 141, стр. 64-75. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.03.100>.
  - Gigović, L., Pamučar, D., Božanić, D., Ljubojević, S. (2017): Application of the GIS- DANP-MABAC multi-criteria model for selecting the location of wind farms: A case study of Vojvodina, Serbia. *Renewable Energy*, 103, стр. 501-521, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.11.057>.
  - Günen, M. A. (2021): A comprehensive framework based on GIS-AHP for the installation of solar PV farms in Kahramanmaraş, Turkey. *Renewable Energy*, 178, стр. 212-225. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.06.078>.
  - Harper, M., Anderson, B., James, P., Bahaj, A. (2019): Assessing socially acceptable locations for onshore wind energy using a GIS-MCDA approach. *International Journal of Low-Carbon Technologies*. 14 (2), стр. 160–169. <https://doi.org/10.1093/ijlct/ctz006>
  - Höfer, T., Sunak, Y., Siddique, H., Madlener, R. (2016): Wind farm siting using a spatial Analytic Hierarchy Process approach: A case study of the Städteregion Aachen. *Applied Energy*, 163, стр. 222-243, <https://doi.org/10.1016/j>.

- apenergy.2015.10.138.
- ICAO - International Civil Aviation Organization (2015): European guidance material on managing Building Restricted Areas.
  - Karipoğlu, F., Genç, M. S., Kocab, K. (2021): Determination of the most appropriate site selection of wind power plants based on Geographic Information System and Multi-Criteria Decision-Making approach in Develi, Turkey. *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*, 30, стр. 97–114.
  - Kaya E, Agca M, Adiguzel F, Cetin M. (2019): Spatial data analysis with R programming for environment. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal* 2019;25(6):1521–30. <https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1470896>
  - Kiesecker J. M., Evans J. S., Oakleaf J. R., Dropuljić K. Z., Vejnović I., Rosslowe C., Cremona E., Bhattacharjee A. L., Nagaraju S. K., Ortiz A., Robinson C., Ferres J. L., Zec M., Sochi K. (2024): Land use and Europe's renewable energy transition: identifying low conflict areas for wind and solar development. *Frontiers in Environmental Science* 12:1355508. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1355508>
  - Kocabaldir C, Yücel MA. GIS-Based Multi-Criteria Decision Analysis of Site Selection for Photovoltaic Power Plants in Çanakkale Province. *Int J Environ Geoinformatics* 2020;7:347–55. <https://doi.org/10.30897/ijegeo.689570>
  - Latinopoulos, D., Kechagia, K. (2015): A GIS-based multi-criteria evaluation for wind farm site selection. A regional scale application in Greece. *Renewable Energy*, 78, стр. 550-560. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.01.041>.
  - Öko-Institut e.V. (2024): Overview of Renewable Energy Spatial Planning and Designation of Acceleration Areas in Selected EU Member States. Freiburg. <https://caneurope.org/spatial-planning-for-renewables/>
  - Rediske, G., Burin, H.P., Rigo, P.D., Rosa, C.B., Michels, L., Siluk, J.C.M. (2021): Wind power plant site selection: A systematic review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 148, 111293. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111293>.
  - Rehman S., Baseer M.A., Alhems L.M. (2020): GIS-based multi-criteria wind farm site selection methodology. *FME Transactions* 2020;48(4):855–67. <https://doi.org/10.5937/fme2004855R>
  - Saaty T.L. (1990): How to make a decision: The analytic hierarchy process. *Eur J Oper Res* 1990;48(1):9–26. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-I](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I)
  - Shao, M., Han, Z., Sun, J., Xiao, C., Zhang, S., Zhao, Y. (2020): A review of multi-criteria decision making applications for renewable energy site selection. *Renewable Energy*. 157. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.04.137>.
  - Sochi, K., Oakleaf, J. R., Bhattacharjee, A., Evans, J. S., Vejnović, I., Zorica Dropuljić, K., et al. (2023): Mapping a sustainable renewable energy transition:



- handbook for practitioners version 1. The Nature Conservancy.
- SolarPower Europe (2024): Renewables mapping guidance: A step-by-step approach. <https://www.solarpowereurope.org/advocacy/position-papers/renewables-mapping-guidance-a-step-by-step-approach>
  - Sotiropoulou, K. F., Vavatsikos, A. P. (2021): Onshore wind farms GIS-Assisted suitability analysis using PROMETHEE II. Energy Policy, 158, 112531. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112531>.
  - Tegou, L., Polatidis, H., Haralambopoulos, D. A. (2010): Environmental management framework for wind farm siting: Methodology and case study. Journal of Environmental Management, 91 (11), стр. 2134-2147. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.05.010>.
  - Tercan, E., Eymen, A., Urfalı, T., Saracoglu B. O. (2021): A sustainable framework for spatial planning of photovoltaic solar farms using GIS and multi-criteria assessment approach in Central Anatolia, Turkey. Land Use Policy, 102, 105272. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105272>.
  - Tercan, E. (2021): Land suitability assessment for wind farms through best-worst method and GIS in Balıkesir province of Turkey. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 47, 101491. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101491>
  - Trinomics (2024): Expert advice on spatial planning for renewable energy sources and land hierarchy conflict.
  - <https://www.enpg.ro/expert-advice-on-spatial-planning-for-renewable-energy-sources-and-land-hierarchy-conflict/>
  - Vrînceanu, A., Dumitraşcu, M., Kucsicsa, G. (2022): Site suitability for photovoltaic farms and current investment in Romania, Renewable Energy, 187, стр. 320-330. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.01.087>.
  - Watson, J., Hudson, M. (2015): Regional Scale wind farm and solar farm suitability assessment using GIS-assisted multi-criteria evaluation. Landscape and Urban Planning. 138. стр. 20–31. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.02.001>



Приложение

Приложение 1. Критерии и буферни разстояния в литературата – Вятърни електроцентрали

|                       |                                              | Tegou et al       | Latinopoulos-Kechagia | Watson-Hudson      | Höfer et al      | Gigovic et al | Harper et al       | EIHP             | Karipoğlu    | Sotiropoulou-Vavatsikos  | Tercan        | Demir et al | FHNPI                   |
|-----------------------|----------------------------------------------|-------------------|-----------------------|--------------------|------------------|---------------|--------------------|------------------|--------------|--------------------------|---------------|-------------|-------------------------|
|                       |                                              | 2010              | 2015                  | 2015               | 2016             | 2017          | 2018               | 2021             | 2021         | 2021                     | 2021          | 2024        | 2024                    |
|                       |                                              | Гърция            | Гърция                | Обединено кралство | Германия         | Сърбия        | Обединено кралство | Хърватия         | Турция       | Гърция                   | Турция        | Турция      | Унгария                 |
| Технически            | Високоволтова електропреносна мрежа          | E: > 2 км         |                       |                    | E: < 0,1 км      | E: < 0,2 км   | E: < 0,15 км       | E: < 0,15 км     |              | E: < 0,2/0,5 км, > 10 км | E: < 0,25 км  | E: < 0,5 км |                         |
|                       | Пътища                                       | E: > 2,5 км       | E: < 0,15 км          |                    | E: < 0,02 км     | E: < 0,2 км   | E: < 0,15 км       | E: < 0,15-0,3 км | E: < 0,1 км  | E: < 0,2/0,3 км, > 10 км | E: < 0,15 км  | E: < 0,1 км |                         |
|                       | Железопътни линии                            |                   |                       |                    | E: < 0,1 км      |               | E: < 0,15 км       | E: < 0,15        |              |                          | E: < 0,1 км   |             |                         |
|                       | Въглеродородни тръбопроводи                  |                   |                       |                    |                  |               |                    | E: < 0,2         |              |                          |               |             |                         |
|                       | Летища                                       | E                 | E: < 3 км             |                    |                  | E: < 3 км     | E: < 0/2/10 км     | E: < 3 км        | E: < 3 км    | E: < 0,5 км              | E: 0-3 км     |             |                         |
|                       | Анени, радар и телекомуникационни станции    |                   |                       |                    |                  | E: < 0,25 км  |                    | E: < 1 км        |              | E: < 0,25 км             |               |             |                         |
|                       | Военни зони                                  |                   |                       |                    |                  | E: < 5 км     | E: < 0/10 км       | E: < 0,1 км      | E: < 5 км    |                          | E: < 3 км     |             |                         |
|                       | Средна скорост на вятъра                     | E: < 4 м/с        | E: < 4,5 м/с          |                    | E: < 6 м/с       | E: < 3,5 м/с  |                    |                  |              | E: < 4 м/с               | E: < 4,4 м/с  |             |                         |
|                       | Застрашени от наводняване зони               |                   |                       |                    |                  |               |                    |                  |              |                          | E: < 0,5 км   |             |                         |
|                       | Защитени водни резервати                     |                   |                       |                    |                  |               |                    | E                |              |                          |               |             |                         |
| Екологично-природни   | Наклон на терена                             | E: > 30 %         | E: > 25%              | E: > 10%           | E: > 30%         | E: > 7%       |                    |                  |              | E: > 30%                 | E: > 25%      | E: > 24%    |                         |
|                       | Изложение                                    |                   |                       |                    |                  |               |                    |                  |              |                          |               |             |                         |
|                       | Разломни линии на земетресения               |                   |                       |                    |                  |               |                    |                  | E: < 0,15 км |                          | E: < 0,5 км   |             |                         |
|                       | Земеползване или земно покритие              |                   | E                     |                    | E                | E             |                    |                  |              |                          | E             | E           |                         |
|                       | Горски зони                                  | E                 |                       |                    |                  |               |                    |                  | E            |                          |               |             | E: < 0,2 км             |
|                       | Водни басейни                                | E                 |                       |                    | E: < 0,05 км     |               |                    | E: < 0,01 км     | E            | E: < 0,15 км             | E: < 0,15 км  |             | E: < 0,2 км             |
|                       | Влажни зони                                  |                   |                       |                    |                  |               |                    |                  |              |                          | E: < 1 км     |             | E: < 0,1 км             |
|                       | Миграционни пътища на птиците                |                   |                       |                    |                  |               |                    |                  | E: < 3 км    |                          |               | E: < 2,5 км | E: < 3 км               |
|                       | Местообитания на птици                       |                   |                       |                    |                  |               |                    |                  |              |                          | E: < 1 км     |             | E: < 0,2/0,5/1/1,5/3 км |
|                       | Местообитания на прилепи                     |                   |                       |                    |                  |               |                    |                  |              |                          |               |             | E: < 1 км               |
|                       | Пясъчни дюни                                 |                   |                       |                    |                  |               |                    |                  |              | E: < 1 км                |               |             |                         |
|                       | Скали и скални масиви                        |                   |                       |                    |                  |               |                    |                  |              |                          |               |             |                         |
|                       | Брегова зона и брегова линия                 |                   |                       |                    |                  |               |                    | E: < 1 км        |              | E: < 1,5 км              | E: < 0,1 км   |             |                         |
|                       | Лавини, свлачища                             |                   |                       |                    |                  |               |                    |                  |              |                          | E: < 1 км     |             |                         |
| Социално-икономически | Защитени природни територии                  | E                 | E: < 1 км             | E: < 1 км          | E: < 0.3 км*     | E: < 2 км     | E: < 0/2 км        | E                | E: < 5 км    | E: < 1 км                | E: < 1 км     |             | E                       |
|                       | Райони с изключителна природна красота       |                   |                       | E: < 1 км          |                  |               | E: < 0/2 км        |                  |              |                          |               |             | E                       |
|                       | Обекти на световното наследство              |                   |                       | E: < 1 км          |                  |               |                    | E                | E            |                          |               |             | E                       |
|                       | Историческо/културно наследство              | E: < 0,5 км       | E: < 1 км             | E: < 1 км          |                  |               |                    | E: < 0,5 км      |              | E: < 0,5 км              |               |             |                         |
|                       | Градски райони                               | E: < 0,5/1/1,5 км | E: < 0,5/1/1,5 км     | E: < 0,5 км        | E: < 0,4/0,55 км | E: < 0,5 км   | E: < 0/2 км        | E: < 0,5 км      | E: < 3 км    | E: < 1 км                | E: < 0,5/1 км | E: < 1 км   |                         |
|                       | Гъстота на населението                       |                   |                       |                    |                  |               |                    |                  |              |                          |               |             |                         |
|                       | Туристически съоръжения, туристически обекти |                   | E: < 1 км             |                    |                  | E: < 1 км     |                    | E: < 1 км        |              |                          |               |             |                         |
|                       | Видимост                                     |                   |                       |                    |                  |               |                    |                  |              |                          |               |             |                         |
|                       | Земеделски площи                             | E                 |                       | E                  |                  |               |                    |                  | E            |                          |               |             |                         |
|                       | Постоянно напоявани площи                    |                   |                       |                    |                  |               |                    |                  |              | E: < 0,2 км              |               |             |                         |
|                       | Пасища                                       |                   |                       |                    |                  |               |                    |                  |              | E: < 0,2 км              |               |             |                         |
|                       | Индустриални райони, минни зони              |                   |                       |                    |                  |               |                    |                  |              | E: < 0,5 км              |               |             |                         |

\* ако има птици или прилепи

|                         |                 |
|-------------------------|-----------------|
| Критерии за изключване: | E: праг / буфер |
| Критерии за оценка:     |                 |

E = exclusion; изключване на територията под/над определения праг

Приложение 2. Критерии и буферните разстояния в литературата – Соларни електроцентрали

|                       |                                                 | Watson-Hudson      | Giamalki-Tsoutsos   | Finn-McKenzie   | Colak et al. | EINP               | Günen       | Tercan et al. | Pravalie et al.      | Vrinceanu et al. |
|-----------------------|-------------------------------------------------|--------------------|---------------------|-----------------|--------------|--------------------|-------------|---------------|----------------------|------------------|
|                       |                                                 | 2015               | 2019                | 2020            | 2020         | 2021               | 2021        | 2021          | 2022                 | 2022             |
|                       |                                                 | Обединено кралство | Гърция              | Ирландия        | Турция       | Хърватия           | Турция      | Турция        | Румъния              | Румъния          |
| Технически            | Високоволтова електропреносна мрежа             |                    | E: > 10 км          |                 |              | E: < 0,05 км       |             |               | E: < 0,1 км, > 10 км |                  |
|                       | Пътища                                          |                    | E: < 0,1 км, > 4 км | E: < 0,1 км     | E: < 0,1 км  | E: < 0,025-0,04 км | E: < 0,1 км | E: < 0,05 км  | E: < 0,1 км, > 5 км  |                  |
|                       | Железопътни линии                               |                    |                     |                 |              | E: < 0,1 км        | E: < 0,1 км | E: < 0,05 км  | E: < 0,1 км, > 5 км  |                  |
|                       | Въгледородни тръбопроводи                       |                    |                     |                 | E: < 0,07 км | E: < 0,03 км       |             |               |                      |                  |
|                       | Летища                                          |                    |                     |                 |              | E: < 0,05 км       |             |               |                      |                  |
|                       | Военни зони                                     |                    |                     |                 |              | E: < 0,1 км        |             |               |                      |                  |
|                       | Трансформаторни станции                         |                    |                     |                 |              |                    |             |               |                      |                  |
|                       | Потенциал на слънчевата енергия (kWh/м²/година) |                    | E: < 1000           |                 |              |                    |             | E: < 1200     |                      | E: < 1200        |
|                       | Застрашени от наводняване зони                  |                    |                     |                 |              | E                  |             |               |                      |                  |
|                       | Защитени водни резервати                        |                    |                     |                 |              | E                  |             |               |                      |                  |
|                       | Продължителност на слънчевото греене            |                    |                     |                 |              |                    |             |               |                      | E: < 1800 ч      |
|                       | Средна скорост на вятъра                        |                    |                     |                 |              |                    |             |               |                      | E: > 6 м/с       |
| Екологично-природни   | Средна температура                              |                    |                     |                 |              |                    |             |               |                      | E: < 5°C         |
|                       | Относителна влажност                            |                    |                     |                 |              |                    |             |               |                      |                  |
|                       | Средни годишни валежи                           |                    |                     |                 |              |                    |             |               |                      |                  |
|                       | Среден годишен брой на снежни дни               |                    |                     |                 |              |                    |             |               |                      |                  |
|                       | Наклон на терена                                | E: > 10%           | E: > 28%            | E: > 5° (8,75%) | E: > 20%     |                    |             | E: > 25%      | E: > 10° (17,6%)     | E: > 16° (28,7%) |
|                       | Изложение                                       | E: не ЮЗ-ЮИ        | E: С                | E: не ЮЗ-ЮИ     |              |                    |             | E: С          |                      |                  |
|                       | Надморска височина                              |                    | E: > 1500 м         |                 |              |                    |             | E: > 3000 м   | E: > 2000 м          | E: > 1000 м      |
|                       | Разломни линии на земетресения                  |                    |                     |                 |              |                    |             |               |                      |                  |
|                       | Земеползване или земно покритие                 |                    | E                   | E               |              |                    | E           | E             |                      |                  |
|                       | Горски зони                                     |                    | E                   |                 |              |                    |             |               | E: < 0,1 км          |                  |
|                       | Водни басейни                                   |                    | E: < 0,1 км         | E: < 0,01 км    | E: < 0,1 км  | E: < 0,01 км       | E: < 0,1 км | E: < 0,1 км   | E: < 0,1 км          |                  |
|                       | Влажни зони                                     |                    |                     |                 |              |                    |             |               | E: < 0,1 км          |                  |
|                       | Местообитания на прилепи                        |                    |                     |                 |              |                    |             |               |                      |                  |
|                       | Брегова зона и брегова линия                    |                    | E: < 0,05 км        |                 |              | E: < 1 км          |             |               |                      |                  |
|                       | Скалисти островчета                             |                    | E                   |                 |              |                    |             |               |                      |                  |
|                       | Скали и скални масиви                           |                    |                     |                 |              |                    |             |               |                      |                  |
| Социално-икономически | Защитени природни територии                     | E: < 1 км          | E                   | E: < 0,5 км     | E            | E                  | E           | E             | E: < 1 км            | E                |
|                       | Райони с изключителна природна красота          | E: < 1 км          |                     | E: < 0,5 км     |              |                    |             |               |                      |                  |
|                       | Обекти на световното наследство                 | E: < 1 км          | E                   | E: < 0,5 км     |              | E                  |             |               |                      |                  |
|                       | Историческо/културно наследство                 | E: < 1 км          | E                   | E: < 0,1 км     |              | E: < 0,5 км        |             |               |                      |                  |
|                       | Градски райони, изкуствени райони               | E: < 0,5 км        | E                   |                 | E: < 0,5 км  | E: < 0,5 км        | E: < 0,5 км |               | E: < 0,1 км          |                  |
|                       | Туристически съоръжения, туристически обекти    |                    | E                   |                 |              | E: < 0,5 км        |             |               |                      |                  |
|                       | Видимост                                        |                    | E                   |                 |              |                    |             |               |                      |                  |
|                       | Чувствителност към нарушаване на земята         |                    |                     |                 |              |                    |             |               | E                    |                  |
|                       | Земеделски площи                                | E                  |                     |                 |              |                    |             |               |                      |                  |

|                         |                 |
|-------------------------|-----------------|
| Критерии за изключване: | E: праг / буфер |
| Критерии за оценка:     |                 |

Приложение 3. Препоръчителни буферни разстояния и прагове за трите сценария – Вятърни електроцентрали

| Оценка за пригодност              | Разстояние (м) от / друг праг                  |               |                                     |                           |                   |           |                 |             |                                |                      |                                |                          |                    |                                               |                                                      |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                              |                          |                                |       |  |
|-----------------------------------|------------------------------------------------|---------------|-------------------------------------|---------------------------|-------------------|-----------|-----------------|-------------|--------------------------------|----------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------|-------------|-------------|-----------------|-----------------------------|----------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------|--------------------------------|-------|--|
|                                   | Точка на свързване към електропреносната мрежа | Главни пътища | Високоволтова електропреносна мрежа | Въгледородни тръбопроводи | Железопътни линии | Летища    | Радарни станции | Военни зони | Средна скорост на вятъра (м/с) | Наклон на терена (°) | Застрашени от наводняване зони | Защитени водни резервати | Колония на прилепи | Миграционни маршрути и местообитания на птици | Пространствена гъстота на популацията на птици (%) * | Водни басейни | Влажни зони | Горски зони | Пасища и храсти | Защитени природни територии | Населени места | Други застроени територии | Високопродуктивни земеделски земи | Земеделски и овощни площи | Нарушени и индустриални територии | Територии с ландшафтно-на естетическа защита | Социален показател (%) * | Икономическа ефективност (%) * |       |  |
| Сценарий 1: Екологичен            |                                                |               |                                     |                           |                   |           |                 |             |                                |                      |                                |                          |                    |                                               |                                                      |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                              |                          |                                |       |  |
| Изключени зони (0)                |                                                | 0-200         | 0-200                               | 0-200                     | 0-200             | 0-3000    | 0-15000         | 0-3000      |                                | > 15                 | X                              | X                        | 0-1000             | 0-5000                                        |                                                      | 0-200         | 0-200       | 0-200       | 0-200           | 0-1500                      | 0-700          | 0-500                     |                                   |                           |                                   |                                              |                          |                                |       |  |
| 1                                 | 10000 <                                        | 10000 <       |                                     |                           |                   |           |                 |             | < 3                            |                      |                                |                          |                    |                                               | 80 <                                                 |               |             |             |                 | 1500-                       |                |                           |                                   |                           |                                   |                                              | X                        | 80 <                           | 80 <  |  |
| 2                                 | 8000-                                          | 8000-         |                                     |                           |                   |           |                 |             | 3-4                            | 13-15                |                                |                          |                    |                                               |                                                      |               |             | 200-        | 200-            | 1600-                       |                |                           |                                   |                           |                                   |                                              |                          |                                |       |  |
| 3                                 | 7000-8000                                      | 7000-8000     |                                     |                           |                   |           |                 |             | 4-5                            |                      |                                |                          |                    |                                               |                                                      |               |             |             |                 | 1700-                       |                |                           |                                   |                           |                                   |                                              |                          |                                |       |  |
| 4                                 | 6000-7000                                      | 6000-7000     |                                     |                           |                   |           |                 |             | 5-6                            | 11-13                |                                |                          |                    |                                               | 79-60                                                |               |             | 250-        | 250-            | 1800-                       |                |                           |                                   |                           |                                   |                                              |                          | 79-60                          | 79-60 |  |
| 5                                 | 5000-6000                                      | 5000-6000     |                                     |                           |                   |           |                 |             | 6-7                            |                      |                                |                          |                    |                                               |                                                      |               |             |             |                 | 1900-                       |                |                           |                                   |                           |                                   |                                              |                          |                                |       |  |
| 6                                 | 4000-5000                                      | 4000-5000     |                                     |                           |                   |           |                 |             | 7-8                            | 9-11                 |                                |                          |                    |                                               |                                                      |               |             | 300-        | 300-            | 2000-                       |                |                           |                                   |                           |                                   |                                              |                          |                                |       |  |
| 7                                 | 3000-4000                                      | 3000-4000     |                                     |                           |                   |           |                 |             | 8-9                            |                      |                                |                          |                    |                                               | 59-40                                                |               |             |             |                 | 2100-                       |                |                           |                                   |                           |                                   |                                              |                          | 59-40                          | 59-40 |  |
| 8                                 | 2000-3000                                      | 2000-3000     |                                     |                           |                   |           |                 |             | 9-10                           | 5-9                  |                                |                          |                    |                                               |                                                      |               |             | 350-        | 350-            | 2200-                       |                |                           |                                   |                           |                                   |                                              |                          |                                |       |  |
| 9                                 | 1000-2000                                      | 1000-2000     |                                     |                           |                   |           |                 |             | 10-11                          |                      |                                |                          |                    |                                               |                                                      |               |             |             |                 | 2300-                       |                |                           |                                   |                           |                                   |                                              |                          |                                |       |  |
| 10                                | 0-1000                                         | 200-1000      |                                     |                           |                   |           |                 |             | 11 <                           | 0-5                  |                                |                          |                    |                                               | 0-39                                                 |               |             | 400 <       | 400 <           | 2400 <                      |                |                           |                                   |                           | X                                 | X                                            |                          | 0-39                           | 0-39  |  |
| Сценарий 2: Технически            |                                                |               |                                     |                           |                   |           |                 |             |                                |                      |                                |                          |                    |                                               |                                                      |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                              |                          |                                |       |  |
| Изключени зони (0)                |                                                | 0-200         | 0-200                               | 0-200                     | 0-200             | 0-3000    | 0-15000         | 0-3000      |                                | > 15                 | X                              | X                        | X                  | X                                             |                                                      | X             | X           | 0-200       |                 | X                           | X              | X                         |                                   |                           |                                   |                                              |                          |                                |       |  |
| 1                                 | 4500 <                                         | 4500 <        |                                     |                           |                   | 3000-3500 | 15000-          |             | < 3                            |                      |                                |                          |                    |                                               | 80 <                                                 |               |             |             | X               |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                              |                          | 80 <                           | 80 <  |  |
| 2                                 | 4000-4500                                      | 4000-4500     |                                     |                           |                   | 3500-4000 | 16000-          |             | 3-4                            | 13-15                |                                |                          |                    |                                               |                                                      |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                              |                          |                                |       |  |
| 3                                 | 3500-4000                                      | 3500-4000     |                                     |                           |                   | 4000-4500 | 17000-          |             | 4-5                            |                      |                                |                          |                    |                                               |                                                      |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                              |                          |                                |       |  |
| 4                                 | 3000-3500                                      | 3000-3500     |                                     |                           |                   | 4500-5000 | 18000-          |             | 5-6                            | 11-13                |                                |                          |                    |                                               | 79-60                                                |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                              |                          | 79-60                          | 79-60 |  |
| 5                                 | 2500-3000                                      | 2500-3000     |                                     |                           |                   | 5000-5500 | 19000-          |             | 6-7                            |                      |                                |                          |                    |                                               |                                                      |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                              |                          |                                |       |  |
| 6                                 | 2000-2500                                      | 2000-2500     |                                     |                           |                   | 5500-6000 | 20000-          |             | 7-8                            | 9-11                 |                                |                          |                    |                                               |                                                      |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                              |                          |                                |       |  |
| 7                                 | 1500-2000                                      | 1500-2000     |                                     |                           |                   | 6000-6500 | 21000-          |             | 8-9                            |                      |                                |                          |                    |                                               | 59-40                                                |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                              |                          | 59-40                          | 59-40 |  |
| 8                                 | 1000-1500                                      | 1000-1500     |                                     |                           |                   | 6500-7000 | 22000-          |             | 9-10                           | 5-9                  |                                |                          |                    |                                               |                                                      |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                              |                          |                                |       |  |
| 9                                 | 500-1000                                       | 500-1000      |                                     |                           |                   | 7000-7500 | 23000-          |             | 10-11                          |                      |                                |                          |                    |                                               |                                                      |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                              |                          |                                |       |  |
| 10                                | 0-500                                          | 200-500       |                                     |                           |                   | 7500 <    | 24000 <         |             | 11 <                           | 0-5                  |                                |                          |                    |                                               | 0-39                                                 |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   | X                         | X                                 |                                              |                          | 0-39                           | 0-39  |  |
| Сценарий 3: Социално-икономически |                                                |               |                                     |                           |                   |           |                 |             |                                |                      |                                |                          |                    |                                               |                                                      |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                              |                          |                                |       |  |
| Изключени зони (0)                |                                                | 0-200         | 0-200                               | 0-200                     | 0-200             | 0-3000    | 0-15000         | 0-3000      |                                | > 15                 | X                              | X                        | 0-700              | 0-3000                                        |                                                      | X             | X           | 0-200       | X               | X                           | 0-700          | 0-500                     | X                                 |                           |                                   |                                              |                          |                                |       |  |
| 1                                 | 10000 <                                        | 10000 <       |                                     |                           |                   | 3000-3500 | 15000-          |             | < 3                            |                      |                                |                          |                    |                                               | 80 <                                                 |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                              | X                        | 80 <                           | 80 <  |  |
| 2                                 | 8000-                                          | 8000-         |                                     |                           |                   | 3500-4000 | 16000-          |             | 3-4                            | 13-15                |                                |                          |                    |                                               |                                                      |               |             |             |                 |                             | 700-           | 500-600                   |                                   |                           |                                   |                                              |                          |                                |       |  |
| 3                                 | 7000-8000                                      | 7000-8000     |                                     |                           |                   | 4000-4500 | 17000-          |             | 4-5                            |                      |                                |                          |                    |                                               |                                                      |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                              |                          |                                |       |  |
| 4                                 | 6000-7000                                      | 6000-7000     |                                     |                           |                   | 4500-5000 | 18000-          |             | 5-6                            | 11-13                |                                |                          |                    |                                               | 79-60                                                |               |             |             |                 |                             | 1200-          | 600-700                   |                                   |                           |                                   |                                              |                          | 79-60                          | 79-60 |  |
| 5                                 | 5000-6000                                      | 5000-6000     |                                     |                           |                   | 5000-5500 | 19000-          |             | 6-7                            |                      |                                |                          |                    |                                               |                                                      |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                              |                          |                                |       |  |
| 6                                 | 4000-5000                                      | 4000-5000     |                                     |                           |                   | 5500-6000 | 20000-          |             | 7-8                            | 9-11                 |                                |                          |                    |                                               |                                                      |               |             |             |                 |                             | 1700-          | 700-800                   |                                   |                           |                                   |                                              |                          |                                |       |  |
| 7                                 | 3000-4000                                      | 3000-4000     |                                     |                           |                   | 6000-6500 | 21000-          |             | 8-9                            |                      |                                |                          |                    |                                               | 59-40                                                |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                              |                          | 59-40                          | 59-40 |  |
| 8                                 | 2000-3000                                      | 2000-3000     |                                     |                           |                   | 6500-7000 | 22000-          |             | 9-10                           | 5-9                  |                                |                          |                    |                                               |                                                      |               |             |             |                 |                             | 2200-          | 800-900                   |                                   |                           |                                   |                                              |                          |                                |       |  |
| 9                                 | 1000-2000                                      | 1000-2000     |                                     |                           |                   | 7000-7500 | 23000-          |             | 10-11                          |                      |                                |                          |                    |                                               |                                                      |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                              |                          |                                |       |  |
| 10                                | 0-1000                                         | 200-1000      |                                     |                           |                   | 7500 <    | 24000 <         |             | 11 <                           | 0-5                  |                                |                          |                    |                                               | 0-39                                                 |               |             |             |                 |                             | 2700 <         | 900 <                     |                                   | X                         | X                                 |                                              |                          | 0-39                           | 0-39  |  |

Приложение 4. Препоръчителни буферни разстояния и прагове за трите сценария – Соларни електроцентрали

| Разстояние (м) от / друг праг     |                                                |               |                                     |                           |                   |         |                 |             |                                                 |                      |                                |                          |                    |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                           |                          |                                |  |
|-----------------------------------|------------------------------------------------|---------------|-------------------------------------|---------------------------|-------------------|---------|-----------------|-------------|-------------------------------------------------|----------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------|---------------|-------------|-------------|-----------------|-----------------------------|----------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------|--------------------------------|--|
| Оценка за пригодност              | Точка на свързване към електропреносната мрежа | Главни пътища | Високоволтова електропреносна мрежа | Въгледорожни тръбопроводи | Железопътни линии | Летища  | Радарни станции | Военни зони | Глобална хоризонтална радиация (kWh/Мз/ година) | Наклон на терена (°) | Застрашени от наводняване зони | Защитени водни резервати | Колония на прилепи | Водни басейни | Влажни зони | Горски зони | Пасища и храсти | Защитени природни територии | Населени места | Други застроени територии | Високопродуктивни земеделски земи | Земеделски и овощни площи | Нарушени и индустриални територии | Територии с ландшафтна естетическа защита | Социален показател (%) * | Икономическа ефективност (%) * |  |
| Сценарий 1: Екологичен            |                                                |               |                                     |                           |                   |         |                 |             |                                                 |                      |                                |                          |                    |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                           |                          |                                |  |
| Исключени зони (0)                |                                                | 0-50          | < 50                                | < 50                      | < 50              | < 50    | X               | X           |                                                 | > 15                 | X                              | X                        | 0-500              | 0-100         | 0-100       | 0-100       | 0-100           | 0-500                       | X              | X                         | X                                 |                           |                                   |                                           |                          |                                |  |
| 1                                 | 10000 <                                        | 10000 <       |                                     |                           |                   |         |                 |             | < 1100                                          |                      |                                |                          |                    |               |             |             |                 | 500-600                     |                |                           |                                   |                           |                                   | X                                         | 80 <                     | 80 <                           |  |
| 2                                 | 8000-10000                                     | 8000-10000    |                                     |                           |                   |         |                 |             | 1100-1150                                       | 13-15                |                                |                          |                    |               |             |             | 100-150         | 100-150                     | 600-700        |                           |                                   |                           |                                   |                                           |                          |                                |  |
| 3                                 | 7000-8000                                      | 7000-8000     |                                     |                           |                   |         |                 |             | 1150-1200                                       |                      |                                |                          |                    |               |             |             |                 |                             | 700-800        |                           |                                   |                           |                                   |                                           |                          |                                |  |
| 4                                 | 6000-7000                                      | 6000-7000     |                                     |                           |                   |         |                 |             | 1200-1250                                       | 11-13                |                                |                          |                    |               |             |             | 150-200         | 150-200                     | 800-900        |                           |                                   |                           |                                   |                                           | 79-60                    | 79-60                          |  |
| 5                                 | 5000-6000                                      | 5000-6000     |                                     |                           |                   |         |                 |             | 1250-1300                                       |                      |                                |                          |                    |               |             |             |                 |                             | 900-1000       |                           |                                   |                           |                                   |                                           |                          |                                |  |
| 6                                 | 4000-5000                                      | 4000-5000     |                                     |                           |                   |         |                 |             | 1300-1350                                       | 9-11                 |                                |                          |                    |               |             |             | 200-250         | 200-250                     | 1000-1100      |                           |                                   |                           |                                   |                                           |                          |                                |  |
| 7                                 | 3000-4000                                      | 3000-4000     |                                     |                           |                   |         |                 |             | 1350-1400                                       |                      |                                |                          |                    |               |             |             |                 |                             | 1100-1200      |                           |                                   |                           |                                   |                                           | 59-40                    | 59-40                          |  |
| 8                                 | 2000-3000                                      | 2000-3000     |                                     |                           |                   |         |                 |             | 1400-1450                                       | 5-9                  |                                |                          |                    |               |             |             | 250-300         | 250-300                     | 1200-1300      |                           |                                   |                           |                                   |                                           |                          |                                |  |
| 9                                 | 1000-2000                                      | 1000-2000     |                                     |                           |                   |         |                 |             | 1450-1500                                       |                      |                                |                          |                    |               |             |             |                 |                             | 1300-1400      |                           |                                   |                           |                                   |                                           |                          |                                |  |
| 10                                | 0-1000                                         | 50-1000       |                                     |                           |                   |         |                 |             | 1500 <                                          | 0-5                  |                                |                          |                    |               |             |             | 300 <           | 300 <                       | 1400 <         |                           |                                   |                           | X                                 | X                                         | 0-39                     | 0-39                           |  |
| Сценарий 2: Технически            |                                                |               |                                     |                           |                   |         |                 |             |                                                 |                      |                                |                          |                    |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                           |                          |                                |  |
| Исключени зони (0)                |                                                | 0-50          | 0-50                                | 0-50                      | 0-50              | 0-50    | X               | X           |                                                 | > 15                 | X                              | X                        |                    | X             | X           | 0-100       |                 | X                           | X              | X                         | X                                 |                           |                                   |                                           |                          |                                |  |
| 1                                 | 4500 <                                         | 4500 <        |                                     |                           |                   | 50-150  |                 |             | < 1100                                          |                      |                                |                          |                    |               |             |             | X               |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                           | 80 <                     | 80 <                           |  |
| 2                                 | 4000-4500                                      | 4000-4500     |                                     |                           |                   | 150-250 |                 |             | 1100-1150                                       | 13-15                |                                |                          |                    |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                           |                          |                                |  |
| 3                                 | 3500-4000                                      | 3500-4000     |                                     |                           |                   | 250-350 |                 |             | 1150-1200                                       |                      |                                |                          |                    |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                           |                          |                                |  |
| 4                                 | 3000-3500                                      | 3000-3500     |                                     |                           |                   | 350-450 |                 |             | 1200-1250                                       | 11-13                |                                |                          |                    |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                           | 79-60                    | 79-60                          |  |
| 5                                 | 2500-3000                                      | 2500-3000     |                                     |                           |                   | 450-550 |                 |             | 1250-1300                                       |                      |                                |                          |                    |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                           |                          |                                |  |
| 6                                 | 2000-2500                                      | 2000-2500     |                                     |                           |                   | 550-650 |                 |             | 1300-1350                                       | 9-11                 |                                |                          |                    |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                           |                          |                                |  |
| 7                                 | 1500-2000                                      | 1500-2000     |                                     |                           |                   | 650-750 |                 |             | 1350-1400                                       |                      |                                |                          |                    |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                           | 59-40                    | 59-40                          |  |
| 8                                 | 1000-1500                                      | 1000-1500     |                                     |                           |                   | 750-850 |                 |             | 1400-1450                                       | 5-9                  |                                |                          |                    |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                           |                          |                                |  |
| 9                                 | 500-1000                                       | 500-1000      |                                     |                           |                   | 850-950 |                 |             | 1450-1500                                       |                      |                                |                          |                    |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                           |                          |                                |  |
| 10                                | 0-500                                          | 50-500        |                                     |                           |                   | 950 <   |                 |             | 1500 <                                          | 0-5                  |                                |                          |                    |               |             |             |                 |                             |                |                           | X                                 | X                         |                                   |                                           | 0-39                     | 0-39                           |  |
| Сценарий 3: Социално-икономически |                                                |               |                                     |                           |                   |         |                 |             |                                                 |                      |                                |                          |                    |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                           |                          |                                |  |
| Исключени зони (0)                |                                                | 0-50          | 0-50                                | 0-50                      | 0-50              | 0-50    | X               | X           |                                                 | > 15                 | X                              | X                        | 0-200              | X             | X           | 0-100       | X               | X                           | X              | X                         | X                                 |                           |                                   |                                           |                          |                                |  |
| 1                                 | 10000 <                                        | 10000 <       |                                     |                           |                   | 50-150  |                 |             | < 1100                                          |                      |                                |                          |                    |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   | X                                         | 80 <                     | 80 <                           |  |
| 2                                 | 8000-10000                                     | 8000-10000    |                                     |                           |                   | 150-250 |                 |             | 1100-1150                                       | 13-15                |                                |                          |                    |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                           |                          |                                |  |
| 3                                 | 7000-8000                                      | 7000-8000     |                                     |                           |                   | 250-350 |                 |             | 1150-1200                                       |                      |                                |                          |                    |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                           |                          |                                |  |
| 4                                 | 6000-7000                                      | 6000-7000     |                                     |                           |                   | 350-450 |                 |             | 1200-1250                                       | 11-13                |                                |                          |                    |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                           | 79-60                    | 79-60                          |  |
| 5                                 | 5000-6000                                      | 5000-6000     |                                     |                           |                   | 450-550 |                 |             | 1250-1300                                       |                      |                                |                          |                    |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                           |                          |                                |  |
| 6                                 | 4000-5000                                      | 4000-5000     |                                     |                           |                   | 550-650 |                 |             | 1300-1350                                       | 9-11                 |                                |                          |                    |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                           |                          |                                |  |
| 7                                 | 3000-4000                                      | 3000-4000     |                                     |                           |                   | 650-750 |                 |             | 1350-1400                                       |                      |                                |                          |                    |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                           | 59-40                    | 59-40                          |  |
| 8                                 | 2000-3000                                      | 2000-3000     |                                     |                           |                   | 750-850 |                 |             | 1400-1450                                       | 5-9                  |                                |                          |                    |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                           |                          |                                |  |
| 9                                 | 1000-2000                                      | 1000-2000     |                                     |                           |                   | 850-950 |                 |             | 1450-1500                                       |                      |                                |                          |                    |               |             |             |                 |                             |                |                           |                                   |                           |                                   |                                           |                          |                                |  |
| 10                                | 0-1000                                         | 50-1000       |                                     |                           |                   | 950 <   |                 |             | 1500 <                                          | 0-5                  |                                |                          |                    |               |             |             |                 |                             |                |                           | X                                 | X                         |                                   |                                           | 0-39                     | 0-39                           |  |

\* може да се уточни въз основа на наличните данни – например % спрямо региона