

**INSTITUTUL DE GEOGRAFIE AL ACADEMIEI ROMÂNE  
COALA DE STUDII AVANSATE A ACADEMIEI ROMÂNE**

**Departamentul de Științe Exacte**

**TEZĂ DE DOCTORAT**

**- REZUMAT -**

**Impactul socio-economic și de mediu al valorificării resurselor de  
energie solară din Câmpia Română. Studiu geografic.**

**Conducător de doctorat:**

**CSI Dr. DUMITRA CU Ștefania Monica**

**Student-doctorand:**

**VRÎNCEANU Alexandra-Roxana**

**2021**

## CUPRINS

<b>1. Introducere – Importanța centralelor electrice fotovoltaice în contextul schimb rilor climatice .....</b>	<b>3</b>
1.1. Studii anterioare .....	4
1.2. Motivație și obiective .....	6
<b>2. Metodologia de cercetare și datele utilizate .....</b>	<b>6</b>
<b>3. Scurt istoric și situația curentă a sectorului energetic regenerabil din România .....</b>	<b>9</b>
<b>4. Caracterizarea principalelor elemente climatice relevante pentru dezvoltarea energiei solare fotovoltaice în Câmpia Română .....</b>	<b>11</b>
<b>5. Impacturile de mediu ale dezvoltării centralelor electrice fotovoltaice în Câmpia Română .....</b>	<b>14</b>
5.1. Utilizarea terenurilor și exemple de bune practici .....	14
5.2. Distanța față de așezări .....	17
<b>6. Impacturile socio-economice ale dezvoltării centralelor electrice fotovoltaice în Câmpia Română .....</b>	<b>18</b>
6.1. Crearea de noi locuri de muncă în domeniul energiei fotovoltaice .....	18
6.2. Impactul social evaluat prin utilizarea anchetei sociologice .....	19
6.2.1. Situația terenurilor .....	19
6.2.2. Situația angajaților .....	20
6.2.3. Curățarea și întreținerea centralelor electrice fotovoltaice .....	20
6.3. Promovarea energiilor verzi - evoluție legislativă și perspective globale .....	21
<b>7. Pretabilitatea terenurilor la construcția centralelor electrice fotovoltaice și investițiile în domeniul energiei solare din Câmpia Română .....</b>	<b>25</b>
7.1. Pretabilitatea terenurilor la construcția centralelor electrice fotovoltaice .....	25
7.2. Investițiile în domeniul energiei solare din Câmpia Română .....	29
<b>8. Reciclarea .....</b>	<b>32</b>
<b>9. Concluzii .....</b>	<b>32</b>
<b>Bibliografie .....</b>	<b>344</b>

## **1. Introducere - Importanța centralelor electrice fotovoltaice în contextul schimb rilor climatice**

De zeci de ani, clima Pământului se află într-o schimbare majoră, din anul 1850 și până în prezent fiecare dintre ultimele patru decenii fiind succesiv mai cald decât orice alt deceniu precedent (IPCC, 2021). Rolul epocii Antropocenului asupra procesului de schimbare a sistemului climatic este incontestabil. Modificările climatice din prezent reconfigurează lumea și amplifică riscurile de instabilitate sub toate formele (Comisia Europeană, 2020). În cel mai recent raport al Grupului Interguvernamental de experți în Evoluția Climei (IPCC), publicat la 9 August 2021, oamenii de știință și-au expus rezultatele cu privire la schimbările observate în climă, fără precedent în ultimii mii, chiar sute de mii de ani, iar unele dintre ele, cum ar fi creșterea continuă a nivelului mării, sunt ireversibile de-a lungul a sute, până la mii de ani (IPCC, 2021). Ulterior, în perioada 31 Octombrie – 12 Noiembrie 2021 a avut loc și summitul privind schimbările climatice de la Glasgow unde, pe fondul intensificării fenomenelor meteorologice extreme, au fost dezbatute o serie de măsuri de adaptare cu privire la efectele inevitabile ale schimbărilor climatice și posibilitățile de creștere a finanțării acțiunilor climatice.

Cum sursele convenționale de energie afectează progresul economic, mediul și viața umană (Akella și colab., 2009), regândirea modalităților de generare a energiei electrice trebuie să respecte obiectivele dezvoltării durabile stipulate în Acordul de la Paris (Națiunile Unite, 2015), care vizează furnizarea de energie curată astfel încât creșterea temperaturii să fie limitată la 2°C, de preferat 1,5°C (IRENA, 2018), comparativ cu perioada preindustrială. Resursele de energie regenerabilă au capacitatea să completeze cererea mondială de energie, să protejeze mediul și să ofere securitate energetică (Mahesh, 2020).

La nivel global au fost dezvoltate metode eficiente de utilizare a energiilor regenerabile dintre cele mai diverse, iar energia solară este una dintre ele, datorită resursei inepuizabile, abundente, nepoluante și distribuite pe scară largă – soarele (IEA, 2020). Cum prețurile tehnologiilor de fabricație au scăzut (Suuronen, 2017) constant în ultimii ani, ca urmare a creșterii rapide a capacității globale de producție a modulelor fotovoltaice, îmbunătățirii conversiei energiei solare și a îmbunătățirii mecanismelor de finanțare (Krishnan și Pearce, 2018), aplicarea extensivă a tehnologiei fotovoltaice poate contribui la reducerea efectului de seră.

În România sunt exploatate 5 tipuri de energie regenerabilă care pot furniza servicii energetice durabile, bazate pe utilizarea resurselor indigene: energia eoliană, biomasa, energia

solar , energia geotermal și hidroenergia, care au beneficiat de sprijin legislativ și de scheme de sprijin prin certificate verzi până în anul 2016. Dintre acestea, industria energiei solare a cunoscut cea mai rapidă creștere, de aproximativ 900% în perioada 2013-2020, de la o producție de 818 MW în anul 2013, la peste 8.2 milioane de MW în anul 2020. Cu toate acestea, energia solară fotovoltaică ocupă, în anul 2020, locul 3 (3,4%) în producția națională de energie regenerabilă, după hidroenergie (27,6%) și energia eoliană (12,4%) (Comisia Europeană, 2019).

Dintre cei 1.351 MW instalați la nivel național, aproximativ 44% se găsesc în arealul de studiu, Câmpia Română, cea mai extinsă zonă din țară care întrunește condițiile optime pentru dezvoltarea CEF (centrale electrice fotovoltaice), precum valori mari ale radiației solare, pante ușor înclinate, relief accesibil etc. (Rodrigues și colab., 2017). Implicațiile de mediu ale activităților de construcție a acestora care includ adesea curățarea vegetației/ defrișări, compactarea/destructurarea solului (Beatty și colab., 2017) sau cele de mentenanță asociate cu utilizarea erbicidelor, zone reprezentate de habitate al căror echilibru este perturbat. Cu toate acestea, există oportunități de diminuare a impactului CEF asupra mediului, demonstrate prin studii locale prin care utilizarea agricolă este îmbinată cu producția de energie solară (Goetzberger și Zastrow, 2007), (Schindele și colab., 2020), (Toledo și Scognamiglio, 2021), (Gonocruz și colab., 2021), fiind susținute astfel funcții ecosistemice precum relațiile trofice, deplasarea faunei, ciclul corespunzător al nutrienților sau sechestrarea carbonului (Beatty și colab., 2017).

Impacturile socio-economice și de mediu ale energiei solare fotovoltaice au fost studiate foarte puțin pe spațiul geografic al României iar baze de date operaționale la nivel detaliat nu există. Lucrarea de față oferă o imagine de ansamblu asupra implicațiilor energiei solare în Câmpia Română și abordează potențialele probleme asupra mediului care survin odată cu implementarea tehnologiilor fotovoltaice, integrează impacturile pozitive asupra factorilor sociali și economici, dar evaluează și perspectivele de viitor ale dezvoltării energiei fotovoltaice.

### **1.1. Studii anterioare**

Odată cu avansul tehnologic înregistrat în domeniul energiilor regenerabile, tot mai multe studii științifice au fost dedicate efectului fotovoltaic, acoperind un spectru larg de tematici de interes, incluzând fie aspecte generale, fie abordări punctuale (de detaliu) sau multicriteriale.

Din punct de vedere socio-economic, începând cu a doua parte a secolului XX, Witwer (1977) a evidențiat barierele existente în generarea pe scară largă a energiei electrice din resurse solare, reprezentate în special de costul ridicat în comparație cu alternativele din petrol, care sunt

sau energie nuclear . Ulterior, la începutul anilor '90, Muller și colab. (1992) au punctat impacturile pozitive aduse de acest tip de investiții la nivelul locurilor de muncă iar, din anii 2000, studiile au cuprins și analizele de mediu, evoluând de la capacitatea de a contribui la o producție de energie curată și sigur în secolul 21 (Jaber și colab., 2003), la potențialul energiei solare de a crea o societate cu 0 emisii de carbon (Gomi și colab., 2007) sau la electrificarea cu ajutorul energiei solare și impactul social asociat (educație, scăderea ratei criminalității, creșterea standardului de viață etc.) (Pramanik, 2012).

Perspectiva agricolă a reprezentat un nou tip de abordare, în special în ultimii 10 ani, având multiple variații. În articolul realizat de Ezzaeri și colab. (2018) a fost analizat impactul pozitiv al modulelor fotovoltaice montate pe solarii asupra producțiilor de tomate, iar Dupraz și colab. (2011) au inclus o analiză a integrării modulelor în agrosisteme din perspectiva managementului și planificării terenurilor. Treptat, o serie de studii la nivel mondial au fundamentat conceptul de agrivoltaic, studiat în prezent din mai multe perspective: Lytle și colab. (2021) au analizat îmbinarea cu pânzile și crescătoriile de iepuri; Malu și colab. (2017) au studiat potențialul culturilor de struguri din India, în paralel cu producția de energie verde regenerabilă, Coşgun (2021) a estimat întreg potențialul Turciei pentru activități agricole, iar creșterea productivității prin module fotovoltaice mobile și cultivarea leguminoaselor a fost studiat de Valle și colab. (2017).

În ceea ce privește identificarea zonelor pretabile pentru construcția parcurilor fotovoltaice, o serie de analize au fost aplicate pentru studii globale (Bocca și colab., 2018); (Schmitter și colab., 2018), naționale (Noorollahi și colab., 2016); (Magalhães și colab., 2020); (Hassaan și colab., 2020) sau locale (Socorro García-Cascales și Sánchez-Lozano, 2013); (Nebey și colab., 2020). Printre metodele utilizate se numără: GIS, modelul r.sun al GRASS, *fuzzy best worst method*, evaluarea multicriterială sau procesul de ierarhie analitic .

În cadrul studiilor recente, subiectele au evoluat și mai mult, abordând exhaustiv anumite problematici punctuale. Astfel, Balta-Ozkan și colab. (2021) au analizat distribuția spațială locală a parcurilor fotovoltaice în Marea Britanie, din punct de vedere geografic, pe criterii socio-economice, iar Sacchelli și colab. (2016) au abordat utilizarea energiei fotovoltaice în paralel cu exploatarea terenurilor în scop agricol, prin intermediul unui model GIS multi-scalar. De asemenea, dezvoltarea accelerată a domeniului și implicațiile tot mai accentuate la nivel social au determinat analize care implică studii sociologice, precum interviuri aplicate actorilor publici

relevanți (Santos Carstens și Cunha, 2019) sau chestionare completate în rândul populației locale aflate în imediata apropiere a instalațiilor (Oprea și colab., 2020).

În România, Oprea și Bâra (2020) au realizat prognoza pe termen foarte scurt pentru centralele fotovoltaice și au analizat cheile de performanță în timp real prin intermediul informațiilor de tip *big data* pentru două studii de caz relevante. De asemenea, au fost studiate impacturile socio-economice și de mediu ale utilizării energiei solare fotovoltaice printr-o serie de articole (Vrînceanu și colab., 2019), (Grigorescu și colab., 2019), (Vrînceanu și colab., 2020), (Dumitra și colab., 2020), (Vrînceanu și colab., 2021), (Dumitra și colab., 2021), (Vrînceanu și colab., 2021) publicate în cadrul derulării proiectului PN-III-P1-1.2-PCCDI-2017-0404/31PCCDI/2018, HORESEC - *Holistica impactului surselor regenerabile de energie asupra mediului și climatei*, sub egida Institutului de Geografie al Academiei Române.

## **1.2. Motivație și obiective**

România se află într-un context global și european predominant de schimbări climatice majore și de lipsa unei securități energetice stabile, dar și de presiuni ridicate asociate acestor fenomene, cu efect direct asupra populației (afectarea sănătății umane), mediului (emisia de gaze cu efect de seră, creșterea temperaturii, topirea ghețarilor, creșterea nivelului mării etc.), dar și economiei (epuizarea resurselor, costuri ridicate pentru eliminarea poluării etc.). Concomitent cu interesul tot mai crescut al comunității științifice de studiere a energiilor regenerabile, este necesară o analiză continuă care să ofere perspective și soluții cât mai realiste pentru rezolvarea problemelor cu care ne confruntăm. Din acest motiv, teza de doctorat este structurată pentru a răspunde următoarelor obiective: **(1)** Analiza geografică și evaluarea caracteristicilor și potențialului resurselor solare de energie din Câmpia Română; **(2)** Crearea bazei de date a CEF (cartare, suprafață, anul construcției, tipul de utilizare înlocuit etc.); **(3)** Identificarea și analiza impacturilor de mediu asociate construcției CEF; **(4)** Identificarea și analiza impacturilor socio-economice asociate construcției CEF; **(5)** Studiul preabilității terenurilor la construcția de CEF și **(6)** Înglobarea rezultatelor și emiterea de recomandări pentru creșterea investițiilor în acest domeniu la nivelul Câmpiei Române.

## **2. Metodologia de cercetare și datele utilizate**

Având în vedere informațiile spațiale limitate disponibile cu privire la situația centralelor solare din arealul de studiu, prima etapă a constat în extragerea locațiilor celor 133 CEF prin intermediul imaginilor satelitare, dar și a aplicației Google Earth (Fig.1). Datele spațiale rezultate

au fost corelate și completate cu informațiile disponibile online în baza de date a companiei Transelectrica. Ulterior, cuantificarea impactului CEF asupra mediului a fost realizat prin utilizarea mai multor indicatori statistici și spațiali: distribuția pe categorii de utilizare a terenului (utilizând Corine Land Cover 2018) și soluri și distanța față de arii naturale protejate, pârâuri, drumuri, ape și așezări.

Impacturile socio-economice au fost identificate prin analiza datelor obținute atât de la nivel local și județean (Primării, Agenții Județene pentru Protecția Mediului), cât și la nivel național (Institutul Național de Statistică și Autoritatea Națională de Reglementare în domeniul Energiei), dar și a chestionarelor aplicate în timpul celor 3 campanii de teren. Pe parcursul deplasărilor din teren, au fost realizate 47 de chestionare și 32 de interviuri cu reprezentanți ai primăriilor (primari și consilieri locali cu atribuții în domeniile urbanismului și dezvoltării economice și durabile locale). Chestionarul utilizat a fost structurat pe 3 problematice care au cuprins domeniul utilizării terenurilor, crearea de noi locuri de muncă și impactul asupra bugetului local.

În cadrul ultimei etape din analiză a fost modelat spațial pretabilitatea terenurilor pentru construcția CEF la scara de 1 ha prin analiză multicriterială. Stabilirea pretabilității arealelor a implicat utilizarea a multiple surse de date, stabilirea unor factori, ierarhizați conform criteriilor identificate prin studierea lucrărilor de specialitate și analiza spațială *Weighted Overlay*. Dacă ierarhizarea factorilor a fost posibilă pe baza claselor de importanță, ariile naturale protejate au fost reprezentative pentru terenurile inadecvate pentru acest tip de construcții, din motive ce țin de biodiversitate și legislația de mediu. Fluxul de lucru a fost divizat în: **a)** Identificarea criteriilor și constrângerilor tehnice, de mediu, sociale și economice pentru exploatarea energiei solare fotovoltaice în Câmpia Română; **b)** Determinarea ponderii criteriilor folosind metoda de analiză spațială *Weighted Overlay* (WO) și principiile *Multi-Criteria Evaluation* (MCE); **c)** Validarea rezultatelor și **d)** Obținerea hărții finale a pretabilității terenurilor la construcția de CEF prin asocierea elementelor obținute pentru generarea și suprapunerea straturilor de analiză. Tot în cadrul acestei etape au fost analizate investițiile pentru fiecare județ din Câmpia Română și studiate diferențiat din punct de vedere economic, social și legislativ. În concordanță cu investițiile, a fost realizat și calculul amprentei electrice solare pe cap de locuitor.

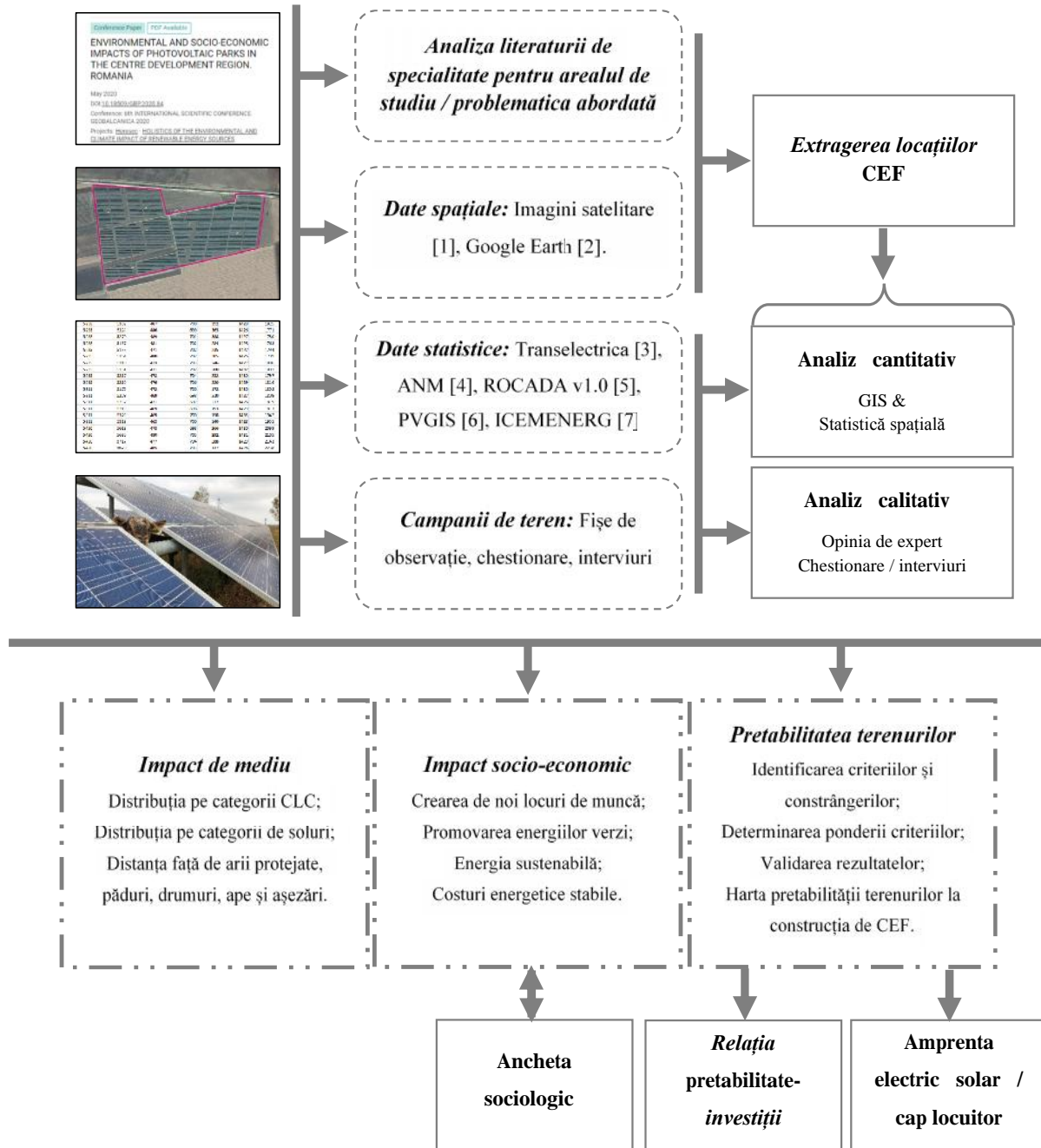


Fig.1 Schema metodologică utilizată pentru a cuantifica impacturile socio-economice și de mediu ale utilizării energiei solare fotovoltaice în Câmpia Română






[1] Landsat 7 ETM and Landsat 8 OLI, 2018; [2] Google Earth (2020); [3] Romanian Transmission and System Operator (TSO) Transelectrica (website); [4] National Meteorological Administration (website); [5] Dumitrescu, A., Bîrsan, M.-V. (2015), ROCADA: A gridded daily climatic dataset over Romania (1961–2013) for nine meteorological variables. Nat. Hazards; [6] <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>; [7] [https://www.minind.ro/domenii\\_sectoare/energie/studii/potential\\_energetic.pdf](https://www.minind.ro/domenii_sectoare/energie/studii/potential_energetic.pdf).



### 3. Scurt istoric și situația curentă a sectorului energetic regenerabil din România

Sursele regenerabile de energie (RES) din România (Tab.1) constituie alternative la combustibilii fosili, contribuind la reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră, la diversificarea ofertei de energie și la reducerea dependenței de piețele volatile și incerte ale combustibililor convenționali, în special de petrol și gaze (Comisia Europeană, 2020).

Tab.1 Tipuri de energii regenerabile disponibile în România  
Sursa: prelucrare după (Curtea de Conturi Europeană, 2018)

TIP	Eolian	Hidro	Geotermal	Biomasa	Solar
SIMBOL					
SURSA	Vânt	Apă	Pământ	Biomasa / Deșeurile	Soare
TEHNOLOGII	Turbine eoliene	Hidrocentrale	Instalații geotermale Pompe de căldură	Arderea biomasei Instalații de biogaz Biocombustibili	Fotovoltaice
APLICAȚII	Energie electrică	Energie electrică	Energie electrică Încălzire și răcire	Energie electrică Încălzire și răcire Transport	Energie electrică

În sectorul energetic din majoritatea statelor europene s-au produs transformări majore determinate de necesitatea creșterii siguranței în alimentarea cu energie a consumatorilor, iar în cadrul acestei cerințe, sursele regenerabile de energie oferă o soluție viabilă, inclusiv aceea de protecție a mediului înconjurător (AGIR, 2007).

Legislația UE privind promovarea surselor regenerabile a evoluat semnificativ în ultimii ani. În 2009, liderii UE au stabilit obiectivul ca, până în 2020, 20% din consumul de energie al comunității să provină din surse regenerabile de energie, iar în anul 2019, ținta a fost setată

pentru 40% până în 2030. În prezent au loc dezbateri privind cadrul de politici viitoare pentru perioada de după 2030 (Comisia Europeană, 2020).

Politica în domeniul energetic în România a fost total diferită comparativ cu politica din statele membre ale Uniunii Europene, utilizând majoritar energia produsă din combustibili fosili convenționali în centrale termoelectrice. Prin aderarea României la blocul european, conceptul independenței energetice a fost completat și, treptat, înlocuit cu cel al securității energetice. Întreg sectorul energetic românesc a fost pus în fața tranziției de la dezideratul independenței energetice, la condițiile piețelor de schimb liber (Ministerul Economiei, Energiei și Mediului de Afaceri, 2016).

Țara noastră are un potențial al RES semnificativ și diversificat (eolian, solar, hidroenergetic, geotermal și biomasă) determinat de condițiile favorabile de mediu (relief și climă) (Vrînceanu și colab., 2019). Cu toate acestea, consumul intern de energie din anul 2019 s-a bazat pe utilizarea majoritară a resurselor convenționale: petrol (29,4%), gaze naturale (27,9%), cărbuni (15%), biocombustibili (12,3%), energie nucleară (9%), hidroenergie (4,1%) și surse de energie regenerabilă (2,4%) (Fig.2). În cazul petrolului, consumul s-a ridicat în anul 2019 la 404.032 TJ, revenind la nivelul anilor 2000 și scăzând cu 46.67% față de consumul maxim de 757.654 TJ din anii 1990.

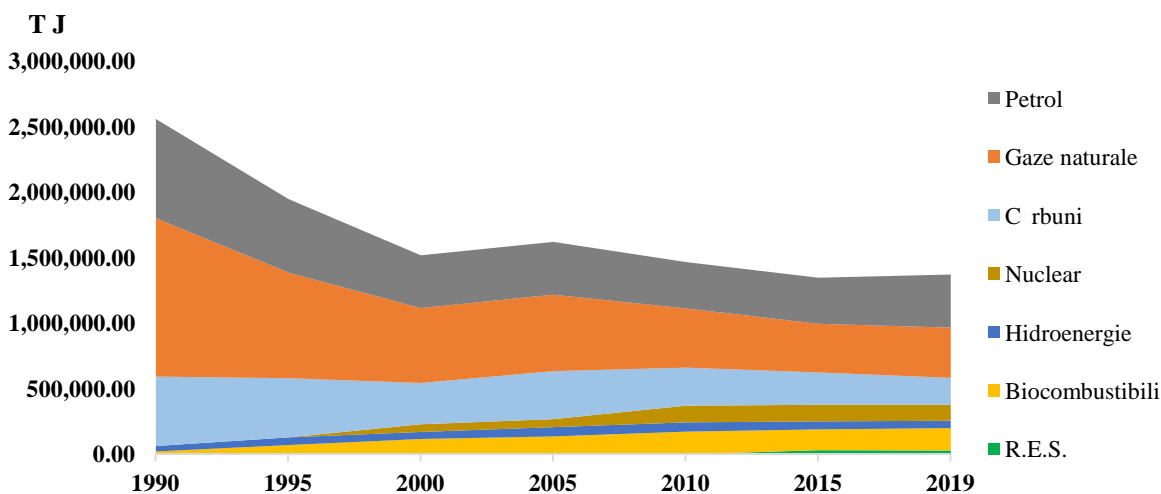


Fig.2 Aprovizionarea totală cu energie în România – 1990 – 2019  
Sursa: prelucrare după (EUROSTAT, 2020)

În cazul producției de energie electrică, mixul la nivelul anului 2020 indică faptul că 36% aparține combustibililor fosili, urmați de hidroenergie (28%), energie nucleară (20%), energie eoliană (12%), energie solară fotovoltaică (3%) și alte tipuri de energii (1%) (Popovici, 2021).

La nivel european, conform datelor EUROSTAT, evidențiate în figura 3, în anul 2019, România se situa pe locul 7 la ponderea energiei electrice obținut din surse regenerabile, puțin peste media europeană .

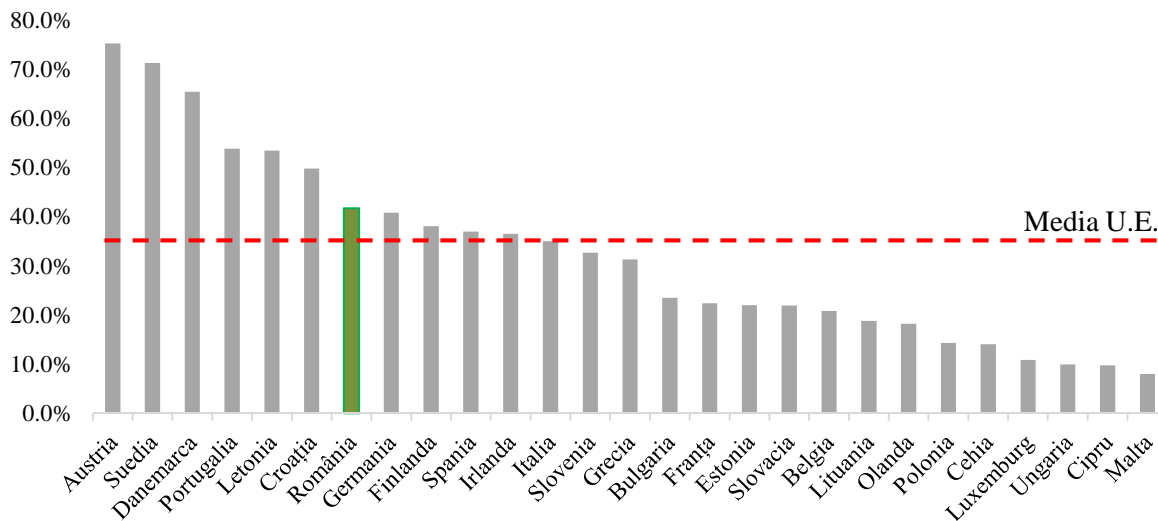


Fig.3 Ponderea energiei electrice provenit din surse regenerabile la nivel U.E.  
Sursa: prelucrare dup (EUROSTAT, 2020)

#### 4. Caracterizarea principalelor elemente climatice relevante pentru dezvoltarea energiei solare fotovoltaice în Câmpia Română

Câmpia Română este situată în sudul României și provine, din punct de vedere genetic, din colmatarea fluvio-lacustră a lacului Getic (Badea și colab., 1983), (Posea și colab., 2005). Este limitată la Vest și Sud de fluviul Dunărea, la Est de Podiul Dobrogei iar la Nord de Podiul Getic, Subcarpații de Curbură și Podiul Moldovei.

Cunoscută și sub denumirile de Câmpia Valahă sau Câmpia Inferioară a Dunării, este cea mai întinsă câmpie din țară, cu o întindere de peste 500 km în lungul Dunării și o suprafață de aproximativ 50.000 km<sup>2</sup> (Ielenicz și Pătru, 2005) (aproximativ 20% din teritoriul României). Câmpia Română este principala regiune agricolă a țării datorită condițiilor naturale specifice: altitudini joase (10-200 m și local 300 m) și declivitate, existența zonelor cu soluri foarte fertile (ex. cernisoluri, soluri brune și brun-roșcate) și un procentaj ridicat de terenuri arabile (80-90% din suprafața agricolă totală) (Bălteanu și colab., 2016), (Vrînceanu și colab., 2019).

Generarea de energie electrică de către un sistem fotovoltaic variază sistemic pe parcursul unei zile sau a unui an, dar și aleatoriu în funcție de condițiile meteorologice. Clima este

considerat în literatura de specialitate ca fiind unul dintre cei mai importanți factori pentru evaluarea spațial în cadrul dezvoltării proiectelor solare. Câmpia Română se caracterizează printr-un climat temperat-continental, situându-se într-un sector al acesteia unde interferează nuanțele vestice, estice și sudice ale Europei (Ielenicz și Sîndulache, 2009). Prezintă caracteristici climatice particulare (valori ridicate ale radiației solare și ale duratei de strălucire a soarelui), fiind una dintre regiunile cu cel mai ridicat potențial pentru dezvoltarea proiectelor de energie solară. Durata de strălucire a soarelui în Câmpia Română variază între valorile de 2.100 și 2.300 de ore/an, în funcție de parametrii climatici și de relief.

Caracteristicile climatului sunt determinate de 4 factori fundamentali, care au importanță generală sau locală: *radiația solară*, *durata de strălucire a soarelui*, *circulația generală a atmosferei* și *structura suprafeței active* (Bogdan și colab., 2016). Sistemele fotovoltaice utilizează radiații solare directe și difuze pentru a produce electricitate, iar acest lucru le face flexibile în vederea selectării amplasamentului.

În plus, caracteristicile circulației generale a atmosferei și structura suprafeței active sunt elemente care influențează eficiența modulelor fotovoltaice.

**a) Radiația solară globală**, cel mai important parametru radiativ, reprezintă principalul izvor de energie care asigură desfășurarea vieții pe Pământ. Ea stă la baza fenomenelor atmosferice, fizice și meteorologice (Badea și colab., 1983), (Boloi, 2003), fiind suma dintre radiația solară directă și cea difuză. Poziția latitudinală a Câmpiei Române condiționează cantitatea de radiație solară globală (Bogdan, 2005). Valorile acesteia variază regional, fiind mai mari în est, în lunca Dunării și la contactul cu Subcarpații Curburii și mai reduse la vest de Argeș, unde și nebulozitatea este mai mare (Oprea, 2008), (Administrația Națională de Meteorologie, 2005).

**b) Durata de strălucire a soarelui**, exprimat în ore, reprezintă intervalul de timp de pe parcursul unei zile în care Soarele strălucește. Asemenea radiației solare globale, aceasta se află în strânsă legătură cu regimul de distribuție a nebulozității. Pe parcursul anului, numărul mediu de ore de strălucire a Soarelui este variabil de la o lună la alta și este corelat atât cu durata astronomică a zilei, cât și cu nebulozitatea.

Regiunile de câmpie se deosebesc printr-o durată caracteristică a strălucirii soarelui, determinată în principal de condițiile de circulație a maselor de aer. Pentru Câmpia Română, cele mai mari valori medii lunare au fost înregistrate în luna Iulie (în zona Bălților Ialomiței și

Br ilei), iar cele mai mici în luna Decembrie, când ziua astronomic este cea mai scurt , iar nebulozitatea are cele mai mari valori. Anual, datorit predomin rii aerului continental, în Câmpia Român durata medie anual de insolație însumeaz peste 2.100 de ore în partea sa estic i sud-estic i peste 2.200 de ore în zona central i vestic .

**c) Circulația general a atmosferei.** Poziția geografic a României i, implicit, a Câmpiei Române, în sud-estul continentului european, se afl în aria de activitate periodic a mai multor tipuri de mase de aer în advecție, generate de principalii centri barici de acțiune (ciclони și anticiloni), cum sunt: anticlonul est-european, anticlonul scandinav, ciclони mediteraneeni i anticlonul azoric (Bogdan, 2005), care influențeaz , de asemenea, producția de energie fotovoltaic .

### **Scenarii climatice - Evoluții cu impact relevant în domeniul energiei solare fotovoltaice la nivelul Câmpiei Române**

Influența uman asupra climei a fost principala cauz a înc lzirii globale observate înc de la mijlocul secolului XX, în timp ce înc lzirea de la nivelurile preindustriale până în 2015 este evaluat ca fiind aproape de 0,9°C (Copernicus, 2021). Schimb rile climatice reprezint una dintre cele mai mari amenin ri asupra mediului, cadrului social i economic (Agenția European de Mediu, 2016). Acestea sunt unanim acceptate de comunitatea tiin ific interna ional , fiind deja eviden iate din analiza datelor observa ionale pe perioade lungi de timp. Cre terile de temperatur până la momentul actual au dus deja la modific ri profunde ale ecosistemelor care au afectat ireversibil arealele și populațiile vulnerabile (Copernicus, 2021), incluzând intensificarea inundațiilor, a episoadelor de secet i a altor tipuri de vreme extrem , pierderea biodiversit ții și creșterea nivelului m rii.

La nivel internațional, simul rile realizate sugereaz c vom atinge pragul de 1,5°C al înc lzirii globale între 2030 și 2052 (Copernicus, 2021) din cauza evoluției extrem de incerte a domeniilor dezvolt rii economice, schimb rii demografice i schimb rii tehnologice. În ceea ce prive te energiile regenerabile, limitarea înc lzirii la 1,5°C peste nivelurile industriale necesit schimb ri sistemice integrate cu dezvoltarea durabil , legate de acțiuni de adaptare complementare. În timp ce tranzițiile privind schimbarea utiliz rii terenurilor, eficiența energetic sau utilizarea combustibililor fosili sunt în curs de desf urare i nu promet respectarea termenelor stabilite în Acordul de la Paris, cercet rile privind impactul schimb rilor climatice asupra resurselor regenerabile devin din ce în ce mai importante datorit vulnerabilit ții sectorului și dezvolt rii continue a metodologiilor i disponibilit ții datelor (Solaun i Cerdá, 2019).

## 5. Impacturile de mediu ale dezvoltării centralelor electrice fotovoltaice în Câmpia Română

### 5.1. Utilizarea terenurilor și exemple de bune practici

Terenurile acoperite de CEF pot suferi o gamă largă de impacturi directe, precum modificarea topografiei terenului, compactarea solului, reducerea cantităților de infiltrații, scăderea materiei organice din sol (Comisia Europeană, 2020), afectarea ecosistemelor sensibile și a biodiversității, dar și indirecte, precum creșterea indirectă a concurenței ce vizează terenurile agricole (reducerea capacității de satisfacere a necesarului de alimente).

Pentru studiul de față, prezintă o importanță ridicată categoria de utilizare a terenurilor situate în vecinătatea CEF. De exemplu, existența în imediată apropiere a culturilor agricole (cereale sau floarea-soarelui), conduce la antrenarea unor cantități semnificative de pulberi în suspensie și depunerea acestora pe modulele solare în timpul lucrărilor agricole efectuate prin intermediul utilajelor (prelucrare la sol, semnat, treierat etc.) (Fig.4 A, B), fenomen studiat și cuprins în raportul privind analiza condițiilor de funcționare a CEF Roșiorii de Vede (Primăria Roșiorii de Vede, 2020). În acest exemplu, praful depus pe modulele solare a dus la pierderi ale eficienței cu până la 7% pe an. Reducerea situațiilor de scădere a eficienței, dar și a investițiilor frecvente în lucrări de curățare a modulelor a fost combătută prin plantarea de garduri verzi și a aliniamentelor de copaci în proximitatea CEF pentru a filtra cantitățile de particule în suspensie, dar și pentru perioada de iarnă, atunci când zăpada viscolită este direcționată către modulele fotovoltaice, așa cum este cazul în Câmpia Bărăganului. În acest caz, a fost plantată o perdea de salcâmi, la o distanță de aproximativ 2 m față de gardul protector al investiției (Fig.4 A, B).



Fig.4 A, B. Plantații liniare de salcâm lângă CEF Bărăganul

În Câmpia Română, majoritatea CEF (68%) au fost construite pe terenuri arabile (Fig.5), deși există o serie de terenuri degradate, neproductive, reprezentate de foste zone agro-industriale, care îndeplinesc condiții geografice optime. Tendința de a înlocui zone agricole sau pajiti este caracteristică sud-estului Europei, datorită valorii economice mai mici a acestor tipuri de terenuri și accesibilității lor rutiere mai bune (Comisia Europeană, 2020). Suprafața de teren acoperită de terenuri arabile din Câmpia Română este de 3.461.109 ha, reprezentând aproximativ 40% din suprafața arabilă totală a României.

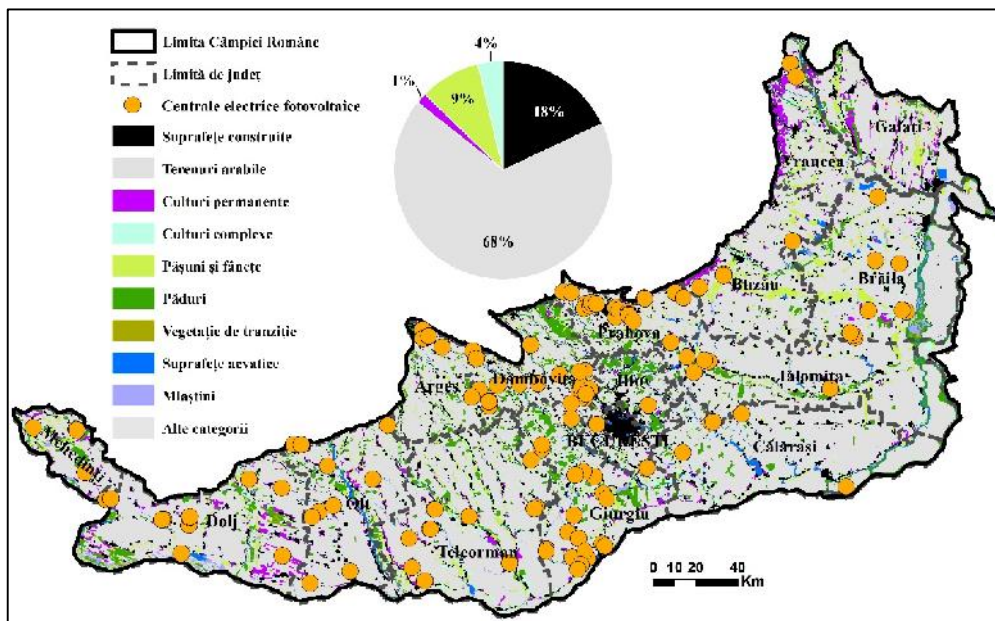


Fig.5 Utilizarea/ acoperirea terenurilor și distribuția CEF în Câmpia Română  
 Sursa: prelucrare după (Copernicus Land Monitoring Service, 2018)

Comparativ cu turbinele eoliene, în România centralele electrice fotovoltaice nu pot împărți încă terenul cu alte utilizări agricole, însă în alte țări a fost dezvoltat conceptul de agrivoltaic care a deschis noi orizonturi pentru zonele uscate sau neirigate, cum este în cazul multor terenuri din Câmpia Română. În figura 6 este prezentat schematic un proiect pilot dezvoltat în Germania care explică utilitatea conceptului de agrifotovoltaic, respectiv creșterea productivității cu 60% a 2 ha de teren cu dublă utilizare. Acolo au fost cultivați cartofi, spanac, salată, fasole și hamei, culturi prezente și în Câmpia Română.

Un alt exemplu vine din Italia, acolo unde au fost cultivați 1 măr într-o seră acoperită de module fotovoltaice, iar rezultatele cu mult peste standardele calitative reglementate au fost obținute datorită condițiilor unice oferite de sistemele solare, precum umbrirea parțială și lumina difuză. Alte exemple de bune practici vin din China, acolo unde a fost realizat primul proiect



pilot de un kilometru de autostradă acoperit cu module fotovoltaice, și au fost înlocuite panourile fonoabsorbante cu module fotovoltaice sau din Olanda, acolo unde au fost puse în funcțiune o serie de piste pentru biciclete cu substrat fotovoltaic.

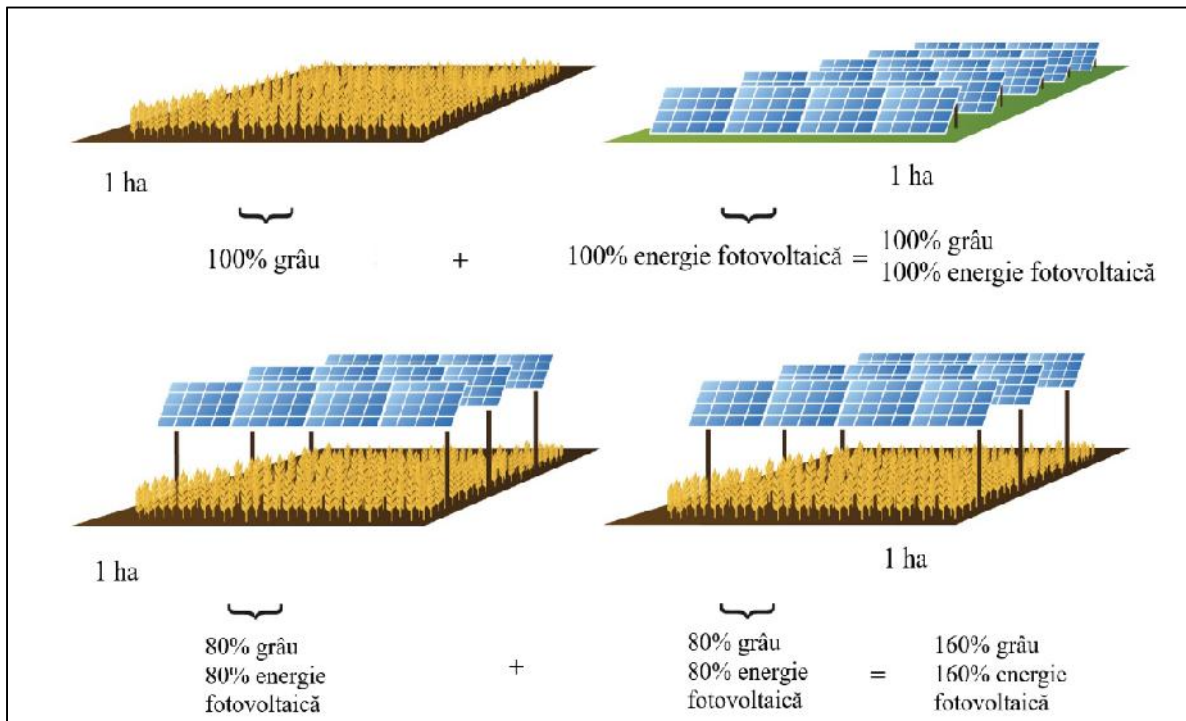


Fig.6 Utilizarea separat a 2 ha (A) versus utilizarea combinată a 2 ha (B)

Sursa: prelucrare după (GREENID, 2018)

Apropierea de rețeaua de drumuri (Fig.7) este unul dintre factorii care contribuie la atragerea investițiilor în domeniul energiei fotovoltaice, facilitând transportul materialelor, al angajaților dar și pentru a evita investițiile suplimentare în infrastructura de acces. În urma cercetărilor de teren a fost observată tendința construirii acestora în imediata apropiere a fostelor sisteme de irigații, pentru a utiliza infrastructura existentă dar, de asemenea, și pentru drenarea apei de ploaie în canalele vechi. Drenarea apei de ploaie în fostele canale de irigații sau simpla infiltrație în pânza freatică a apei rezultate în urma curățării modulelor poate fi problematică atunci când apa rezultată este încărcată cu substanțe utilizate în procesul de curățare. În plus, apa din pânza freatică poate fi contaminată și în situațiile în care sunt utilizate erbicide pentru stoparea creșterii vegetației. O soluție identificată de investitorii din cadrul mai multor centrale electrice fotovoltaice este reprezentată de introducerea oilor, caprelor sau a vacilor în incinta CEF pentru protecție.



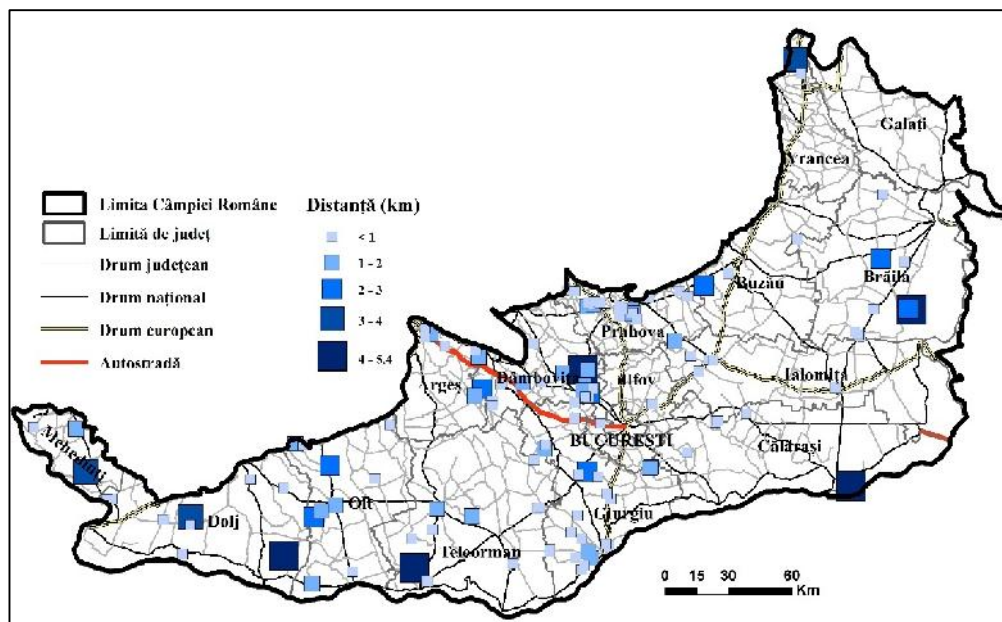


Fig.7 Distanța față de infrastructura rutier

## 5.2. Distanța față de a ez ri

Apropierea CEF de a ez ri este benefic , determinând un impact redus asupra componentelor de mediu, prin distanțe mici pentru transportul materialelor de construcție în timpul fabricației sau al echipamentelor de întreținere în timpul operării parcurilor. Aproximativ 60% dintre centralele electrice fotovoltaice existente în Câmpia Română se află la o distanță mai mică de 1 km față de a ez ri și aproximativ 80% la o distanță mai mică de 2 km, cu preponderență în județele Prahova, Dâmbovița, și Giurgiu (Fig.8). Distanțele de peste 2 km, cum este cazul a 10% dintre CEF, sunt corelate cu prețurile mai scumpe ale terenurilor, preponderent în județele Giurgiu și Prahova.

Din punct de vedere economic, a ez rile rurale cu o infrastructură dezvoltată prezintă un potențial ridicat în ceea ce privește atragerea de proiecte și investiții viitoare. Din acest motiv, parcurile solare care depind de infrastructura existentă bine dezvoltată și de o economie predictibilă au putut fi implementate la nivelul Câmpiei Române. De asemenea, din punct de vedere tehnic și economic, este avantajoasă o amplasare în imediata vecinătate a localităților, cât mai aproape de locurile de consum și/sau rețeaua electrică, reducând pierderile de distribuție și investițiile în dezvoltarea rețelei de energie electrică.

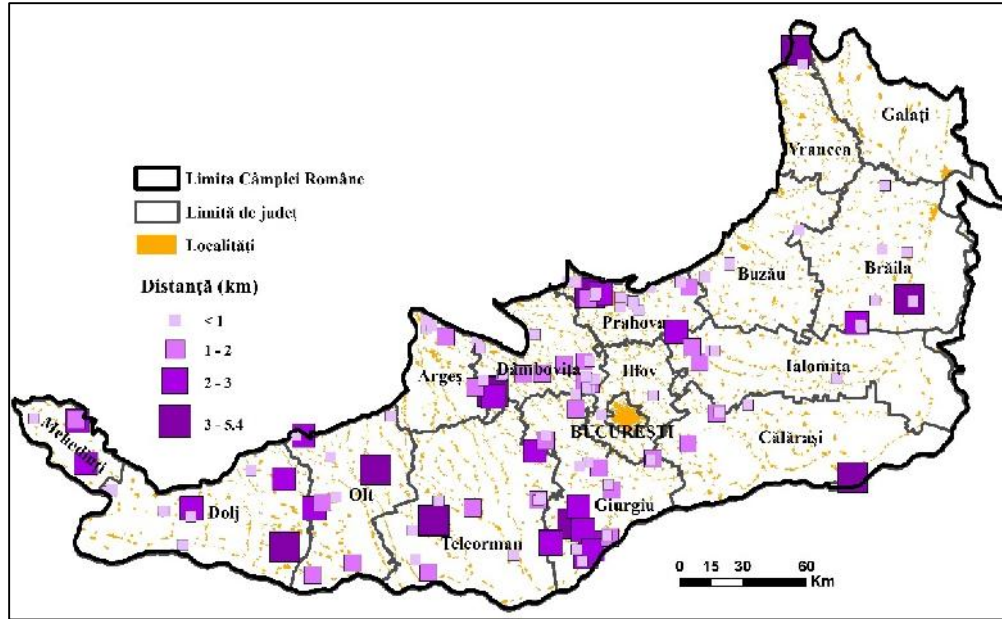


Fig.8 Distanța față de a ez ri

## 6. Impacturile socio-economice ale dezvoltării centralelor electrice fotovoltaice în Câmpia Română

### 6.1. Crearea de noi locuri de muncă în domeniul energiei fotovoltaice

Conform IRENA (2019), cele mai multe locuri de muncă sunt necesare în perioada de operare și mentenanță (56%), urmate de achiziții și fabricație (22%) și de construcții și instalații (17%). Cele mai importante ocupații sunt cele de muncitori în construcții, muncitori în fabrici și ingineri, însă este nevoie și de experți în diferite domenii, precum știință, tehnologie, matematică, marketing sau logistică.

România, ca parte a efortului global de combatere a schimbărilor climatice, și-a asumat o serie de acțiuni în direcția dezvoltării ecologice reunite în cadrul Planului Național de Redresare și Reziliență (PNRR), unde eficiența energetică și energia verde sunt unul dintre cei șase piloni. Acestea sunt completate de Strategia Națională pentru locurile de muncă verzi 2018-2025, întrucât sectoarele ecologice ar putea reprezenta 25% din totalul locurilor de muncă. Pentru a atinge scopul propus în realizarea lucrării, am luat în considerare analiza fazelor de implementare și operare în ceea ce privește crearea de noi locuri de muncă. În prima fază, cea de implementare, locurile de muncă sunt temporare și durează până la punerea în funcțiune a CEF, unde începe cea de-a doua fază analizată, operarea, care durează până la ciclul de viață al modulelor este încheiat iar locurile de muncă pot fi permanente, însă considerabil reduse numeric.

## 6.2. Impactul social evaluat prin utilizarea anchetei sociologice

Chestionarul a fost conceput pentru a obține date cu privire la numărul de angajați temporari/ permanenți (au fost vizate perioada de construcție și perioada de funcționare/ operare), programul de lucru, nivelul salarial pe categorii socio-profesionale, dar și date referitoare la modalitatea de dobândire a terenului (achiziție/ închiriere/ concesiune), firmele contractate pentru mentenanță, timpul mediu dintre cosiri/ curățări ale modulelor și tipuri de taxe pe care investitorii le achită către instituțiile locale. Chestionarele au fost aplicate în trei campanii de teren, pe parcursul sezonului cald din anii 2019, 2020 și 2021. Rata de răspuns a fost maximă, însă au existat cazuri în care fie angajații au fost reținuți cu privire la întrebările adresate, fie au fost efectuate vizite la centrale care nu aveau angajați, iar supravegherea era realizată exclusiv cu ajutorul camerelor video.

### 6.2.1. Situația terenurilor

Investițiile în domeniul energiei solare în Câmpia Română au atins un maxim în perioada 2013-2014, când au fost construite 107 centralele electrice fotovoltaice (80%), dintr-un total de 133. În plus față de sprijinul legislativ și necesitatea atingerii obiectivelor europene, prețul mic al terenurilor a fost un factor pentru care investițiile străine au dominat piața. Costurile pentru un hectar de teren arabil au înregistrat diferențe foarte mari între statele Uniunii Europene, cu un maxim atins de Olanda (54.134 euro în anul 2013 și 56.944 euro în anul 2014) și un minim atins de România (1.653 euro în anul 2013 și 2.423 euro în anul 2014).

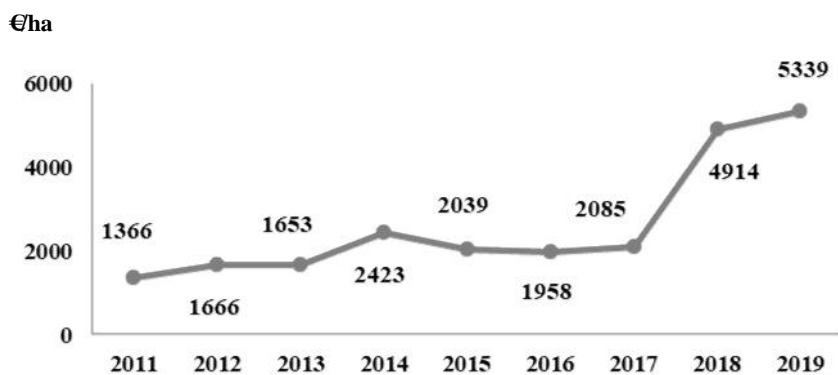


Fig.9 Evoluția prețurilor medii a terenurilor din România

Sursa: prelucrare după Eurostat, 2021

Cum prețurile terenurilor sunt influențate de legislație, factori climatici, geomorfologici, subvențiile pentru agricultură, certificatele verzi, precum și de cererea și oferta de pe piață

(Eurostat, 2021), investițiile în CEF au contribuit la o creștere constantă a prețurilor terenurilor. Astfel, dacă în anul 2011 prețul pentru un hectar era de 1.366 euro, în anul 2019 prețul a crescut cu 290,8%, ajungând la 5.339 euro (Fig.9). Desigur, între creșterea prețurilor terenurilor și investițiile în energia solară a existat o relație de invers proporționalitate, însă scăderea numărului de noi centrale electrice fotovoltaice a derivat și din alte considerente, precum diminuarea numărului de certificate verzi.

Ca urmare a situației la nivel național și european, în arealul de studiu, 65% dintre centralele electrice fotovoltaice au fost construite pe terenuri achiziționate și doar 6% pe terenuri închiriate. Restul investițiilor au avut la bază concesionarea suprafețelor utilizate, de regulă în relație cu primăriile sau consiliile județene din arealele de studiu.

### **6.2.2. Situația angajaților**

La nivelul Câmpiei Române, investitorii, după finalizarea construcțiilor, au menținut, în medie, un număr de opt angajați/centrală electrică fotovoltaică, dintre care cinci în domeniul de calificare și doi cu poziții de specialiști (electricieni/ingineri). În perspectiva pstrării nivelului de producție a energiei, prin curățarea celulelor fotovoltaice, companiile au optat fie pentru angajarea permanentă a unei persoane, fie pentru contractarea ocazională a unor firme de curățenie, rezultând o medie de un angajat pentru curățenie/centrală.

### **6.2.3. Curățarea și întreținerea centralelor electrice fotovoltaice**

Energia solară și apa sunt interdependente (Hernandez, 2014), însă în cazul centralelor electrice fotovoltaice, spre deosebire de centralele solare termice, perioadele de curățate sunt rare. Totuși, eliminarea prafului este importantă, fiind direct corelată cu nivelul de eficiență al modulelor, în special în zonele unde se practică agricultura și/sau cantitățile de precipitații sunt reduse cantitativ, iar particulele de praf sunt cu ușurință angrenate în aer. În medie, conform datelor Primăriei Roșiorii de Vede, eficiența modulelor este redusă cu 5-7% atunci când sunt acoperite cu o peliculă de praf.

Pentru pstrarea curată a suprafețelor celulelor solare, în vederea obținerii celui mai bun randament în producția de energie electrică, doar 26% dintre investitorii analizați prin metoda chestionarului au decis să apeleze la firme de curățenie de cel puțin două ori pe an. Pe de altă parte, peste 50% dintre CEF nu beneficiază de îngrijirea optimă a suprafețelor din sticlă care acoperă celulele producătoare de energie verde.

### 6.3. Promovarea energiei verzi - evoluție legislativă și perspective globale

În anul 2015, pe fondul conștientizării riscurilor și efectelor negative ale schimbărilor climatice, a fost adoptat Acordul de la Paris de către 196 de state, în vederea reducerii emisiilor de gaze cu efect de seră, cu obiectivul de a menține creșterea temperaturii globale mult sub nivelul de 2°C și să se continue eforturile de a limita această creștere la 1,5°C (Comisia Europeană, 2018).

Schimbările climatice nu sunt doar cea mai mare provocare a prezentului, ci și o oportunitate de a construi un nou model economic în Uniunea Europeană. Astfel, toate cele 27 de state membre ale UE s-au angajat serios pentru îndeplinirea obiectivului central, de a deveni primul continent neutru climatic până în anul 2050. Primul set de măsuri, adoptat la 14 Iulie 2021, a constat în reducerea emisiilor cu cel puțin 55% până în anul 2030, comparativ cu nivelurile din 1990 (Tab.2) (Comisia Europeană, 2019).

Domeniile de acțiune ale Pactului Ecologic European cuprind clima, energia, agricultura, industria, mediul și oceanele, transportul, finanțele și dezvoltarea regională și cercetarea și inovarea. În ceea ce privește energia, au fost stabilite trei principii-cheie pentru atingerea obiectivelor din domeniul climei:

• Prioritizarea eficienței energetice și dezvoltarea unui sector energetic bazat preponderent pe surse regenerabile;

• O piață a energiei integrată, interconectată și digitalizată;

• Aprovizionarea UE cu energie sigură și la prețuri accesibile.

Tab.2 Cadrul de politici privind clima și energia pentru anul 2030  
Sursa: prelucrare după (Comisia Europeană, 2019)

	<b>Emisii de gaze cu efect de seră</b>	<b>Energie din surse regenerabile</b>	<b>Eficiență energetică</b>	<b>Buget alocat programelor pentru climă</b>	<b>CO<sub>2</sub> de la:</b>
<b>2020</b>	-20%	20%	20%	<b>2014-2020</b> 20%	
<b>2030</b>	-40%	40%	32,5%	<b>2021-2027</b> 25%	Autovehicule -55% Camionete -50% Autoturisme noi 0 emisii (2035)

În cadrul raportului întocmit de Ministerul Energiei în anul 2016, este menționat că activitatea energetică este responsabilă pentru aproximativ 70% din emisiile de SO<sub>2</sub>, aproximativ 50% din emisiile de NO<sub>x</sub>, 50% dintre emisiile de CO, aproximativ 80% din cantitatea de pulberi în suspensie evacuate în atmosferă și aproximativ 80% din emisiile de CO<sub>2</sub>. La nivelul anului 2018, a fost înregistrată o scădere de 7% a emisiilor de SO<sub>2</sub> și de 1% în cazul NO<sub>x</sub>; particulele în suspensie au avut o creștere de 2% pentru PM<sub>2,5</sub>, 3% pentru PM<sub>10</sub> și 4% pentru COV (Tab.3) (Capizzi și colab., 2019).

Tab.3 Emisii (mii tone/ an), conform plafoanelor din Protocolul Gothenburg revizuit (2016)  
Sursa: prelucrare după (Națiunile Unite, 2021)

	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NH <sub>3</sub>	COV	PM <sub>2,5</sub>
<b>1990</b>	1311	546	300	616	-
<b>2005<sup>a</sup></b>	643	309	199	425	106
<b>2010<sup>b</sup></b>	918 (-30%)	437 (-20%)	210 (-30%)	523 (-15%)	-
<b>2020<sup>c</sup></b>	148 ✓	170 ✗	173 ✓	319 ✓	76 ✗

**a** = nivelul emisiilor la data intrării în vigoare a Protocolului de la Gothenburg (2005); **b** = plafon stabilit prin Protocolul de la Gothenburg (1999), raportat la valorile emise în anul 1990; **c** = plafon stabilit prin Protocolul de la Gothenburg revizuit (2016), raportat la valorile emise în anul 2005; ✓Indică faptul că ținta a fost sau este anticipat să va fi atinsă; ✗Indică faptul că ținta nu a fost sau se anticipa că nu va fi atinsă

### Energie sustenabilă și costuri energetice stabile

În arealul de studiu, în anul 2010, producția de electricitate din energia fotovoltaică era încă nesemnificativă, însă, în anii 2011-2012 au fost operaționalizate 7 astfel de centrale: trei în județul Giurgiu și câte una în județele Prahova, Ilfov, Ialomița și Olt. Acestea cumulează 54,9 MW și sunt dispuse pe o suprafață totală de 122 ha.

O creștere semnificativă a investițiilor în domeniul energiei solare și eoliene, realizată până în anul 2013, a făcut posibilă atingerea țintei asumate de România cu privire la ponderea energiei regenerabile din totalul produs. În cazul energiei solare, în anul 2013, doar în Câmpia Română au fost date în funcțiune 75 de CEF cu putere instalată totală de 474,4 MW, dispuse pe o suprafață de 1.092 de hectare. O serie de reforme neașteptate cu privire la certificatele verzi și la limitarea arealelor pe care pot fi construite CEF au redus semnificativ viabilitatea economică a proiectelor de energie regenerabilă iar investitorii au fost determinați să părăsească piața

(IRENA, 2017). Până în anul 2019, cele mai atractive județe din Câmpia Română pentru investitori au fost Giurgiu și Prahova, unde au fost realizate investiții de peste 750 mil. euro în 42 de CEF cu o putere instalată de 334 MW.

Interesul crescut pentru utilizarea energiei fotovoltaice a dus la perfecționarea sistemelor, fapt ce s-a concretizat printr-un declin aproape constant al prețului energiei electrice, de la 52,07 €/MWh în 2011, la 40,67 €/MWh în 2020. Fluctuațiile prețurilor atât pentru MWh, cât și pentru certificatele verzi (CV) (Fig.10) au avut la bază politicile instabile din cadrul schemelor de sprijin, dar și creșterea constantă a numărului de noi producători: de la 370 în anul 2013, la 576 în anul 2017 (ANRE, 2017).

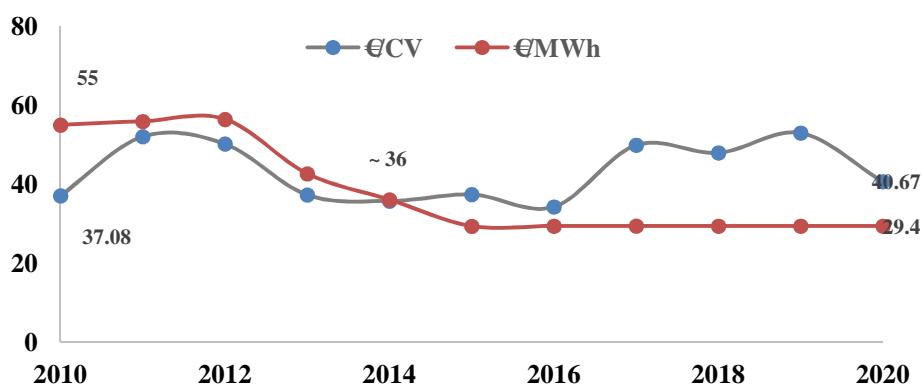


Fig.10 Evoluția prețului/ MWh și pentru un certificat verde în perioada 2010-2020

Sursa: prelucrare după (OPCOM, 2021)

În cazul certificatelor verzi, conform Ministerului Economiei, Energiei și Mediului de Afaceri (2016), autoritățile și-au asumat obligația monitorizării costurilor și veniturilor producătorilor care au beneficiat de scheme de sprijin, pentru a diminua supracompensările și pentru a nu crea avantaje competitive necuvenite. Astfel, în anul 2013, ANRE a reglementat numărul de certificate verzi acordate producătorilor de energie regenerabilă, decizie în urma căreia producătorii de energie solară au fost cei mai afectați, numărul de certificate verzi reducându-se cu 50%. Din 2016 și până în prezent nu a mai fost reluată procedura de acordare a certificatelor verzi, însă, începând cu anul 2017, când a intrat în vigoare O.U.G. 24/2017, atât certificatele verzi emise pentru tranzacționare cât și certificatele verzi amânate la tranzacționare începând cu 01 Iulie 2013 au fost declarate valabile și se vor putea tranzacționa până la 31 Martie 2032 (ANRE, 2017).

În ceea ce privește investițiile, există o corelație între acestea și suprafața pe care sunt construite CEF: pentru 1 MW instalat sunt investiți aproximativ 1,5 milioane euro (Vrînceanu și colab., 2020) și se pot alimenta cu energie electrică până la 200 de case (Energysage, 2019). Conform datelor oferite de simulatorul pentru CEF (EnergyStreet, 2015), cele mai mari sume obținute din introducerea energiei electrice în sistemul național, dar și din vânzarea certificatelor verzi, au fost înregistrate de județele Giurgiu și Prahova (Fig.11).

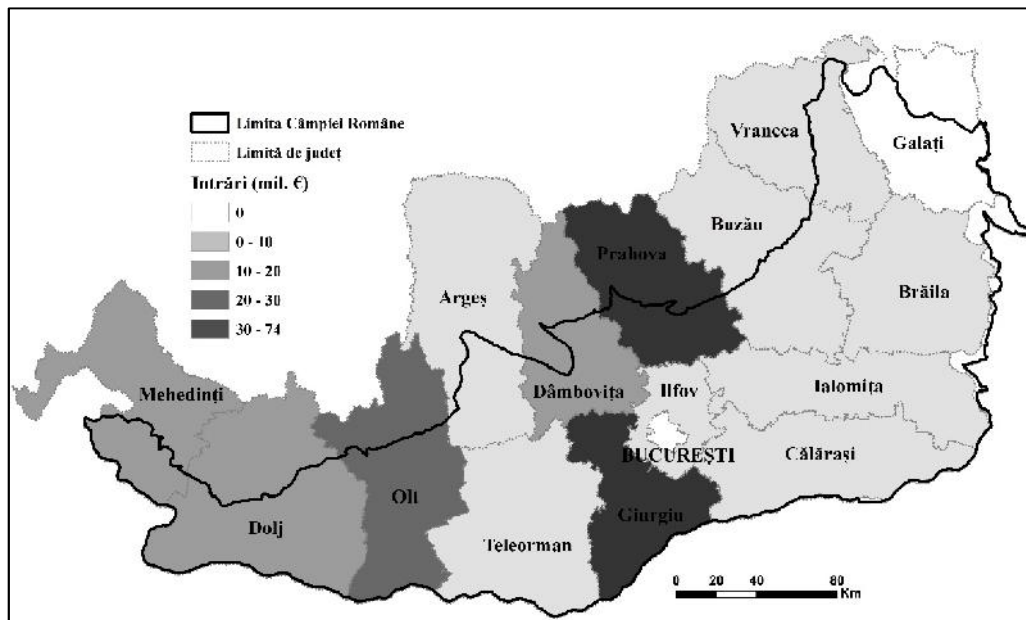


Fig.11 Aproximarea totalului intrărilor (mil. euro) pe județe, în perioada 2010-2019

Analiza realizată prin intermediul simulatorului a avut la bază următoarele criterii:

- nivelul de radiație/ județ;
- puterea instalată (MW) pe județ;
- prețul electricității cuprins în rapoartele lunare OPCOM;
- prețul certificatelor verzi cuprins în rapoartele lunare OPCOM;
- numărul de certificate verzi acordate în funcție de an.

Calculul a fost efectuat individual, pentru fiecare an în care au fost operaționalizate noi centrale electrice fotovoltaice și, ulterior, cumulate, pe fiecare județ, pentru obținerea totalului intrărilor, exprimate în milioane de euro, pentru perioada 2010-2019.



## **7. Pretabilitatea terenurilor la construcția centralelor electrice fotovoltaice și investițiile în domeniul energiei solare din Câmpia Română**

### **7.1. Pretabilitatea terenurilor la construcția CEF**

Identificarea arelelor nepretabile a avut la bază constrângeri de ordin fix, precum: areale urbane, zone naturale protejate și cursuri de apă, care au fost corelate cu multiple constrângeri de ordin variabil, clasificate conform celor trei categorii:

- *Climatici*: radiația solară globală, durata de strălucire a Soarelui, temperatura medie anuală, viteza medie a vântului;
- *Geomorfologici*: altitudinea, distanța față de drumuri, panta;
- *De mediu*: utilizarea/acoperirea terenului și distanța față de așezări.

În analiză nu au fost luate în considerare valoarea terenurilor sau măsurile legislative privind terenurile agricole care pot limita viabilitatea dezvoltării de CEF în viitor, așa cum este exemplul Legii 23/2014. De altfel, noile concepte de utilizare agrivoltaică dezvoltate pe plan mondial pot reprezenta soluții de partajare a terenurilor, fără a interfera cu diferite politici de mediu.

Pașii de lucru au fost succesivi, după cum urmează:

**a.** Identificarea criteriilor și constrângerilor tehnice, de mediu, sociale și economice pentru exploatarea energiei solare fotovoltaice în Câmpia Română;

**b.** Determinarea ponderii criteriilor folosind metoda de analiză spațială Weighted Overlay (WO) și principiile Multi-Criteria Evaluation (MCE);

**c.** Validarea rezultatelor prin cartarea distribuției actuale a CEF;

**d.** Obținerea hărții finale a pretabilității terenurilor la construcția de CEF prin asocierea elementelor obținute pentru generarea și suprapunerea straturilor de analiză.

### **a. Identificarea criteriilor și constrângerilor tehnice, de mediu, sociale și economice pentru exploatarea energiei solare fotovoltaice în Câmpia Română**

Obiectivul principal al acestei etape a constat în analiza studiilor de fezabilitate disponibile la nivelul companiilor și firmelor investitoare în CEF din diferite regiuni ale Câmpiei Române și realizarea unui studiu comparativ pentru identificarea similitudinilor în ceea ce privește constrângerile de mediu, tehnice, sociale sau economice. De exemplu, unul dintre cele mai importante elemente necesare construcției de CEF este terenul, a cărui suprafață medie

trebuie să fie cuprins între 1,3 și 3,8 ha pentru 1 MW instalat, conform parcurilor deja construite în arealul de studiu.

În majoritatea studiilor de fezabilitate analizate, pentru realizarea unei investiții în construcția unei CEF, investitorii au luat în calcul multiple constrângeri. Coroborat cu informațiile obținute din teren și din literatura de specialitate, au fost selectați 6 factori biofizici și 3 antropici, alături de factorul restrictiv reprezentat de ariile naturale protejate, ariile urbane și corpurile de apă, derivați din diferite date spațiale disponibile la scară națională. Criteriile de selecție ale arealelor au fost împărțite în trei grupuri: mediu, climatic și spațial, iar evaluarea calitativă a constat în opinia experților, corelată cu situația din teren, cu bazele de date disponibile la nivelul instituțiilor/companiilor specializate în domeniul energiilor regenerabile și cu informațiile obținute din literatura de specialitate. Rezultatul evaluării a cuprins 9 criterii cu valori diferite de pretabilitate și un criteriu suplimentar eliminativ, după cum urmează:

- ✓ Radiație solară medie de minim 1.200 kWh;
- ✓ Altitudine maximă de 1.000 m;
- ✓ Panta de înclinare a terenului de maxim 16°;
- ✓ Durata de strălucire a soarelui de cel puțin 1.800 ore/an;
- ✓ Temperaturi medii anuale ale aerului de cel puțin 4°C;
- ✓ Viteză medie a vântului de maxim 6 m/s;
- ✓ Teren ușor de reconfigurat (paji, pășuni, arabil, culturi complexe);
- ✓ Distanță de maxim 5 km față de o cale de acces;
- ✓ Distanță de maxim 5 km față de o așezare/localitate;
- ✓ Evitarea ariilor naturale protejate.

#### **b. Determinarea ponderii criteriilor folosind metoda de analiză spațială Weighted Overlay (WO) și principiile Multi-Criteria Evaluation (MCE)**

Metoda de analiză spațială utilizată a fost Weighted Overlay, integratorul setului de date spațiale, bazată pe principiile Multi-Criteria Evaluation pentru obținerea ponderii criteriilor. Prin acest tip de evaluare au fost determinate preferințe generale dintr-o serie de opțiuni alternative (Carver, 1991), în baza cărora a fost estimată pretabilitatea pentru construcția de CEF. Factorii au fost clasificați individual în unități de pretabilitate și multiplicați cu valoarea influenței atribuite pentru a stabili importanța relativă a acestora. Ulterior, aceștia au fost însumați pentru

obținerea valorii finale de pretabilitate pentru fiecare areal din harta rezultat , calculul fiind reprezentat prin următoarea relație matematică (Eastman și colab., 1995):

$$S = \sum w_i x_i c, \text{ unde } S = \text{indexul de pretabilitate}; w_i = \text{influența factorului } i;$$

$x_i = \text{scorul de pretabilitate acordat pentru fiecare clasă inclusă în factorul } i; c = \text{factorul restrictiv}.$

Pentru stabilirea claselor de pretabilitate  $x$  și a influenței relative  $w$ , exprimate în procente, atribuite fiecărui factor, au fost utilizate criteriile menționate anterior. Valorile scorurilor  $x$  au fost diferențiate pe intervale egale prin divizarea intervalului de pretabilitate la numărul de clase incluse în factor (Vrînceanu și colab., 2021):

$$x_i = \frac{r_i}{n_i}, \text{ unde } x_i = \text{scorul de pretabilitate acordat pentru fiecare clasă inclusă în factorul } i;$$

$r_i = \text{intervalul de pretabilitate pentru factorul } i; n_i = \text{numărul de clase incluse în factorul } i.$

### c. Validarea rezultatelor prin cartarea distribuției actuale a CEF

Harta obținută în urma analizei Weighted Overlay a fost reclasificată, fiind ulterior generată și analizată curba ratei de succes (Success Rate Curve), un grafic utilizat pentru clasificarea hărții finale și pentru a indica performanța modelului rezultat (Vrînceanu și colab., 2021). Pentru validarea rezultatelor, harta a fost reclasificată în grupe egale și confirmată pe baza curbei ratei de succes (SRC) (Fig.12), un indicator de performanță a modelelor, descurat pe axele OX (clase de pretabilitate) și OY (CEF construite).

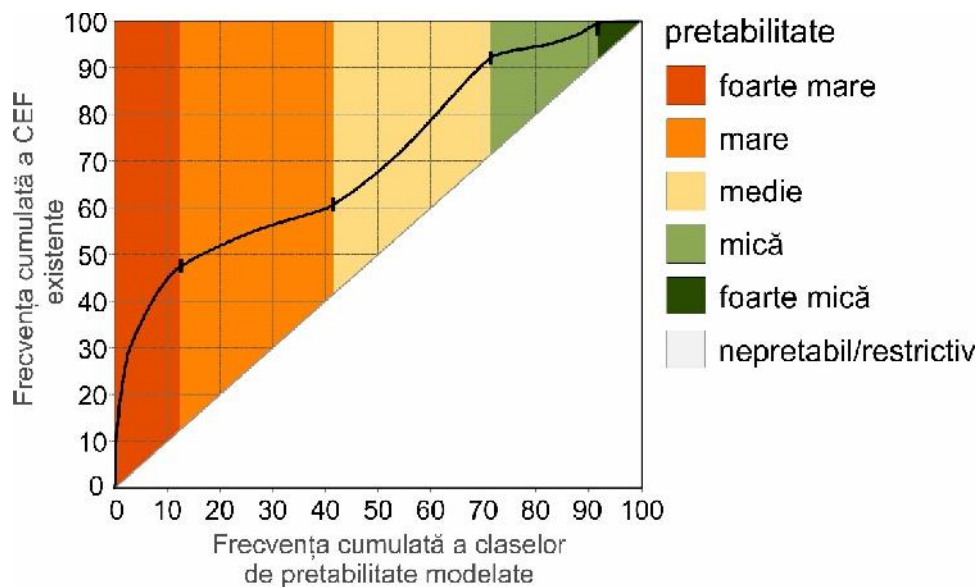


Fig.12 Modelarea claselor de pretabilitate a construcției CEF, clasificate în conformitate cu SRC

Rezultatele au fost grupate în 5 clase calitative (foarte mare, mare, medie, mic , foarte mic ), transformate ulterior în 5 clase cantitative (de la 5 - *foarte mare* la 1 - *foarte mic* ), în vederea medierii valorilor de pretabilitate la nivel național și, ulterior, în arealul de studiu - Câmpia Română . Mediarea valorilor a fost obținut prin calculul coeficientului *msv* (mean suitability values).

#### d. Harta pretabilității terenurilor la construcția de CEF

Harta final (Fig.13) a arealelor pretabile pentru construcția de CEF a fost obținut prin suprapunerea straturilor obținute din calcularea greutății fiecărui criteriu. La nivel național, din suprafața totală de aproximativ 24 de milioane de hectare, aproximativ 7,1 mil. de ha (30%) se încadrează în clasele de pretabilitate foarte mare și mare. Câmpia Română cuprinde 52% din totalul suprafețelor încadrate în clasele de pretabilitate foarte mare și mare iar 77,2% din totalul suprafețelor din arealul de studiu se încadrează în acele două clase. Clasele de pretabilitate medie și mic însumează 44.236 ha (0,01% din suprafața arealului de studiu), iar arealele restrictive ocupă o suprafață totală de 1.059,36 ha (aproximativ 22% din suprafața arealului de studiu).

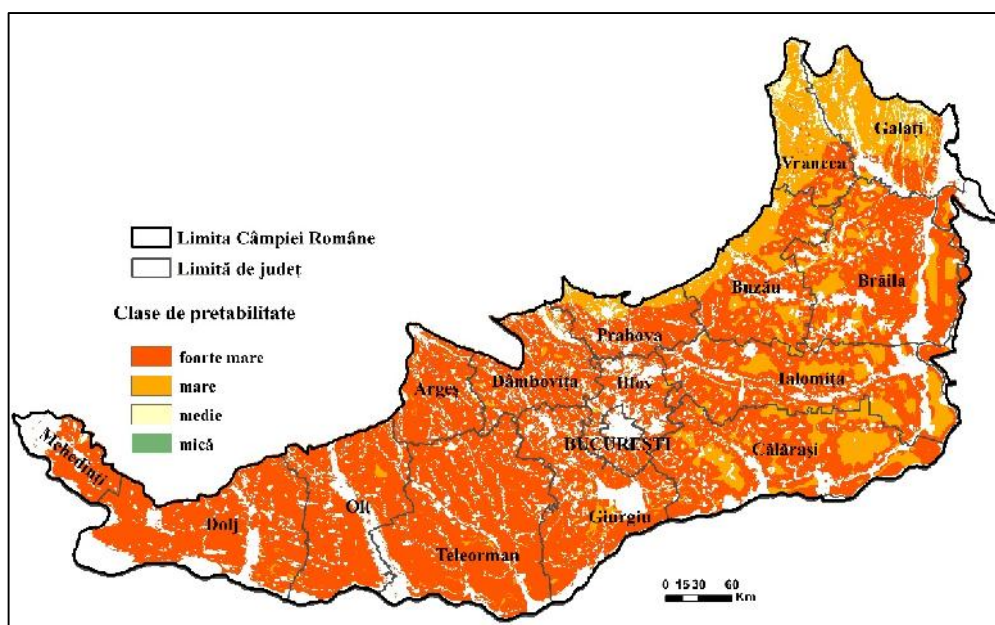


Fig.13 Harta pretabilității terenurilor la construcția de CEF

În ansamblu, Câmpia Română înglobează 16% (771.725 ha) din suprafața totală a țării cu valori mari ale pretabilității și 61% (2.957.826 ha) cu valori foarte mari ale pretabilității terenurilor la construcția de CEF. Cu privire la analiza zonală, la nivel de județe, valorile *msv*

4,9 indic o pretabilitate ridicată pentru partea centrală a zonei de studiu, cu un maxim în județele Teleorman, Olt, Ilfov, Dolj și Giurgiu, urmate de județele Brăila, Mehedinți și Călărași cu valori de 4,7 și 4,8 (Fig.14). Cele mai mici valori *msv* și un potențial mai redus al pretabilității a fost modelat în județele central nordice ale arealului de studiu, întrucât condițiile topografice dictează un relief deluros, cu potențial restrictiv pentru dezvoltarea CEF.

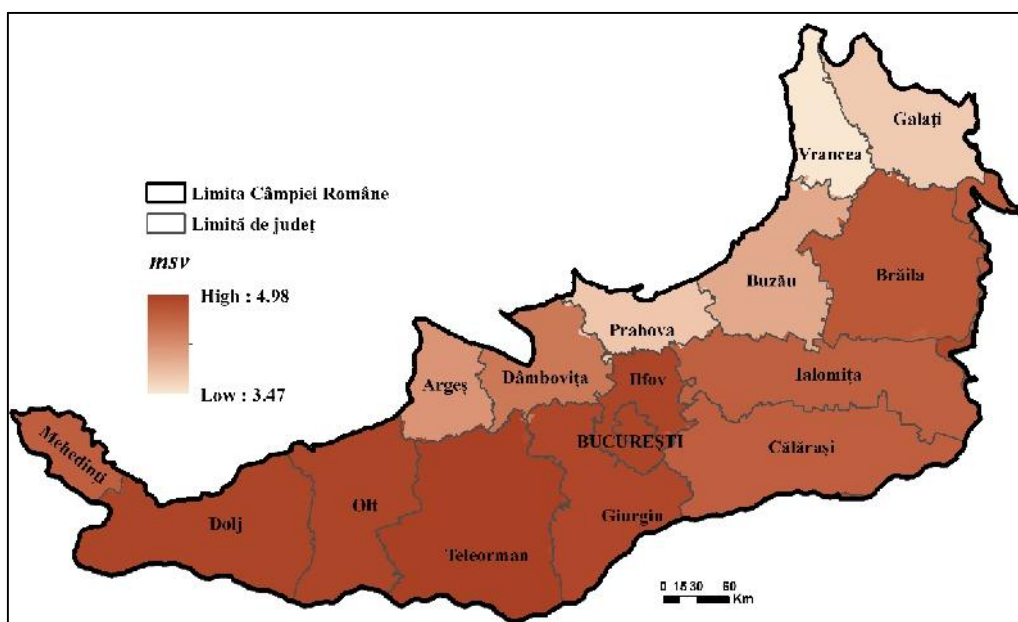


Fig.14 Harta pretabilității terenurilor la construcția CEF bazată pe rezultatele valorilor mean suitability values (*msv*) pentru limitele de județe

Datele modelate au fost validate cu distribuția spațială a CEF și a suprafețelor acestora, iar graficul ratei de succes indică un bun raționament al selecției factorilor incluși în analiză și o performanță optimă a modelului rezultat, având un scor de 0,74 a valorii AUC (Aria Under the Curve)<sup>1</sup>. De asemenea, distribuția spațială calculată în raport cu distribuția claselor de pretabilitate arată că 69% dintre CEF sunt suprapuse peste clasa de pretabilitate foarte mare, 11% peste clasa de pretabilitate mare, iar pentru clasele de pretabilitate medie, mică și foarte mică frecvența CEF este zero.

## 7.2. Investițiile în domeniul energiei solare din Câmpia Română

Investițiile în energia fotovoltaică depășesc 1 miliard de euro la nivelul curent și se pot distinge o serie de tendințe grupate pe județe (Fig.15). În județele din partea de Nord-Est a

<sup>1</sup> **Area under the curve (AUC)** are valori cuprinse între **0,5** și **1**, împărțite în următoarele categorii de relevanță : **0,5** - nul; **0,51 – 0,7** scăzut; **0,71 - 0,8** acceptabil, **0,81 - 0,9** excelent ; **> 0,91** remarcabil.

Câmpiei Române s-au înregistrat, în perioada analizată, cele mai mici investiții care pot fi corelate cu anumite particularități economice, precum: infrastructură slab dezvoltată, cu acces dificil către zonele rurale, incapacitatea municipalităților de a atrage investitori și fonduri europene, nivelul de trai scăzut în rândul populației, dar și orientarea către alte tipuri de energie regenerabilă, așa cum este cazul județului Galați, unde domeniul eolian este considerat mai rentabil decât cel solar (viteză optimă a vântului). La polul opus, tot factorul economic a determinat o densitate ridicată a parcurilor fotovoltaice în zonele din proximitatea județelor București și Ilfov, unde nivelul de trai înregistrează cele mai ridicate valori din întreaga Câmpie. Județele învecinate au prezentat un grad ridicat de atractivitate pentru investitori, ca urmare a achiziționării / închirierii terenurilor la prețuri mai mici (Giurgiu, Prahova, Dâmbovița) (Eurostat, 2021).

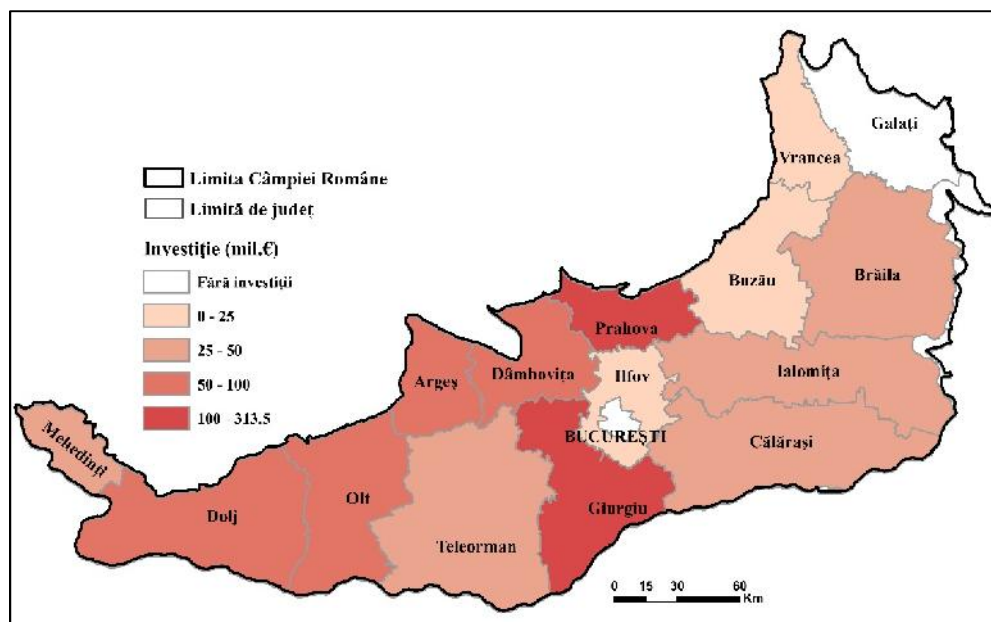


Fig.15 Media investițiilor pe județe în perioada 2010-2019

Numărul ridicat de locuitori activi pe piața muncii din județele aflate în apropiere de București (Institutul Național de Statistică, 2020), atrăgând de nivelurile salariale mai mari față de mediul rural poate fi evidențiat și prin amprenta electrică solară. Aceasta explică relația dintre comunitățile locale, beneficiarul direct al energiei solare produse de CEF situate într-o anumită zonă urbană / rurală, și categoria de acoperire a terenului necesară pentru furnizarea energiei electrice dintr-o CEF (Vrînceanu și colab., 2020), (Denholm și Margolis, 2007), (Denholm și Margolis, 2008), exprimat în  $m^2$ /cap de locuitor.



În Câmpia Română, amprenta electrică solară variază între un minim de  $0,19 \text{ m}^2/\text{cap}$  de locuitor pentru CEF Urziceni, județul Ialomița, și o valoare maximă de  $440 \text{ m}^2/\text{cap}$  de locuitor pentru CEF Izvoarele, județul Giurgiu (Fig.16). În ansamblu, nu există modele create de amprenta centralelor, dar se evidențiază discrepanțe mari între localități cu privire la oportunitățile de angajare în rândul localnicilor, scderea gradului de poluare, aportul în producția de energie verde și creșterea atractivității pentru viitori investitori, avantajele existenței acestui tip de resursă. Raportat la media națională a amprentei electrice solare, de  $24,84 \text{ m}^2/\text{cap}$  de locuitor, în Câmpia Română se situează peste această valoare un număr de 44 de localități (47% din total), cele mai multe fiind în județele Giurgiu și Dolj (14%). Distribuția spațială a valorilor prezintă o predominanță a localităților cu o amprentă electrică solară mică, de sub  $10 \text{ m}^2/\text{cap}$  de locuitor, dar există și câteva exemple de valori foarte mari, de peste  $100 \text{ m}^2/\text{cap}$  de locuitor, cum este cazul a 12 localități care concentrează un procent de 13% din totalul CEF. Investițiile care au făcut posibilă atingerea acestor valori ridicate se găsesc, în general, în zonele rurale cu o populație scăzută, ca urmare a prețurilor scăzute pentru cumpărarea sau închirierea terenurilor. Investitorii au optat pentru construirea CEF pe suprafețe mari și datorită profitului ridicat oferit de numărul de certificate verzi acordat până în anul 2014 (cel mai mare dintre toate tipurile de energie regenerabilă).

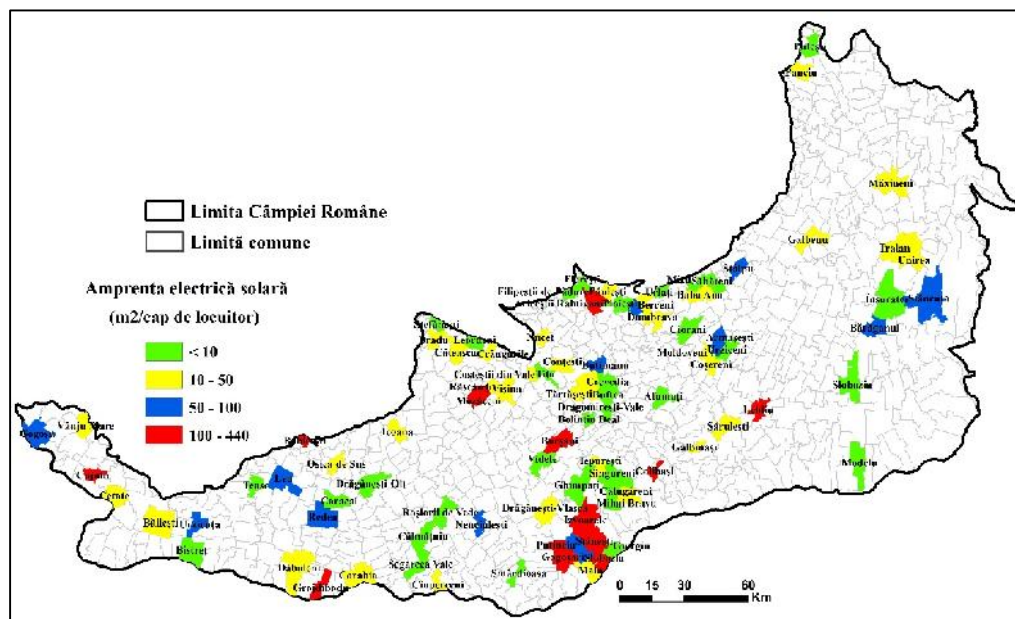


Fig.16 Ampreenta electrică solară pe cap de locuitor pentru localitățile din Câmpia Română

## **8. Reciclarea**

În industria producției de module fotovoltaice, media declarată de producători pentru durata de viață a modulelor este de 25 de ani (Green Report, 2020), iar extinderea pe scară largă a utilizării energiei solare a început în anii 2010. Doar la nivel european, până în anul 2015, 50.000 de tone de module fotovoltaice au ajuns la sfârșitul ciclului de viață (SolarCenter, 2018), iar până în anul 2050, 60 de milioane de tone de module solare vor deveni deșeurile (Green Match, 2021). În prezent, cele mai multe țări nu au stabilit o strategie prin care să gestioneze optim procesul de colectare/ reciclare din punct de vedere al protecției mediului (Green Report, 2020), cum este și cazul României. Din cercetările de teren a rezultat faptul că modulele fotovoltaice înlocuite sunt depozitate pe terenurile din incinta CEF, în numărul redus al acestora nu creează probleme majore până în prezent.

## **9. Concluzii**

În concluzie, România s-a angajat prin să reducă emisiile de gaze cu efect de seră și să crească ponderea energiei din surse regenerabile, ca parte din obiectivul Uniunii Europene de a respecta cerințele Pactului Ecologic European și Acordului de la Paris actualizat cu ocazia summitului de la Glasgow încheiat cu 3 zile în urmă.

Cu toate acestea oferă o sursă de energie curată și durabilă, sistemele de energie solară trebuie abordate și din perspectiva posibilelor impacturi negative asupra mediului, cele mai multe fiind asociate cu modificarea utilizării terenurilor, scăderea productivității solurilor după scoaterea din uz a centralelor sau perturbarea habitatelor.

Pentru a diminua efectele negative de mediu, conceptul de agrovoltăic reprezintă o nouă alternativă de implementare a proiectelor de energie solară în acord cu specificul agricol al zonelor. În condițiile în care 79% din terenurile cuprinse în arealul de studiu sunt arabile, introducerea acestui concept nu contravine legislației în vigoare și vine ca o soluție pentru atingerea obiectivelor care privesc creșterea producției de energie din surse regenerabile.

Pentru a veni în sprijinul investitorilor, prezenta lucrare cuprinde harta preabilității terenurilor la construcția de CEF care evidențiază un potențial maxim în județele Olt, Teleorman, Ilfov, Municipiul București, Dolj, Giurgiu, Constanța și Brila și indică un potențial încă neexploatat pe suprafețe extinse. Sub creșterea constantă a producătorilor de energie solară la nivel



național, metodologia prezentat poate fi un instrument adaptabil, flexibil și util pentru asistență în ceea ce privește viitoarele decizii pentru implementarea CEF în cele mai potrivite locații.

O altă provocare a domeniului energetic fotovoltaic este reprezentată de lipsa echipamentelor necesare stocării surplusului de energie, singurul acumulator de stocare fiind instalat în cadrul CEF Bilești, care are însă o capacitate mică, de doar 1 MW. În prezent, dispozițiile specifice pentru noile instalații de stocare și regulile de gestionare a acestora sunt stipulate în Legea 155/2020. Altfel spus, cu un cadru legislativ favorabil, prin care investitorii pot stoca și furniza energia atunci când este necesar, au fost create premisele pentru o nouă etapă de investiții, cu impact benefic în domeniul angajărilor, prin care România să își poată atinge țintele stabilite pentru anul 2030.

Activitatea profesională în domeniul cercetării geografiei va continua și prin analiza posibilităților de implementare a unui concept agrovoltaic în câmpiile din România, pe o suprafață de teren care îndeplinește condiții agricole foarte bune (în special reprezentate de un grad ridicat de fertilitate a solului), care să fie utilizat în sistem hibrid, împreună cu tehnologia electrică fotovoltaică. În contextul diminuării construcției de noi proiecte fotovoltaice cauzate de reformele legislative de reducere a numărului de certificate verzi, care a stopat investițiile și progresul însemnat spre o economie verde, proiectul vine ca o soluție mijlocitoare între partea legislativă și dezvoltarea tehnologiilor solare.

## Bibliografie

- Administrația Național de Meteorologie. (2005). *Clima României*.
- Administrația Național de Meteorologie. (2012). *Scenarii de schimbare a regimului climatic în România pe perioada 2001-2030*. București.
- Agencia European de Mediu (2016), *Atenuarea schimb rilor climatice*, <https://www.eea.europa.eu/ro/themes/climate/about-climate-change>, accesat la 21.07.2021.
- Agencia Internațional pentru Energie Regenerabil (IRENA) (2017). *Cost-competitive renewable power generation: Potential across South East Europe*. Joanneum Research and University of Ljubljana.
- Agencia Internațional pentru Energie Regenerabil (IRENA) (2018). *Global Energy Transformation: A roadmap to 2050*. Abu Dhabi.
- Agencia Internațional pentru Energie Regenerabil (IRENA) (2019), *Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2019*.
- Asociația General a Inginerilor din România (AGIR) (2009), *Energia Geotermal*. Univers Ingineresc nr. 2.
- Akella, A. K., Saini, R. P., Sharma, M. P. (2009), *Social, economical and environmental impacts of renewable energy systems*, 34, 2.
- ANRE. (2017). *Raport de monitorizare a funcțion rii sistemului de promovare a energiei electrice produse din surse regenerabile în anul 2017*.
- Badea, L., Gâtescu, P., Velcea, V. A. (1983), *Geografia României. Geografia fizic*, București: Editura Academiei Republicii Socialiste România, I.
- Balta-Ozkan, N., Yildirim, J., Connor, P., Truckell, I., Hart, P. (2021), *Energy transition at local level: Analyzing the role of peer effects and socio-economic factors on UK solar photovoltaic deployment*, 148, Energy Policy.
- Beatty, B., Machnick, J., McCall, J., Braus, G. (2017), *Native Vegetation Performance under a Solar PV Array at the National Wind Technology Center*.
- Bocca, A., Bergamasco, L., Fasano, M., Bottaccioli, L., Chiavazzo, E., Macii, A., Asinari, P. (2018), *Multiple-Regression Method for Fast Estimation of Solar Irradiation and Photovoltaic Energy Potentials over Europe and Africa*.
- Bogdan, O. (2005), *Clima. În Geografia României*, V, Editura Academiei Române, București.
- Bogdan, O., Dragot, C., Micu, D. (2016), *Potențialul climatic. În România. Natur și societate*, Editura Academiei Române, București.
- Bololoi, L. D. (2003). *Clima Câmpiei Române și influența ei asupra organismului uman*. București.
- Carstens, D., Cunha, S. K. (2019), *Challenges and opportunities for the growth of solar photovoltaic energy in Brazil*, 125, Energy Policy.
- Carver, S. (1991), *Integrating Multi-Criteria Evaluation with Geographical Information Systems*, 5, 3.

- Comisia European (2018), *Raport al comisiei c tre Parlamentul European i Consiliu*, Bruxelles.
- Comisia European (2019), *The European Green Deal*, [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0002.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0002.02/DOC_1&format=PDF), accesat la 25.07.2021.
- Comisia European . (2020). *Comunicare a comisiei c tre Parlamentul European, Consiliu, Comitetul Economic i Social European i Comitetul Regiunilor*. Bruxelles.
- Copernicus. (2021). *Global temperature trend monitor. User guide*.
- Co gun, A. E. (2021), *The potential of agrivoltaic systems in Turkey*.
- Denholm, P., Margolis, R. (2007), *The regional per-capita solar electric footprint for the United States*, National Renewable Energy Laboratory, Colorado.
- Denholm, P., Margolis, R. (2008), *Land-use requirements and the per-capita solar footprint for photovoltaic generation in the United States*.
- Dumitra cu, M., Grigorescu, I., Vrînceanu, A., Mocanu, I., Mitric , B., Dumitric , C., erban, P. (2021), *Regional differences in the distribution of environmental and socio-economic impacts of photovoltaic parks in Romania. An indicator-based approach*.
- Dumitra cu, M., Vrînceanu, A., Mocanu, I., Grigorescu, I., Mitric , B. (2020), *Regional analysis of environmental and socio-economic impacts of photovoltaic parks in Romania. A showcase of West development region*.
- Dupraz, C., Marrou, H., Talbot, G., Dufour, L., Nogier, A., Ferard, Y. (2011), *Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes*, 36, 10.
- Eastman, J., Jin, W., Kyem, P. K., Toledano, J. (1995), *Raster Procedure for Multi-Criteria/Multi-Objective Decisions*, 61, 5.
- Energysage (2019), <https://news.energysage.com/solar-farms-start-one/>, accesat la 20.06.2020
- EnergyStreet (2015), <http://energystreet.ro>, accesat la 19.06.2020.
- Eurostat (2020), <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/DDN-20200129-1>, accesat la 15.04.2021.
- Eurostat (2021), <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/t2020rt120/default/table>, accesat la 23.08.2021.
- Eurostat (2020), <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/DDN-20200129-1>, accesat la 15.04.2021.
- Ezzaeri, K., Fatnassi, H., Bouharroud, R., Gourdo, L., Bazgaou, A., Wifaya, A., Bouirden, L. (2018), *The effect of photovoltaic panels on the microclimate and on the tomato production under photovoltaic canarian greenhouses*, 173.
- Goetzberger, A., Zastrow, A. (1982), *On the Coexistence of Solar-Energy Conversion and Plant Cultivation*.
- Gomi, K., Shimada, K., Matsuoka, Y., Naito, M. (2007), *Scenario study for a regional low-carbon society*.
- Gonocruz, R. A., Nakamura, R., Yoshino, K., Homma, M., Doi, T., Yoshida , Y., Tani, A. (2021), *Analysis of the rice yield under an agrivoltaic system: A case study in Japan*.

- Green Match (2021), <https://www.greenmatch.co.uk/blog/2017/10/the-opportunities-of-solar-panel-recycling>, accesat la 22.08.2021.
- Green Report (2020), <https://green-report.ro/panouri-solare-recicla-re/>, accesat la 22.08.2021.
- Greenid (2018), *Dual-use approaches for solar energy and food production international experience and potentials for Vietnam*.
- Grigorescu, I., Vrînceanu, A., Dumitru, M., Mocanu, I., Dumitric, C., Mitric, B., Ierban, P. (2019), *Regional differences in the spatial distribution and environmental consequences of pv farms in southern Romania*.
- Hassan, M., Hassan, A., Al-Dashti, H. (2020), *GIS-based suitability analysis for siting solar power plants in Kuwait*.
- Hernandez, R. (2014), *Environmental impact of utility-scale solar energy*, Renewable and sustainable energy reviews, 766-779.
- IEA. (2020). *World Energy Outlook*.
- Ielenicz, M., Sandulache, I. (2009), *România. Poduri și dealuri*, București.
- Institutul Național de Statistică. (2020). *Resursele energetice și utilizarea acestora în anul 2020*.
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021. The Physical Science Basis. Summary for Policymakers*.
- Krishnan, K., Pearce, J. M. (2018), *Economic impact of substituting solar photovoltaic electric production for tobacco farming*, 72.
- Jaber, J. O., Badran, O., Abu-Shikhah, N. (2003), *Sustainable energy and environmental impact: role of renewables as clean and secure source of energy for the 21st century in Jordan*, 6.
- Lytle, W., Meyer, T., Tanikella, N., Burnham, L., Engel, J., Schelly, C., Pearce, J. (2021), *Conceptual design and rationale for a new agrivoltaics concept: pasture-raised rabbits and solar farming*, 282.
- Magalhães, I. B., Barros Nogueira, G. C., Alves, I., Calijuri, M. L., Lorentz, J. F., Carmo Alves, S. (2020), *Site suitability for photovoltaic energy expansion: A Brazilian's high demand states study case*, 19.
- Mahesh, K. (2020). *Social, Economic, and Environmental Impacts of Renewable Energy Resources*.
- Malu, P., Sharma, U., Pearce, J. (2017), *Agrivoltaic potential on grape farms in India*, 23.
- Ministerul Energiei (2016), *Romanian Energy Strategy 2016-2030, with an outlook to 2050*, [http://www.mmediu.gov.ro/app/webroot/uploads/files/2017-03-02\\_Strategia-Energetica-a-Romaniei-2016-2030.pdf](http://www.mmediu.gov.ro/app/webroot/uploads/files/2017-03-02_Strategia-Energetica-a-Romaniei-2016-2030.pdf), accesat la 12.09.2020.
- Ministerul Economiei, Energiei și Mediului de Afaceri. (2016). <http://energie.gov.ro>. Preluat pe June 12, 2020, de pe <http://energie.gov.ro>: <http://energie.gov.ro/home/informatii-de-interes-public/surse-regenerabile-de-energie-in-romania/schema-de-sprijin-prin-certificate-verzi/>
- Muller, F., Laitner, S., Zarsky, L. (1992), *Jobs benefits of expanding investment in solar energy*, 4.
- Națiunile Unite (2015), *Framework Convention on Climate Change. Adoption of the Paris Agreement*, 21st Conference of the Parties, Paris.

- Națiunile Unite (2021), *Sustainable development goals - Gothenburg Protocol*, <https://www.unece.org/environmental-policy/conventions/envlrapwelcome/guidance-documents/gothenburg-protocol.html>, accesat la 07.05.2021.
- Nebey, A. H., Taye, B. Z., Workineh, T. G. (2020), *Site suitability analysis of solar PV power Generation in south Gondar, Amhara region*.
- Noorollahi, E., Fadaei, D., Shirazi, M. A., Ghodsipour, S. H. (2016), *Land suitability analysis for solar farms exploitation using GIS and Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) - A case study of Iran*.
- OPCOM. (2021, 09 20). *OPCOM*. Preluat de pe <https://www.opcom.ro/pp/home.php>
- Oprea, C. (2008), *Radiația solară . În Clima României*, București.
- Oprea, S. V., Bâra, A. (2020), *Ultra-short-term forecasting for photovoltaic power plants and real-time key performance indicators analysis with big data solutions. Two case studies - PV Agigea and PV Giurgiu located in Romania*, 120, *Computers in Industry*.
- Oprea, R., Cuculici, R., Sîndulache, I., Popa, V., Constantinescu, H. (2020), *The perception of the inhabitants of Prahova county about the development of photovoltaic parks*, 20.
- Popovici, O. C. (2021). *Romania social briefing: Romania's Green Development Policy and Action*. China-CEE Institute.
- Posea, G., Zvoianu, I., Bodgan, O. (2005), *Geografia României. Câmpia Română , Dunărea, Podul Dobrogei, Litoralul Românesc al Mării Negre și Platforma Continentală , V*, Editura Academiei Române, București.
- Pramanik, M. A. (2012). *IMPACT OF SOLAR ELECTRICITY ON RURAL DEVELOPMENT A study of some villages in Dinajpur and Thakurgaon of Bangladesh*. Scientific Seminar - Intercollegiate Sustainable Energy Network. Research Gate.
- Primăria Roșiori de Vede. (2020). *Raport privind analiza condițiilor de funcționare a CEF. Roșiori de Vede*.
- Rodrigues, S., Coelho, M. B., Cabral, P. (2017), *Suitability analysis of solar photovoltaic farms: A Portuguese case study*, 7.
- Sacchelli, S., Garegnani, G., Geri, F., Grilli, G., Paletto, A., Zambelli, P., Vettorato, D. (2016), *Trade-off between photovoltaic systems installation and agricultural practices on arable lands: An environmental and socio-economic impact analysis for Italy*, 56, *Land Use Policy*.
- Schmitter, P., Kibret, K., Lefore, N., Barron, J. (2018), *Suitability mapping framework for solar photovoltaic pumps for smallholder farmers in sub-Saharan Africa*, 94.
- Schindele, S., Trommsdorff, M., Schlaak, A., Obergfell, T., Bopp, G., Reise, C., Weber, E. (2020), *Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the price-performance ratio and its policy implications*, 265.
- SolarCenter (2018), <https://solarcenter.ro/reciclarea-panourilor-solare-si-durata-de-viata-a-acestora/>, accesat la 22.08.2021.

- Socorro García-Cascales, M., Sánchez-Lozano, J. M. (2013), *Geographical Information Systems (gis) and multi-criteria decision making (mcdm) methods for the evaluation of solar farms locations: Case study in south-eastern Spain*.
- Solaun, K., Cerdá, E. (2019), *Climate change impacts on renewable energy generation. A review of quantitative projections*, Elsevier, 116.
- Suuronen, A. (2017). *Ecological and social impacts of photovoltaic solar power plants and optimization of their locations in Northern Chile*.
- Toledo, C., Scognamiglio, A. (2021), *Agrivoltaic systems design and assessment: A critical review, and a descriptive model towards a sustainable landscape vision (three-dimensional agrivoltaic patterns)*.
- Unieunea European , Copernicus Land Monitoring Service (2018), *CORINE Land Cover 2018*, <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>, accesat la 14.09.2020.
- Valle, B., Simonneau, T., Sourd, F., Pechier, P., Hamard, P., Frisson, T., Christophe, A. (2017), *Increasing the total productivity of a land by combining mobile photovoltaic panels and food crops*, 206.
- Vrînceanu, A., Dumitra cu, M., Mocanu, I., Grigorescu, I., erban, P., Mitric , B., Dumitric , C. (2020), *Environmental and socio-economic impacts of photovoltaic parks in the Centre development region. Romania*.
- Vrînceanu, A., Grigorescu, I., Dumitrascu , M., Mocanu, I., Dumitrica, C., Micu, D., Mitrica , B. (2019), *Impacts of photovoltaic farms on the environment in the Romanian Plain*.
- Vrînceanu, A., Grigorescu, I., Dumitra cu, M., Mocanu, I., Mitric , B., erban, P. (2021), *Indicator-based approach to assessing the environmental and socio-economic impacts of photovoltaic parks in Romania. North-West Development Region*, Proceedings of the 7th International Scientific Conference GEOBALCANICA 2020.
- Vrînceanu, A.-R., Grigorescu, I., Dumitra cu, M., Mocanu, I., Dumitric , C., Micu, D., Mitric , B. (2019), *Impacts of photovoltaic farms on the environment in the Romanian Plain*.
- Witwer, J. G. (1977), *The prospects for renewable energy sources*, 7.