

ОЦЕНКА И ПРОГНОЗА НА РИСКА
от възможни неблагоприятни психофизиологични
ефекти на засенчване и определяне на зони за
визуално въздействие за инвестиционен проект
“Изграждане на ВЕП Лозенец”



Статус на документа

Версия	Дата	Разработил
Rev_00	13/11/2024	Пл. Семерджиев

Разпространение на документа

Версия	Дата	Количество /брой	Тип на разпространение	Хартиен носител	Електронен носител
Rev_00	13/11/2024	1	контролирано	1	1

Наименование на документа	Оценка и прогноза на риска от възможни неблагоприятни психофизиологични ефекти на засенчване и определяне на зони за визуално въздействие от вятърни турбини за инвестиционен проект “Изграждане на Ветроенергиен парк Лозенец”
Име на файла	Visual_VEP_Lozenetz/2024/Rev_00
Разработен от	“Енвайро Проджект” ЕООД
Възложител	“ЕЕ Лозенец” ЕООД
Рег. № на документа	EP_001/2024

Авторски права

Всички права и ноу-хау в този документ са собственост на “Енвайро Проджект” ЕООД. Никака част от този документ не може да бъде възпроизвеждана или предавана под каквато и да е форма или по какъвто и да е начин без изричното писмено съгласие от “Енвайро Проджект” ЕООД. Използването им без съгласието на носителя на авторските права, противоречи на Закона за авторско право и подлежи на санкции съгласно директивите за Авторско право в съответствие с международното и Българското законодателство.

СЪДЪРЖАНИЕ

ТЕРМИНОЛОГИЧЕН РЕЧНИК.....	4
I. Неблагоприятни психофизиологични ефекти на засенчване.....	5
1.1. Засенчване и оптични трептения.....	6
1.2. Критерии за оценка.....	8
1.3. Методика за оценка и прогноза на засенчване.....	9
1.3.1. Алгоритъм за оценка и прогноза на засенчването.....	9
1.3.2. Структуриране на математически модел.....	10
1.3.3. Моделни резултати.....	13
1.4. Заключение.....	18
II. Зони на визуално въздействие (ZVI).....	20
2.1. Фактори влияещи на визуалното въздействие.....	21
2.2. Орография и ландшафтни особености.....	22
2.3. Методология за оценка.....	23
2.3.1. Изчислителен метод за определяне на ZVI.....	23
2.3.2. Структуриране на математически модел за определяне на ZVI.....	25
2.3.3. Моделни резултати.....	26
2.4. Заключение.....	27
Приложение	
Моделни резултати и картиране на ефекта на засенчване от вятърни турбини	
Моделни резултати и картиране на зони за визуално въздействие (ZVI)	

ТЕРМИНОЛОГИЧЕН РЕЧНИК

За целите на оценката са използвани следните определения, термини и дефиниции, във връзка с рисковете и последиците от неблагоприятни оптични ефекти.

Засенчване	Трайно или периодично изменение в осветеността на дадена точка от земната повърхност, сгради или други обекти, създавано от конструкциите и/или витлата на вятърните турбини.
Трептяща сянка	Оптичен ефект, който възниква, когато въртящите се перки на вятърна турбина хвърлят движеща се сянка върху сграда.
Слънчево отклонение (x)	Описва ходът на слънцето през годината. Ъгъла, под който слънцето се движи в течение на сезоните над зенита на екватора в посока север и юг. (в началото на зимата (21.12)- 23,45°, в начало на лятото (21.06) 23,45°, в начало на есента (- (23.9), както и в началото на пролетта (21.3) 0°).
Височина на слънцето (h)	Ъгъл на падане на слънчевите лъчи спрямо хоризонтална повърхност.
Часови ъгъл (w)	Ъгъл между най-високото положение на слънцето и слънцегреенето в момента.
Азимут (y)	Ъгъла сключван между посока юг и положението на слънцето, което се проектира на хоризонталната равнина.
Изгрев на слънцето (ta)	Изгрев в момента, когато центърът на слънчевия диск се вижда над хоризонталната повърхност на хоризонта сутрин.
Залез на слънцето (tu)	Залез в момента, когато центърът на слънчевия диск се скрива зад хоризонталната повърхност на хоризонта вечер.
Зона на визуално въздействие (ZVI)	Област, в която теоретично може да възникне визуално възприятие на вертикални структури, определена въз основа на цифров теренен модел (DTM). Обикновено ZVI представя консервативен сценарий на земната повърхност, базирана единствено на топографията и релефа на естествения терен, без екраниращи структури и растителност.

I. Неблагоприятни психофизиологични ефекти на засенчване

Въртящите се витла на вятърни турбини могат да причинят периодични промени в нивата на яркост на места, в които пресичат пряка слънчева светлина. Това може да доведе до неудобство и дискомфорт, когато сянката се хвърля върху жилищни сгради (прозорци) и/или други осветени места в урбанизирани райони с постоянно обитаване на хора, ако тези трептения и засенчване са продължителни и за дълъг период от време.

Засенчването до голяма степен се диктува от относителната позиция на вятърната турбина и осветеността (прозореца) в жилищата, в комбинация с метеорологичните условия (т.е. наличие на пряка слънчева светлина, скорост и посока на вятъра) и времето от денонощието и годината.

Тези оптични ефекти се появяват, когато витлата на турбината са разположени между чувствителния рецептор и слънцето. Честотата на засенчването се свързва с интензитета/честотата на ротация на витлата и зависи от техния брой и местоположение.

Появата на оптични ефекти, в т.ч. засенчване и светлинни смущения/трептения се определя от редица фактори, както най-значими в това отношение са:

- **Физически препятствия:** Визуалните препятствия могат да бъдат различни бариери и физически структури, вкл. растителност, релеф, сгради, конструкции и др. Ако е налице екраниране между рецептора и вятърната турбина, тогава визуални светлинни смущения (трепене на сенки) от ветроенергийни съоръжения, няма да бъдат възможни.
- **Ориентацията на рецептора:** Места с естествена осветеност от жилищните сгради, трябва да са насочени към вятърни турбини, за да могат да бъдат подложени на неблагоприятни светлинни ефекти.
- **Отстояние на турбината до рецептора:** Потенциалните ефекти от засенчване и светлинни трептения намаляват с увеличаване на разстоянието от вятърните турбини. Стандартен подход в практиката е да се използва разстояние от 10 пъти диаметъра на ротора, като максимална граница, в рамките на която могат да се появят значителни ефекти на засенчване и светлинни трептения.
- **Наличието на пряка слънчева светлина:** Облачното покритие може съществено да ограничи пряката слънчева светлина, така че тя да се разсее и да не хвърля сянка.
- **Времето от денонощието и годината:** Пътят на слънцето варира през сезоните, което води до промяна в интензитета за хвърляне на сянка през годината. По същия начин позицията на слънцето в небето в течение на един ден се променя така, че сянката хвърлена от турбина се променя постоянно.
- **Скорост на вятъра:** За да се появят светлинни трептения, турбината трябва да бъде в работен режим, т.е. пропелера и витлата на турбината да са в движение и да се въртят. Това изисква скорост на вятъра, достатъчно висока, за да накара турбината да се включи.
- **Посока на вятъра:** Ширината на сянката в дадена територия зависи от посоката на вятъра, тъй като витлата на вятърната турбина винаги са насочени срещу вятъра и следват неговата посока.

1.1. Засенчване и оптични трептения

Едно от възможните нежелани въздействия от ветроенергийните съоръжения е засенчването от въртящия се ротор. Сянката е причина за силни изменения в осветеността зад ветроенергийното съоръжение с честота между 0.4 и 3.0 Hz в зависимост от оборотите на ротора.

Подобни колебания на осветеността се отразяват по неблагоприятен начин на човека и са недопустими за по-продължителен период от време. Затова при планирането на всяко ветроенергийно съоръжение следва да бъдат отчетени неблагоприятните ефекти свързани със засенчването и оптични трептения.

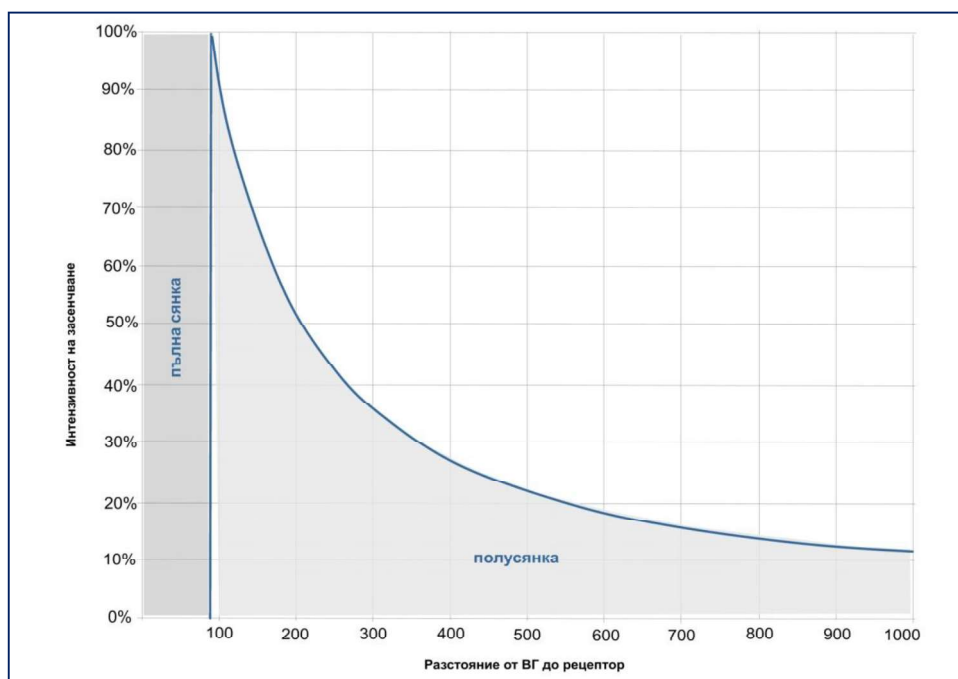
Местоположението на слънцето представлява основата за изчисляването на засенчването и зависи от въртенето на Земята, наклона на земната ос и елипсовидната траектория на Земята около Слънцето. Също така, за всяко едно местоположение трябва да се вземат под внимание географските, сезонните и дневните данни.

С тези данни се изчисляват отклонението (x), часовия ъгъл (w), височината на слънцето (h), азимута (y), както и изгрева (ta) и залеза (tu).

При изчисленията се взема предвид променящата се продължителност на деня от дадено най-високо положение на слънцето до следващото, варираща до 16 мин. поради елипсовидната траектория на Земята около Слънцето. Тъй като резултатите трябва да са валидни не само за една година, в изчисленията тези стойности се осреднява на 365,25.

При изследване на засенчването се прави разлика между пълна и полусянка. Пълната сянка съответства на отсека, в който преките слънчеви лъчи се скриват напълно от препятствието. Полусянка е отсеъкът, в който прониква само част от директната слънчева светлина. Тъй като ветроенергийните съоръжения са с относително малка ширина на витлата на пропелера, пълна сянка настъпва за много кратко време.

На следващата фигура е показано как се променя интензивността на засенчване от витлото на вятърна турбина в зависимост от разстоянието.

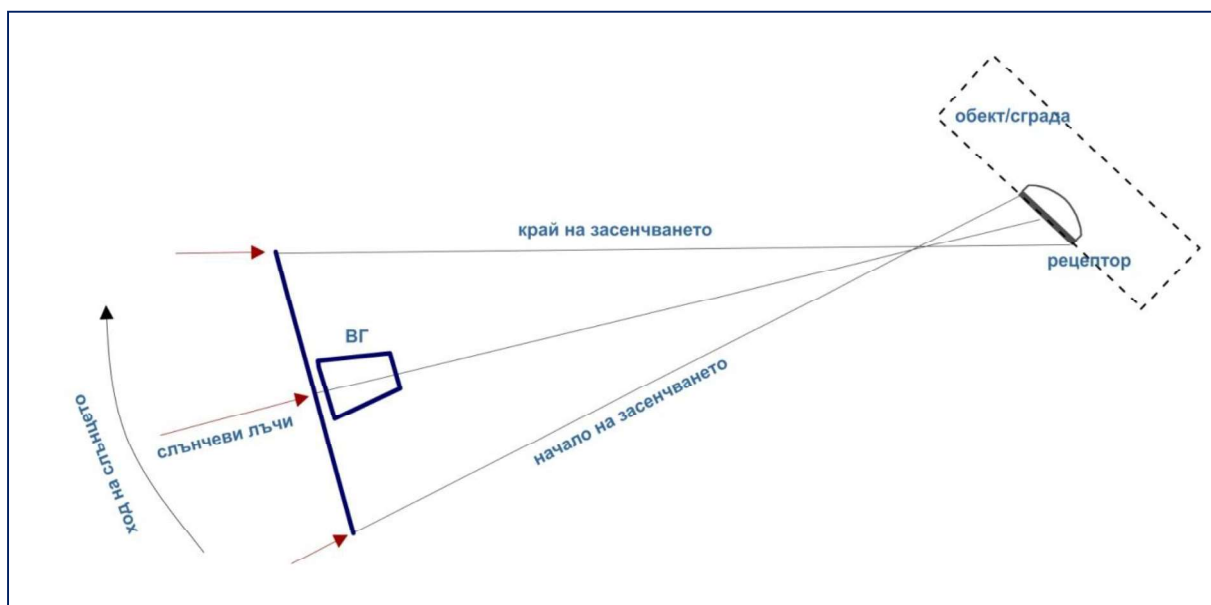


Фигура 1.1. Интензивност на засенчване

Като критерий за интензивност на засенчване, при който витлата на вятърната турбина не оказва въздействие се използва стойност 20%. Съгласно този критерий, изменението в осветеността при по-малко от 20% закриване на слънцето от витлата на турбината, не може да бъде забелязано и поради това негативно въздействие от засенчването в този отсек не се наблюдава.

Посоченият критерий се възприема като гранична стойност на изменението в осветеността, под която вредно въздействие върху човешкото здраве не се очаква.

За установяване на засенчването на даден обект се използва симулация на виртуален рецептор с размерите на изследваната площ, който отчита позицията на слънцето през годината и денонощието.

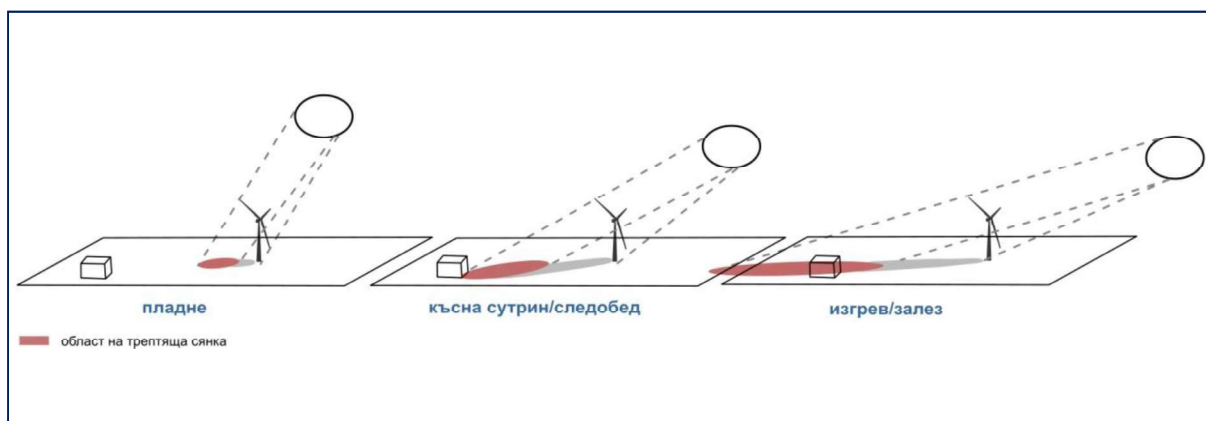


Фигура 1.2. Засенчване от вятърна турбина (поглед от горе)

Ъгълът сключен между слънчевия диск и равнината на ротора играе определяща роля както за появата, така и за интензитета на трептене на сянката. Равнината на ротора се определя от посоката на вятъра, тъй като роторът на турбината непрекъснато се наклонява спрямо посоката на вятъра, то равнината винаги ще бъде перпендикулярна на посоката на вятъра. Трептенето на сянка ще бъде най-ясно изразена, когато равнината на ротора е перпендикулярна на линията на видимост на фоточувствителния рецептор.

От друга страна, пътя на слънцето е с характерна вариация през сезоните, което води до промяна в интензитета за хвърляне на сянка през годината. По същият начин, позицията на слънцето в рамките на един ден се променя така, че хвърлената сянка от турбина се изменя постоянно.

На следващата фигура е представен ефекта на засенчване и хвърлената от турбина сянка през различните периоди от деня, където засенчването в червената зона представлява областта, в която може да се появи оптично трептене.



Фигура 1.3. Зони на засенчване, като функция на времето през различните периоди от деня

1.2. Критерии за оценка

По настоящем в националното законодателство, както и на общеевропейско ниво няма нормативно определени изисквания по отношение на максимално допустимите периоди на засенчване от ветроенергийни съоръжения.

Предвид гореизложеното, за целите на настоящата оценка са възприети посочените по-долу референтните критерии, базирани на практиката и опита на държавите членки, и служат като база при изчисляване периодите на засенчване за конкретния проект:

- Периодите на засенчване в една имисионна точка при непрекъснато слънцегреене не могат да надвишават 30 часа в годината или 30 мин. на ден;
- Засенчване при положение на слънцето под 3° не се взема под внимание;
- Обхватът на въздействие на сянката (участък, в който интензивността на колебанията в осветеността представлява негативно въздействие за човека) зад едно ветроенергийно съоръжение се определя в съответствие с изчисленията по Фройнд;
- За да се осигури сравнимост на резултатите се препоръчва наблюдението да е на височина 1m в точката на имисия (фоточувствителен рецептор).

Посочените критерии са взимани от приложимите техническите изисквания и насоки в Германия, както и действащите регулации в Обединеното кралство и Р.Ирландия.

Оценка на въздействието от вредните ефекти на засенчването се прилага за обекти, ситуационно разположени в рамките на 130° от двете страни на север, с максимален териториален обхват от 10 пъти диаметъра на ротора от най-близкия чувствителен рецептор, т.е. на разстояние $10 \times D_{\text{rotor}}$ от най-близката обитаема постройка.

Съгласно насоките за най-добри практики във вятърната енергетика, публикувани от Департамента по околна среда на Ирландия (*Ireland Government Department of Environment*) е посочено, че разстояния по-големи от 10 пъти диаметъра на ротора на вятърната турбина, имат много нисък потенциал за засенчване, вкл. оптично трептене и свързаните с него вредни ефекти.

Според посочените по-горе насоки, оценката на потенциално чувствителни рецептори в рамките на разстояние от 10 пъти диаметъра на ротора, се приема като подходящ териториален обхват за целите на ОВОС, за които следва да се прилагат граничните критерии за оценка на засенчването от 30 часа на година или 30 минути на ден за идентифицираните чувствителни рецептори.

1.3. Методология за оценка

1.3.1. Алгоритъм за оценка и прогноза на засенчването

За целите на оценката е използван специализиран софтуер от високо поколение WindPRO, приложен за оценка и анализ на потенциала на засенчване от вятърни турбини.

Симулацията на хода на слънцето е извършена с модул SHADOW от програмата (WindPRO) с времева резолюция от две минути, като се проследява слънцето от изгрев до залез в продължение на една година. Резултатите за засенчването се изчисляват посредством апроксимация на данните от заложените физични параметри, в т.ч. минималната височина на слънцето, координатите, разположението и големината на рецептора, както и данните от ветроенергийните съоръжения.

Въз основа на тези променливи се установява дали засенчването на съответния рецептор се дължи и е в следствие на едно или няколко ветроенергийни съоръжения.

При ясно отчетлива сянка се регистрират датата, началото, края и нейната продължителност, както и хвърлящите сянка ветроенергийни съоръжения. Така броят на дните в годината, през които може да възникне засенчване и общата продължителност на засенчването се изчисляват повторно.

WindPRO използва дългосрочна слънчева статистика, която точно възпроизвежда пътя на слънцето през цялата година при отчитане на конкретната географската ширина. Моделът използва минималното издигане на слънцето от 3° над хоризонта, с цел да бъдат отчетени бариери и визуални препятствия на хоризонта при ниски ъгли на издигане на слънцето.

Релефът и характеристиката на терена се въвеждат в модела с помощта на цифрови теренни данни (DEM), които отчитат действителните/реални вариации на надморската височина между турбините и чувствителните рецептори.

В действителност обаче сенките никога не достигат теоретичния максимум поради оптичните характеристики на атмосферата. Когато слънцето застане твърде ниско над хоризонта, слънчевата светлина се разсейва, преди да достигне земята (или рецептора), поради което не може да образува кохерентна сянка.

За да бъдат отчетени посочените оптични явления, програмата възприема следните условия за да определи граничния максимум на трептяща сянка:

- ъгълът на Слънцето спрямо хоризонта е не по-малък от 3°;
- витлата на турбината покрива не по-малко 20% от слънчевия диск.

Въз основа на тези изходни данни се изчислява зоната на визуално въздействие (ZVI), която отчита екранирането на слънчевата светлина от естествения релеф.

1.3.2. Структуриране на модел за оценка и прогноза на засенчването от ВЕП Лозенец

Моделът е структуриран въз основа на предоставени цифрови данни от възложителя за теренно ситуационните характеристики на ветроенергийните съоръжения и базови технически параметри на предвидените за реализация вятърни турбини.

Симулацията е извършен при отчитане на два основни моделни случая:

- Най-неблагоприятен сценарий (worst case) – изчисление на максимално възможното астрономическо засенчване от ветроенергийните съоръжения, базирано на най-лошите метеорологични и експлоатационни условия;
- Реално очакван сценарий (real case) – изчисление на потенциалното засенчване от ветроенергийните съоръжения, базирано на информация за реалните метеорологични условия за съответния географски регион (слънцегреене, сила и посока на вятъра) и технико-експлоатационните условия на ветропарка (работни часове за съответната посока на вятъра по сектори).

Ветроенергийни съоръжения

Анализът е извършен за 80 бр. ветрогенератори, разположени по схема на територията на землищата на с. Лозенец, с. Северци, с. Крушари, с. Загорци, с. Земенци, с. Бистрец, с. Полковник Дяково, община Крушари.

Симулирана е турбина с базови технически показатели, съответстващи на максималните такива, заложи в Заданието за ОВОС:

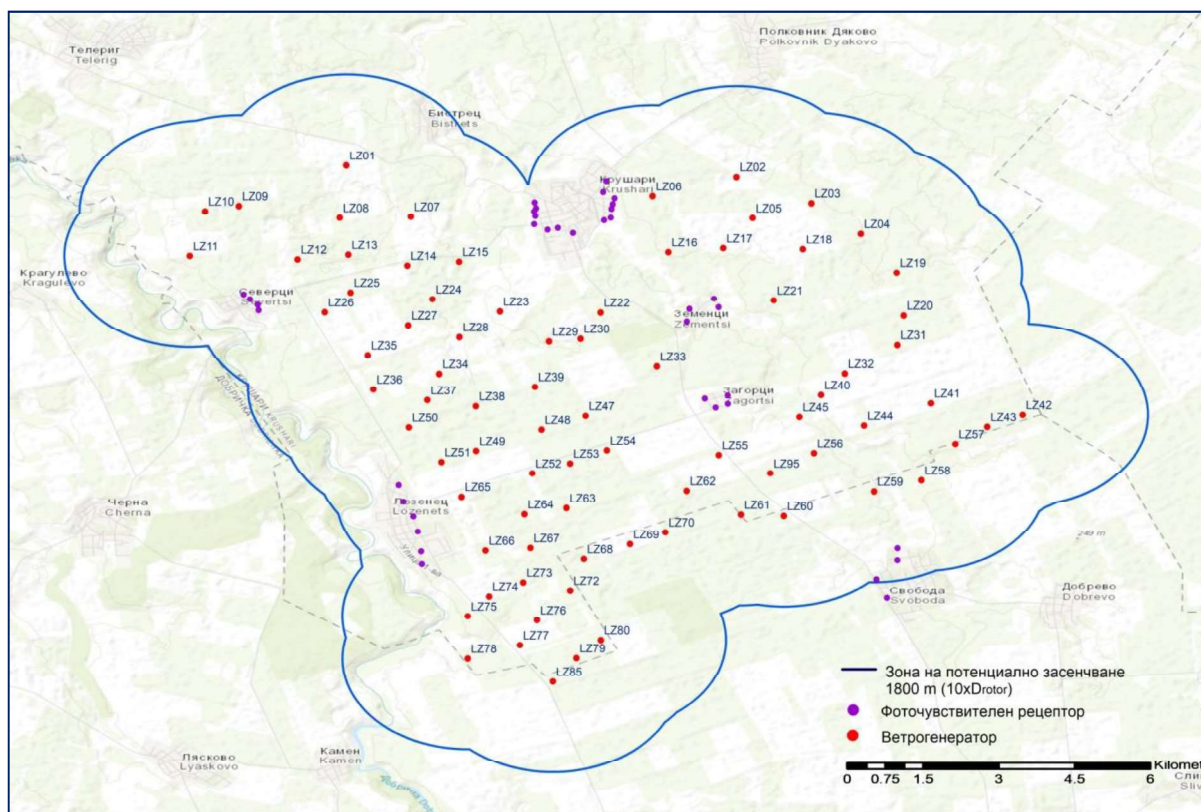
Технически параметри

Мощност	8.0 MW
Височина на кулата	200 m
Диаметър на ротора	180 m
Ъглова скорост	променлива
Мин. скорост на вятъра	3.0 m/s
Номинална скорост на вятъра	≈ 12 m/s
Макс. скорост на вятъра	25 m/s

Най-близко до заложените параметри е ветрогенератор V172, 7.2 MW, височина на ротора 166 m. За целите на анализа, височината на симулирания модел V172 е допълнително коригирана на НН = 200 m.

Чувствителни рецептори

Териториалният обхват на проучваната област е съобразен с препоръката “10 x D_{rotor} от най-близката обитаема постройка”, където теоретично може да възникне засенчване или ефект на трептене. В тази зона са локализиран общо 37 фоточувствителни рецептори, определени на база сателитни изображения.



Фигура № 1.3.2. Рецепторна мрежа и зона на потенциално засенчване

Резултатите от тези рецептори са използвани за оценка на потенциалните неблагоприятни ефекти на засенчване и светлинни трептения в местата на въздействие.

От направения пространствен анализ, 26 ветрогенератора (WTG_LZN№№ 2, 6, 7, 13, 15, 16, 17, 21, 22, 25, 26, 30, 32, 35, 40, 45, 47, 54, 56, 60, 64, 65, 66, 67, 73, 74) от планираните общо 80 ветроенергийни съоръжения са ситуационно разположени и географски ориентирани в посока изток-запад спрямо фото чувствителни рецептори, т.е. само 26 турбини могат да бъдат разглеждани, като потенциални източници на засенчване.

В **Приложение № 1** са представени рецепторните точки с техните координати и съответните геодезични височини.

“Най-неблагоприятен сценарий”

В съответствие с приложимите технически насоки, изчисляването на засенчването се прави за възможно “най-неблагоприятния случай” (worst case) т.е. при постоянно слънцегрее и непрекъснато въртене на ротора в перпендикулярна позиция спрямо слънчевите лъчи. От една страна, това опростяване на реалните условия за възникване на засенчване дава възможност да се прогнозира максимално възможната продължителност на интензивността на засенчване, а от друга предоставя възможност за директното сравняване на местоположението на ветроенергийните съоръжения по отношение на потенциала им за оказване на неблагоприятен фоточувствителен ефект (трептяща сянка) при възможно най-утежнени условия.

За целите на настоящата оценка, “най-неблагоприятният сценарий” разглежда, следните допускания:

- Слънцето грее през целия ден от изгрев до залез с максимална интензивност;

- Небето е ясно синьо, нито един облак не закрива слънцето;
- Вятърните турбини работят непрекъснато, при пълна мощност;
- Роторът е разположен вертикално спрямо слънчевите лъчи и по този начин описваната площ е максимално голяма;
- Прозорците на изследваните сгради в точката на имисия са разположени вертикално и без наклон, т.е. с максималната си площ към вятърните турбини;
- Няма естествена или изкуствена преграда между турбините и чувствителните рецептори (имисионна точка).

Моделът е структуриран да отчита ефекта на засенчване при утежнени условия и се разглежда, като консервативен сценарий, при който изчисленията за интензивност на засенчването се основават единствено на позицията на Слънцето спрямо ветроенергийните съоръжения (WTG), без отчитане на метеорологичните и морфометрични характеристики на средата, и представлява максималния възможен риск от възникване на неблагоприятно засенчване – **максимално възможно астрономическо засенчване**.

На практика обаче безветрието, ниските или прекалено високите скорости на вятъра и спирането за поддръжка, ще намалят продължителността на работа на ветроенергийните съоръжения в годишен план и съответно потенциалния ефект на засенчване.

Моделът също така предполага, че посоката на вятъра е такава, че роторът на турбината винаги е перпендикулярен на посоката към чувствителния рецептор, така че да хвърля максималната възможна сянка за всяка вятърна турбина. И тук отчитайки реалните условия при работа на ветроенергийните съоръжения, посоката на вятъра се променя периодично в течение на годината, поради което съоръженията са програмирани да се насочват (завъртат) и/или да се отклоняват, към преобладаващата посока на вятъра.

От друга страна, модела възприема ротора на вятърната турбина като диск, а не като отделни витла, което води до по-висока продължителността на засенчване в сравнение с реалните параметри на витлата на ротора. Също така, модела по “най-лош сценарий” не отчита, че когато слънцето е разположено точно зад главината на вятърната турбина, няма промяна в интензитета на светлината към съответния приемник (фоточувствителен рецептор) и следователно няма случаи на засенчване и хвърляне на сянка. Наличието на растителност, както и на други физически бариери е изцяло пренебрегнато.

Получените резултати при посочените изходни условия са представени в **Приложение № 1.1.**

“Реалистичен сценарий”

Тъй като оценката по “най-неблагоприятен сценарий” се възприема, като твърде консервативна и води до неоправдано (нереалистично) високи стойности на засенчване, за целите на настоящото проучване е търсен подход, при който потенциално възможното засенчване да бъде съобразено и отчетено на база реални метеорологични условия (брой слънчеви часове, сила и посока на вятъра), така че да се получат действително очакваните стойности на засенчване в проучваната област.

В тази връзка са приложени изчисления за интензивността на засенчване при реални условия по т.нар. реалистичен сценарий (realistic case). Този сценарий отчита

максималното възможно **метеорологично засенчване**, въз основа на подробни статистически данни за реалния брой слънчеви часове (слънцегреене) в зависимост от конкретния климатичен и физикогеографски район и технико-експлоатационните условия на ветропарка (работни часове за съответната посока на вятъра по сектори).

Освен това, посоката на вятъра също е коригирана в съответствие с реалните метеорологични условия, тъй като практически е невъзможно всички турбини в експлоатационен режим да бъдат насочени директно към чувствителните рецептори по всяко време от годината.

За целта са използвани вградените в WindPRO функции за дефиниране на статистически метеорологични данни, за да се създаде реалистична прогноза за степента на засенчване.

За корекция на слънчевите часове и отчитане на облачната покривка за проучваната област са използвани данни от най-близко разположената метеорологична обсерватория, приведени в таблицата по-долу.

Табл. 1.3.2.1. Средномесечен брой слънчеви часове

Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2.61	3.03	3.64	5.32	6.89	7.61	8.86	9.04	7.43	5.21	3.54	2.37

Годишните работни часове на ветроенергийните съоръжения, изчислени въз основа на данните за очакваната честотата, сила и посоката на вятъра по сектори са представени таблично.

Табл. 1.3.2.2. Годишни оперативни часове на вятърните турбини по сектори

N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSW	WSW	W	WNW	NNW	Total
1100	811	599	537	466	626	951	657	457	913	862	781	8760

Въз основа на посочените параметри и допускания е симулиран сценарий, при който заложените променливи на средата се доближава в най-голяма степен до реалните условия за възникване на трептяща сянка за разглеждания физикогеографски и климатичен район.

Въпреки това, изчислената с модел интензивността на засенчване все още се възприема, като консервативен сценарий поради ограниченията и приближенията използвани в модела и най-вече поради липсата на екраниращ ефект на растителността, наличното застрояване (сгради) или други физически бариери, които съществено могат да намалят честотата на трептяща сянка.

Получените резултати при посочените изходни условия са представени в **Приложение № 1.2.**

1.3.3. Моделни резултати

Въз основа на разработените математически модели и заложените с тях физически параметри и променливи е извършена симулация, и прогноза на засенчването при възможно “най-неблагоприятен сценарий”, т.е. при възможно най-утежнени условия, като за отчитане на несигурността в прогнозата допълнително е симулиран математически модел по т.нар. “реалистичен сценарий”. Този модел (реалистичен сценарий) се възприема, като референтен и служи за сравнение на очакваното засенчване при максимално утежнени условия (най-неблагоприятен сценарий), спрямо реално очакваното (интензивност на засенчване при реални условия).

В изчисленията за протичащото засенчване, при всяка отделна имисионна точка е поставен виртуален фоточувствителен рецептор с размери 1.0 x 1.0 m на височина 1.0 m. над земната повърхност. Интензитетът на засенчване е симулиран с две моделни опции за позициониране на чувствителните рецептори, а именно "Fixed direction mode" и "Green house direction mode".

При опция "Fixed direction mode", рецепторът е позициониран вертикално и е насочен фронтално към най-близко разположените ветроенергийни съоръжения.

Опция "Green house direction mode" е използвана за симулация на фоточувствителни рецептори, позиционирани перпендикулярно спрямо всички ветроенергийни съоръжения за да може засенчването да бъде регистрирано независимо от посоката на падане на сянката, т.е. рецепторът не е ориентиран към определена посока, а отчита засенчването от всички посоки едновременно. Това е алтернативна опция и обикновено се прилага, когато ветроенергийни съоръжения са разположени в повече от една страна около фоточувствителни рецептори и когато тези ветроенергийни съоръжения могат реално да предизвикат трептяща сянка. Също така, опцията е подходяща и в случаи когато действителните характеристики на съответния фоточувствителен рецептор не са известни или няма достатъчно данни и се приема, като консервативен сценарий/вариант.

Въз основа на възприетите допускания и приближения, изчисленията с модела стойности на периодично засенчване в следствие на планираните ветроенергийни съоръжения показват, че референтните стойности за максимално възможно астрономическо и очакваното метеорологично засенчване от 30 часа/годишно за идентифицираните чувствителни рецептори са превишени, т.е. установени са случаи за възникване на потенциално неблагоприятно засенчване.

Изчисленията с модела стойности на интензивността на трептяща сянка и статистика на ветроенергийните съоръжения с потенциален риск от засенчване са представени подробно в следващите таблици.

A/ Интензивност на засенчване при опция "Fixed direction mode"

Табл. 1.3.3.1. Интензивност на засенчване с опция "Fixed direction mode"

№	Рецептор ID	Населено място	Координати		Референт на стойност (часа/год.)	Интензивност на засенчване	
			Е	Н		Часа/год. (worst case)	Часа/год. (realistic case)
1	KrU_01	с. Крушари	27.761°	43.821°	30:0	52:02	13:48
2	KrU_02	с. Крушари	27.760°	43.819°	30:0	48:44	14:58
3	KrU_03	с. Крушари	27.762°	43.818°	30:0	151:28	46:49
4	KrU_04	с. Крушари	27.762°	43.817°	30:0	121:06	33:37
5	KrU_05	с. Крушари	27.762°	43.815°	30:0	76:05	18:35
6	KrU_05	с. Крушари	27.762°	43.816°	30:0	46:53	10:12
7	KrU_06	с. Крушари	27.760°	43.814°	30:0	34:55	8:03
8	KrU_08	с. Крушари	27.748°	43.817°	30:0	8:17	2:05
9	KrU_09	с. Крушари	27.748°	43.816°	30:0	25:21	4:57
10	KrU_10	с. Крушари	27.748°	43.816°	30:0	32:06	6:14
11	KrU_11	с. Крушари	27.748°	43.815°	30:0	41:11	8:10
12	KrU_12	с. Крушари	27.749°	43.814°	30:0	33:39	7:37
13	KrU_13	с. Крушари	27.750°	43.813°	30:0	15:50	3:24
14	KrU_14	с. Крушари	27.752°	43.813°	30:0	12:24	2:42
15	KrU_15	с. Крушари	27.755°	43.812°	30:0	13:17	3:12

№	Рецептор ID	Населено място	Координати		Референт на стойност (часа/год.)	Интензивност на засенчване	
			Е	Н		Часа/год. (worst case)	Часа/год. (realistic case)
16	LoZ_01	с. Лозенец	27.724°	43.767°	30:0	39:49	10:03
17	LoZ_02	с. Лозенец	27.725°	43.764°	30:0	84:09	22:44
18	LoZ_03	с. Лозенец	27.726°	43.762°	30:0	43:09	10:32
19	LoZ_04	с. Лозенец	27.727°	43.759°	30:0	60:47	15:26
20	LoZ_05	с. Лозенец	27.728°	43.755°	30:0	105:29	27:48
21	LoZ_06	с. Лозенец	27.728°	43.753°	30:0	110:22	30:50
22	SeV_01	с. Северци	27.696°	43.801°	30:0	46:42	13:12
23	SeV_02	с. Северци	27.697°	43.800°	30:0	34:15	9:32
24	SeV_03	с. Северци	27.699°	43.799°	30:0	55:46	15:24
25	SeV_04	с. Северци	27.699°	43.798°	30:0	60:23	17:27
26	SvO_01	с. Свобода	27.813°	43.756°	30:0	23:16	7:48
27	SvO_02	с. Свобода	27.813°	43.754°	30:0	7:28	2:29
28	SvO_03	с. Свобода	27.809°	43.750°	30:0	0:00	0:00
29	SvO_04	с. Свобода	27.811°	43.747°	30:0	0:00	0:00
30	ZaG_01	с. Загорци	27.782°	43.783°	30:0	65:03	16:20
31	ZaG_02	с. Загорци	27.782°	43.782°	30:0	76:12	19:46
32	ZaG_03	с. Загорци	27.779°	43.782°	30:0	24:17	5:10
33	ZaG_04	с. Загорци	27.780°	43.781°	30:0	18:29	4:15
34	ZeM_01	с. Земенци	27.780°	43.800°	30:0	35:59	11:13
35	ZeM_02	с. Земенци	27.781°	43.799°	30:0	69:06	21:33
36	ZeM_03	с. Земенци	27.776°	43.799°	30:0	25:57	6:45
37	ZeM_04	с. Земенци	27.775°	43.796°	30:0	30:54	9:04

Табл. 1.3.3.2. Рискови турбини при интензивност на засенчване с опция "Fixed direction mode"

№	Рецептор ID	Населено място	Координати		Рискови турбини (realistic case)
			Е	Н	
1	KrU_01	с. Крушари	27.761°	43.821°	
2	KrU_02	с. Крушари	27.760°	43.819°	
3	KrU_03	с. Крушари	27.762°	43.818°	LZ_06
4	KrU_04	с. Крушари	27.762°	43.817°	LZ_06
5	KrU_05	с. Крушари	27.762°	43.815°	
6	KrU_05	с. Крушари	27.762°	43.816°	
7	KrU_06	с. Крушари	27.760°	43.814°	
8	KrU_08	с. Крушари	27.748°	43.817°	
9	KrU_09	с. Крушари	27.748°	43.816°	
10	KrU_10	с. Крушари	27.748°	43.816°	
11	KrU_11	с. Крушари	27.748°	43.815°	
12	KrU_12	с. Крушари	27.749°	43.814°	
13	KrU_13	с. Крушари	27.750°	43.813°	
14	KrU_14	с. Крушари	27.752°	43.813°	
15	KrU_15	с. Крушари	27.755°	43.812°	
16	LoZ_01	с. Лозенец	27.724°	43.767°	
17	LoZ_02	с. Лозенец	27.725°	43.764°	
18	LoZ_03	с. Лозенец	27.726°	43.762°	
19	LoZ_04	с. Лозенец	27.727°	43.759°	
20	LoZ_05	с. Лозенец	27.728°	43.755°	
21	LoZ_06	с. Лозенец	27.728°	43.753°	LZ_66 (LZ_74)
22	SeV_01	с. Северци	27.696°	43.801°	



№	Рецептор ID	Населено място	Координати		Рискови турбини (realistic case)
			Е	Н	
23	SeV_02	с. Северци	27.697°	43.800°	
24	SeV_03	с. Северци	27.699°	43.799°	
25	SeV_04	с. Северци	27.699°	43.798°	
26	SvO_01	с. Свобода	27.813°	43.756°	
27	SvO_02	с. Свобода	27.813°	43.754°	
28	SvO_03	с. Свобода	27.809°	43.750°	
29	SvO_04	с. Свобода	27.811°	43.747°	
30	ZaG_01	с. Загорци	27.782°	43.783°	
31	ZaG_02	с. Загорци	27.782°	43.782°	
32	ZaG_03	с. Загорци	27.779°	43.782°	
33	ZaG_04	с. Загорци	27.780°	43.781°	
34	ZeM_01	с. Земенци	27.780°	43.800°	
35	ZeM_02	с. Земенци	27.781°	43.799°	
36	ZeM_03	с. Земенци	27.776°	43.799°	
37	ZeM_04	с. Земенци	27.775°	43.796°	

При тази моделна опция, като потенциално засегнати са определени 3 фоточувствителни рецептора при “Realistic Case” и 24 рецептора при “Worst Case” от общо 37.

В/ Интензивност на засенчване при опция “Green house direction mode”

Табл. 1.3.3.3. Интензивност на засенчване с опция “Green house direction mode”

№	Рецептор ID	Населено място	Координати		Референт на стойност (часа/год.)	Интензивност на засенчване	
			Е	Н		Часа/год. (worst case)	Часа/год. (realistic case)
1	KrU_01	с. Крушари	27.761°	43.821°	30:0	52:03	13:48
2	KrU_02	с. Крушари	27.760°	43.819°	30:0	48:44	14:58
3	KrU_03	с. Крушари	27.762°	43.818°	30:0	151:28	46:49
4	KrU_04	с. Крушари	27.762°	43.817°	30:0	121:07	33:37
5	KrU_05	с. Крушари	27.762°	43.815°	30:0	76:11	18:36
6	KrU_05	с. Крушари	27.762°	43.816°	30:0	46:56	10:12
7	KrU_06	с. Крушари	27.760°	43.814°	30:0	34:55	8:03
8	KrU_08	с. Крушари	27.748°	43.817°	30:0	17:49	4:59
9	KrU_09	с. Крушари	27.748°	43.816°	30:0	35:39	8:07
10	KrU_10	с. Крушари	27.748°	43.816°	30:0	42:25	9:22
11	KrU_11	с. Крушари	27.748°	43.815°	30:0	52:25	11:35
12	KrU_12	с. Крушари	27.749°	43.814°	30:0	46:27	11:40
13	KrU_13	с. Крушари	27.750°	43.813°	30:0	52:00	14:03
14	KrU_14	с. Крушари	27.752°	43.813°	30:0	50:22	13:47
15	KrU_15	с. Крушари	27.755°	43.812°	30:0	22:27	5:14
16	LoZ_01	с. Лозенец	27.724°	43.767°	30:0	39:56	10:05
17	LoZ_02	с. Лозенец	27.725°	43.764°	30:0	84:11	22:44
18	LoZ_03	с. Лозенец	27.726°	43.762°	30:0	43:12	10:32
19	LoZ_04	с. Лозенец	27.727°	43.759°	30:0	60:51	15:27
20	LoZ_05	с. Лозенец	27.728°	43.755°	30:0	105:36	27:49
21	LoZ_06	с. Лозенец	27.728°	43.753°	30:0	110:23	30:51
22	SeV_01	с. Северци	27.696°	43.801°	30:0	46:43	13:12
23	SeV_02	с. Северци	27.697°	43.800°	30:0	34:15	9:32
24	SeV_03	с. Северци	27.699°	43.799°	30:0	55:48	15:24

№	Рецептор ID	Населено място	Координати		Референт на стойност (часа/год.)	Интензивност на засенчване	
			Е	Н		Часа/год. (worst case)	Часа/год. (realistic case)
25	SeV_04	с. Северци	27.699°	43.798°	30:0	60:23	17:27
26	SvO_01	с. Свобода	27.813°	43.756°	30:0	23:17	7:48
27	SvO_02	с. Свобода	27.813°	43.754°	30:0	7:28	2:29
28	SvO_03	с. Свобода	27.809°	43.750°	30:0	0:00	0:00
29	SvO_04	с. Свобода	27.811°	43.747°	30:0	0:00	0:00
30	ZaG_01	с. Загорци	27.782°	43.783°	30:0	65:05	16:20
31	ZaG_02	с. Загорци	27.782°	43.782°	30:0	76:12	19:46
32	ZaG_03	с. Загорци	27.779°	43.782°	30:0	61:38	14:30
33	ZaG_04	с. Загорци	27.780°	43.781°	30:0	62:44	15:54
34	ZeM_01	с. Земенци	27.780°	43.800°	30:0	45:26	13:40
35	ZeM_02	с. Земенци	27.781°	43.799°	30:0	78:07	24:02
36	ZeM_03	с. Земенци	27.776°	43.799°	30:0	46:34	13:09
37	ZeM_04	с. Земенци	27.775°	43.796°	30:0	60:56	18:25

Табл. 1.3.3.4. Рискови турбини при интензивност на засенчване с опция “Green house direction mode”

№	Рецептор ID	Населено място	Координати		Рискови турбини (realistic case)
			Е	Н	
1	KrU_01	с. Крушари	27.761°	43.821°	
2	KrU_02	с. Крушари	27.760°	43.819°	
3	KrU_03	с. Крушари	27.762°	43.818°	LZ_06
4	KrU_04	с. Крушари	27.762°	43.817°	LZ_06
5	KrU_05	с. Крушари	27.762°	43.815°	
6	KrU_05	с. Крушари	27.762°	43.816°	
7	KrU_06	с. Крушари	27.760°	43.814°	
8	KrU_08	с. Крушари	27.748°	43.817°	
9	KrU_09	с. Крушари	27.748°	43.816°	
10	KrU_10	с. Крушари	27.748°	43.816°	
11	KrU_11	с. Крушари	27.748°	43.815°	
12	KrU_12	с. Крушари	27.749°	43.814°	
13	KrU_13	с. Крушари	27.750°	43.813°	
14	KrU_14	с. Крушари	27.752°	43.813°	
15	KrU_15	с. Крушари	27.755°	43.812°	
16	LoZ_01	с. Лозенец	27.724°	43.767°	
17	LoZ_02	с. Лозенец	27.725°	43.764°	
18	LoZ_03	с. Лозенец	27.726°	43.762°	
19	LoZ_04	с. Лозенец	27.727°	43.759°	
20	LoZ_05	с. Лозенец	27.728°	43.755°	
21	LoZ_06	с. Лозенец	27.728°	43.753°	LZ_66 (LZ_74)
22	SeV_01	с. Северци	27.696°	43.801°	
23	SeV_02	с. Северци	27.697°	43.800°	
24	SeV_03	с. Северци	27.699°	43.799°	
25	SeV_04	с. Северци	27.699°	43.798°	
26	SvO_01	с. Свобода	27.813°	43.756°	
27	SvO_02	с. Свобода	27.813°	43.754°	
28	SvO_03	с. Свобода	27.809°	43.750°	
29	SvO_04	с. Свобода	27.811°	43.747°	
30	ZaG_01	с. Загорци	27.782°	43.783°	
31	ZaG_02	с. Загорци	27.782°	43.782°	

№	Рецептор ID	Населено място	Координати		Рискови турбини (realistic case)
			Е	Н	
32	ZaG_03	с. Загорци	27.779°	43.782°	
33	ZaG_04	с. Загорци	27.780°	43.781°	
34	ZeM_01	с. Земенци	27.780°	43.800°	
35	ZeM_02	с. Земенци	27.781°	43.799°	
36	ZeM_03	с. Земенци	27.776°	43.799°	
37	ZeM_04	с. Земенци	27.775°	43.796°	

При тази моделна опция, като потенциално засегнати са определени 3 фоточувствителни рецептора при “Realistic Case” и 31 рецептора при “Worst Case” от общо 37.

1.4. Заключение

Оценката за интензитета на засенчване от вятърните турбини на Ветроенергиен парк Лозенец е извършена в съответствие с приложимите технически изисквания и насоки в Германия (*Guideline for Identification and Evaluation of the Optical Emissions of Wind Turbines*), както и действащите регулации в Р.Ирландия (*Wind energy Development Guidelines, Ireland Government Department of Environment*), базирани на опита на държавите членки в областта на ветроенергетиката.

Анализът е извършен за два основни моделни случая и отчита:

- Най-неблагоприятен сценарий (worst case) – изчисление на максимално възможното астрономическо засенчване от ветроенергийните съоръжения, базирано на най-лошите метеорологични и експлоатационни условия;
- Реално очакван сценарий (real case) – изчисление на потенциалното засенчване от ветроенергийните съоръжения, базирано на информация за реалните метеорологични условия за съответния географски регион (слънцегреене, сила и посока на вятъра) и технико-експлоатационните условия на ветропарка (работни часове за съответната посока на вятъра по сектори).

Математическите модели са структурирани въз основа на предоставени цифрови данни от възложителя за теренно ситуационните характеристики на ветроенергийните съоръжения и базови технически параметри на предвидените за реализация вятърни турбини.

Териториалният обхват на проучваната област е съобразен с препоръката “10 x D_{rotor} от най-близката обитаема постройка”, където теоретично може да възникне засенчване или ефект на трептене. В тази зона са определени общо 37 фоточувствителни рецептори, определени на база сателитни изображения.

От направеният пространствен анализ се установява, че 26 ветрогенератора (WTG_LZN№№ 2, 6, 7, 13, 15, 16, 17, 21, 22, 25, 26, 30, 32, 35, 40, 45, 47, 54, 56, 60, 64, 65, 66, 67, 73, 74) от планираните общо 80 ветроенергийни съоръжения са ситуационно разположени и географски ориентирани в посока изток-запад спрямо фото чувствителни рецептори, т.е. само 26 турбини могат да бъдат разглеждани, като потенциални източници на засенчване.

Интензитетът на засенчване е симулиран с две моделни опции за позициониране на чувствителните рецептори, а именно “Fixed direction mode” и “Green house direction mode”.

Въз основа на възприетите в математическите модели допускания и приближения, изчислените стойности на периодично засенчване в следствие на планираните ветроенергийни съоръжения показват, че 34 от общо 37 фоточувствителни рецептори, могат да бъдат потенциално засегнати в различна степен от ефекта на трептяща сянка.

Получените резултатите при по-детайлна оценка сочат, че референтните стойности за максимално възможно астрономическо засенчване (“най-неблагоприятен сценарий”) от 30 часа/годишно **са превишени** за 31 бр. фоточувствителни рецептори, т.е. установени са случаи за възникване на потенциално неблагоприятно засенчване в 31 бр. от локализираните 34 бр. потенциално засегнати фоточувствителни рецептори.

Тъй като оценката по “най-неблагоприятен сценарий” се възприема, като твърде консервативна и води до неоправдано (нереалистично) високи стойности на засенчване, за целите на настоящото проучване е търсен подход, при който потенциално възможното засенчване да бъде съобразено и отчетено на база реални метеорологични условия (брой слънчеви часове, сила и посока на вятъра), така че да се получат действително очакваните стойности на засенчване в проучваната област.

В тази връзка са приложени изчисления за интензивността на засенчване при реални условия по т.нар. реалистичен сценарий (realistic case). Този сценарий отчита максимално възможното метеорологично засенчване, въз основа на подробни статистически данни за реалния брой слънчеви часове (слънцегреене) в зависимост от конкретния климатичен и физикогеографски район и технико-експлоатационните условия на ветропарка (работни часове за съответната посока на вятъра по сектори).

За целта са използвани вградените в WindPRO функции за дефиниране на статистически метеорологични данни, за да се създаде реалистична прогноза за степента на засенчване.

С отчитането на тези фактори се постига редуциране на изчислената с модела по “най-неблагоприятен сценарий” интензивност на засенчване с над 70% спрямо тази по реалистичен сценарий. При този модел, установените случаи за възникване на потенциално неблагоприятно засенчване над препоръчителните референтни стойности (30 часа/годишно) се отчитат в едва 3 бр. фоточувствителни рецептори, спрямо 31 бр. при симулация по “най-неблагоприятен сценарий” (worst case).

Данните сочат, че турбините с най висок принос за неблагоприятно засенчване в реални условия (realistic case) са съответно LZ_06 за фоточувствителни рецептор в с. Крушари (KrU_3 и KrU_4), и LZ_66 за рецепторите в с. Лозенец (LoZ_06).

Разгледани в контекста на Германските насоки за оценка (*Guideline for Identification and Evaluation of the Optical Emissions of Wind Turbines*) и възприетите с тях референтни стойности от 8.0 h/yr. за изчисления при реални условия (real case), тези ветроенергийни съоръжения следва да се планират с нужното внимание в следващия етап от инвестиционния процес и инвестиционното проектиране.

Предвид гореизложеното, разумно би било в етапа на проектиране да се разгледат и приложат смекчаващи мерки за редуциране и/или пълно предотвратяване на неблагоприятно засенчване в локализираните фоточувствителни рецептори, чрез разработване и прилагане на план за ограничение/управление на работата на рискови турбини (Curtailment plan) при запазване на предложената ситуационна схема и заложените с нея технически параметри на ветроенергийните съоръжения, или нейното преразглеждане с цел осигуряване на съответствие с критериите за засенчване.

II. Зони за визуално въздействие (ZVI)

Ветроенергийните съоръжения, като мащабни вертикални структури могат да предизвикат визуално въздействие в околния ландшафт, тъй като са видими и забележими на големи разстояния. Естеството на това въздействие обаче, е твърде субективно, като за някои хора гледката на ветроенергийни съоръжения дава усещане за иновация и устойчивост, докато други ги възприемат за неприемлива намеса в съществуващия (околния) ландшафт.

За определяне факторите на визуалното въздействие от ветроенергийни паркове в проектна фаза се прилага методически подход, базиран на технологиите за дистанционно изследване на земната повърхност в GIS среда.

В основата си, това е математически модел, който служи за пространствено определяне на зона на потенциално визуално въздействие (ZVI) или т.нар. зона на теоретично визуално въздействие. ZVI отразява територията, в която планирания проект може да бъде видим от различни изгледни пространства и визуални рецептори, като същевременно дефинира зони, от които всяко вертикално съоръжение или структура може да бъде напълно или частично визуално отчетено (видяно), както се базира главно на топографията в изследвания район.

За ветроенергийни паркове, ZVI определя границите на видимост на предвидените ветроенергийни съоръжения, които е вероятно да бъдат визуално отчетени от различни изгледни точки в района на ветроенергийния парк. Броят на видимите ветроенергийни съоръжения или степента, до която една или повече турбини са визуално отчетливи (видими), може да бъде моделирано чрез локализиране на точки за наблюдение или точки на видимост, като по този начин се показва пропорционална визуална експозиция в околния ландшафт.

Следва да се подчертае, че методът за пространствено определяне на зоните на потенциално визуално въздействие (ZVI) има своите ограничения, които определят и неговия обхват на приложимост в цялостната оценка на визуалните въздействия, а именно:

1. Изчисленията по метода на ZVI показва единствено теоретично възможното визуално присъствие на ветроенергийните съоръжения т.е. тези съоръжения може и да не бъдат видими в действителност, поради различни фактори и обстоятелства, като налична растителност или преобладаващи метеорологични условия, влияещи върху видимостта или релефни особености, които не са отчетени с приложния цифров теренен модел (DEM);
2. Изчислената с модела зона на теоретично визуално въздействие (ZVI) отразява теоретичната видимост и определят единствено дали съответните вертикални конструкции могат да бъдат видими в околния ландшафт или не, т.е. територията в която може да възникне зрителна линия. Тези зони на визуално въздействие не отчитат естеството или мащаба на визуалните ефекти, и не предоставят крайна количествена оценка на визуалните ефекти (положителни или отрицателни), както и дали тези ефекти е вероятно те да бъдат значителни или не.

Въпреки това, ZVI предоставя необходимата база за оценка на визуалните въздействия и е отправна точка, и ключов елемент при идентифициране на тези въздействия в цялостния методологичен процес за оценка.

2.1. Фактори влияещи на визуалното въздействие

Възникването на визуално въздействие се свързва с нивото на видимост от дадена изгледна точка и зависи от редица фактори, по-съществените от които:

- Ефект на разстоянието;
- Тип на изгледната точка (статична или динамична);
- Относителна позиция на изгледната точка спрямо хоризонта;
- Атмосферни условия.

Ефект на разстоянието

С увеличаване на разстоянието, обхватът на зрително поле, заето от вертикални структури или група от визуални обекти, намалява.

За да се демонстрира този ефект са проведени редица проучвания от предварително зададени разстояния (1,5 km, 4 km, 7 km и 10 km) спрямо вятърни турбини от действащи ветроенергийни паркове. Резултатите сочат, че видимата височина на вятърните турбини намалява с увеличаване на зрителното разстояние, като наред с това се засилва загубата на фокус в резултат от атмосферните оптични ефекти. С увеличаване на разстоянието и наличието на аерозоли (прахови частици и влага) в атмосферата, значително намаляват контраста на вятърните турбини спрямо изгледното пространство, като по този начин ги прави по-трудно разграничими в околния пейзаж.

Въпреки че разстоянието между изгледната точка и вятърните турбини е важен фактор, който трябва да се има предвид при определяне на потенциалната видимост, следва да се отчитат и други особености, които също могат да повлияят на степента на видимост и визуално възприятие.

Тип на изгледната точка

Видимостта на вятърните турбини варира в зависимост от типа на гледната точка и зависи от това, дали се използват статични и динамични изгледни позиции. В случай на статични изгледни точки (позиции), визуалната връзка между вятърна турбина и пейзажа не варира значително. Обхватът на зрителното поле при тези условия е относително широк, тъй като човек има склонността да се взира/фокусира в определени точки в хоризонта (пейзажа).

При динамичните изгледни позиции (движещо се превозно средство), визуалната връзка между обекта на наблюдение (вятърна турбина) и околния пейзаж непрекъснато се променя и прави по-трудно фокусирането върху определени елементи в ландшафта. При тези условия, степента на видимост може да бъде частично ограничена на близки разстояния от наличните условия за наблюдение, предоставени от съответната динамична изгледна точка, като скорост на движение, големина и брой на прозорците и др.

Относителна позиция спрямо хоризонта

Степента на визуален контраст между светлия цвят на турбина и хоризонта (небе) ще зависи от наличието на облачна покривка и цвета на самите облаци. Така например, тъмносивите слоести облаци контрастират по-силно с турбините, отколкото белите купести или перести облаци.

Нивото на визуален контраст може също да бъде повлияно от позицията на слънцето спрямо отделните вятърни турбини и местоположението на изгледа. Когато слънцето е разположено пред зрителната точка, някои видими части от вятърната турбина могат да останат във визуална сянка, като в съчетание с тъмен фон на хоризонта, визуалния контраст ще бъде намален.

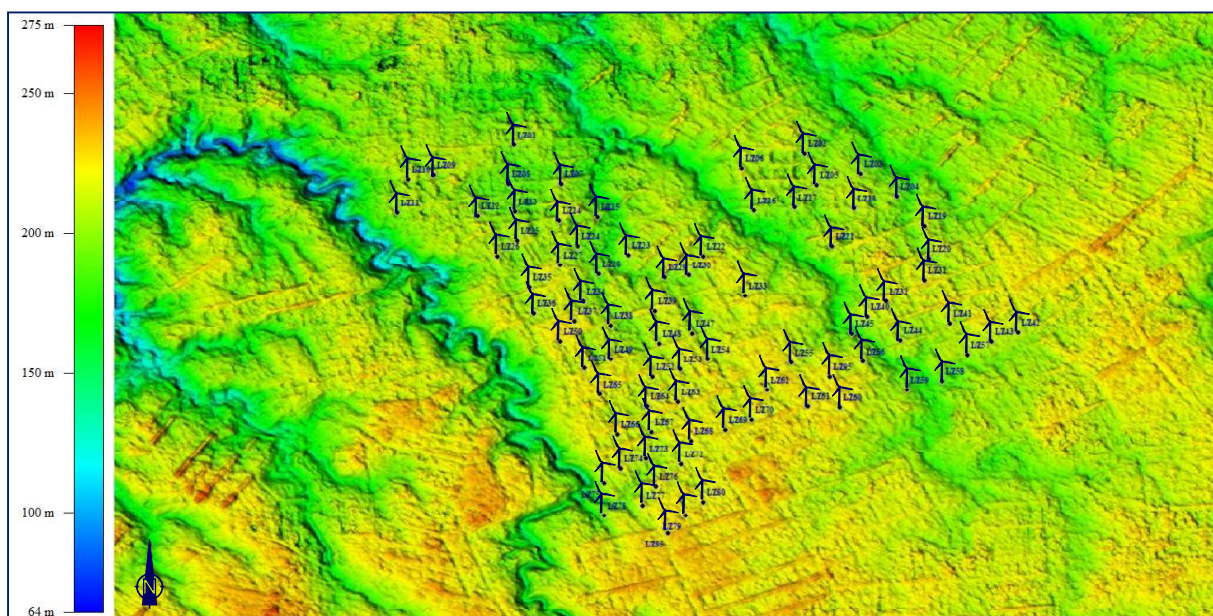
Обратно, когато слънцето е позиционирано зад местоположението на наблюдателя, тогава вятърната турбина ще бъде напълно видима спрямо хоризонта.

2.2. Орография и ландшафтни особености

Ветроенергийният парк е предвиден да се реализира в землищата на с. Лозенец, с. Северци, с. Крушари, с. Загорци, с. Земенци, с. Бистрец и с. Полковник Дяково, община Крушари.

Разположен е в западната част на източната подобласт на Дунавската хълмиста равнина – Добруджанско плато, част от обширната Долнодунавска низина.

Районът представляват висока, слабо нагъната равнина и има низинно-хълмист характер. Теренът е орографски прост с надморска височина 150 - 270 m. В разглежданата територия, липсват рязко изразени форми на терена, вкл. естествени и/или изкуствени прегради, бариери, планински хребети и възвишения и др.



Фигура № 2.2.1. Морфометричен модел на територията на ВЕП Лозенец

Отличителна черта на ландшафта са изградените през 50-те години на XX век полезащитни пояси, съставени от различни дървесни видове и с различна височина на дървостоя. В повечето случаи са с височина между 8 и 12 m в зависимост от горскостопанските мероприятия провеждани в тях. Преобладаващата растителност е от акация, полски ясен, цер, орех и др.

Разглежданият район е с преобладаващо земеделско предназначение. В миналото по-голямата част от тази територия е била горски масиви, които постепенно са били изсечени за увеличаване на обработваемата земя.

2.3. Методология за оценка

2.3.1. Изчислителен метод за определяне на зона на визуално въздействие (ZVI)

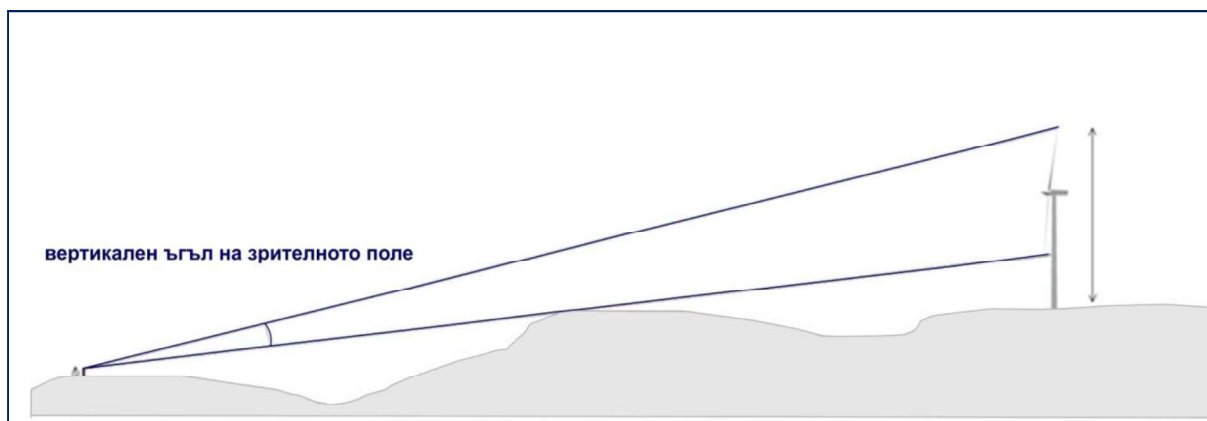
Моделът на зоната за визуално въздействие (ZVI) се основава на линията на визуалното зрително поле (видимост) в мрежа от изгледни точки/рецептори и обекти за наблюдение (ветроенергийните съоръжения). Изчисленията се извършват въз основа на цифров теренен модел (DEM) и координатен регистър с местоположения на турбините, за да се генерира съответния ZVI модел.

Резултатите се визуализират в пространствена карта с цветово кодиране, въз основа на което се категоризира броя на турбините, видими от дадена визуална (изгледна) точка. Алгоритъмът за определяне на ZVI отчита, като достатъчно за визуална регистрация най-високата видима част от съответните вертикални структури (вятърни турбини), като в този случай, отчетения брой ще бъде равен на броя на регистрираните единични обекти.

В основата на изчислителните процедури стои измерването на визуално насочен лъч (сигнал) към изследваната вертикална структура (ветрогенератор) през дигитален 3D теренен модел (DEM). Визуален лъч се изпраща от точката на изчисление към всяка гондола или витло и се проверява дали лъчът е прекъснат от релефа или от визуално ограничение/структура с определена височина. След това се преброяват (калкулират) непрекъснатите лъчи (сигнали) и се определя броя на видимите обекти/вятърни турбини. При изчислението се взема предвид и кривата на земната повърхност. Тъй като видимостта се влияе от земната крива и пречупването (рефракцията) на светлината през атмосферата, особено на по-големи разстояния, ефектът на земната крива е съществен елемент в изчислението на ZTV. В противен случай, липсата на този параметър в изчисленията ще доведе до неоправдано високи (нереални) стойности на видимостта и съответно броя на видимите обекти.

За по-подробен анализ, в изчисленията се включват вертикалния и/или хоризонтален ъгъл на зрителното поле, за да бъде отчетено теоретичното визуалното пространство, което може да бъде заето от ветроенергийните съоръжения от перспективата на дадена изгледна точка.

За вертикалния ъгъл на зрителното поле, в допълнение към изпратения лъч към горния край на турбината се проектира втори лъч по допирателна към терена, докато достигне турбината. Когато един ветроенергиен парк се оценява от дадена изгледна точка, вертикалният ъгъл на зрителното поле варира от една турбина до друга, като получената стойност е най-голямата изчислена стойност.



Фиг. 2.3.1. Вертикален ъгъл на зрително поле

Хоризонталният ъгъл на зрителното поле е ъгълът, заключен между двете линии на видимост, обхващащи най-външните видими точки на роторните дискове на ветроенергийния парк.



Фиг. 2.3.2. Хоризонтален ъгъл на зрително поле

Обикновено зоната за визуално въздействие (ZTV) представя консервативен сценарий на земната повърхност, базирана единствено на топографията и релефа, без екраниращи структури и растителност.

Всички изчислителни процедури се извършват при отчитане на следните параметри:

- Координатен регистър на ветроенергийните съоръжения (x,y,z);
- Височина на гондолата и диаметър на ротора на съоръженията;
- Триизмерен цифров модел на терена (DEM);
- Локални визуални прегради и препятствия (obstacle), ако е уместно;
- Повърхностни обекти с определени височини над земната повърхност (гори, строителни конструкции, застрояване), ако е уместно.

Също така, изчисленията могат да бъдат проведени за пълна или частична видимост на обекта, като се избере линия на зрителното поле, отчитаща върха на витлото (пълна видимост) или горната част на гондолата (частична видимост).

Въз основа на посочените допускания и приближения, изчислената зоната на визуално въздействие (ZTV) предоставят следната информация:

- Идентифициране на обхвата на територията, в която може да възникне теоретична видимост (визуално възприятие) в зависимост от физическите характеристики на изследваните вертикални структури (вятърни турбини);
- От коя посока е най-вероятно ветроенергийните съоръжения да бъдат видими;
- Колко от вятърните турбини е вероятно да бъдат видими;
- Каква част от вятърните турбини е възможно да бъдат теоретично видими – видимост на цялото съоръжение (от кулата до върха на витлата) или частична видимост, базирана на най-видимата част на съоръжението (гондола и тръбна кула).

Предвид гореизложеното, ZTV определя единствено зоната, в която може теоретично да възникне визуално възприятие на елементите на ветроенергиен парк, но не отчита как биха изглеждали в действителност, нито определя естеството или силата на ландшафтните или визуални ефекти/въздействия.

2.3.2. Структуриране на модел за определяне на зона за визуално въздействие (ZVI) на ветроенергийните съоръжения на ВЕП Лозенец

За целите на настоящото проучване са разработени два пространствени модела, базирани на разликата в границата (обхвата) на изследване, с цел да се представят двата основни диапазона на видимост на вятърна турбина.

- Първият модел е структуриран при зададен пространствен обхват 15 x 15 km около центъра на ветроенергийния парк. Моделът отчита зоната на визуално въздействие въз основа на най-високата видима част от ветрогенератора – върха на витлото (до 290 m). Счита се, че на разстояние до 15 km, човешкото зрение може визуално да различи и разпознае витло на вятърна турбина.
- Вторият модел е зададен с пространствен обхват 25 x 25 km около центъра на ветроенергийния парк и отчита зоната на визуално въздействие въз основа на гондолата на вятърната турбина, като най-високата видима част от ветроенергийното съоръжение (до 200 m). Установено е, че на това разстояние чувствителността на човешкото око може да разпознае кулата и гондолата на ветроенергийното съоръжение, но не би различило витлото на ветрогенератор.

Обхватът на зоните за оценка, в които теоретично може да възникне визуално въздействие за конкретния проект са определени въз основа на височината на ветроенергийните съоръжения и обхвата на зрителното поле, което те биха заели.

Симулирана е турбина с базови технически показатели, съответстващи на максималните такива, заложиени в Заданието за ОВОС:

Технически параметри	
Мощност	8.0 MW
Височина на кулата	200 m
Диаметър на ротора	180 m
Ъглова скорост	променлива
Мин. скорост на вятъра	3.0 m/s
Номинална скорост на вятъра	≈ 12 m/s
Макс. скорост на вятъра	25 m/s

Най-близко до заложените параметри е ветрогенератор V172, 7.2 MW, височина на ротора 166 m. За целите на анализа, височината на симулирания модел V172 е допълнително коригирана на HH = 200 m.

Зоната за визуално въздействие (ZVI) е симулирана със специализиран софтуер WindPro, модул “ZVI”. Симулацията е извършена при „най-неблагоприятен сценарий“, тъй като не отчита визуални прегради като дървета или друга растителност, както и сгради или строителни конструкции. Също така, симулацията е проведена при метеорологични условия, максимално благоприятстващи видимостта на ветроенергийните съоръжения в разглеждания район.

При възприетите гранични условия, контура на височинните точки на релефа са единственото възможно препятствие за зрителното поле, поради което използвания цифров теренен модел (DEM) е от ключово значение за прецизността на моделираната зона на ZVI.

В този случай, в моделите е приложен цифров теренен модел SRTM: Shuttle DTM 1 arc-second със стандартната 25 x 25 m. изчислителна мрежа. Височината на визуалния

рецептор е 1.5 m над земната повърхност, съответстваща на височината на зрителното поле на средностатистическо човешко зрение.

За по-прецизна оценка, в модел е включен анализ на зрителното поле в обхвата на визуалния хоризонт на човешкото зрение (124° хоризонтално на 55° вертикално) в съответствие с насоките за най-добри практики.

2.3.3. Моделни резултати

Получените резултати от симулацията на зоните за визуално въздействие (ZVI) по двата основни сценария (модела) са представени в **Приложение № 2**.

При анализ на резултатите на ZVI по първи моделен случай, броят на теоретично видимите турбини, може да бъде определен, като висок. На практика всички турбина се очаква да бъдат изцяло видими (от кулата до върха на витлата) на разстояние до 15 km. При този симулационен модел, ветроенергийните съоръжения могат да бъдат визуално установени от изгледни точки (рецептори), разположени на надморска височина, сходна с тази на ветроенергийния парк, т.е. на естествения релеф.

За по-голямата част от зрителните рецептори (изгледни точки) – с. Крушари, с. Северци, с. Лозенец, с. Земенци, с. Загорци и с. Свобода, теоретично могат да бъдат видими от 60 до 80 турбини. Ветроенергийните съоръжения попадат в зона с обхвата от 6 km около центъра на ветроенергийния парк и биха заели от 10° до 180° от вертикалното зрително поле, и над 120° от хоризонталното зрително поле. Тези вятърни турбини се очаква да доминират в пейзажа, поради големия мащаб и относителната си близост до визуални рецептори, което определя и потенциално високата видимост.

Резултатите по сценарий 2 (модел 2) отразяват област на ZVI, в която броя на частично видимите турбини може да бъде определен, като сравнително висок. Обект на изследване е линията на зрителното поле, идентифицираща частично ветроенергийните съоръжения, т.е. тяхната най-видима част (горната част на гондола, без витлата).

Релефът в изследваната област е орографски прост с надморска височина 150 - 270 m. и представлява слабо нагъната низинно-хълмиста равнина. Липсват естествени прегради или бариери, вкл. планински възвишения и хребети, които биха екранирали изгледа към ветроенергийните съоръжения на ВЕП Лозенец.

В тази област на разстояние над 25 km в посока север – северозапад се открива визуално поле към ветроенергийния парк, но при тази отдалеченост, ветроенергийните съоръжения, не се очаква да бъдат доминираща характеристика в околния ландшафт. При посочените разстояния, вятърните турбини могат да бъдат все още разпознаваеми, но обикновено неотчетливи в рамките на зрителното поле, водещо до ниско ниво на видимост или липса на такава, ако са засенчени или екранирани от елементите на ландшафта и наличната растителност.

За съоръженията на ветроенергийния парк (ВЕП Лозенец), частично видимите турбини на разстояние над 15 km, се очаква да заемат по-малко от 1° от вертикалното зрително поле и под 15° от хоризонталното зрително поле.

2.3.4. Заключение

Въз основа на извършения пространствен анализ и изчислените зони на визуално въздействие (ZVI) може да се обобщи, че ветроенергийните съоръжения са визуално забележими и доминират изгледното пространство до 6.0 km от обследваната област, като на разстояние над 25 – 30 km, турбините се явяват второстепенен елемент в

околния пейзаж, без отчетлив перцептивен елемент и доминираща функция в ландшафта.

Поради равнинния релеф и липсата на изразени морфометрични форми на релефа, изчислените зони на визуално въздействие (ZVI) показват, че ветроенергийните съоръжения се очаква да бъдат видими в своята цялост от по-голямата част от изследваната територия. Това включва застроителните граници на селата с. Крушари, с. Северци, с. Лозенец, с. Земенци, с. Загорци, с. Свобода и по-голяма част от техните землища.

Съществен фактор за възникване на визуално възприятие е перспективата за наблюдение и изгледната точка. Установено е, че конструкцията на ветроенергийно съоръжение, разположено на 500 m от определен зрителен рецептор, може да бъде изцяло екранирана от дървесна растителност с височина 20 m., ако е разположена на разстояние до 100 m от наблюдателя. При височина на дървостоя от 10 m и разстояние 50 m. от наблюдателната точка, тази растителност би изглеждала двойно по-голяма и следователно би могла да скрие напълно вятърна турбина, разположена на 500 m. от нея.

Като характерна черта на околния ландшафт в разглежданата територия са изградените през 50-те години на XX век полезащитни пояси, съставени от различни дървесни видове с височина между 8 и 12 m в зависимост от горскостопанските мероприятия провеждани в тях. От друга страна, наличното застрояване в урбанизираните зони в комбинация с естествената растителност и полезащитни пояси, притежават потенциал за съществено редуциране на визуалното въздействие на вятърните турбини в границите на населените места, поради ефекта на зрителната перспектива на съответната изгледна точка (визуален рецептор) и нейното местоположение, спрямо наблюдаваните визуални обекти.

Въпреки, че проекта на ВЕП Лозенец показва по-високо ниво на визуално присъствие (отчетливост) в околния ландшафт, следва да се подчертае, че това визуално присъствие не води непременно и задължително до неприемливо визуално въздействие.

Отново следва да се поясни, че зоната на визуално въздействие (ZVI) отразява единствено теоретично възможното визуално присъствие на ветроенергийните съоръжения т.е. тези съоръжения може и да не бъдат видими в действителност, поради различни фактори и обстоятелства, като застрояване, налична растителност или преобладаващи метеорологични условия, влияещи върху видимостта. Също така, изчислената с модела зона на визуално въздействие (ZVI), отразява теоретичната видимост и определят единствено дали ветроенергийните съоръжения на ВЕП Лозенец могат да бъдат видими в околния ландшафт или не, т.е. територията, в която може да възникне зрителна линия.

Изчислените зони на визуално въздействие (ZVI) и по двата разгледани сценария (модела) не отчитат естеството или мащаба на визуалните ефекти, и не предоставят крайна количествена оценка на визуалните ефекти (положителни или отрицателни), както и дали тези ефекти е вероятно да бъдат значителни или не.

От изложеното може да се обобщи, че изчислените зони за визуално въздействие (ZVI) сами по себе си не могат да определят потенциалните визуални въздействия на даден проект или вероятната значимост на тези въздействията, а са количествен изразител единствено на теоретичната видимост.

В тази връзка, за оценка на потенциала и значимостта на въздействията следва да се приложи интегриран подход в обхвата на ОВОС, базиран на съответните методи, методики и технически насоки за комплексна оценка на визуалното въздействие и ландшафта в съответствие с приложимите специализирани ръководства.