ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME -6

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 6

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

BUG‘LANISH ASOSIDAGI SOVITISH TIZIMINING FOTOELEKTRIK MODULLAR SAMARADORLIGIGA TA’SIRI TAHLILI

Nasrullayev Yusuf Zokirovich
Qarshi davlat texnika universiteti, texnika fanlari falsafa doktori (PhD) dotsent
Nematov Alibek Xayitniyazovich
Qarshi davlat texnika universiteti, magistrant
Abdug‘aniyev Boburjon Akramjon o‘g‘li
Qarshi davlat texnika universiteti, magistrant
Qarshi, O‘zbekiston.

Annotatsiya. Fotoelektrik modullarning energiya samaradorligi ularning ishchi haroratiga bevosita bog‘liq. Modul haroratining ortishi elektr tavsiflarining yomonlashishiga va ishlab chiqariladigan quvvatning kamayishiga olib keladi. Ushbu maqolada bug‘lanish asosidagi sovitish tizimining fotoelektrik modullar samaradorligiga ta’siri tahlil qilingan. Tadqiqot davomida quyosh nurlanish intensivligi, atrof-muhit harorati, shamol tezligi, namlik va changlanish kabi omillarning modul ishlashiga ta’siri o‘rganildi. Olingan natijalar bug‘lanish asosidagi sovitish tizimi fotoelektrik modullarning ishchi haroratini pasaytirishini, natijada kuchlanish, ishlab chiqarilayotgan quvvat va umumiy energiya samaradorligini oshirishini ko‘rsatdi. Taklif etilgan usul quyosh nurlanishi yuqori va issiq iqlim sharoitlariga ega hududlarda fotoelektrik tizimlar samaradorligini oshirish uchun samarali yechim hisoblanadi.

Kalit so‘zlar: fotoelektrik modullar, bug‘lanish asosidagi sovitish, modul harorati, quyosh nurlanishi, energiya samaradorligi, qayta tiklanuvchi energiya, fotoelektrik tizimlar.

Abstract. The efficiency of photovoltaic (PV) modules is strongly influenced by their operating temperature. An increase in module temperature leads to a decrease in electrical performance and power output. This study analyzes the impact of an evaporative cooling system on the efficiency of photovoltaic modules under varying environmental conditions. The effects of solar irradiance, ambient temperature, wind speed, humidity, and dust accumulation on module performance were examined. Experimental results show that evaporative cooling effectively reduces the operating temperature of PV modules, resulting in improved voltage characteristics, increased power generation, and higher overall efficiency. The proposed cooling method can enhance the reliability and energy performance of photovoltaic systems, particularly in regions with high solar radiation and elevated ambient temperatures.

Keywords: photovoltaic modules, evaporative cooling, module temperature, solar irradiance, energy efficiency, renewable energy, photovoltaic performance.

Аннотация. Эффективность фотоэлектрических модулей в значительной степени зависит от их рабочей температуры. Повышение температуры модуля приводит к снижению электрических характеристик и вырабатываемой мощности. В данной работе проведён анализ влияния испарительной системы охлаждения на эффективность фотоэлектрических модулей в различных условиях окружающей среды. Исследовано воздействие солнечной радиации, температуры окружающего воздуха, скорости ветра, влажности и запылённости на работу модулей. Результаты показали, что применение испарительного охлаждения позволяет снизить рабочую температуру фотоэлектрических модулей, повысить выходное напряжение, выработку электроэнергии и общий коэффициент полезного действия. Предложенный метод охлаждения может быть эффективно использован в регионах с высокой солнечной активностью и жарким климатом.

Ключевые слова: фотоэлектрические модули, испарительное охлаждение, температура модуля, солнечная радиация, энергоэффективность, возобновляемая энергетика, производительность фотоэлектрических систем.

KIRISH.

Fotoelektrik modullar quyosh energiyasini bevosita elektr energiyasiga aylantiruvchi asosiy qurilmalar bo‘lib, asosan kremniy yarimo‘tkazgich materiallardan tayyorlanadi. Ishlash jarayonida modul yuzasi quyosh nurlanishi ta’sirida qiziydi, natijada yarimo‘tkazgich xossalari yomonlashadi. Bu holat Fotoelektrik modullarning kuchlanishi (Voc) va tok kuchi energiya samaradorligi pasayishiga olib keladi. Fotoelektriok modullarning samaradorligi odatda past bo‘ladi, chunki tushayotgan quyosh energiyasining katta qismi elektr energiyasiga emas, balki issiqlikka aylanib ketadi. Bundan tashqari, ushbu past samaradorlik fotoelektrik modullarning ishlash harorati hosil bo‘layotgan issiqlik tufayli ortib borishi natijasida yanada kamayadi [1]. O‘rganilgan adabiyot tahlillarida, fotoelektrik modullarning ishchi haroratini har 1 °C ga oshishi ularning energiya samaradorligini o‘rtacha 0,5 % ga pasayishiga olib keladi [2]. Quyosh nurlanishidan olinadigan energiyaning sezilarli qismi fotoelektrik modullar tomonidan elektr energiyasiga aylantirilmasdan issiqlik energiyasiga aylanadi. Hosil bo‘lgan ortiqcha issiqlik esa asosan nurlanish va konveksiya jarayonlari orqali atrof-muhitga tarqaladi. Buning natijasida modullarning ishchi harorati ortib boradi, bu esa ularning elektr energiya ishlab chiqarish samaradorligini sezilarli darajada pasaytiradi. Yuqori haroratning uzoq muddatli ta’siri fotoelektrik modullar tarkibidagi materiallar xususiyatlarini yamonlashuviga olib keladi, xususan, yarimo‘tkazgich qatlamlar va himoya qoplamalarining fizik-kimyoviy xususiyatlari yomonlashadi. Bu holat modullarning xizmat muddatining

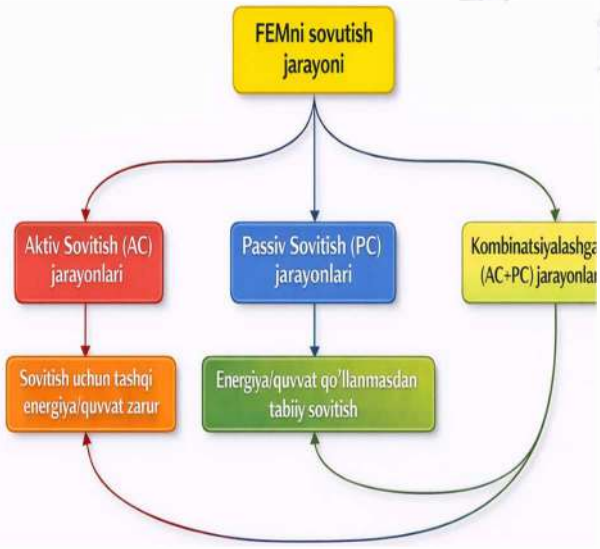
ISSN 3030-3907

qisqarishiga, ularning barqaror ishlash ko‘rsatkichlarining pasayishiga hamda umumiy iqtisodiy samaradorlikning kamayishiga olib keladi. Shu bilan birga, fotoelektrik modullarning energiya samaradorligiga ta’sir ko‘rsatuvchi turli atrof-muhit omillari quyosh nurlanish intensivligi, atrof-muhit harorati, shamol tezligi, changlanish darajasi va namlik o‘zgarishlari tahlil qilindi. Fotoelektrik modullarga bu omillarning o‘zaro ta’siri va ularning tizim samaradorligiga ta’siri 1-rasmda keltirilgan [3].

TADQIQOT METODOLOGIYASI. Fotoelektrik modullarga mos keladigan sovutish usuli bilan sovutish ushbu muammoni qisman bartaraf etishga yordam beradi.



1-rasm. Fotoelektrik modullar energiya samaradorligiga ta’sir qiluvchi ekologik omillar [3]

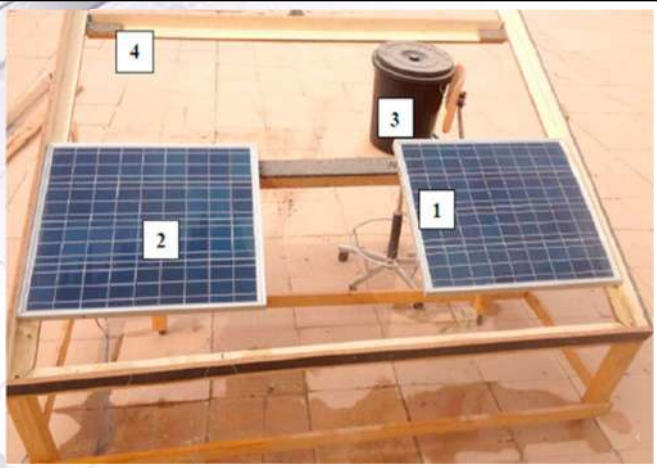


2-rasm. Turli sovutish jarayonlarining sxematik diagrammasi [4]

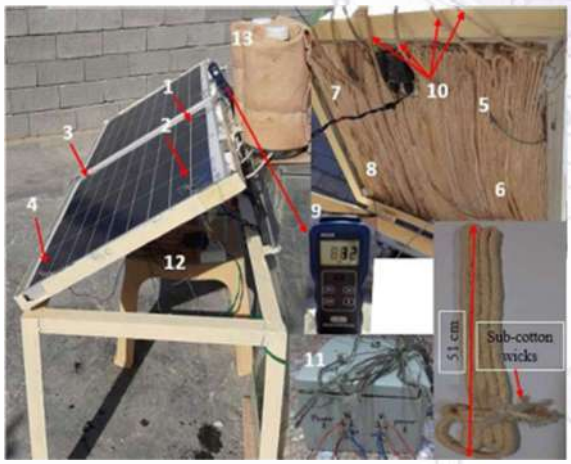
FEMni bug‘lanish asosida sovitish usulining samaradorligi eksperimental ravishda o‘rganildi. Tajriba jarayonida FEMning orqa yuzasi suv bilan namlanib, bug‘lanish natijasida issiqlik yutilishi hisobiga uning harorati pasaytirildi. Ishlab chiqilgan sodda qurilma ochiq havoda sinovdan o‘tkazildi. Olingan natijalar FEM haroratining 20°C dan ortiq pasayishini va elektr energiyasi ishlab chiqarish samaradorligining taxminan 14% ga oshishini ko‘rsatadi [5].

Fotoelektrik modulni pasiv sovitish usuli sifatida bug‘lanish orqali sovitish tadqiq qilindi: Fotoelektrik modul orqa qismiga suvga botirilgan paxta tolali iplar o‘rnatilib, modul harorati sezilarli darajada pasaytirildi. Olingan natijalar fotoelektrik modul haroratining 22% ga kamayishini, elektr quvvatining 16,3 Vt ga hamda nisbiy samaradorligining 53% ga oshishini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, bug‘lanish orqali sovitishda foydali elektr energiya ishlab chiqarilgan quvvatga teng bo‘lib, entropiya 14% ga kamayganligi 4-rasmda keltrilgan [6].

ISSN 3030-3907

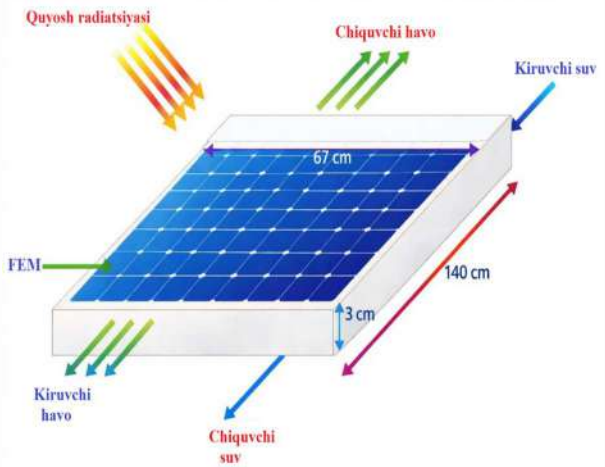


3-rasm. Bug‘lanish asosida sovitiladigan FEM tizim [5]

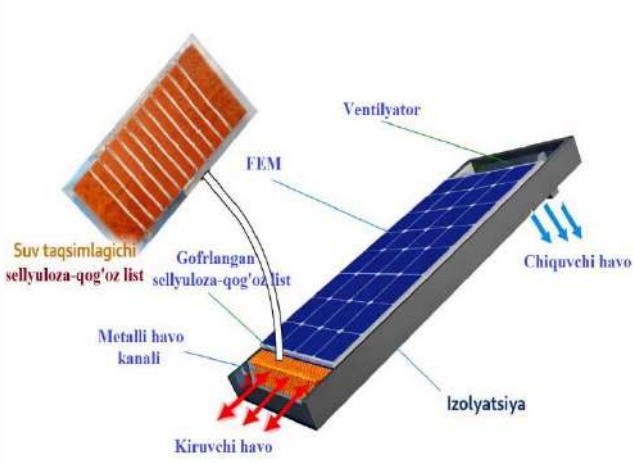


4-rasm. Paxta tolali iplar yordamida FEMni passiv bug‘lanish orqali sovitish qurilmasi [6]

Fotoelektrik modullarning samaradorligi atrof-muhit haroratining oshishi bilan pasayadi. Tadqiqotda FEMni bug‘lanish orqali sovitish usuli eksperimental va nazariy jihatdan o‘rganildi. Taklif etilgan tajriba qurilmasi sinovdan o‘tkazilib, model natijalari bilan mosligi aniqlandi. Natijada fotoelektrik modul harorati taxminan 10°C ga pasayib, elektr quvvati 5% ga oshdi va energiya ishlab chiqarish barqarorlashdi 5-rasm .



5-rasm. Bug‘lanishli sovitish mexanizmi bilan jihozlangan fotoelektr modul tizimi [7]



6-rasm. Fotoelektrik modullar asosida ishlovchi bug‘lanishli sovitish tizimining sxemasi [8]

Bug‘lanish orqali sovitish tizimi issiq iqlim sharoitida fotoelektrik modullarning energiya samaradorligini oshirish maqsadida tajribba qurilmasi sinovdan o‘tkazildi 6-rasm.

Tabiiy bug‘lanish bilan FEM harorati 2,79–3,98 °C ga pasaydi va samaradorlik 2,05–2,96% ga oshdi, majburiy bug‘lanishli sovutish tizimida esa harorat 5,78–8,44 °C ga pasayib, samaradorlik 3,77–5,10% ga oshishi kuzatildi.

ISSN 3030-3907

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, tabiiy bug‘lanish asosida fotoelektrik modul haroratini o‘rtacha 2,79–3,98 °C ga pasaydi va samaradorlik 2,05–2,96% ga oshdi, majburiy bug‘lanishli sovutish tizimida esa harorat 5,78–8,44 °C ga pasayib, samaradorlik 3,77–5,10% ga oshishi kuzatildi..

XULOSA. Bug‘lanish asosidagi sovitish tizimlari fotoelektrik modullarning ishchi haroratini pasaytirish orqali ularning energiya samaradorligini oshirishda samarali usullardan biri ekanligi aniqlandi. Tadqiqot jarayonida tabiiy havoli sovitish, majburiy havoli sovitish, suvli sovitish tizimlari, faza o‘zgaruvchi materiallar (PCM) asosidagi texnologiyalar, shaffof qoplamalar hamda bug‘lanish asosidagi sovitish qurilmalari tahlil qilindi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, ushbu usullar ichida bug‘lanish orqali sovitish tizimi yuqori samaradorlikka ega bo‘lib, modullar haroratini sezilarli darajada kamaytirdi. Fotoelektrik modullar haroratining pasayishi ularning chiqish quvvatini va tizim samaradorligini oshiradi va xizmat muddatini uzaytiradi. Iqtisodiy tahlillarda bug‘lanishli sovitish tizimlari kam energiya sarfi bilan yuqori natija berishi aniqlandi.

FOYDALANGAN ADABIYOTLAR

1. Erdal Buyukbicakc., “Geographic and thermal impact on the performance of hybrid PV–TE energy systems,” *Sci. Rep.*, vol. 15, no. 1, pp. 1–14, 2025, doi: 10.1038/s41598-025-23850-x.
2. M. P. Rajakumar, S. Senthil Kumar, B. Srimanickam, S. Srividhya, K. Elangovan, Nandagopa Kaliappan, K. Kamakshi Priya., “Performance enhancement of photovoltaic thermal collectors using water based MnO2 nanofluids and machine learning models,” *Sci. Rep.*, vol. 15, no. 1, p. 14, 2025, doi: 10.1038/s41598-025-23505-x.
3. Olusola Bamisile., Caroline Acen., Dongsheng Cai., Qi Huang., Iain Staffell., “The environmental factors affecting solar photovoltaic output,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 18, no. 6, p. 4305, 2025, doi: 10.1016/j.rser.2024.115073.
4. Cheng Wang., Fumin Guo., Huijie Liu and Gang Wang., “A Comprehensive Review of Research Works on Cooling Methods for Solar Photovoltaic Panels,” *Energies*, vol. 18, no. 4, p. 4305, 2025, doi: https://doi.org/10.3390/en18164305.
5. Tej ., Zi_zak, Suzana Domjan, Sa_so Medved, Ciril Arkar., “Efficiency and sustainability assessment of evaporative cooling of photovoltaics,” *Energy*, vol. 254, p. 124260, 2022, doi: 10.1016/j.energy.2022.124260.
6. Mohammed Alktranee., Peter Bencs., “Effect of Evaporative Cooling on Photovoltaic Module Performance,” *Process Integr. Optim. Sustain.*, vol. 6, p. 2022, 2022, doi: 10.1007/s41660-022-00268-w.
7. Zeyad A. Haidar, Jamel Orfi and Zakariya Kaneesamkandi., “Photovoltaic Panels Temperature Regulation Using Evaporative Cooling Principle: Detailed Theoretical and Real Operating Conditions Experimental Approaches,” *Energies*,

ISSN 3030-3907

vol. 114, pp. 144–145, 2021, doi: 10.3390/en14010145.
8. Deyaa M. N., Mahmood Issam M., Ali Aljubury Najah M. L., Al Maimuri., Mudhar A., Al-Obaidi1., Farhan Lafta Rashid., Arman Ameen., Shaohua Dong, "Yasir MukhtarExperimental evaluation of a hybrid evaporative and Ground water cooling system for enhancing photovoltaic efficiency in arid climates," *Sci. Rep.*, vol. 2, pp. 306–312, 2024, doi: 10.1038/s41598-025-22704-w.