

UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI
FACULTATEA DE INGINERIE MECANICĂ ȘI ELECTRICĂ

**MODELAREA ȘI SIMULAREA UNUI SISTEM ENERGETIC
REGENERABIL CU APLICAȚII ÎN ZONA MONTANĂ PARÂNG**

TEZĂ DE DOCTORAT (REZUMAT SCURT)

Conducător științific:
Prof.univ.dr.ing.mat. POP Emil

Autor:
Ing. DINOIU Adrian Nicolae

Cuvinte cheie: energie regenerabilă, modelare, simulare, Parâng, dezvoltare durabilă

Cuprins

Capitolul I - Introducere	5
1.1. Considerente generale și motivația tezei de doctorat	5
1.2. Prezentarea lucrării	6
1.3. Încheiere	10
Capitolul II - Stadiul actual al dezvoltării energiei regenerabile	11
2.1. Probleme generale	11
2.2. Energia eoliană	13
2.3. Energia solară	16
2.4. Biomasa	21
2.5. Energia hidro	24
2.6. Generarea distribuită și rețelele inteligente	24
2.7. Impactul utilizării resurselor regenerabile privind dezvoltarea durabilă	25
2.8. Perspectivele de dezvoltarea a energiei regenerabile în România	26
Capitolul III - Contribuții privind modelarea, simularea și problemele de implementare a sistemului micro-hidroelectric	29
3.1. Probleme generale	29
3.2. Circuitul apei în natură	30
3.3. Determinarea modelului matematic a unei microhidrocentrale	33
3.4. Micro-hidro	38
3.5. Modelarea și simularea unei pico-hidrocentrale în zona montană Parâng	43
3.6. Probleme de implementare a unui sistem micro hidroelectric	57
Capitolul IV - Contribuții privind modelarea, simularea și problemele de implementare a sistemului energetic eolian	59
4.1. Vântul, sursa primară de energie eoliană	59
4.2. Turbinele eoliene	66

4.3. Puterea disponibilă în vânt	74
4.4. Modelarea și simularea unui sistem eolian în zona montană Parâng	79
4.5. Probleme de implementare a unui sistem energetic eolian	88
Capitolul V - Contribuții privind modelarea, simularea și problemele de implementare a sistemelor energetice cu biomasă	94
5.1. Probleme generale	94
5.2. Circuitul carbonului în natură	97
5.3. Bioenergia modernă	99
5.4. Biocombustibilii	100
5.5. Biomasă forestieră	111
5.6. Modelarea și simularea unui sistem energetic pe biomasă	114
5.7. Probleme de implementare a unui sistem energetic pe bază de biomasă	119
Capitolul VI - Contribuții privind modelarea, simularea și problemele de implementare a sistemului fotovoltaic	121
6.1. Probleme generale	121
6.2. Radiația solară	122
6.3. Caracteristici ale panourilor fotovoltaice	126
6.4. Sisteme fotovoltaice autonome, neconectate la rețea	132
6.5. Sisteme fotovoltaice conectate la rețea	134
6.6. Modelarea și simularea unui sistem fotovoltaic pentru zona Parâng	137
6.7. Probleme de implementare a unui sistem energetic fotovoltaic	144
Capitolul VII – Concluzii, contribuții și propuneri	145
7.1. Concluzii	145
7.2. Contribuții	145
7.3. Diseminarea și valorificarea rezultatelor	147
7.4. Propuneri și direcții noi de cercetare	148
BIBLIOGRAFIE	149
ANEXE	

Soarele transmite energia solară Pământului prin radiații, iar încălzirea neuniformă a atmosferei și suprafeței Pământului, dă naștere vântului. Soarele alimentează și circuitul apei în natură și fotosinteza plantelor, fiind motorul principal pentru sursele de energie regenerabilă, fie energie solară, eoliană, hidro sau biomasă. În timp ce este evident că gazele naturale, petrolul, cărbunile, nu vor mai dura prea mult, atât timp cât Soarele există, vom avea sursele de energie regenerabilă. Pe lângă faptul că sunt într-un continuu declin al cantității, combustibilii fosili sunt și dăunători față de mediul înconjurător, având un impact negativ, mai ales prin emisiile de CO₂.

Dezastrul nuclear din Japonia, deversarea de petrol din Golful Mexic, șantajul energetic practicat de unele state mari producătoare de combustibili fosili, dar mai ales dorința de

independență energetică, vor avea un impact pe termen lung cu privire la perspectivele energiei regenerabile.

Generarea de energie la scară mică din surse regenerabile este foarte importantă pentru dezvoltarea zonelor rurale într-un mod economic, cu un plan de electrificare coordonat în mod corespunzător. În zonele rurale, populația este mai redusă și extinderea rețelei electrice este costisitoare și astfel se apelează la acest tip de electrificare.

Generarea de energie electrică din surse regenerabile, la scară mare, este din ce în ce mai dezvoltată în majoritatea statelor lumii. Energia produsă este livrată în rețeaua electrică și utilizată atât de consumatorii casnici, cât și industriali. Capacitatea rețelei poate fi caracterizată prin două variabile: cererea maximă și energia maximă de vânzare. Prima variabilă este valoarea maximă a energiei, care pot fi preluată din rețea, în timp ce a doua este rata maximă la care sistemul poate vinde energie în rețea. Unele modele de rețea permit utilizatorilor să introducă coeficienți de emisie de rețea, care sunt utilizate pentru a calcula emisiile de poluanți asociate cu putere de cumpărare de la rețea, precum și emisiile economisite care rezultă din vânzarea de energie rețelei. Coeficienții de emisie sunt de obicei specificați în grame de poluant emis pe kWh consumat.

Teza de doctorat cu titlul „*Simularea și modelarea unui sistem energetic regenerabil cu aplicații în zona montană Parâng*” este structurată în 7 capitole, cuprinzând un număr de 156 pagini, 118 figuri, 21 tabele și 135 de formule matematice. La realizarea acestei lucrări de doctorat, am ținut cont de bibliografia din domeniu, după cum se poate observa în secțiunea de Bibliografie, sunt 184 note bibliografice.

Anexa cuprinde CV-ul și lista de lucrări publicate (Anexa 0), cele mai importante lucrări publicate (Anexa 1), contractul de prestare servicii realizat (Anexa 2), prezentarea mediilor de simulare și modelare, algoritmi, programe și date tehnice folosite în simulările realizate (Anexa 3), parcuri fotovoltaice din România (Anexa 4) și prezentarea potențialul hidro-eolian al Văii Jiului (Anexa 5).

Printre principalele *obiective* pe care mi le-am propus în realizarea acestei teze, aș dori să amintesc:

- prezentarea stadiului actual al dezvoltării energiei regenerabile, atât pe plan internațional, cât și național;
- prezentarea circuitului apei în natură, a vântului, a circuitului carbonului și a radiației solare;
- prezentarea modelelor matematice necesare pentru modelarea și simularea sistemelor energetice care folosesc surse regenerabile;
- modelarea și simularea unor sisteme energetice bazate pe surse regenerabile (hidro, eolian, biomasă, solar), cu aplicabilitate în zona Parâng, dar care pot fi aplicate și în alte locații din Valea Jiului și nu numai;
- impactul utilizării resurselor regenerabile privind dezvoltarea durabilă;
- problemele de implementare a sistemelor energetice bazate pe surse regenerabile.

Motivația tezei de doctorat vine în strânsă legătură cu creșterea gradului de conștientizare cu privire la potențialul și contribuțiile efective ale energiei regenerabile, având avantaje economice, sociale, precum și ecologice, durabile. Pentru a putea utiliza întregul potențial al energiilor regenerabile, va fi de o importanță crucială consolidarea cadrelor aferente, instituțiilor și politicilor. Evidențierea potențialului Văii Jiului cu privire la resursele regenerabile, mi-a accentuat motivația pentru realizarea acestei teze. După cum am prezentat de-a lungul următoarelor capitole, se pot implementa proiecte energetice bazate pe resursa hidro, eoliană, biomasă și solară.

Prin contribuțiile aduse prin această teză, sunt optimist în ceea ce privește conștientizarea comunității privind importanța investirii în proiecte energetice pentru exploatarea potențialului energetic regenerabil din zona Văii Jiului. De asemenea, atragerea de investitori, crearea de locuri de muncă, reducerea dependenței de combustibilii fosili, o dezvoltare durabilă și ecologică a zonei, sunt vitale atât pentru locuitorii acestei zone, dar și pentru alte comunități naționale și internaționale.

Problemele legate de poluare și încălzirea globală au determinat dezvoltarea accentuată a tehnologiilor de producere a electricității din energie eoliană, solară, hidro, biomasă și geotermală. Dezvoltarea și cercetarea continuă și în viitor se are în vedere reducerea costurilor de producție, distribuție și integrare.

Primul capitol, intitulat „**Introducere**”, prezintă considerente generale, obiectivele principale, motivația tezei și o scurtă prezentare a lucrării.

În cadrul celui de-al doilea capitol, „**Stadiul actual al dezvoltării energiei regenerabile**”, s-a realizat un studiu asupra nivelului actual de dezvoltare și implementare a energiei regenerabile. Sunt prezentate principalele tipuri de energii regenerabile, energia hidro, eoliană, solară și biomasă, situația capacității instalate la nivel mondial, principiul de funcționare, dar și impactul utilizării resurselor regenerabile privind dezvoltarea durabilă. Contribuția autorului fiind structurarea informației pentru o înțelegere mai bună a situației actuale și a perspectivelor naționale din domeniul energiei regenerabile.

În capitolul al treilea, „**Contribuții privind modelarea, simularea și problemele de implementare a sistemului micro-hidroelectric**”, prezintă sistemele energetice hidro, punând accent pe latura de micro-hidro. Pentru a avea o imagine mai bună a ceea ce înseamnă energia hidro, am început cu circuitul apei în natură, condițiile pe care le implică, continuând cu elemente de tehnologie a sistemelor hidroelectrice. Contribuția principală fiind prezentarea modelelor matematice necesare proiectării unui sistem micro-hidroelectric, determinarea căderii și a debitului, probleme de implementare, dar și modelarea și simularea unui sistem hidroelectric în zona montană Parâng.

Capitolul al patrulea, „**Contribuții privind modelarea, simularea și problemele de implementare a sistemului energetic eolian**”, prezintă pe larg sistemele energetice eoliene, începând cu sursele de vânt și condițiile pe care le implică, dar și elemente de tehnologie a turbinelor eoliene. Contribuția principală fiind prezentarea modelelor matematice necesare

proiectării componentelor unei turbine eoliene cu ax orizontal, modele de control a puterii turbinelor eoliene, simularea dinamicii și impactul asupra mediului înconjurător.

Cel de-al cincilea capitol, „**Contribuții privind modelarea, simularea și problemele de implementare a sistemelor energetice cu biomasă**”, prezintă problemele generale, circuitul carbonului în natură și apoi bioenergia modernă. Contribuția principală fiind prezentarea modelelor proceselor de obținere a energiei electrice și termice, a biogazului, biodieselului, bioetanolului, dar și influența biomasei forestiere. Contribuția este accentuată de modelarea și simularea unui sistem energetic pe biomasă, precum și analiza problemelor de implementare a unui sistem bio-energetic.

Al șaselea capitol, „**Contribuții privind modelarea, simularea și problemele de implementare a sistemului fotovoltaic**”, prezintă sistemele energetice solare, care sunt o parte importantă a sistemelor de obținere a energiei din surse regenerabile. În acest capitol am pus accentul pe sistemele solare fotovoltaice, care pot fi instalate atât ca sisteme solare independente cât și conectate la rețea. S-au prezentat contribuții asupra stadiului sistemelor fotovoltaice, independente și conectate la rețea, modelarea și simularea unui modul fotovoltaic potrivit pentru zona Parâng, pe baza unor modele matematice, precum și evidențierea problemelor de implementare.

În ultimul capitol, cel de-al șaptelea, „**Concluzii, contribuții și propuneri**”, prezintă principalele contribuții și rezultate ale cercetării. De asemenea, sunt enumerate și propuneri viitoare de dezvoltare.

Concluziile care se desprind în urma elaborării tezei de doctorat, sunt prezentate în continuare:

a) Concluzii privind actualitatea și justificarea temei

Prezentarea sistemelor energetice regenerabile cu aplicații în zona montană Parâng, modelarea și simularea acestora, ne arată ce potențial semnificativ avem pentru o dezvoltare durabilă și sustenabilă a zonei. Acestea fiind și principalele obiective și motivația pentru elaborarea prezentei teze, precum și o mai bună cunoaștere a acestei teme, Energia regenerabilă, în contextul dezvoltării atât pe plan mondial, național, dar mai ales pe plan zonal.

b) Concluzii privind generarea de energie electrică din surse regenerabile

Generarea de energie electrică din surse regenerabile, la scară mare, este din ce în ce mai dezvoltată în majoritatea statelor lumii. Energia produsă este livrată în rețeaua electrică și utilizată atât de consumatorii casnici, cât și industriali. Pentru zonele izolate și neconectate la rețeaua electrică națională, o soluție foarte bună este generarea de energie electrică din surse regenerabile la scară mică.

c) Concluzii privind dezvoltarea durabilă a energiei regenerabile

Pentru o dezvoltare durabilă a exploatarea energiei regenerabile, trebuie să ținem cont de două aspecte:

- politicile de energie regenerabilă, prin care sunt promovate, acceptate, cercetate și dezvoltate tehnologiile de exploatare a energiei regenerabile;
- eficiența energetică, furnizând servicii energetice eficiente și devenind astfel un competitor de clasă în defavoarea energiei electrice obținute folosind combustibilii fosili.

„Dezvoltarea durabilă satisface nevoile prezentului fără a compromite posibilitatea generațiilor viitoare de a-și satisface propriile nevoi”.^[125] În aceste condiții, energia regenerabilă, reciclarea, eficiența energetică, au un rol decisiv în dezvoltarea durabilă și a menținerii unui echilibru cu mediul înconjurător.

d) Concluzii privind impactul asupra mediului al generării de energie electrică

Accentuarea exploatării industriale a resurselor naturale a dus la un impact negativ asupra mediului, a climei Pământului și implicit asupra vieții omului.

Dezbaterea cu privire la schimbările climatice și modul de a găsi soluții pentru producerea energiei electrice, dar și preocupările privind epuizarea combustibililor fosili, reprezintă provocări viitoare pentru dezvoltarea energiei regenerabile.

Principalele **contribuții** prezentate în teza de doctorat sunt enumerate în continuare:

a) Contribuții metodologice și teoretice

Printre contribuțiile metodologice și teoretice, aș dori să amintesc următoarele:

- Am realizat un studiu asupra nivelului actual de dezvoltare și implementare a energiei regenerabile (Capitolul 2, paragraful 2.1);
- Am prezentat situația capacităților de producere a energiei electrice din surse regenerabile, instalate la nivel mondial (Capitolul 2, paragrafele 2.2, 2.3, 2.4, 2.5);
- Am prezentat principiului de funcționare a principalelor tehnologii de exploatare a resurselor de energie regenerabilă (Capitolul 3, paragraful 3.4; Capitolul 4, paragraful 4.2; Capitolul 5, paragrafele 5.3, 5.4; Capitolul 6, paragrafele 6.3, 6.4, 6.5);
- Am prezentat impactul utilizării resurselor regenerabile privind dezvoltarea durabilă (Capitolul 2, paragraful 2.7);
- Am structurat informația pentru o înțelegere mai bună a situației actuale și a perspectivelor naționale din domeniul energiei regenerabile (Capitolul 2);
- Am prezentat perspectivele de dezvoltare a energiei regenerabile în România (Capitolul 2, paragraful 2.8);
- Am expus problemele de implementare a unui sistem micro-hidroenergetic (Capitolul 3, paragraful 3.6);
- Am analizat modelele de control a puterii turbinelor eoliene (Capitolul 4, paragraful 4.2.2);
- Am prezentat impactul asupra mediului înconjurător a sistemelor eoliene (Capitolul 4, paragraful 4.5);
- Am prezentat circuitul apei în natură (Capitolul 3, paragraful 3.2), a vântului (Capitolul 4, paragraful 4.1), circuitul carbonului (Capitolul 5, paragraful 5.2) și a radiației solare (Capitolul 6, paragraful 6.2);
- Am făcut o prezentare a modelelor proceselor de obținere a energiei electrice și termice (Capitolul 5, paragraful 5.3) și a biocombustibililor (Capitolul 5, paragraful 5.4);

- Am prezentat influența biomasei forestiere (Capitolul 5, paragraful 5.5);
- Am analizat problemele de implementare a unui sistem energetic pe bază de biomasă (Capitolul 5, paragraful 5.7);
- Am analizat sistemele fotovoltaice (Capitolul 6, paragraful 6.3), independente (Capitolul 6, paragraful 6.4) și conectate la rețea (Capitolul 6, paragraful 6.5);
- Am evidențiat problemele de implementare a sistemelor fotovoltaice (Capitolul 6, paragraful 6.7);
- Am prezentat parcuri fotovoltaice din România (Anexa 4);
- Am făcut o prezentare a potențialului hidro și eolian al Văii Jiului (Anexa 5).

b) Contribuții software

În această categorie de contribuții doresc să amintesc următoarele:

- Am făcut o prezentare a mediilor de modelare și simulare pentru resursele regenerabile (Anexa 3);
- Am simulat dinamica unei turbine eoliene (Capitolul 4, paragrafele 4.3.2, 4.4.2);
- Am realizat programele pentru simularea panoului fotovoltaic (Anexa 3, figura 3.11).

c) Contribuții privind realizarea de echipamente

- Am prezentat modelele matematice necesare proiectării unui sistem micro-hidroelectric (Capitolul 3, paragraful 3.3);
- Am prezentat modelele matematice necesare proiectării componentelor unei turbine eoliene cu ax orizontal (Capitolul 4, paragrafele 4.3, 4.4.2);
- Am prezentat modelele matematice pentru a simula un modul fotovoltaic (Capitolul 6, paragrafele 6.3, 6.4, 6.5, 6.6).

d) Contribuții aplicative

Printre principalele contribuții aplicative, aș dori să enumăr:

- Am realizat modelarea și simularea unui sistem hidroelectric în zona montană Parâng (Capitolul 3, paragraful 3.5);
- Am modelat și simulat un sistem energetic eolian în zona montană Parâng (Capitolul 4, paragraful 4.4);
- Pentru campusul Universității din Petroșani am modelat și simulat un sistem energetic pe biomasă (Capitolul 5, paragraful 5.6);
- Am realizat modelarea și simularea unui modul fotovoltaic potrivit pentru zona Parâng (Capitolul 6, paragraful 6.6);
- Rezultatele cercetării au făcut obiectul contractului „Asistență tehnico-științifică și didactică pentru cursanți privind integrarea în curriculum a cunoștințelor de energie regenerabilă și protecție a mediului în contextul dezvoltării durabile a zonei” (Anexa 2).

Modelarea și simularea sistemelor energetice realizate pot fi particularizate pentru diverse zone unde sunt disponibile resurse regenerabile. De asemenea, pot fi folosite și pentru activități de cercetare și de educare în învățământ.

Diseminarea și valorificarea rezultatelor

Rezultatele cercetării din această teză au fost publicate în volume și reviste ale unor conferințe și simpozioane internaționale, dar au făcut și obiectul unui contract de prestare servicii:

1. **Dinoiu** A., Pop E., Barbu C., „Monitoring system of renewable energy systems”, Mining Revue Vol. 16, Nr. 11/2010, Petrosani, Romania, ISSN 2247-8590; ^[28]
2. Camelia Barbu, Roxana Bubatu, Adrian **Dinoiu**, Lorand Bogdanffy, „Designing, modeling and simulation of a pico-hydro power plant controller”, Annals of the University of Petrosani, Electrical Engineering, 13/2011, Petrosani, Romania, ISSN 1454 – 8518; ^[13]
3. Adrian Nicolae **Dinoiu**, Emil Pop, Ioana Camelia Barbu, Ilie Ciprian Jitea, „Wind energy - a sustainable solution for the economic rehabilitation of the Turcoaia quarry area”, Annals of the University of Petrosani, Electrical Engineering, 14/2012, Petrosani, Romania, ISSN 1454 – 8518; ^[29]
4. Adrian **Dinoiu**, Camelia Barbu, Maria Pop, „Modelling and Simulation of Wind Turbines in Southern Carpathians”, Proceedings of 7th WSEAS International Conference on Renewable Energy Sources (RES '13), April 2013, Kuala Lumpur, Malaysia, ISSN 2227-4359; ^[27]
5. Camelia Barbu, Adrian **Dinoiu**, Petre Vamvu, „Modelling and Simulation of Pico-Hydro Power Plant. Case Study in Southern Carpathians”, Proceedings of 7th WSEAS International Conference on Renewable Energy Sources (RES '13), April 2013, Kuala Lumpur, Malaysia, ISSN 2227-4359; ^[14]
6. Emilia Dunca, Adrian **Dinoiu**, „Virtual Education in Training Environmental Engineers”, Proceedings of 9th WSEAS International Conference on Educational Technologies (EDUTE '13), 1st WSEAS International Conference on Engineering and Technology Education (ETE '13), April 2013, Kuala Lumpur, Malaysia, ISSN 2227-4618; ^[31]
7. Ilie Ciprian Jitea, Adrian Nicolae **Dinoiu**, Ioana Camelia Barbu, „Renewable energy - the sustainable rehabilitation of areas affected by unprofitable mining”, SESAM 2013, October 2013, Sibiu, Romania, ISSN 1843 – 6226; ^[51]
8. **Dinoiu** Adrian, Pop Emil, „Asistență tehnico-științifică și didactică pentru cursanți privind integrarea în curriculum a cunoștințelor de energie regenerabilă și protecție a mediului în contextul dezvoltării durabile a zonei”. Contract desfășurat în 2013, cu număr de înregistrare 145/20.11.2013. ^[26]

Propuneri și direcții noi de cercetare

Pentru a putea utiliza întregul potențial al energiilor regenerabile, va fi de o importanță crucială consolidarea cadrelor aferente, instituțiilor și politicilor.

Trebuie continuate și accelerate proiectele de cercetare, create infrastructuri de cercetare, acordarea de fonduri, crearea de noi locuri de muncă, pregătirea de specialiști și lucrători specializați.

Adaptarea infrastructurii la noile cerințe tehnologice și conservarea resurselor naturale pentru generațiile viitoare, reprezintă un obiectiv important al zilelor noastre.

Sistemele energetice modelate și simulate în această teză, sunt particularizate pentru zona montană Parâng, dar pot fi cu succes folosite și pentru alte zone montane, cu unele ajustări caracteristice zonei respective.

Cercetările realizate în cadrul elaborării tezei, pot fi punctul de plecare a unor proiecte reale de implementare a sistemelor energetice regenerabile, precum și atragerea de investitori dornici să investească în astfel de proiecte în Valea Jiului.

Întreaga lucrare poate fi baza unui curs universitar despre energia regenerabilă, iar aplicațiile pot fi lucrări de laborator.

Valorificarea rezultatelor se poate face prin contracte de cercetare, prestări servicii și cooperare cu alte centre educaționale sau companii.

Toate categoriile de vârstă trebuie să-și facă o imagine reală a ceea ce înseamnă energia regenerabilă, schimbările climatice și influența pe care o putem avea asupra mediului.