

## ИЗСЛЕДВАНЕ НА СЛЪНЧЕВАТА РАДИАЦИЯ В РАЙОНА НА ГАБРОВО ТЕХ ПАРК

Пламен Цанков, Ивайло Лазаров

Технически университет - Габрово

## STUDY OF THE SOLAR IRADIATION IN THE AREA OF GABROVO TECH PARK

Plamen Tsankov, Ivaylo Lazarov

Technical University of Gabrovo

### Abstract

The paper presents the results of solar irradiation measurements in the Gabrovo Tech Park area for the year 2021. The annual change in solar radiation is shown. The highest values for solar radiation were obtained for the months of July and August - 208.82 kWh/m<sup>2</sup> and 206.16 kWh/m<sup>2</sup>, and the lowest values for solar radiation were obtained for the months of January and December - 45.42 kWh/m<sup>2</sup> and 49.73 kWh/m<sup>2</sup>. An analysis of the time duration of operation at different levels of solar radiation is made. The longest duration is for solar radiation with levels 1÷50 W/m<sup>2</sup>, and the lowest is for solar radiation with levels greater than 1150 W/m<sup>2</sup>.

**Keywords:** solar irradiation; level of solar irradiation.

### ВЪВЕДЕНИЕ

Количеството енергия, достигаща до земната повърхност от Слънцето е огромна. Мощността на слънчевата радиация, навлизаща в площ от 10 m<sup>2</sup> за слънчев и безоблачен ден достига до 7÷9 kW [1].

В България средногодишното слънчево греене е около 2150 h, а средногодишния ресурс на слънчевата радиация е 1517 kWh/m<sup>2</sup>. За общото количество на теоретичния потенциал на слънчевата енергия падаща на територията на страната се получава приблизително 13103 ktoe. Като достъпен годишен потенциал за усвояване на слънчевата енергия може да се посочи приблизително 390 ktoe [2]. В зависимост от стойностите на интензивността на слънчевото греене и количеството на падналата слънчева радиация, България се разделя на три региона:

- Централен Източен регион - обхваща около 40% от територията на страната и обхваща предимно планински региони. Средната годишна продължител-

ност на слънчевото греене е от 400 h до 1640 h, а сумарната стойност на падналата слънчева радиация е 1450 kWh/m<sup>2</sup> годишно;

- Североизточен район - заема около 50% от територията на страната. Средната годишна продължителност на слънчевото греене е от 450 до 1450 h, а сумарната стойност на падналата слънчева радиация е 1550 kWh/m<sup>2</sup>;



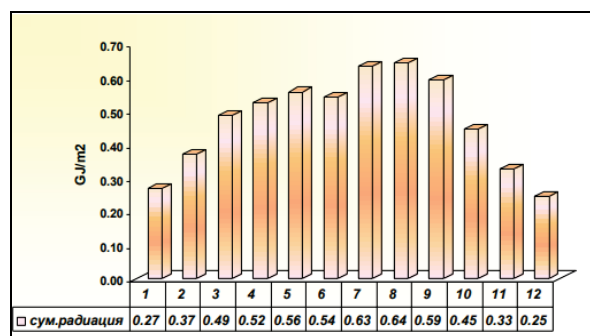
Фиг. 1. Карта на слънчевата радиация в България по региони

- Югоизточен и Югозападен район обхващат около 10% от територията на страната. Средната годишна продължителност на слънчевото греене е от 500 до 1750 h, а сумарната стойност на падналата слънчева радиация е 1650 kWh/m<sup>2</sup>.

На фиг. 1 е показана карта на слънчевата радиация в България по региони.

В [3] са дадени стойности за продължителността на интензитета на слънчевата радиация за района на гр. Русе за 2009 г. и 2010 г. Установено е, че часовете с малък интензитет на слънчевата радиация (50÷100W/m<sup>2</sup>) през 2010 г. са повече, отколкото през 2009 г. Часовете с интензитет на слънчевата радиация (200÷950W/m<sup>2</sup>) са повече през 2009 г.

Стойности за сумарната слънчева радиация за гр. Габрово са дадени на фиг. 2. [4]



Фиг. 2. Годишен ход на сумарната слънчева радиация за град Габрово

Сумарната слънчева радиация има ясно изразен годишен ход с максимум през юли и август, когато тя е в граници 0,63÷0,64 GJ/m<sup>2</sup>, докато през декември тя е само 0,25 GJ/m<sup>2</sup>.

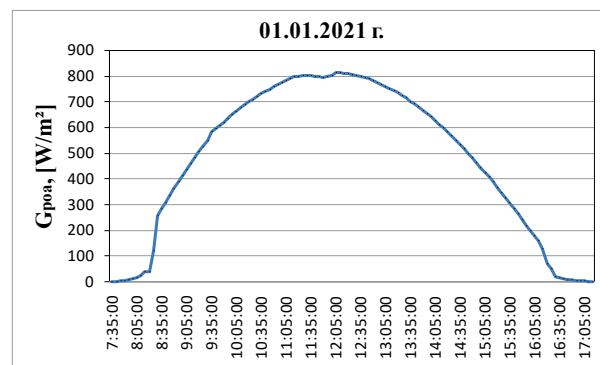
## ИЗЛОЖЕНИЕ

На фиг. 3 е показано изменението на слънчевата радиация за слънчев и ясен ден през зимата (01.01.2021 г.). От изменението на слънчевата радиация за 01.01.2021 г. се вижда, че отчетената максимална стойност за слънчевата радиация е 814W/m<sup>2</sup> в 12:05h.

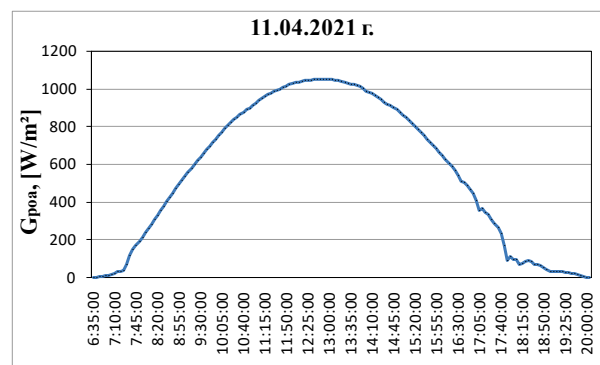
През зимните месеци Слънцето е на по-малка височина спрямо хоризонта, от

където се получават и по-ниски стойности за слънчевата радиация.

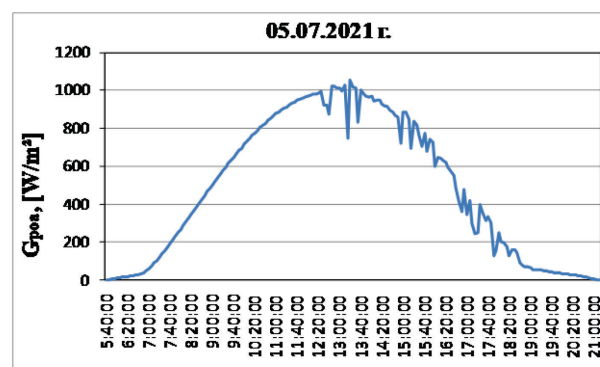
Изменението на слънчевата радиация в равнината на модулите за 11.04.2021 г. е показана на фиг. 4.



Фиг. 3. Изменение на слънчевата радиация за 01.01.2021 г.



Фиг. 4. Изменение на слънчевата радиация за 11.04.2021 г.



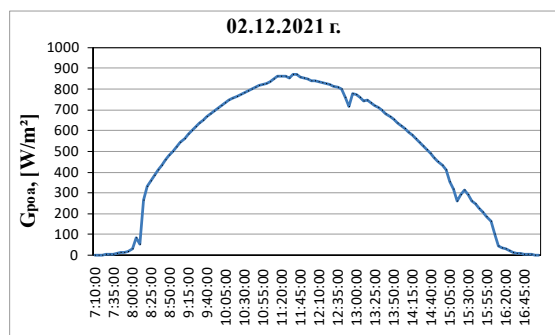
Фиг. 5. Изменение на слънчевата радиация за 05.07.2021г.

Получената максимална стойност за слънчевата радиация за 11.04.2021 г. е 1052 W/m<sup>2</sup>, отчетена в 12:50 h. Отчетената максимална стойност за слънчевата радиация е по-висока спрямо 01.01.2021 г., а с увеличаване на продължителността на деня нараства височината на Слън-

цето, а от там се повишава и стойността на слънчевата радиация. Максимумът на слънчевата радиация е изместен към по-късен час (45 мин.), спрямо отчетения час за максималната стойност за слънчевата радиация за 01.01.2021 г.

На фиг. 5 е показано изменението на слънчевата радиация за летен ден - 05.07.2021 г., характеризиращ се след обяд с разкъсана облачност.

Отчетената максимална стойност за слънчевата радиация за 05.07.2021 г. е  $1053\text{W/m}^2$  в 13:20 h. Тази стойност е приблизително еднаква спрямо отчетената стойност за слънчевата радиация на 11.04.2021 г. Това се дължи на разкъсаната облачност с която се характеризира денят. Максималната стойност за слънчевата се измества към по-късен час (30 мин.) спрямо отчетената максимална стойност за 11.04.2021 г.



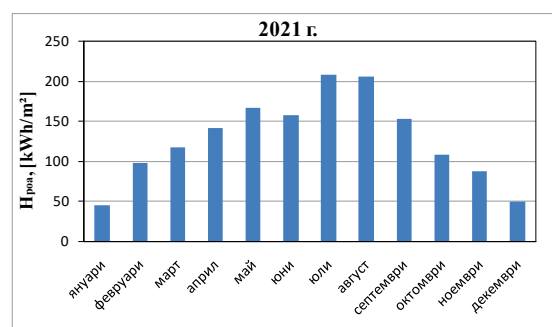
Фиг. 6. Стойности за слънчевата радиация за 02.12.2021 г.

Отчетената максимална стойност за слънчевата радиация е  $872\text{W/m}^2$  в 11:40 h. Часът през който е отчетена максималната стойност за слънчевата радиация е отново преди обяд, което се обяснява с намаляването на продължителността на деня и по-ниското слънцестоене през зимните месеци.

На фиг. 7 е показан годишният ход на изменение на слънчевата радиация в равнината на фотоволтаичните модули за 2021 г. на фотоволтаичната електроцентрала, разположена на покрива на Технологичния парк на Технически университет – Габрово.

Максимални стойности слънчевата радиация са отчетени през месеците юли и август, съответно  $208,82\text{kWh/m}^2$  и

$206,16\text{kWh/m}^2$ . Това се обяснява с по-голямата продължителност на деня и по-големия брой слънчеви часове през тези месеци. Стойността за слънчевата радиация за месец юни са по-ниски от тези през месец май, поради по-големия брой дни с облачно и дъждовно време през юни 2021 г. Най-ниски стойности за слънчевата радиация са отчетени за месеците януари и декември –  $45,42\text{kWh/m}^2$  и  $49,73\text{kWh/m}^2$ . За тези месеци продължителността на деня е ниска и по-голяма част от дните са с преобладаваща облачност. Сумарната годишна слънчева радиация е  $1540,42\text{kWh/m}^2$ .



Фиг. 7. Годишен ход на изменение на слънчевата радиация в равнината на фотоволтаичните модули за 2021 г.

В табл. 1 са дадени стойностите за сумарната слънчева радиация в равнината на фотоволтаичните модули за 2021 г

Таблица 1. Сумарни месечни стойности за слънчевата радиация в района на технологичния парк на ТУ-Габрово за 2021 г.

Месец от 2021 г.	$H_{poa}$ , [ $\text{kWh/m}^2$ ]
януари	45,42
февруари	97,98
март	117,51
април	141,39
май	166,79
юни	158,15
юли	208,82
август	206,16
септември	153,49
октомври	107,94
ноември	87,14
декември	49,73
<b>Общо</b>	<b>1540,42</b>

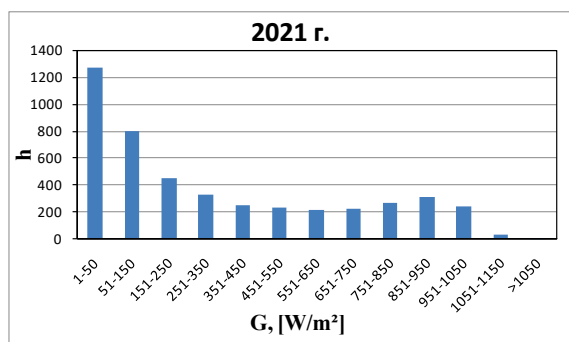
Средните месечни стойности за слънчевата радиация в равнината на фотоволтаичните модули са дадени в табл. 2.

Максимални средни месечни стойности за слънчевата радиация са получени за месеците юли и август – 6,74 kWh/m<sup>2</sup>/d и 6,65 kWh/m<sup>2</sup>/d, а най-ниски стойности са получени за януари и декември – 1,47 kWh/m<sup>2</sup>/d и 1,61 kWh/m<sup>2</sup>/d. Получената средна годишна стойност за слънчевата радиация в равнината на фотоволтаичните модули е 4,22 kWh/m<sup>2</sup>/d.

**Таблица 2.** Средни месечни стойности за слънчевата радиация в равнината на фотоволтаичните модули за 2021 г.

Месец от 2021 г.	H <sub>проа</sub> , [kWh/m <sup>2</sup> /d]
януари	1,47
февруари	3,50
март	3,79
април	4,71
май	5,38
юни	5,27
юли	6,74
август	6,65
септември	5,12
октомври	3,48
ноември	2,91
декември	1,61
<b>Годишна</b>	<b>4,22</b>

На фиг. 9 е показано разпределението на различните нива на слънчевата радиация по часове за 2021 г.



**Фиг. 8.** Разпределение на различните нива на слънчевата радиация по часове за 2021 г.

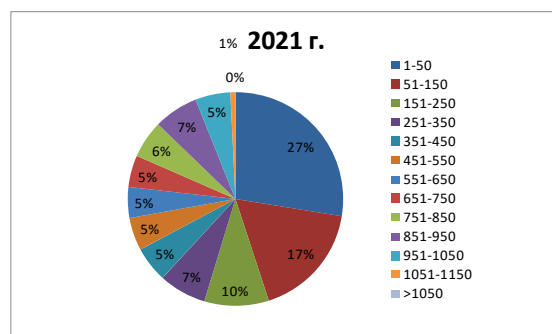
Слънчевата радиация с най-ниски нива 1÷50W/m<sup>2</sup> е с най-голяма продължителност – 1266 h, а слънчевата радиация

с нива 51÷150W/m<sup>2</sup> е с продължителност от 800 h.

С продължителност от 307 h са нивата на слънчевата радиация от 851 до 950W/m<sup>2</sup>, а от 951 до 1050W/m<sup>2</sup> е с продължителност 241 h. Най-високите нива на слънчевата радиация имат най-малка продължителност.

**Таблица 3.** Продължителност на различните нива на слънчевата радиация за 2021 г. и процентното им съотношение спрямо общата радиация.

Ниво на слънчева радиация G, W/m <sup>2</sup>	Продължителност, [h]	Процентно съотношение на различните нива спрямо сумарната годишна радиация, [%]
1-50	1265,67	27,58
51-150	799,5	17,42
151-250	444,08	9,68
251-350	327,67	7,14
351-450	245,92	5,36
451-550	228,75	4,98
551-650	213,33	4,65
651-750	220,58	4,81
751-850	260,83	5,68
851-950	307	6,69
951-1050	241,42	5,26
1051-1150	31,92	0,70
>1150	3,09	0,067



**Фиг. 9.** Графично представяна на процентното съдържание на различните нива на слънчевата радиация спрямо сумарната годишна слънчева радиация

За нивата на слънчевата радиация от 1051 до 1150W/m<sup>2</sup> продължителността е 32h, а за нивата със стойности по-големи от 1150W/m<sup>2</sup>, продължителността е 3h.

В табл. 3. е показана продължителността на различните нива на слънчевата радиация за 2021 г. и процентното им съотношение спрямо общата радиация за 2021 г.

Процентното съотношение на различните нива на слънчевата радиация спрямо сумарната годишна слънчева радиация е показано на фиг. 9.

Годишната сумарна продължителност на слънчевата радиация за 2021 г. е 4590 h.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обработени и анализирани са данните за слънчевата радиация в равнината на фотоволтаичните модули, част от свързана към мрежата фотоволтаична електроцентраля, разположени на покрива на Център за компетентност „Интелигентни мехатронни, еко- и енергоспестяващи системи и технологии“, намиращ се на територията на Габрово Тех парк.. Показан е ходът на изменение на слънчевата радиация за дни от 2021 г. Установено е, че при ясни и слънчеви дни през пролетта и лятото, слънчевата радиация достига стойности над 1000W/m<sup>2</sup>, а през ясни и слънчеви дни през зимата, максималната стойност за слънчевата радиация е около 800W/m<sup>2</sup>.

Най-високи сумарни стойности за слънчевата радиация са отчетени през

месеците юли и август -208,82kWh/m<sup>2</sup> и 206,16kWh/m<sup>2</sup>, а най-ниски през месеците януари и декември - 45,42kWh/m<sup>2</sup> и 49,73kWh/m<sup>2</sup>. Направено е разпределение на продължителността на различните нива на слънчевата радиация за 2021 г.. С най-голяма продължителност от 1266 h е нивото на слънчевата радиация от 1 до 50 W/m<sup>2</sup>, а с най-малка продължителност са нивата на слънчевата радиация 1050 до 1150W/m<sup>2</sup> и над 1150 W/m<sup>2</sup>, съответно 32h и 3h.

## ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the European Regional Development Fund within the OP “Science and Education for Smart Growth 2014 – 2020”, Project CoC “Smart Mechatronic, Eco- and Energy Saving Systems and Technologies“, № BG05M2OP001-1.002-0023.

## REFERENCE

- [1] Bessel V., V. Kucherov, R. Mingaleeva. Study solar photovoltaic elements. Russian State University of Oil and Gas. 2016. Moscow. p.93.
- [2] <https://www.emde-solar.com/toplinna-karta>
- [3] Koev K., Modeling the intensity of solar radiation. Proceedings of University of Ruse “Angel Kanchev, Vol. 50. Book 3.1.”, 2011, pp. 26-30.
- [4] Program to promote the use of energy from renewable sources and biofuels. Gabrovo Municipality 2020 – 2022 г.