

Хелиоенергийният природен капитал: оценка на примера на общини Златоград и Кирково

Зоя Матеева*, Антон Филипов**, Стефан Велев*¹

*НИГТГ-БАН, ул. "Акад. Г. Бончев", бл. 3, София 1113, zoyam@abv.bg,

**СУ «Св. Кл. Охридски», ГГФ, бул. «Цар Освободител» 15, София 1504, antonf@abv.bg

Абстракт: Хелиоенергийният потенциал на дадена територия е значима част от нейния комплексен природен капитал и може да заеме важно място в портфолиото на екосистемните услуги за територията. Целта на настоящата работа е да покаже един подход за едромасабна оценка на хелио-електроенергийния потенциал, на примера на общини Златоград и Кирково. За тази цел, за територията на изследвания район са определени параметрите на слънчевата радиация и обуславящите я фактори – продължителност на слънчевото греене, облачност, ясни и мрачни дни, и орографска закритост на хоризонта. На тази основа е изчислен електроенергийният потенциал на соларния ресурс в района и са определени потенциално благоприятни локалитети за изграждане на хелиоенергийни паркове, като са включени и допълнителни критерии за транспортна, електропреносна и морфографска достъпност, като и за екологична целесъобразност, вкл. наличие на свободна от горска растителност подстилаща повърхнина. Проучването се базира на наземна и на спътникова климатична информация.

Ключови думи: възобновими енергийни източници; соларни климатични ресурси; електроенергиен потенциал; оценка; общини Златоград и Кирково.

1. Увод

Слънчевата радиация е не само един от най-значимите фактори за формиране на климата, но и най-мощният възобновяем източник на енергия. По тази причина ефективното му използване за стопански цели изисква оценяването му не само като климатичен фактор, но и като електро- и топло-енергиен ресурс. Това прави възможна и оценката на съответните икономически ползи, и е основание за квалифицирането му като природен капитал, в пряк и в преносен смисъл. Тази квалификация се базира на възможностите за директно икономическо остойностяване на произведената от слънцето енергия, но също и на високата екологична стойност на подобно производство, превръщаща го в един от важните механизми за устойчиво развитие.

Територията на България попада в т.нар. „слънчев пояс“ на планетата и това обезпечава добри условия в страната за ефективно използване на слънчевата радиация, чрез преобразуване на електромагнитната енергия на Слънцето в топлина и електричество. Именно затова, в Програмата за България на Европейската Комисия е препоръчана мярката „Достъп до устойчиви и ефективни енергийни ресурси“, включваща дейността „изграждане на инсталации с използване на възобновяеми енергийни източници, в т.ч. и соларни.

Целта на настоящата работа е да покаже един подход за едромасабна оценка на соларния електроенергиен потенциал, като важен компонент на комплексния природен капитал на дадено място. За целта е избран един конкретен район в южната част на България, където соларните ресурси имат много добри параметри, а именно територията на общините Златоград и Кирково.

За постигане на поставената цел е необходимо последователно решаване на следните задачи:

- Определяне на параметрите на директните фактори на слънчевата радиация – продължителност на слънчевото греене, облачност, орографска закритост на хоризонта в района на изследване;
- На тази база, изчисляване на електроенергийния потенциал на соларния ресурс в района;
- Диференциране на територията на района според стойностите на хелиоенергийния потенциал;
- Определяне на потенциално благоприятни локалитети, в рамките на изследваната територия, за изграждане на хелиоенергийни паркове, на базата на допълнителни критерии за транспортна, електропреносна и морфографска достъпност, както и критерии за екологична целесъобразност, вкл. наличие на свободна от горска растителност подстилаща повърхнина.

За всеки от идентифицираните благоприятни локалитети следва да се определи:

- Видимият ход на Слънцето по небесната сфера над хоризонта и съответната специфична орографска закритост на локалитета;

¹ Това изследване е разработено при равнопоставено участие на тримата автори.

- Количеството слънчева радиация (средна дневна, месечна и годишна сума за многогодишен период), попадащо върху хоризонтално разположена приемаща повърхност на PV соларно устройство;
- Оптималният ъгъл, под който би следвало да бъде позиционирано соларното устройство (от фиксиран тип);
- Разликата между количеството електроенергия, произведено от фиксирано и от следящо устройство;
- Характеристика на температурата на въздуха, с оглед съобразяването на някои параметри на технологично-производствения процес, свързани преобразуването на електромагнитната слънчева радиация в електричество.

2. Хелио-климатична характеристика на локалитета

2.1. Обща информация

Златоград и Кирково са двете най-южни български общини. Разположени са в югозападната част на Източни Родопи и обхващат части от горното и средното течение на река Върбица, северните склонове на Гюмюрджински снежник и Ардинския дял на планината, както и малка част от рида Жълти дял. Диапазонът на изменение на надморската височина е от 300 до 1500 метра. Тази значителна денivelация е съчетана със силна насеченост на релефа и съответна многопосочна експонираност на склоновете, което има голямо значение за интензивността на попадащата върху тях слънчева радиация. Значителната пъстрота на релефа обуславя голямо разнообразие на климата и съответна климатична диференцираност на неголямата площ на двете общини. Въз основа на надморската височина, в района на изследване се обособяват три зони, по които е направена базовата характеристика на климатичните елементи. Първата зона обхваща долината на р. Върбица и е с надморска височина до 500 м. Втората зона включва планинските склонове с височина от 500 до 1000 м. Третата зона включва билото на Гюмюрджински снежник и най-високите части на Ардинския дял в западния край на община Златоград (надморска височина от 1000 до 1500 м).

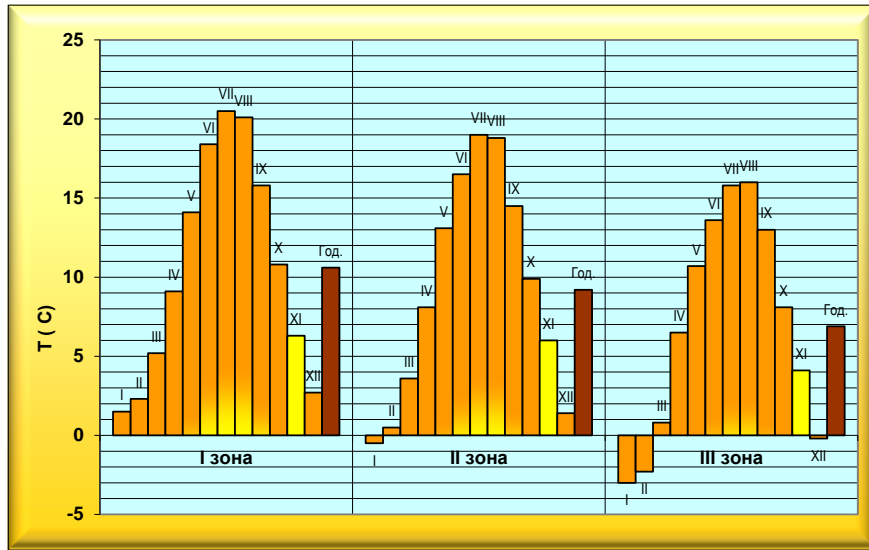
2.2. Температура на въздуха

Средната годишна температура на въздуха в първата зона е около 10,5°C, във втората – около 9°C, а в третата – около 7 °C (Фиг.1). В първите две зони най-топъл е месец юли, а в третата – месец август. Най-студен е месец януари. Средната годишна амплитуда на температурата на въздуха в цялата територия е около 19 °C. Абсолютните максимални температури на въздуха са около 40 °C (най-често през месеците юли и август), а абсолютните минимални температури – около -25 °C (най-често през месеците януари и февруари). Абсолютните минимални температури са приблизително еднакви за трите зони, докато абсолютните максимални температури във втората и в третата зона са с около 5 °C по-ниски – около 35 °C.

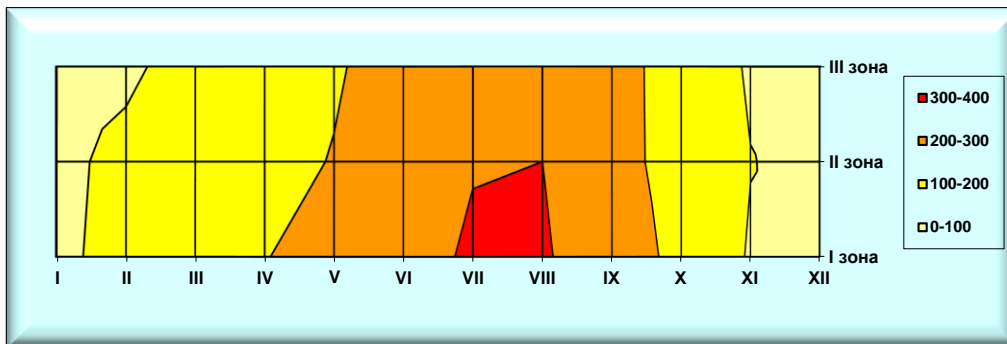
2.3. Продължителност на слънчевото греене

Продължителността на слънчевото греене е изключително важен фактор на слънчевата радиация. Астрономическата продължителност на слънчевото греене се определя от географската ширина и съответната продължителност на деня в течение на годината. Наред с това, съществен фактор за продължителността на слънчевото греене е орографската закритост на хоризонта, както и/или засенчването му от други постоянни фактори, в резултат на чието влияние астрономически възможната продължителност на слънчевото греене може да претърпи съществена редукция. Астрономическите и орографските фактори определят максимално възможните стойности на слънчевото греене за дадено място. Тези стойности са стабилни и не се променят в многогодишен план. В действителност, обаче, върху максимално възможната продължителност на слънчевото греене, особено съществено, редуциращо влияние, оказва облачността. Тя има силно променлив характер и може да намали наполовина максимално възможното слънчево греене.

За географската ширина на общините Златоград и Кирково слънчевото греене има максимално възможна продължителност около 4500 часа годишно. Действителната му стойност, обусловена от влиянието на облачността, в средногодишен план е най-голяма в първата зона. С увеличаване на надморската височина слънчевото греене намалява. В сезонен аспект, най-голяма е действителната му продължителност през месеците юли и август (300-320 часа), когато достига до 70% от максимално възможната продължителност. Най-малка е продължителността на слънчевото греене през месеците декември и януари (75-80 часа) – около 27-30% от максимално възможната (Фиг.2).



Фиг.1. Годишен ход на средната месечна температура на въздуха (Т)

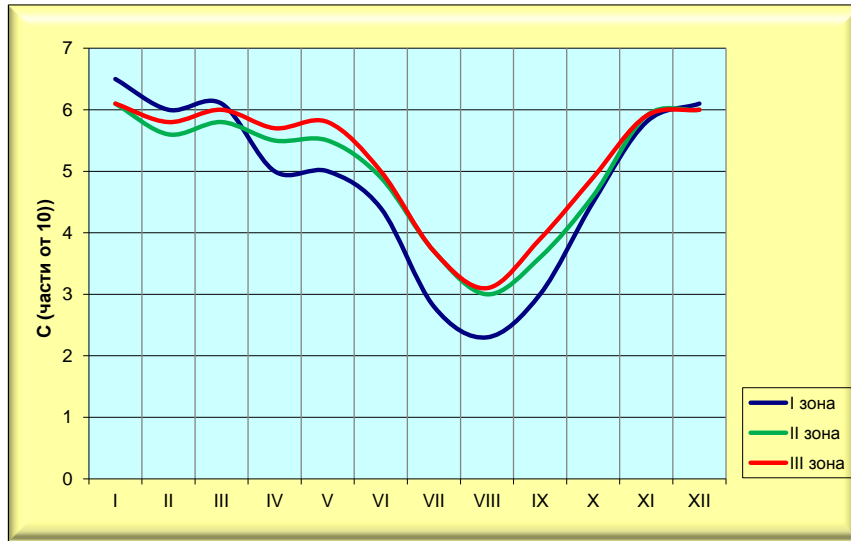


Фиг.2. Годишен ход на продължителността на слънчевото греене (часове на месеци)

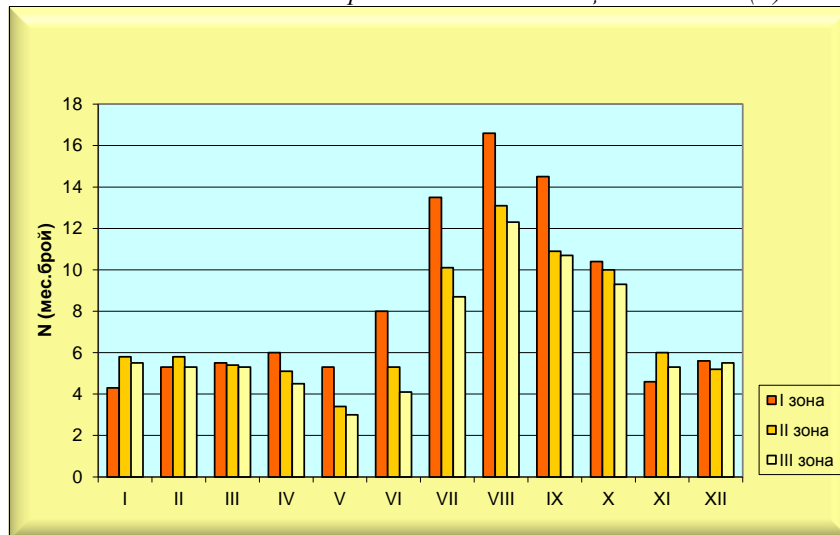
1.1. Облачност, ясни и мрачни дни

Средната годишна обща облачност е около 5,0 десети (фиг.3). Количеството се увеличава от първа към трета зона, т.е. с увеличаване на надморската височина. Максималните стойности са през зимата (6,0-6,5 десети), а минималните – през лятото (2,3-3,0 десети). Най-голямо е количеството на облачността в 14 часа, а най-малко – в 21 часа. Само през месеците ноември, декември и януари максималните стойности се наблюдават в сутрешното наблюдение (7 часа). При ниската облачност различията между зоните са по-ясно изразени. Най-малко ниски облаци се наблюдават в първа зона, а най-много в третата зона. И в този случай максимумът е през зимата (около 5,0 десети), а минимумът – през лятото (2,0-3,0 десети). Месечният и годишният брой на ясните дни (обща облачност под 2,0 десети) намалява с увеличаване на надморската височина. Най-много са ясните дни в първа зона (100 дни годишно), а най-малко в трета зона (80 дни годишно). Максимумът на ясните дни е през лятото и есента, а минимумът – през зимата (фиг.4). С приблизително същия брой са мрачните дни (от 90 до 110 годишно). С увеличаване на надморската височина броят на мрачните дни се увеличава. Най-много те са през зимата, а най-малко през лятото и началото на есента (фиг.5).

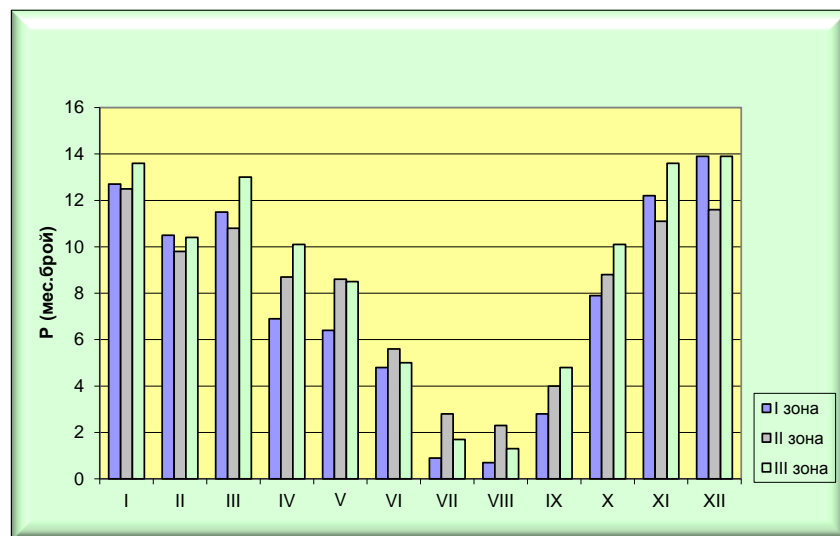
Месечният и годишен брой на дните без ниска облачност е от 100 до 150, а месечният и годишен брой на дните с повече от 8,0 десети ниска облачност е от 60 до 80 дни. Първите намаляват с увеличаване на надморската височина, а вторите се увеличават. При сравняване на отделните срокове на наблюдение личи, че минимумът на наблюденията без ниска облачност е в 14 часа и в трите зони, докато мрачните по ниска облачност наблюдения са равномерно разпределени в първа и трета зона. Само във втора зона максималният брой на наблюденията с мрачни дни по ниска облачност е в 14 часа. Това разпределение на облачността през деня е неблагоприятно за хелиоенергетиката, защото показва, че максимумът на случване на ниските облаци съвпада с най-високото положение на слънчевия диск.



Фиг.3. Годишен ход на средната месечна обща облачност (C)



Фиг.4. Годишен ход на ясните дни по обща облачност (N)

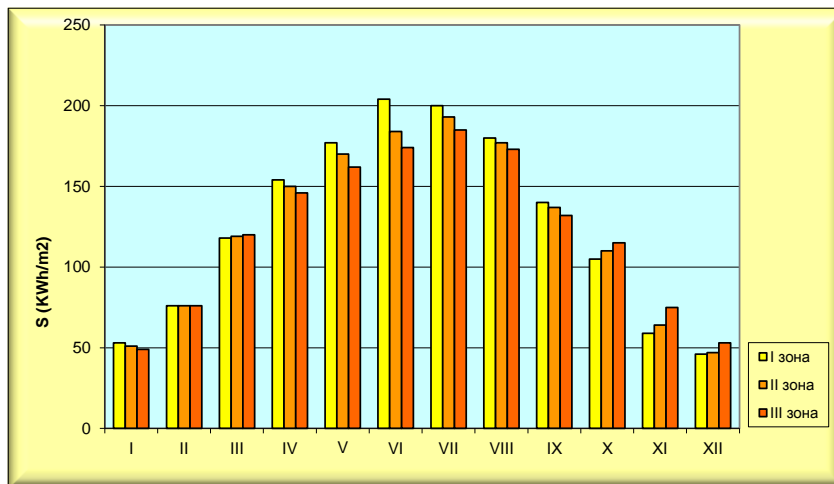


Фиг.5. Годишен ход на мрачните дни по обща облачност (P)

1.1. Слънчева радиация

Факторите, които определят продължителността на слънчевото греене, влияят и върху интензивността на слънчевата радиация. Към тях следва да се добави и височината на Слънцето над хоризонта, имаща не по-малко определящо значение за количеството слънчева енергия постъпващо върху единица площ.

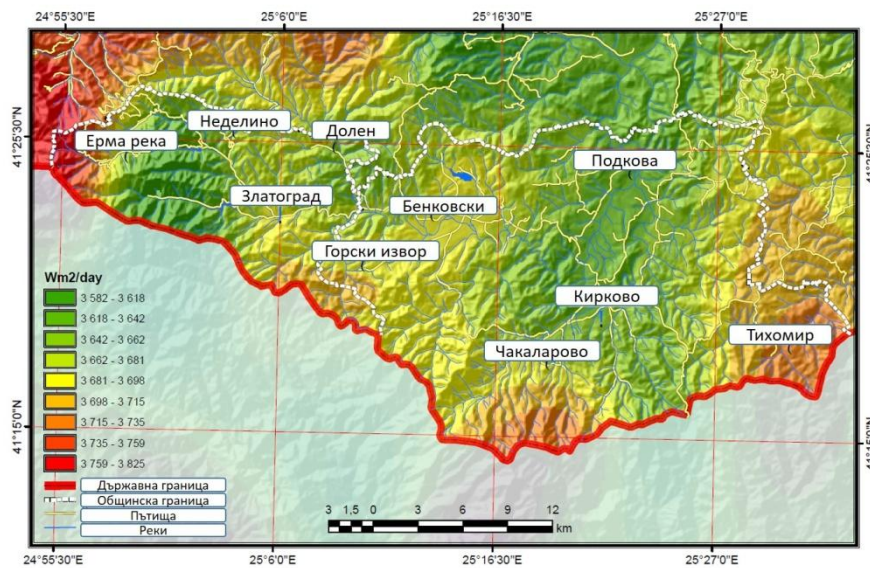
Количеството слънчева енергия, което попада в даден момент, на дадено място, се дефинира като сумарна слънчева радиация. Тя представлява сбор от пряката и разсеяната слънчева радиация. Пряката слънчева радиация се наблюдава при свободен от облаци слънчев диск, а разсеяната присъства както при свободен, така и при засенчен слънчев диск. Годишните суми на сумарната слънчева радиация са около 5600 MJ/m² (1500 KWh/m²), като няма съществена разлика между трите зони. Максимумът е през месец юли (около 750 MJ/m²), а минимумът – през декември (около 170 MJ/m²). Пролетта е с малко по-големи суми от есента (фиг.6).



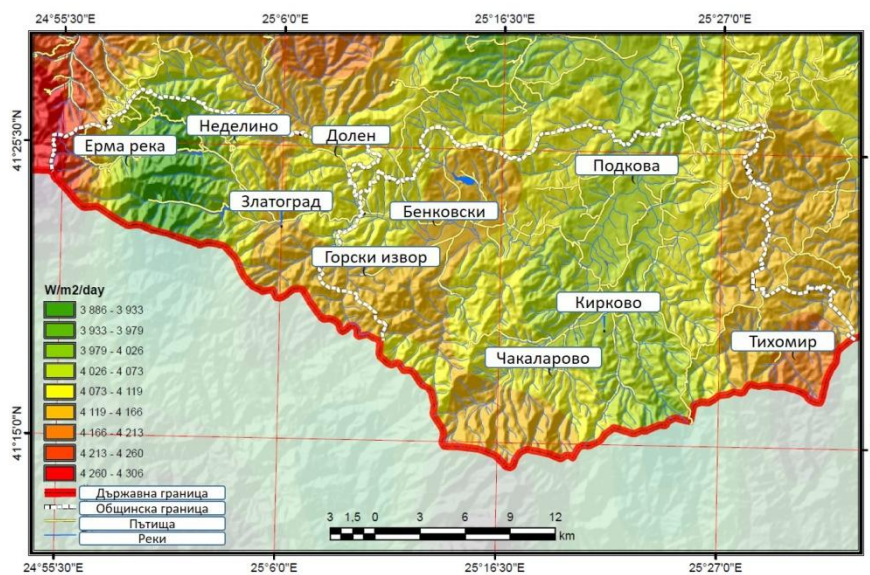
Фиг.6. Годишен ход на средната месечна сумарна слънчева радиация (S)

Участието на пряката и разсеяната слънчева радиация във формирането на сумарната, зависи основно от облачността. При ясно небе пряката радиация формира около 75% от сумарната радиация, а разсеяната - около 25%. При изцяло облачно небе (така наречените “мрачни” дни) разсеяната радиация формира цялата сумарна радиация. При частично облачно небе (например, около 5/10 обща облачност) участието на пряката и разсеяната радиация е приблизително еднакво (по около 50%). Разбира се, тук осредняването не е информативно. Климатичната оценка обикновено се базира на сумарната радиация, защото съставните ѝ части (пряка и разсеяна) зависят твърде много от синоптичната обстановка и количеството им се мени често и твърде рязко. Най-честите възможни колебания на интензитета на слънчевата радиация са в рамките $\pm 10\%$ от годишните суми. Трябва да се има предвид, обаче, че в по голямата си част инсталациите за преобразуване на слънчевата радиация в електричество работят най-ефективно при наличие на пряка слънчева радиация.

Притокът на слънчева радиация бе допълнително оценен и по сателитни данни. От фиг. 7 и 8 може да се види, че средно годишно дневната сума на слънчевата радиация, постъпваща върху хоризонтална повърхност, се изменя от 3500 W/m² до 3700 W/m² по територията на изследвания район. За оптимално наклонена към слънчевия поток повърхност стойностите на дневната сума слънчева радиация са съответно от 3900 W/m² до 4200 W/m².



Фиг.7. Слънчева радиация върху хоризонтална повърхност



Фиг.8. Слънчева радиация върху оптимално наклонена към слънчевите лъчи повърхност

1. Хелио-енергиен потенциал

1.1. Прогнозно производство на електроенергия

Електроенергийният потенциал на изследваната територия бе определен въз основа на стойностите на сумарната слънчева радиация за същата територия, като за примерно устройство за трансформиране на слънчевата енергия бе възприет PV модул с пикова мощност 1000 W. Прогнозното електропроизводство от такова устройство бе изчислено както за модул с фиксирана ориентация към Слънцето, така и за модул, монтиран, върху «следяща» система.

Изследваната територия бе оценена и по следните критерий:

- транспортна достъпност;
- близост до електропреносната мрежа;
- екологична достъпност;
- отсъствие на горска растителност;
- подходяща орографска експозиция.

Въз основа на сбора от оценките на всички тези критерии, както и на оценката на прогнозното електропроизводство, на територията на общини Златоград и Кирково бяха идентифицирани 19 локалитета с благоприятен потенциал за изграждане на PV-паркове. За всеки локалитет са определени следните параметри: точно

местоположение; оптимален ъгъл на наклон&азимут при фиксирано PV устройство; прогнозно електропроизводство от фиксиран и от подвижен (следящ) модул; орографска засенченост на локалитета; процент на евентуални технологично обусловени загуби на електроенергия (параметрите на изброените показатели за един от 19-те идентифицирани локалитета са показани в Приложение 1).

2.4. Устройства за трансформиране на слънчевата радиация в електрическа енергия

Най-екологичният вариант за трансформация на слънчевата радиация в електрическа енергия е чрез използването на фотоволтаични соларни модули. Те са пазарно достъпни и се предлагат голям брой модели, групиращи се в две основни технологични направления: PV модули базирани на аморфен силиций и PV модули базирани на кристален силиций. Макар и много евтин, аморфният силиций показва нисък коефициент на полезно действие, а основното му предимство е във възможността да усвоява както пряката, така и разсеяната слънчева радиация. Фотоволтаичните модули базирани на кристален силиций са предпочитани поради по високия коефициент на полезно действие, но възможността за усвояване на разсеяна слънчева радиация е минимална. От своя страна, технологията, базирана на кристален силиций се реализира в две направления: монокристален силиций и поликристален силиций. Монокристалният силиций все още е по-скъпа, макар и по-ефективна технология. Поликристалният силиций е по-евтина технология, но модулите имат и по-кратък експлоатационен период – до 10-12 г.

2.5. Икономическа целесъобразност

Инвестицията в изграждане на PV инсталации на територията на общини Златоград и Кирково има добра икономическа перспектива, основаваща се на следното:

1. *Наличие на хелиоенергиен потенциал* - резултатите от симулацията на прогнозираното електропроизводство от PV инсталация с мощност 1 kW (7 м² инсталирана мощност) и различни варианти на насочване (фиксирано или следящо) на модулите показват, че прогнозните стойности са над 1350 kWh/год. за фиксирано монтиране и 1700 kWh/год. за монтиране върху 2-осна следяща система;

2. *Наличие на икономически достъпна технология* – в момента на пазара има значително разнообразие от фотоволтаични системи, разработени както на базата на кристален силиций, така и на базата на „thin film” (разновидност на силициевата технология). Цената на фотоволтаичните модули още преди няколко години достигна нива, позволяващи по-масово изграждане на фотоволтаични инсталации;

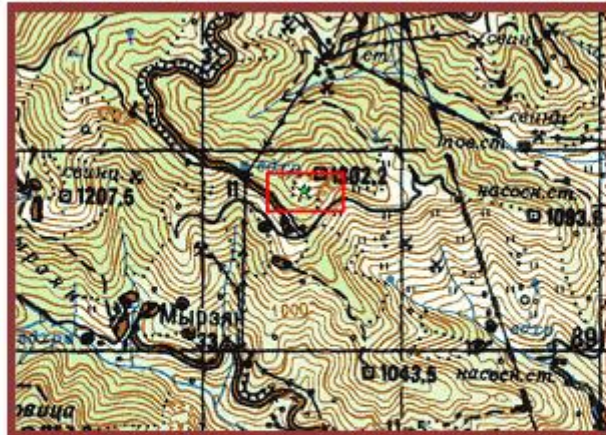
3. *Перспективи за подобряване на изкупната цена* – Насоките на ЕК подкрепят позицията за изграждане на фотоволтаични инсталации, в размер и мощност, съобразени с националните енергийни стратегии. Произвежданата хелио-електроенергия има висока екологична значимост и повишаването на изкупната ѝ цена би било логично и обосновано. По-високата изкупна цена би намалила времето за откупуване на инвестицията и би представлявала един естествен механизъм за стимулиране на това екологично производство.

4. Заключение

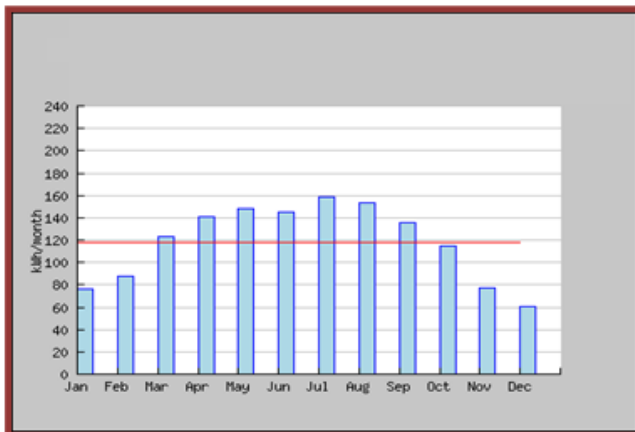
Получените резултати могат да бъдат полезни за стопански цели, свързани с изграждането на местни хелио-централи, както и при инсталирането на отделни соларни устройства за индивидуална употреба в бита. Хелиоенергийният капитал на територията е значима част от нейния комплексен природен капитал и може да заеме важно място в портфолиото на екосистемните услуги за района.

Приложение 1.

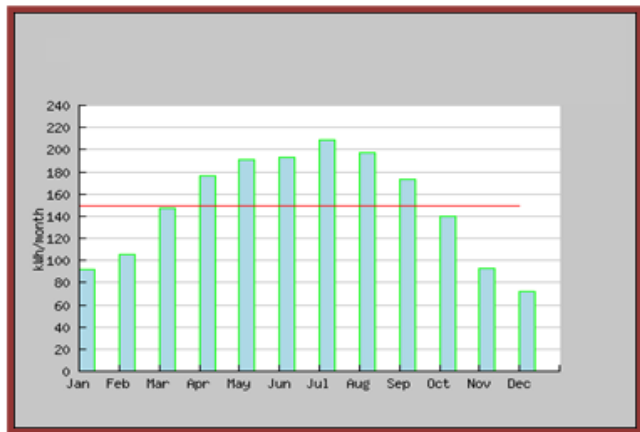
Локалитет: Марзич, $25^{\circ}25' North$, $24^{\circ}56'50' East$, Elevation: 1246 m a.s.l, M 1:10000



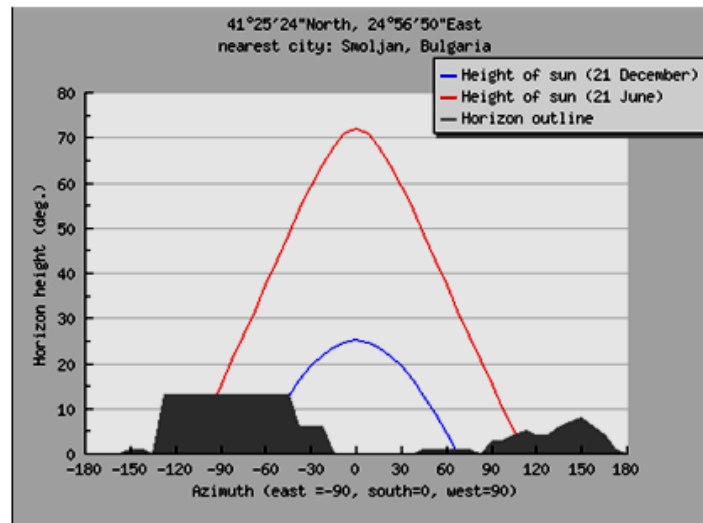
Нормална мощност на PV системата: 1.0 kW (crystalline silicon)
 Оптимален наклон на привилната повърхност на PV системата: 33.0°
 Оптимална ориентация (азимут) на модула: 4.0°
 Прогнозни загуби на електроенергия следствие на температурата на околната среда: 6.6%
 Прогнозни загуби на електроенергия вследствие на отразяване на слънчева радиация: 2.7%
 Други загуби (кабели, инвертори и др.): 0.0%
 Общо технологични загуби на PV системата: 9.3%



Прогнозно електропроизводство от фиксирана под оптимален ъгъл система



Прогнозно електропроизводство от 2-осна следяща система



Орографска закритост на хоризонта в Марзиан

Месечно и годишно соларно електропроизводство в Марзиан при 1000 W номинална мощност на фотоволтаичната система и 0% технологични производствени загуби

Месец	Фиксирана система Наклон: 33°, Азимут: 4°	Двусона следяща система
	Месечно електропроизводство (kWh)	Production per month (kWh)
Януари	76	92
Февруари	88	105
Март	123	147
Април	141	176
Май	148	191
Юни	145	193
Юли	159	209
Август	153	197
Септември	135	173
Октомври	115	140
Ноември	77	93
Декември	61	72
Ср. мес.	118	149
Год.	1421	1788