

Rezumatul tezei : Îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor, utilizând surse regenerabile de energie

CONDUCĂTOR DE DOCTORAT:

Prof.univ.dr. Nicolae VASILE

DOCTORAND :

Ionuț CRAIU

1. Stadiul actual privind exploatarea energiilor regenerabile

1.1. Analiza aprofundată a surselor de energie regenerabilă

Energia regenerabilă, energie curată, energie ce provine din surse naturale sau procese care sunt alimentate în mod constant de ciclurile naturii, cicluri ce exprimă o realitate indubitabilă: **o planetă plină de energie redată sub multe forme**. În această teză am prezentat sursele de energie regenerabilă și aplicațiile acestor, în clădiri eficiente energetic.

În capitolul 1 am prezentat stadiul actual al energiilor produse de planeta noastră, permanent și gratuit, energii inepuizabile și la îndemână, neexploatarea acestora reprezentând o slăbiciune, un păcat.

Legislația actuală a Uniunii Europene dă posibilitatea dezvoltării pe întreg mapanondul, a tehnologiilor pentru extragerea energiilor regenerabile prin susținerea financiară a investițiilor în construirea de noi centrale energetice care să exploateze aceste tipuri de energie nelimitată și nepoluantă. Această orientare a preocupărilor tehnice a accelerat cercetarea și inovarea în acest sens.

1)Energia solară se referă la utilizarea energiei din soare. Prin instalarea panourilor termosolare și a celor fotovoltaice se pot obține energie termică și/sau electricitate. Energia solară este o sursă de energie regenerabilă, deoarece energia soarelui este considerată inepuizabilă pentru momentul de față. Cantitatea de energie solară receptată de Pământ este de zece mii de ori mai mare decât cea consumată pe zi pe toate continentele.

a)Căldura solară este o componentă degajată a energiei solare, fapt pentru care este intitulată **energie termosolară**. Concentrarea energiei termosolare este posibilă grație faptului că radiația solară are o *componentă ghidabilă* prin unda luminoasă ce suportă reflectivitate, astfel că energia termică devine o mărime fizică cumulativă într-un spațiu restrâns, determinând apariția unui concentrator energetic extrăgând **energia solară concentrată (ESC)**.

Sistemele ESC se bazează pe existența heliostatelor fără de care captarea pentru concentrarea luminii solare nu ar fi posibilă, pe un obiect fizic, îndepărtat de heliostat, tangibil pe o anumită direcție în spațiu, ce poartă numele de **concentrator solar fix și pe sistemele de stocare a energiei**.

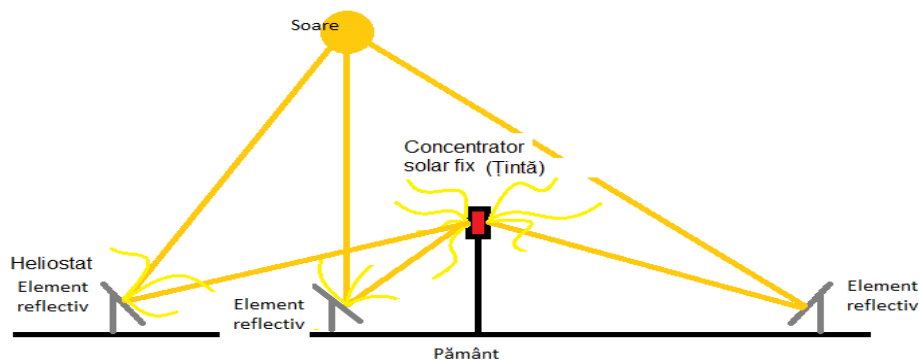


Figura 1. Sistem ESC

b) Energia fotovoltaică, o altă componentă a energiei solare, transformă direct radiația solară în electricitate folosind panouri formate din celule semiconductoare. Aceste echipamente individualizate, destinate persoanelor fizice sau comunităților mici, sunt panourile fotovoltaice, care, deși au un randament centrat pe valoarea de 20%, pot genera cantități considerabile de energie electrică pentru consum, fiind o energie gratuită și la îndemână.

2) Energia eoliană, reprezintă puterea unei resurse regenerabile, precum vântul, ce este transformată în electricitate. Utilizarea vântului necesită instalarea de parcuri eoliene, fie pe uscat, fie pe mare, cu zeci de turbine eoliene. Radiațiile solare, deci tot Soarele, nu afectează întreaga suprafață a Pământului în mod egal determinând zone ce se încălzesc mai mult decât altele, se produc mișcările aerului, care se încălzește inegal, generând vântul. Energia cinetică a acestuia pune în mișcare turbinele eoliene dirijate pe direcția curenților de aer, generatoarele primesc energia de rotație și produc energie electrică.

Energia eoliană poate fi utilizată în cogenerare cu alte energii, atunci când nu strălucește soarele, ar putea bate vântul, sau se produce energie cu ajutorul lacurilor de acumulare artificiale, încărcate cu apă în perioade de vârf de producție energetic. Parcurile eoliene folosesc energia eoliană de la înălțime sau de pe suprafețele mărilor, astfel pământul putând fi utilizat pentru agricultură sau zootehnie.

3) Energia oceanelor se referă la cantitățile uriașe de oscilații proprii apelor mărilor și oceanelor. Energiile mecanice descătuseate prin aceste mișcări ondulatorii, sunt imense și pot fi caracterizate de atributul inepuizabile. Oceanele și mările cuprind

un procent de aproximativ 70% din suprafața planetară, practic o sursă de energie continuă, cu manifestare neîncetată pe tot parcursul a 24 de ore. Sunt delimitate trei tipuri principale de energie a oceanelor, cu referire la **valuri**, **maree** și **termicitate**, **încadrate fără echivoc la capitolul energii regenerabile.**

a) Energia Valurilor Oceanului (Ocean Wave Energy) este un alt tip de sursă de energie regenerabilă bazată pe mișcările naturale ale oceanului, care folosește puterea valurilor pentru a genera **energie electrică**. Diferențele de temperatură ale maselor de aer de pe glob fac ca aerul să se deplaseze de la regiunile mai calde la cele mai reci, ceea ce conduce la apariția vânturilor producătoare de valuri la suprafața apei oceanice. **Altfel spus, oceanul ar putea fi privit ca un vast colector de stocare a energiei transferate de soare în oceane, unde undele/valurile devin mijloc de transport al energiei cinetice rezultate la suprafața oceanelor.**

Energia cinetică a undei mișcă o turbină atașată la un generator, care produce energie electrică.

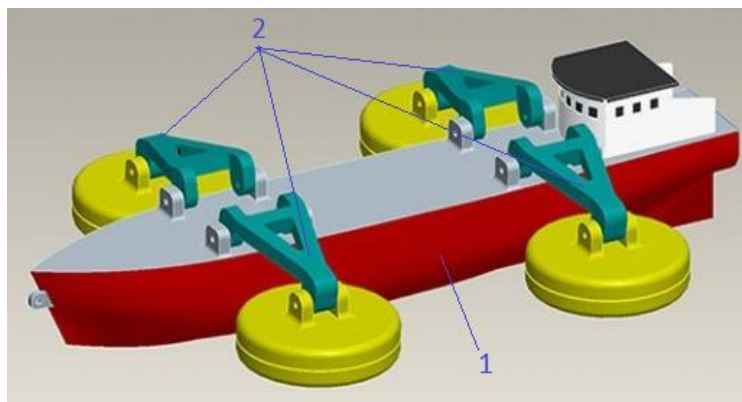


Figura2. Centrală electrică marină nr. 1 pentru exploatarea energiei valurilor

Mișcarea permanentă a valurilor, va conduce la mișcarea rotativă oscilatorie permanentă a picioarelor-pârghie integrate platformei marine a centralei, fapt ce conduce la o exploatare de 24 de ore din 24 de ore a resursei regenerabile.

b) Energia mareelor Spre deosebire de cazul valurilor, **mareele** sunt creșteri de nivel consistente la malul oceanelor prin deplasarea unor cantități imense de apă dinspre larg către uscat (flux) și dinspre uscat către mlarg (reflux). Această deplasare are ca efect creșterea de nivel a apei, dar forțele motrice ce vor acționa turbinele centralelor electrice sunt dezvoltate pe orizontală.

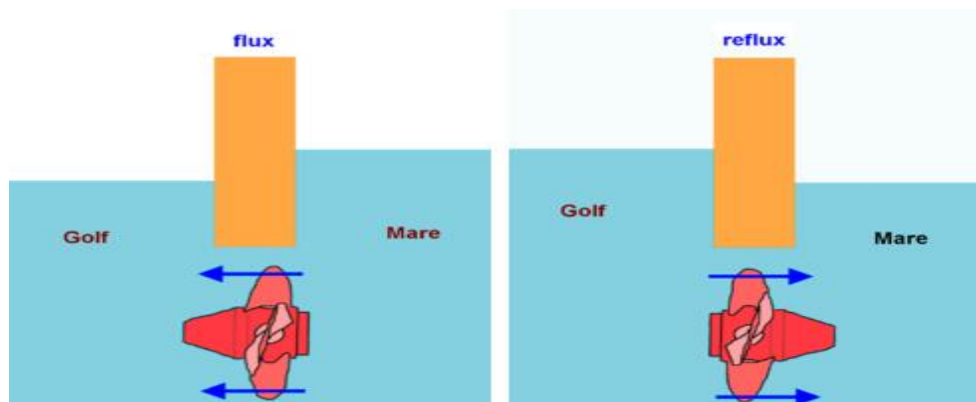


Figura3. Principiul de exploatare a energiei marilor

Utilizarea turbinelor centralei presupune poziționarea acestora în zona centrală a orificiilor unde vitezele de flux sunt maxime, punând paletetele specifice în mișcare de rotație.

Avantajul major al acestui tip de centrale neconvenționale este acela că mentenanța este una foarte simplă și necostisitoare. La acest aspect se adaugă și atributele de nepoluant și inepuizabil, fapt ce conduce la o dezvoltare durabilă a componentei energetice de acest tip.

c) Energia termică a oceanului este o altă tehnologie bazată pe resursele energetice ale oceanelor, care extrage energia potențială stocată în acestea folosind diferitele straturi de temperatură din apă. Se folosesc diferențele de temperatură dintre straturile oceanului aflate la adâncime și cele de la suprafață pentru producerea de energie electrică. Se folosesc fluide (freonul, propanul, amoniacul etc) care se condensează la nivelul temperaturii apei de la adâncime și fierb la nivelul temperaturii apei de suprafață.

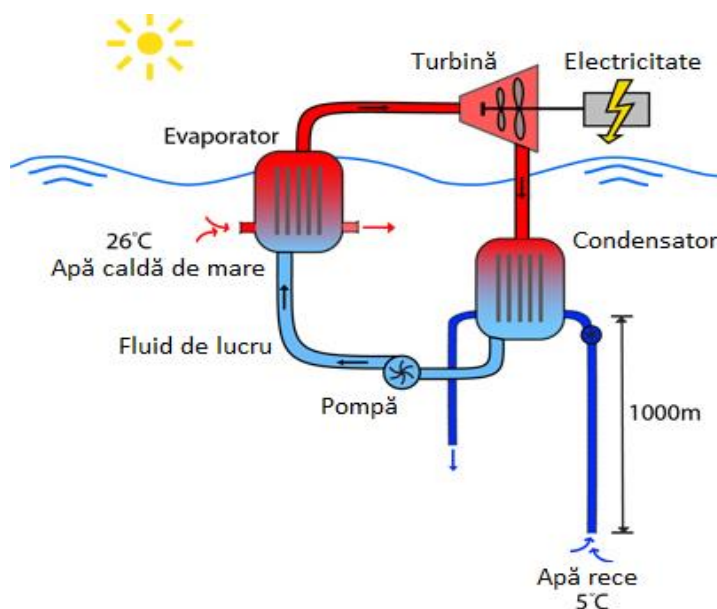


Figura4. Principiul de exploatare SETO cu ciclu închis

SETO cu ciclu închis. Un sistem de conversie a energiei termice oceanice cu ciclu închis, sistem prezentat în figura 4, utilizează un fluid de lucru cu un punct de fierbere scăzut de obicei propan sau amoniac, într-un circuit închis și sigilat pentru a roti o turbină. Apa caldă din ocean de suprafață este pompată într-un evaporator unde se presurizează amoniacul lichid. Această presiune determină fierberea amoniacului și vaporii rezultați folosiți pentru a antrena o turbină ce antrenează la rândul ei un generator electric. Apa rece din straturile adânci ale oceanului este pompată prin cealaltă parte a unui schimbător de căldură, ceea ce face ca vaporii de amoniac să se condenseze înapoi într-un lichid. Amoniacul lichid este apoi presurizat din nou de o pompă și ciclul începe din nou.

Acest tip de sistem energetic este o sursă de energie curată, regenerabilă, care valorifică apa de mare pentru generarea de energie electrică și funcționează folosind apa oceanelor ca pe o sursă energetică abundentă și aproape nelimitată.

4) Hidroenergia se referă la energia potențială a apelor curgătoare, ape ce izvorăsc la înălțimi mari și se revarsă către șes, ca final să ajungă prin rețeaua hidrografică în mare, adică la nivelul zero. Energia hidroelectrică poate fi obținută cu ajutorul apei acumulată în rezervoare, **centralele hidroenergetice de rezervor**, în timp energia obținută din debitul râului definesc **centralele hidroenergetice de tip râu**.

Energie hidroenergetică de stocare: aceste sisteme tehnice de producere a energiei electrice sunt conexe sistemelor energetice convenționale (Figura 5), pentru a compensa fluctuațiile de consum pe anumite perioade ale zilei. Noaptea există un surplus energetic în rețelele de distribuție, deoarece un număr mare de consumatori nu mai utilizează energia electrică.

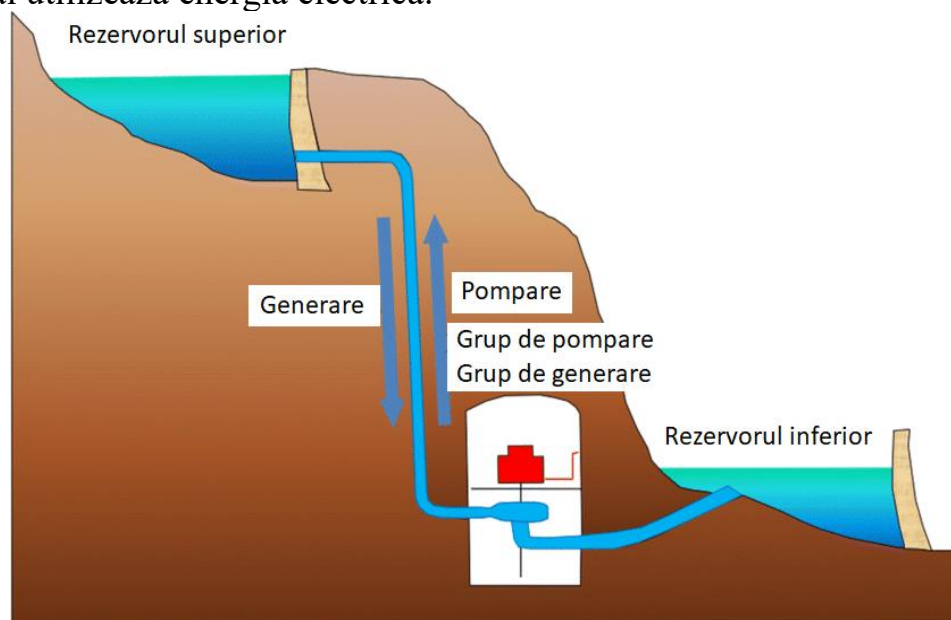


Figura 5. Energie hidroenergetică de stocare

Pe aceste perioade de consum redus, energia existentă în rețea se poate utiliza pentru stocarea hidro-potențială a apei în rezervoare special amenajate sau rezervoare naturale (lacuri, cratere stinse de vulcani, etc). Generatoarele lucrează ca motoare, acționând turbinele ce devin de această dată, pompe ce umplu rezervoarele de stocare cu apa dintr-un lac/râu limitrof în care se revarsă când se produce energie electrică. Aceste sisteme sunt acumulatori hidroenergetici adiacenți circuitelor de distribuție energetică.

Un dezavantaj indus de construcția acestor amplasamente hidroenergetice, este acela că, pe perioada amenajărilor și construcției sistemului în sine, ecosistemul este perturbat local, dar în timp, s-a constatat o refacere și o reșezare a florei și faunei, ba chiar o înflorire ecosistemică cu caracteristici pe care nu le deținea înainte de această acțiune. Pomparea apei existentă în lacurile de acumulare, este o soluție care asigură derularea activităților casnice, creșterea animalelor și irigații în agricultură.

5) Energia geotermală provine din căldura naturală a Pământului, în primul rând datorită descompunerii izotopilor radioactivi în mod natural ai uraniului, toriului și potasiului. Din cauza căldurii interne, debitul de căldură al suprafeței Pământului este în medie de 82 mW/m², ceea ce înseamnă o căldură totală de aproximativ 42 de milioane de megawați. În general, resursele de peste 150°C sunt exploatate pentru generarea de energie electrică, iar resursele de sub 150°C sunt utilizate la încălzirea și răcirea directă. În urma unor calcule făcute de mine am constatat că:

Magnitudinea resurselor geotermale cu temperatură scăzută din lume este de aproximativ 140 ExaJoules/an de căldură sau o treime din consumul actual de energie mondial. Această valoare, tradusă în multipli de putere obișnuiți, reprezintă $140 \times 10^{18} \text{ J/an}$, ceea ce reprezintă $140 \times 10^{18} \times 278 \times 10^{-6} \text{ (W/an)} = 38.920 \times 10^{12} \text{ (W/an)} = 38.920 \times 10^6 \text{ (MW/an)} = 38.920 \times 10^3 \text{ (GW/an)} = 38.920 \text{ (TW/an)}$. Dacă socotim necesarul unei locuințe cu 4 persoane la valoarea de 300 KW/lună, atunci necesarul acestei locuințe este de $300 \times 12 = 3600 \text{ (KW/an)} = 3.6 \text{ (MW/an)}$. Resursele geotermale cu temperatură scăzută din lume ar asigura necesarul energetic a circa 10800×10^6 locuințe/an, acoperind o populație de circa 43.200.000.000 locuitori, ceea ce reprezintă circa de 6 ori populația actuală a globului.

Principalul avantaj al sistemelor de încălzire geotermică și de generare a energiei este că acestea sunt disponibile 24 de ore pe zi, 365 de zile pe an și sunt oprite doar pentru întreținere. Sistemele de generare a energiei au de obicei factori de capacitate de 95% (adică funcționează la capacitate aproape maximă pe tot parcursul anului).

În concluzie, energia geotermală reprezintă un potențial energetic însemnat, care trebuie exploatat la nivel mult mai ridicat în viitorul apropiat, deoarece asigură

un timp de exploatare neîntrerupt la un nivel cvasiconstant, fapt ce asigură un grad de predictibilitate arhisuficient.

6) Energia biomasei. *Biomasa* face referire la „cantitatea de substanță constituită de organisme vii pe unitate de suprafață sau volum, într-un mediu acvatic sau terestru. Punctual, biomasa reprezintă masa pe care o cumulează toate organismele vii dintr-un anumit spațiu. Biomasele sunt considerate surse de energie regenerabile de origine biotică, adică sunt substanțe al căror timp de exploatare este comparabil cu cel de regenerare sau au o perioadă de recuperare destul de scurtă, dar dacă aprovizionarea uneia dintre aceste plante este asigurată prin defrișarea unei păduri, este destul de evident că nu avem de-a face cu o resursă regenerabilă.

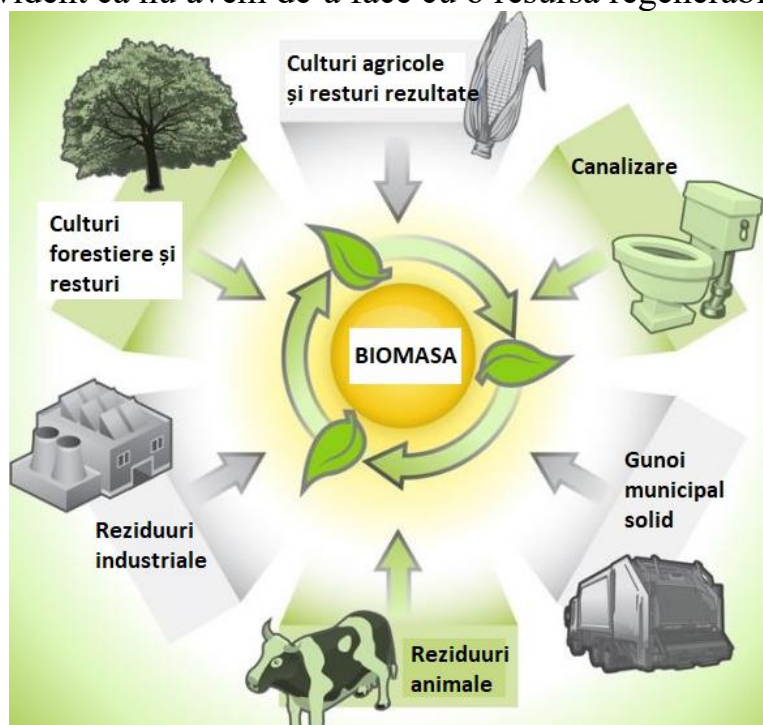


Figura 6. Biomasa și proveniența acesteia

După cum se poate vedea în figura 6., proveniența biomasei este diversă. Prin urmare, printre cele mai frecvente biomase putem găsi: culturi agricole speciale (cum ar fi rapița) și resturi rezultate în urma recoltărilor în general, culturi forestiere speciale (cum ar fi salcia energetică) și resturi rezultate în urma exploatării, reziduuri industriale (cum ar fi uleiurile uzate), reziduuri animale (cum ar fi bălegarul), gunoiul municipal sau resturi provenite din sistemul de canalizare.

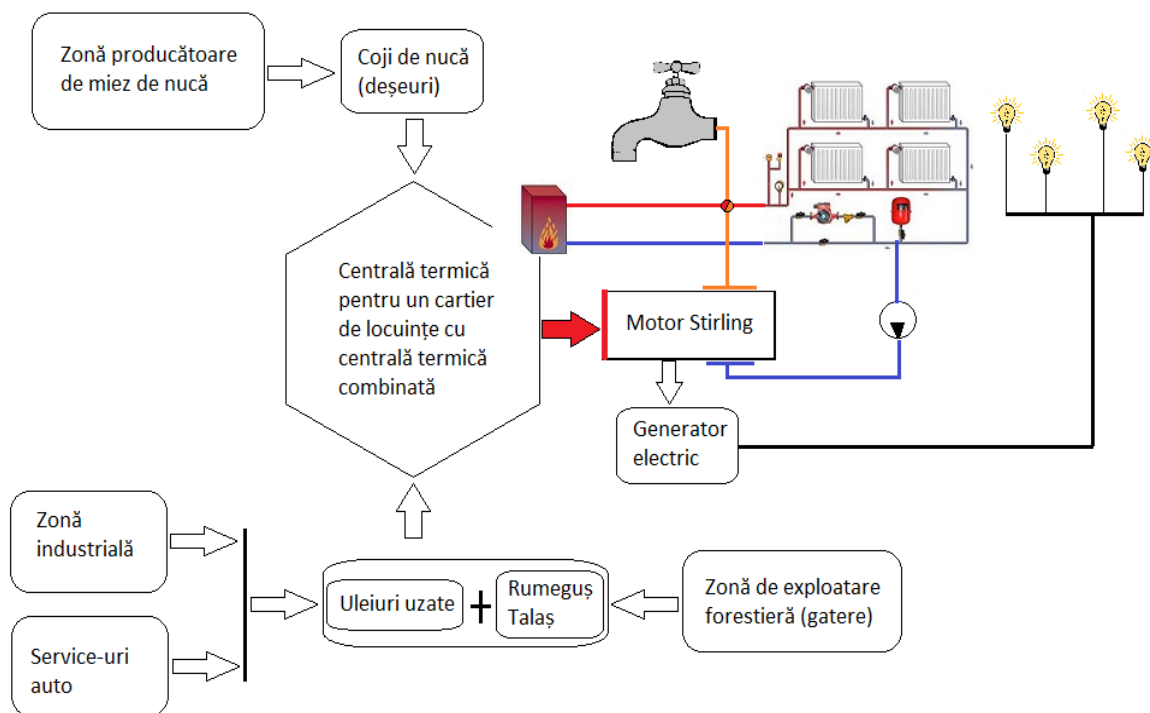


Figura 7. Sistem energetic de conversie cu cogenerare alimentat de biomasă

În figura 7. am propus un sistem de energetic cu ardere directă pentru conversia cu cogenerare, alimentat de biomasă, utilizând ca intrări de biomasă două componente organice analizate comparativ în exemplul de mai sus. Sistemul produce energie electrică, energie termică pentru încălzirea locuințelor și apă caldă menajeră.

Procesele de conversie termochimică a biomasei se bazează pe acțiunea căldurii care favorizează reacțiile chimice necesare transformării materiei în energie. Dintre acestea enumerăm:

- **arderea directă**
- **piroliza**, un proces care implică încălzirea, la temperaturi ridicate (între 400 și 800 °C), a biomasei în absența agenților oxidanți (aer sau oxigen) sau cu o cantitate foarte mică de oxigen
- **masificare/gazeificare**, pe de altă parte, constă în transformarea în combustibil gazos a unui combustibil solid sau lichid, în cazul specific al biomasei, aceasta are loc prin descompunere termică (oxidare parțială) la temperatură ridicată (900÷1.000°C). Gazul produs este un amestec de vapori de apă și N₂, însoțit de cenușă suspendată și urme de hidrocarburi.

7) Probleme de studiu abordate în lucrare și metode de rezolvare

Datorită omniprezenței terestre a energie solare, energie regenerabilă, am ales să orientez cercetările, într-un capitol special, către sistemele de concentrare solară și conversia în energia mecanică pentru acționarea generatoarelor electrice.

În această lucrare mi-am îndreptat atenția către concentratoarele solare de tip parabolic, care sunt ușor de construit și pot fi instalate oriunde din punct de vedere geografic. Acest tip de concentrator lucrează eficient cu convertorul termo-mecanic motor Stirling. În cazurile existente în exploatare, motorul Stirling este amplasat direct în punctul focal al parabolei concentratoare, existând dificultăți mecanice de amplasare în acest punct dat, precum și cu restricții de gabarit.

În capitolul 2, am concentrat cercetările spre testa posibilitatea schimbării paradigmei privitoare la amplasarea motorului Stirling în proximitatea punctului focal. Astfel am introdus noțiunea de traseu de substanță solidă pentru transferul termoeenergetic al energiei cumulate prin convergență în punctul focal al suprafeței parabolice reflectorizante. Am conceput un experiment pentru studierea cantitativă a transferului energetic între două puncte aflate la o anumită distanță fizică, conectate printr-un continuum de substanță solidă cu conductivitate ridicată și izolație exterioară din materiale cu proprietăți izolatoare foarte ridicate. Calitățile celor două materiale au dus la obținerea unui mijloc eficient de transfer energetic între punctul focal al concentratorului solar și motorul Stirling necesar conversiei termo-mecanice.

În capitolul 3, am efectuat o cercetare aplicativă către energia geotermică, reducând diferența de temperatură sezonieră între interiorul și exteriorul unei locuințe, construită după modelul străvechi „bordei” și „termos” pe care le-am înclobat într-un model inovator cu proprietăți termo-izolatoare ridicate. Studiul eficienței energetice a acestui model de locuință propus, l-am realizat prin simulare computerizată, pe baza unui model construit exclusiv pe relațiile matematice cuprinse în normativele energetice. În acest studiu am introdus utilizarea vacuumului (vidului) într-o zonă tampon (casă în casă). Prin controlarea vidului am influențat conductivitatea termică a pereților dubli ai locinței, între valoarea specifică aerului și cea specifică vidului. Rezultatele experimentelor le-am prezentat pe parcurs precum și o metodă de execuție a etanșării la capitolul Concluzii.

2. Cercetări ale transferului energetic dintre punctul focal al concentratorului solar și motorul Stirling, prin substanță solidă

Energia solară concentrată este un domeniu al exploatării surselor regenerabile și presupune mai multe modalități de captare și transformare a acestora în energie electrică. Una din posibilitățile tehnice incluse în acest domeniu energetic, este utilizarea suprafețelor parabolice de concentrare a energiei solare într-un punct. Transportul acestei energii către echipamentele de conversie în energie electrică, se realizează prin intermediul unui agent termic de cele mai multe ori. Acest agent este o substanță lichidă reticulată într-o instalație prin pompare (prin executarea presiunii). În studiul de față se testează eficacitatea transferului termo-energetic prin substanță solidă, cu descărcare direct în motoarele Stirling.

Situația industrială actuală presupune un consum energetic crescut, consum care presupune în principal surse convenționale ceea ce conduce la emisii considerabile de dioxid de carbon (CO_2), cu efecte asupra mediului înconjurător care pun probleme serioase calității vieții, precum și rezultanta modificărilor climatice, cu efect total negativ, pe termen lung cu posibile transformări ireversibile ale planetei. În acest context delicat, se impune utilizarea accentuată a surselor regenerabile ce prezintă atributul de nepoluant. Soarele este un corp care radiază căldură, căldură ce neutilizată, se „pierde” în ciclurile naturale. A utiliza această radiație termică, presupune folosirea tehnologiilor neconvenționale, pe care o să le expunem în cele ce urmează.

2.1. Motorul Stirling este o mașină termică cu pistoane care utilizează energia generată de o sursă de căldură externă asupra unei camere închise a sa, aerul/gazul din cameră încălzit se extinde și se comprimă punând în mișcare pistoanele care produc energie mecanică.

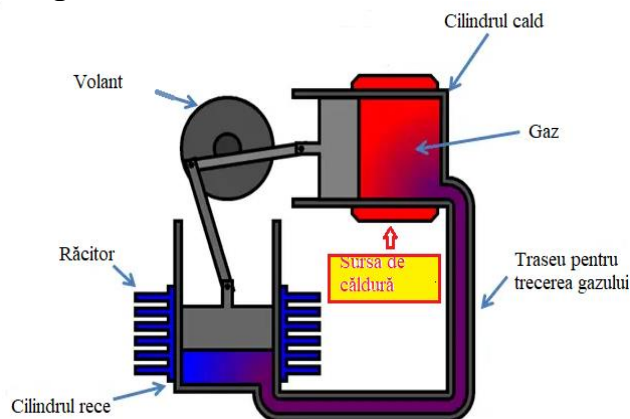


Figura 2.0. Sistem energetic de conversie cu cogenerare alimentat de biomasă

2.2. Tipuri de motoare Stirling

a) Alfa Stirling. În figura B.0 este reprezentat acest motor, care are putere mare dar prezintă dezavantaje din cauza temperaturii crescute și a etanșării din zona pistonului cald.

b) Beta Stirling. Acest tip nu are probleme legate de etanșare ca în cazul motorului de tip alfa.

c) Gama Stirling

2.3. Avantajele motorului Stirling

Motorul Stirling poate funcționa cu orice sursă de căldură, cu energie solară, energie geotermală, energie nucleară, cu lemn, gaz, petrol sau biomasă. Motorul Stirling transformă căldura în energie mecanică, iar generatorul transformă energia mecanică în energie electrică.

- Se poate monitoriza precis consumul de combustibil, amestecul de combustibil;
- Se pot utiliza cu precădere sursele regenerabile de energie, energii curate și ieftine;
- Întreținerea este mai simplă, lubrifierea mai îndelungată decât la celelalte motoare termice;
- Au structura mai simplă în comparație cu cele cu ardere internă.

În ziua de astăzi este folosit cu precădere la concentratoarele parabolice, montate în punctul focal pentru producere a energiei electrice, practic produce energie electrică din energie regenerabilă cu costuri o, consumând consumabile reduse.

2.4. Principalele sisteme de concentrare solară utilizate în prezent

În cele urmează sunt prezentate dispozitive cu concentratori solari utilizate în prezent pentru producerea energiei electrice neconvenționale.

a) Concentrator de tip Parabolică solară. Captează energia solară, prin intermediul unei suprafețe reflectorizante de formă parabolică, formă ce are proprietatea concentrării razelor solare paralele într-un singur punct, numit focar

În punctele de focalizare ale acestor suprafețe parabolice sunt amplasate receptoarele energetice, motoarele Stirling/Brayton în combinație cu generatoare electrice. Pentru creșterea eficienței de conversie termo-mecanică, între motoarele Stirling și Brayton se practică o combinație a lor formând un sistem complex, cu eficientizarea de până la 10%, față de cazul utilizării lor individuale. După cum se vede, 10% reprezintă un procent relativ mic, dar mare în același timp, deoarece energia solară este „gratis”, și a capta cu 10% mai mult pe perioade mari de timp, conduce la economii substanțiale, fapt pentru care procentul discutat este mare și nu mic, cum pare la prima vedere.

b) Concentrator de tip Jgheabul solar Energia solară este captată prin intermediul unui jgheab cu formă parabolică în secțiunea transversală, ce reflectă lumina solară

pe o linie aflată în focarul acestuia, linie numită linie focală. De regulă se utilizează o conductă cu fluid-agent termic pentru captarea și transportul/transferul energetic către un schimbător de căldură. Temperatura fluidului poate ajunge la 400°C. Eficiența unui astfel de sistem în ceea ce privește conversia căldură-electricitate, este de 15%.

c) **Concentrator de tip Reflector Fresnel**

În acest tip de sistem, energia solară este captată prin intermediul unor fâșii (benzi) de oglindă pe post de reflectori, cu receptor unic și sisteme de urmărire a soarelui. Asemeni cazului SPT, conversia presupune aburi și un sistem de tuburi – generator electric. Razele soarelui sunt reflectate în punctele de pe o linie colectoare, prin care trece conducta cu agentul fluid salin; reflexia este asemeni unei lentile Fresnel, care direcționează un flux luminos către un același punct, indiferent de incidența fluxului sursă.

2.5. Sisteme inovatoare de transport termic prin substanță solidă în cadrul producției energetice cu concentratori solari

Sistemele actuale cu motoare Stirling sunt exploatate încă din anii 80', cu caracteristica dispunerii motorului chiar în punctul focal al parabolei. Acest fapt are o serie de inconveniente legat de această dispoziție a motorului, complicând structura mecanică de susținere, limitând puterea motorului la dimensiuni acceptabile mecanic în vederea susținerii pe poziție și nu în ultimul rând opturarea unui anumit procent de arie colectoare a parabolei.

În acest context am gândit studierea posibilității transferului termo-energetic din punctul focal la camera fierbinte a motorului Stirling, prin intermediul substanței solide. Dacă randamentele obținute sunt satisfăcătoare către bune, se poate regândi arhitectura PTC. Astfel că dispunerea motorului Stirling poate fi adusă într-o poziție mult mai avantajoasă din punct de vedere structural ce va permite o creștere a capacității sale energetice, fapt ce va atrage după sine dimensiuni mai mari, precum și o eliberare a zonei de captare redându-i întreaga arie de lucru parabolei colectoare.

Ideea centrală este aceea de a testa un randament al transferului termo-energetic pe o distanță considerabilă, respectiv **0,5 m**, utilizând avantajele substanței solide Cu și materialelor izolante din fibre ceramice. Distanța traseului de transfer și randamentul corespunzător, devin parametrii esențiali ce pot ridica fezabilitatea unui astfel de soluții pentru un sistem PTC cu motor Stirling.

*Ideea originală pe care am propus-o prin intermediul prezentului studiu de caz, idee pe care am să o detaliez în cele ce urmează, se referă la a transporta energia solară, printr-un alt mijloc decât mediul lichid, menținând performanțele energetice ridicate. Astfel că am pornit o serie de demersuri tehnico-științifice pentru a proba posibilitatea transportului energiei termosolare prin intermediul unui **traseu de substanță solidă**, respectiv un corp de cupru cu secțiune constantă care să facă*

legătura dintre punctul de captare solar („fierbinte,,) și punctul de transfer al căldurii către o mașină termodinamică prin care să se obțină lucru mecanic și, implicit, acționarea permanentă a unui generator electric, ca finalitate energetică a sistemului per ansamblu. Studiul are ca finalitate modelul matematic prin intermediul căruia se pot efectua calcule pentru alte cazuri de secțiuni, comparând randamentele energetice obținute de la un caz la altul.

Concret, mi-am propus să studiez o ***soluție tehnică de transport cu substanță solidă***, a energiei termice acumulate printr-un sistem termosolar de tip parabolic, cu următor de soare. Astfel că am inovat un sistem format, în principal, dintr-un traseu de substanță solidă, în speță o bară de cupru cu secțiune rectangulară, prin care să se poată permite cele două mișcări specifice urmăririi soarelui pe toată durata unei zile, de la răsăritul la apusul acestuia. Un traseu neîntrerupt de substanță solidă, o bară neîntreruptă în speță, cu o izolare adecvată, astfel încât pierderile termice să fie reduse la un nivel foarte scăzut, poate deveni o soluție tehnică viabilă de transfer energetic între punctul fierbinte al sistemului de captare termosolar și sistemul de conversie termodinamic ce va produce lucrul mecanic necesar acționării generatorului electric.

În figura 2.1. este redat conceptul sistemului inovativ cu transport energetic pe traseu din substanță solidă, în care sunt redată elementele de bază ce îl compun. Descrierea acestui sistem comportă următoarele considerente:

- Sistemul parabolic este unul clasic, ce permite două mișcări de urmărire a soarelui, atât prin rotația de AZIMUT, cât și prin rotația de TILT.
- Elementul parabolic este prins mecanic pe segmentul denumit generic SUPORT FOCAL, iar acesta la rândul lui este prins de segmentul denumit generic SUPORT VERTICAL. Aceste două segmente sunt articulate între ele, permițându-se astfel mișcarea de tilt a segmentului SUPORT FOCAL în raport cu segmentul SUPORT VERTICAL
- TRASEUL DE TRANSPORT TERMIC, este format din ***două segmente de cupru*** cu aceeași secțiune rectangulară, ***articulate între ele*** prin intermediul unei articulații denumite generic ARTICULAȚIE TRASEU. *Construcția acestei articulații este una specială, astfel încât să se maximizeze suprafețe de contact dintre cele două segmente.* Fiecare segment al traseului este izolat cu un material denumit generic MEDIU TERMIC IZOLATOR. În dreptul articulației traseului, unde cele două segmente se mișcă una relativ la cealaltă, se adaugă un sistem de izolare suplimentar. S-a introdus în sistem un element cu rol de ***condensator termic***, denumit generic MEDIU TERMIC CAPACITIV, pentru a înmagazina un supliment de căldură pe care să îl cedeze în momentul apariției unei fluctuații termice, în sensul scăderii temperaturii față de temperatura medie instalată pe traseu.

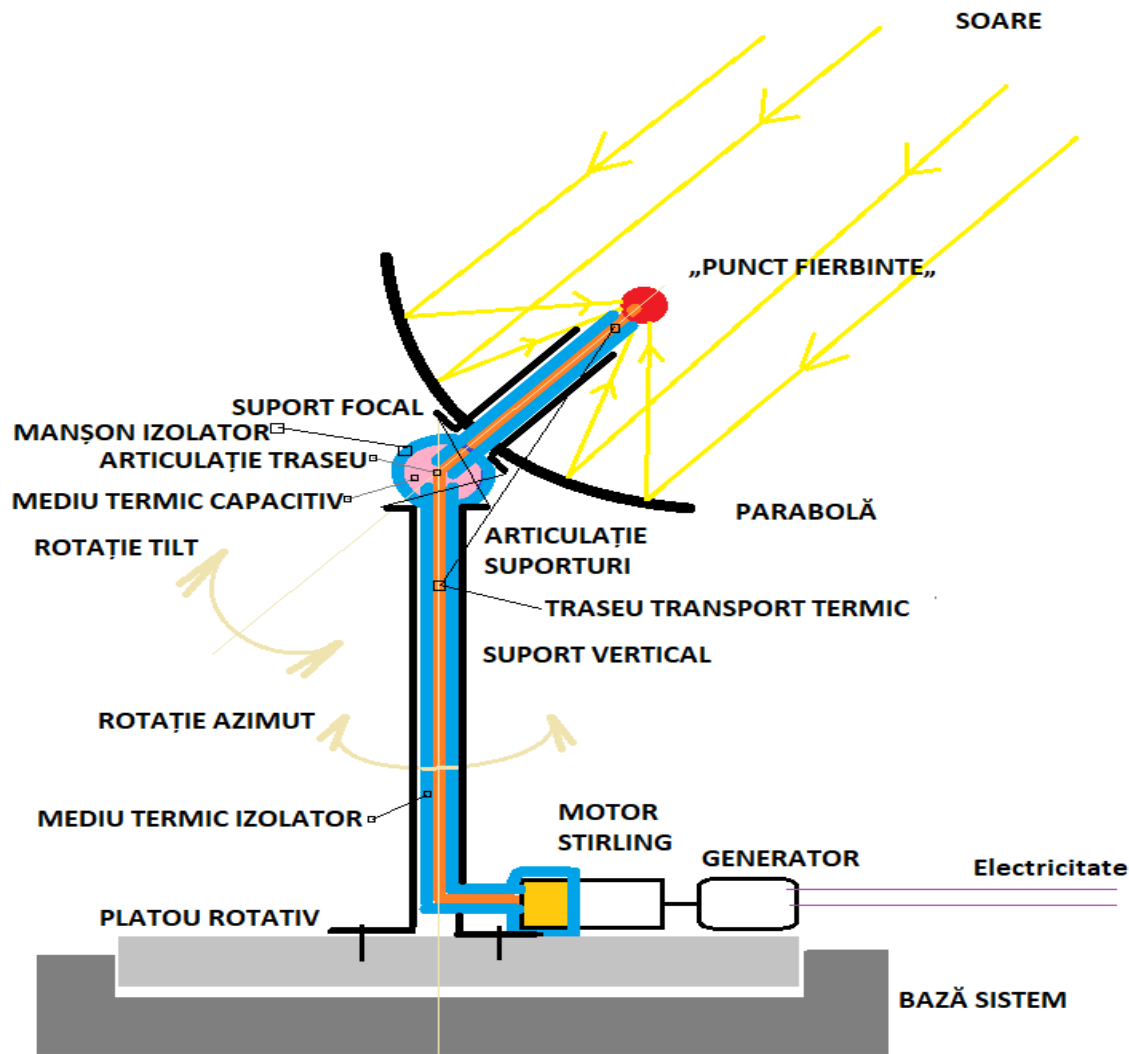


Figura 2.1. Sistemul inovativ cu transport energetic pe traseu din substanță solidă

- GENERATORUL este acționat de către MOTORUL STIRLING, producând, finalmente, electricitate, energie electrică canalizată către un sistem de stocare și distribuție.

Eficiența transportului energetic, presupune o serie de proprietăți de material deosebite:

a) Conductivitate termică ridicată Materialul ales pentru constituirea segmentelor traseului de transport termic (energetic) este **CUPRUL**. Cea mai bună conductivitate termică o are argintul, apoi cuprul. A fost ales cuprul deoarece este mai ieftin.

b) Conductivitatea termică redusă a materialelor de izolare a substanței solide aleasă pentru transferul energetic. **Materialul realizat din fibre ceramice**, are proprietăți termic izolatoare deosebite.

c)Punct de topire ridicat al substanței solide complementare utilizate pentru reducerea fluctuațiilor termice din traseul de transport energetic.

2.6. Experimentul conceput

Pentru *studiul eficienței transportului energetic* a sistemului energetic inovat, am conceput următorul plan de experimentare:

1. Realizarea fizică a unui traseu de transport energetic cu **segmente de cupru** cu secțiune rectangulară de 20 mm x 20 mm. Lungimea traseului de transport energetic este de 500 mm.
2. Testele de transfer termic presupun o măsurare interactivă de temperatură în 5 puncte specifice pentru lungimea de 500 mm:

S-a utilizat un sistem de tip DATA LOGGER cu 5 sonde de temperatură, prin care s-au descărcat datele **în timp real**, în fișiere de tip CSV/XLS. Norii de date experimentali au fost filtrați și prelucrați conform metodelor matematice statistice, pentru determinarea exactă a fluxurilor de energie termică vehiculate pe TRASEUL DE TRANSPORT ENERGETIC al SITEMULUI ENERGETIC INOVAT.

Schema experimentului realizat

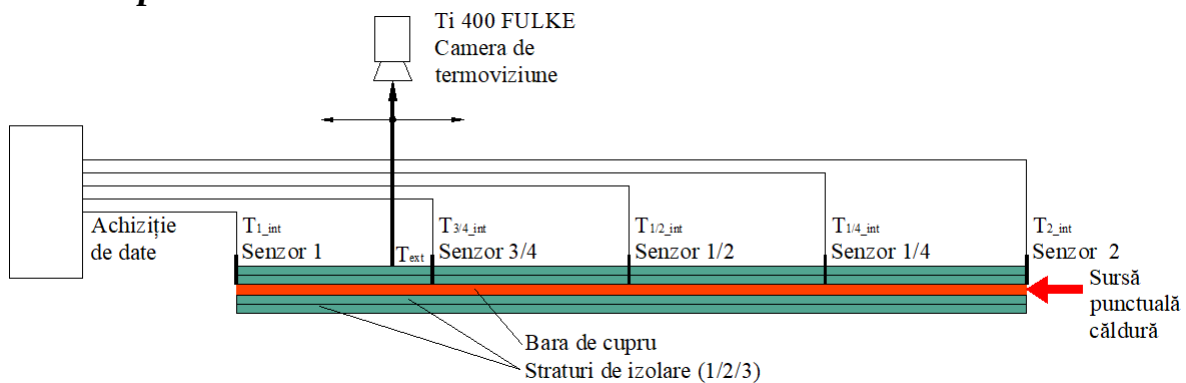


Figura 2.2. Setup experimental. Amplasare traductoare de temperatură și schema măsurării

2.7. Modelare matematică

S-a construit modelul matematic al TRASEULUI DE TRANSPORT ENERGETIC, pe baza datelor experimentale și a legilor de transfer energetic, determinându-se finalmente RANDAMENTUL ENERGETIC al sistemului energetic din studiul de caz. Formula matematică obținută reprezintă un model matematic de descriere a unui sistem de acest gen, la care se pot varia datele de intrare, în speță dimensiunile secțiunii traseului de substanță solidă, păstrându-se izolarea cu fibre ceramice la aceeași parametri.

2.8. Traseul de transfer termoenergetic testat

Pentru probarea ideii și dezvoltarea unui studiu în acest sens, am utilizat ca substanță solidă pentru transferul termo-energetic cuprul Cu (cupru alimentar cu puritate 99,9%) și pentru izolarea traseului plăci de fibră ceramică.

În Figura 2.3. este prezentat traseul de transfer termoenergetic, cu cele două zone distincte, respectiv substanța solidă și stratul izolator din fibre ceramice.

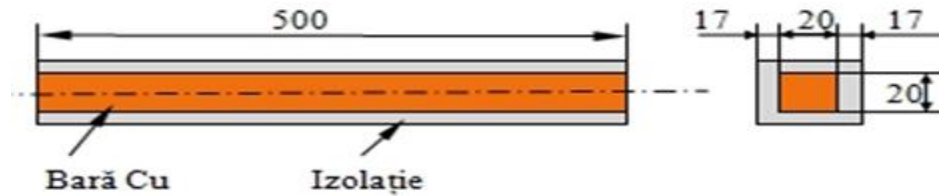


Figura 2.3. Traseul de transfer termoenergetic



Figura 2.4. Camera de termoviziune Ti FLUKE 400

Pentru măsurarea temperaturilor externe, la nivelul învelișului, se utilizează camera de termoviziune, ce se poate observa în Figura 2.4.

Schema generală a transferului termic dintre Punctul Focal al Parabolei Solare și Motorul Stirling și principiul de calcul al căldurii transmise pe traseul de transport energetic cu substanță solidă



Figura 2.5. Sistemul energetic al unui concentrator solar parabolic

Dispozitivele de lucru sunt, în ordine, conform figurii 2.9, următoarele:

- Concentratorul solar parabolic
- Traseul de transport termic
- Motorul Stirling
- Generatorul electric

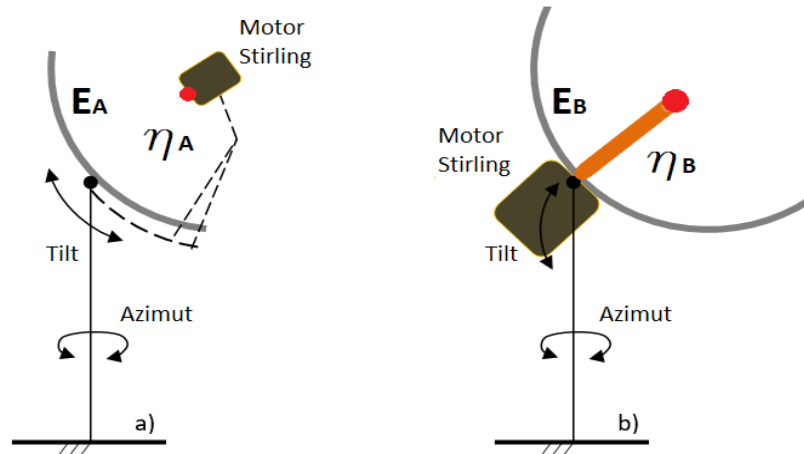


Figura 2.6. a) Convertor termo-mecanic în punctul focal (paradigmă actuală); b) Convertor termo-mecanic la distanță de punctul focal (paradigmă propusă)

Eficiența transferului termo-energetic în cazul a) este de peste 90% din energia E_A , dar eficiența transferului termo-energetic în cazul b) poate fi 60% 70% dintr-o energie b) mai mare decât a).

Cazul:

c1. $\eta_A \cdot E_A \approx \eta_B \cdot E_B$ (are sens pentru că reduce complexitatea și costurile soluției mecanice) Prin cazul studiat, rezultatele experimentale au demonstrat că ne plasăm pe acest caz, dar pentru distanțe de transport mici (particular: pentru secțiunea 20x20mm distanța maximă de transport eficient fiind de 500 mm)

c2. $\eta_A \cdot E_A \gg \eta_B \cdot E_B$ (atunci nu are sens noua paradigmă)

c3. $\eta_A \cdot E_A < \eta_B \cdot E_B$ (ideal pentru schimbarea paradigmei)

Se poate concepe un sistem parabolic pentru puteri electrice mici, cu o construcție simplă (figura 2.6.b), în care un traseu termic de transfer poate asigura un randament suficient de mare încât să poată fi menținută funcționarea normală a unui motor Stirling care să pună în funcțiune un generator electric.

Putem vorbi de studiul posibilității acestui nou tip de dispunere a motorului Stirling în concentratorul solar parabolic. Ideea de bază de la care s-a pornit, este aceea că materialele termo-izolatoare au atins valori de conductivitate termică foarte scăzută, ceea ce permite constituirea pe distanțe optime a unor trasee termice de transfer între „punctele fierbinți”, ale concentratorilor solari și sistemele de conversie termo-mecano-electrice, ce au ca element central de conversie motorul Stirling.

2.9. Sursă termică în impulsuri – inovație (concept)

În figura 2.7. este prezentată *schema de lucru a unei inovații* aparținând acestei lucrări de doctorat, în care s-a conceput un o sursă termică în impulsuri, ce este în fapt un traseu de transfer termic din substanță solidă ce se interpune între „punctul fierbinte”, al captatorului solar, în cazul de față o lentilă Fresnel, și subsistemul de conversie termo-mecano-electrică, fiind aplicat un control computerizat ce permite limitarea temperaturilor vehiculate în registrul menținerii

„solidității,, traseului, astfel încât valoarea energiei termice transferate să fie maximă, iar bara de cupru să rămână integră.

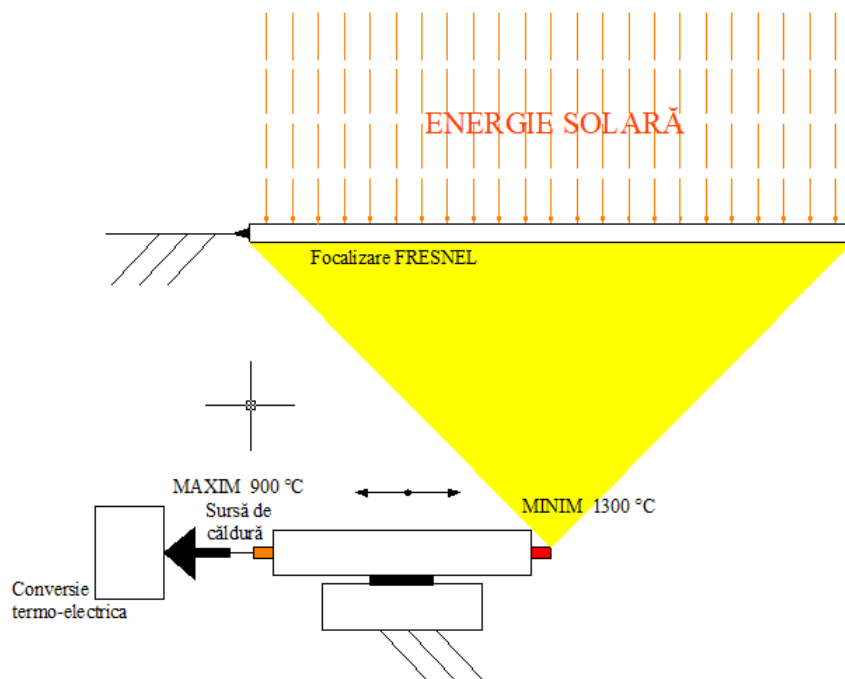


Figura 2.7. Sursă termică în impulsuri

2.10. Modelul matematic de calcul al căldurii prin traseul de transport termic cu substanță solidă

Propagarea căldurii prin conducție termică presupune trecerea ei din aproape în aproape, prin straturile imobile ale solidelor, prin difuzia electronilor liberi. În cazul regimului permanent, temperatura corpurilor este dependentă numai de coordonatele punctului și ecuația de temperatură este de forma:

$$t = f(x, y, z) \quad (2.1)$$

Cantitatea de căldură care trece pe direcția normală la suprafață, în unitatea de timp reprezintă fluxul de căldură Q , exprimat în W; prin fluxul unitar se înțelege fluxul care trece prin unitatea de suprafață, $q[\frac{W}{m^2}]$.

Valoarea fluxului de căldură care trece prin conducție este dată de ecuația Fourier:

$$dQ = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} dS \quad (2.2)$$

unde:

λ – reprezintă conductivitatea termică a materialului, în W/mK;

$\frac{\partial t}{\partial n}$ – gradientul de temperatură pe direcția normală la suprafață;

dS – elementul de suprafață prin care trece fluxul de căldură dQ .

Traseul de transfer termo-energetic din substanță solidă presupune, pentru un randament mărit, o conductivitatea termică maximă a substanței solide și o

conductivitate termică minimă a materialului termo-izolant ce îmbracă substanța solidă. Căldura pierdută prin radiație este ignorată în modelul de calcul realizat. Căldura pierdută prin convecție este luată în calcul în relația modelului matematic, pentru cazurile de izolare multistrat, respectiv cu 1 strat, cu 2 straturi și cu 3 straturi de 17 mm fiecare.

Pornind de la problema transferului termic pentru o bară neizolată, la care se dezvoltă relația matematică dintre temperatura de la capătul fierbinte și căldura Q transmisă de-a lungul acesteia, s-a determinat relația pentru căldura transmisă prin bara izolată, ținându-se seama de căldura pierdută prin suprafețele laterale ale traseului constiuit.

Variația temperaturii în lungul barei corespunzător cazului bară finită de lungime redusă ($x = l$)

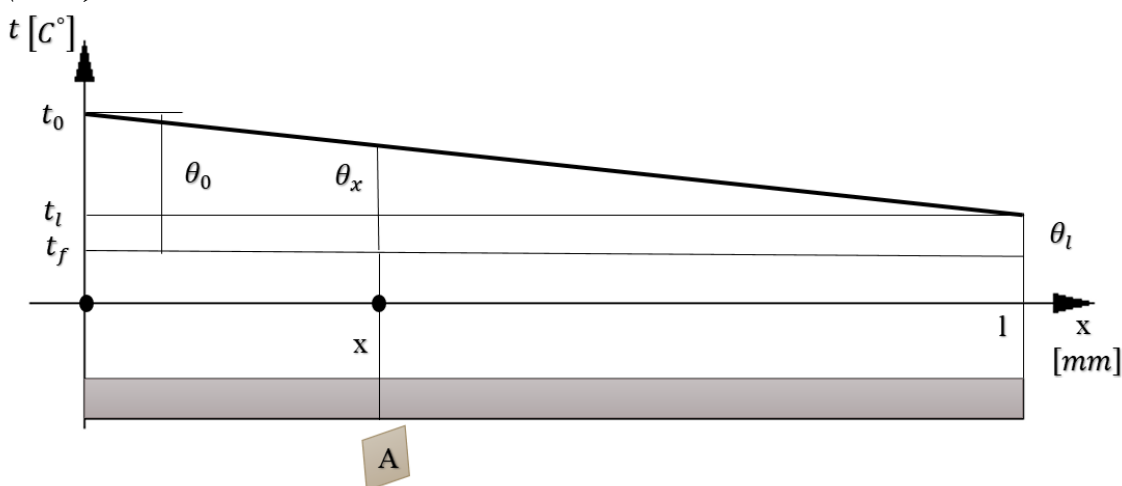


Figura 2.8. Problema variației temperaturii de-a lungul unei bare scurte

(2.3)

$$\theta_x = \theta_0 \cdot \frac{ch[m \cdot (l - x)] + \frac{\alpha}{\lambda \cdot m} \cdot sh[m \cdot (l - x)]}{ch[m \cdot l] + \frac{\alpha}{\lambda \cdot m} \cdot sh[m \cdot l]}$$

Coeficientul adimensional m este calculat prin relația (2.4):

$$m = \sqrt{\frac{\alpha \cdot P}{\lambda \cdot A}} \quad (2.4)$$

În cele ce urmează, se calculează fluxul termic Q corespunzător cazului bară finită de lungime redusă, pentru cazul particular $x=0,5$ m

Perimetrul barei de Cu:

$P = 0.02 \text{ m} \cdot 4 = 0.08[\text{m}]$, unde secțiunea barei de este de 20 mm x 20 mm, adică 0,02 m x 0,02 m.

Aria secțiunii barei de Cu:

$$A = 0.02 \text{ m} \cdot 0.02 \text{ m} = 4 \cdot 10^{-4}[\text{m}^2]$$

Lungimea barei de Cu:

$$l = 0.5 \text{ [m]}$$

Coeficientul de convecție pentru Cu, pentru bare cu dimensiuni <30 mm:

$$\alpha = 9 \left[\text{W} / \text{m}^2 \cdot \text{K} \right]$$

Coeficientul de conductivitate termică pentru Cu:

$$\lambda = 395,42 \left[\text{W} / \text{m} \cdot \text{K} \right]$$

Deducem valoarea lui m:

$$m = \sqrt{\frac{\alpha \cdot P}{\lambda \cdot A}} = \sqrt{\frac{9 \cdot 0,08}{395,42 \cdot 0,0004}} = 2,133570199114, \text{ adoptăm valoarea aproximată de:}$$
$$m = 2,134$$

Determinarea raportului $\frac{\alpha}{\lambda \cdot m}$:

$$\frac{\alpha}{\lambda \cdot m} = \frac{9}{395,42 \cdot 2.134} = 0,0106657$$

Adoptăm valoarea:

$$\frac{\alpha}{\lambda \cdot m} = 0,01067$$

Determinarea argumentului funcțiilor hiperbolice $m \cdot l$:

$$m \cdot l = 2,134 \cdot 0.5 = 1,067$$

Expresia literală a fluxului termic este redată în relația matematică (2.5)

$$\text{Relația (2.5): } Q = m \cdot \lambda \cdot A \cdot \theta_0 \cdot \frac{th(m \cdot l) + \frac{\alpha}{\lambda \cdot m}}{1 + \frac{\alpha}{\lambda \cdot m} \cdot th(m \cdot l)}$$

Deducem conform relației (2.5) și valorilor numerice de mai sus, relația numerizată (2.6), necesară calculării fluxului termic:

Relația (2.6):

$$Q = 2,134 \cdot 395,42 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \cdot \theta_0 \cdot \frac{th(1,067) + 0,0106657}{1 + 0,0106657 \cdot th(1,067)} = 0,2674 \cdot \theta_0$$

Relația (2.6) se referă la cazul barei de Cu **neizolată**. Aplicarea izolației speciale cu fibre ceramice are rațiunea de a ridica valoarea fluxului termic transmis la valori mai ridicate decât cea rezultată prin calcul referitoare la bara neizolată.

După introducerea datelor particulare a coeficienților de mai sus, relația (2.3), devine relația (2.7):

$$\theta_x = \theta_0 \cdot (0,103812 \cdot e^{2,134 \cdot x} + 0,896148 \cdot e^{-2,134 \cdot x}) \quad (2.7)$$

În cadrul experimentului, s-au preluat temperaturile din anumite secțiuni ale barei izolate cu plăci de fibre ceramice.

În tabelul 2.2 este o mostră de date pentru a exemplifica modul de depozitare a datelor experimentale, pe seturi preluate la o anumită oră când s-a derulat experimentul și un număr de ordine dat de minutul la care s-au preluat datele efective pentru fiecare temperatură în parte, din cele 5 secțiuni considerate și echipate senzorial pentru interceptare de temperatură.

Tabelul 2.2

Ceas	Minut	T1_ext	T1_int	T3/4_ext	T3/4_int	T1/2_ext	T1/2_int	T1/4_ext	T1/4_int	T2_ext	T2_int
3:23:09 p.m.	133	37	217	41	234	42	251	43	294	43	337
3:24:09 p.m.	134	37	218	41	235	42	252	43	294	44	337

2.11. Plăcile din fibra ceramică alese pentru izolarea traseului de transfer termoenergetic

Sunt fabricate printr-un proces de formare umedă în vid, dintr-un amestec format din fibră ceramică marunțită, cu lianți anorganici sau organici.

Plăcile din fibră ceramică au coeficientul de conductivitate termică scăzut, stabilitate termică ridicată și o excelentă rezistență la șoc termic.

Temperatura de clasificare variază de la 1140°C la 1540°C, temperatura de lucru, până la 1400°C, densitate (kg/m³): 300-350.

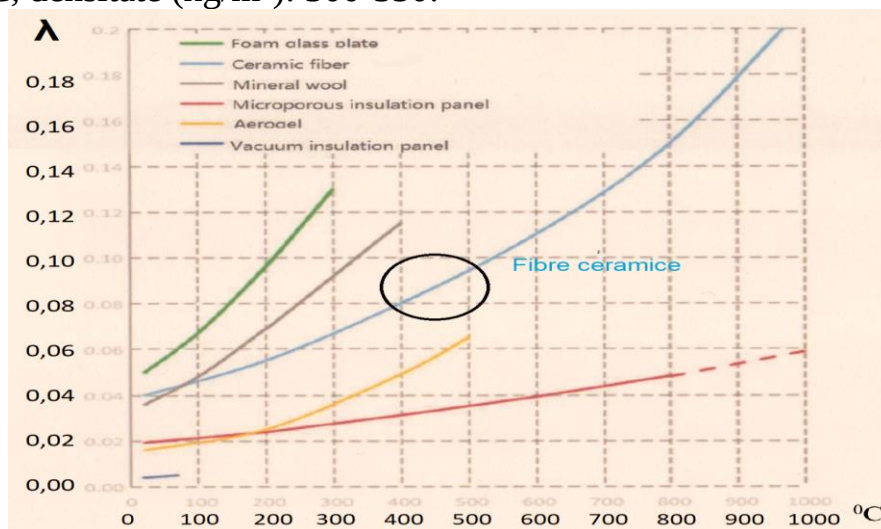


Figura 2.16. Conductivitățile termice ale diferitelor materiale izolatoare funcție de temperatură

Datele experimentale sunt prezentate în tabele și utilizate pentru determinarea „Modelului matematic”. Aceste date au fost obținute prin procedurile explicate la începutul acestui capitol, cu mijloacele aferente prezentate. Dependența pe care am determinat-o a avut ca parametru principal, temperatura din punctul fierbinte, ce simulează concentratorul solar. Totul depinde de această temperatură, astfel încât, fluctuațiile sale determină fluctuațiile valorii căldurii termice transmise pe întregul traseu termic de transport termoenergetic.

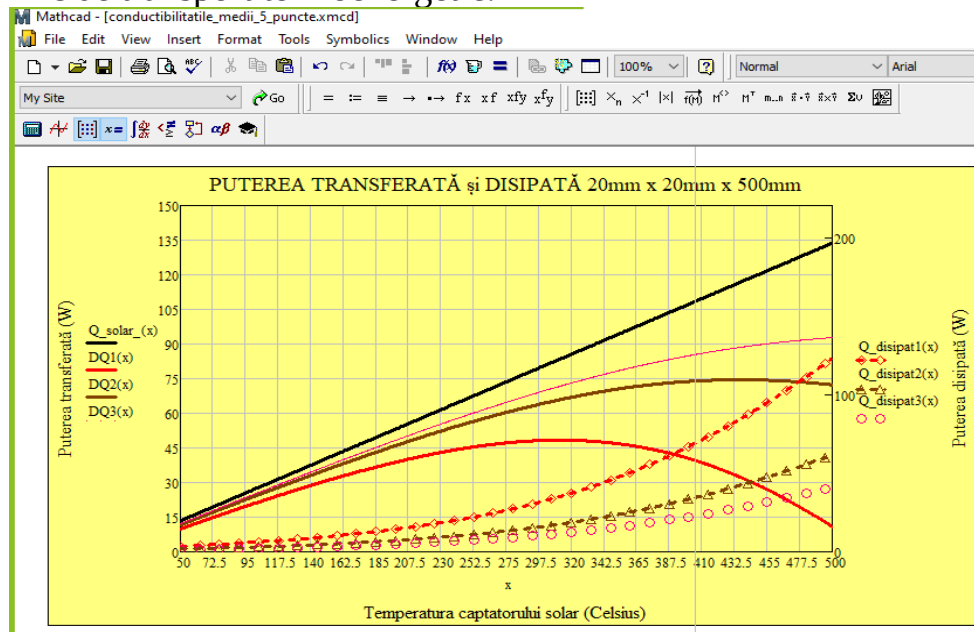


Figura 2.27. Imagine 4 ecran a modelului matematic - Mathcad

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	0,040993	0,040937	0,040892	0,040927	0,040958	0,040941	0,204707	0,200252	0,19998	0,199759	0,199928	0,200082	1		Temp_2	t2_int	Lambda_pond
2	0,040958	0,04092	0,040892	0,040927	0,040958	0,040931	0,204655	0,200133	0,199946	0,19981	0,19998	0,200133	1		24,0	24,0	0,040941417
3	0,040993	0,040937	0,040892	0,040927	0,040958	0,040941	0,204707	0,200252	0,19998	0,199759	0,199928	0,200082	1		24,0	24,0	0,040930953
4	0,040958	0,04092	0,040892	0,040927	0,040958	0,040931	0,204655	0,200133	0,199946	0,19981	0,19998	0,200133	1		24,0	24,0	0,040941417
5	0,040958	0,04092	0,040892	0,040927	0,040958	0,040931	0,204655	0,200133	0,199946	0,19981	0,19998	0,200133	1		24,0	24,0	0,040930953
6	0,040993	0,040958	0,04092	0,041256	0,041592	0,041145	0,205718	0,199268	0,199098	0,198912	0,200544	0,202178	1		24,0	24,0	0,040930953
7	0,040958	0,040989	0,041007	0,042043	0,043111	0,041639	0,208108	0,196812	0,196963	0,197046	0,202024	0,207155	1		42,0	42,0	0,041145166
8	0,040993	0,041045	0,041073	0,042843	0,044712	0,042184	0,210666	0,194588	0,194836	0,194969	0,203368	0,212239	1		84,0	84,0	0,0416389
9	0,04101	0,041098	0,041182	0,043508	0,046013	0,042653	0,21281	0,192708	0,193119	0,193514	0,204445	0,216214	1		126,0	126,0	0,042184181
10	0,041028	0,041143	0,041252	0,04388	0,046729	0,042923	0,214033	0,19169	0,192229	0,192738	0,205015	0,218329	1		159,0	159,0	0,04265259
11	0,041098	0,041256	0,041411	0,044117	0,047063	0,043114	0,214944	0,191202	0,191936	0,192658	0,205251	0,218953	1		176,0	176,0	0,042922794
12	0,04122	0,041397	0,04157	0,044352	0,04738	0,043316	0,215919	0,190907	0,191723	0,192527	0,20541	0,219433	1		184,0	184,0	0,04311418
13	0,041326	0,041524	0,041723	0,04453	0,047591	0,043475	0,216695	0,19071	0,191624	0,192544	0,205498	0,219624	1		191,0	191,0	0,043316269
14	0,041435	0,041666	0,041895	0,044748	0,047858	0,043682	0,217603	0,190417	0,191477	0,192529	0,205641	0,219935	1		196,0	196,0	0,043474896
15	0,041542	0,04182	0,042096	0,044937	0,04803	0,043827	0,218424	0,190188	0,191461	0,192728	0,205731	0,219893	1		202,0	202,0	0,043661932
16	0,041727	0,04197	0,042223	0,04516	0,048371	0,04404	0,21945	0,190142	0,191252	0,192403	0,205787	0,220417	1		206,0	206,0	0,043826974
17	0,04187	0,042114	0,042365	0,045339	0,048588	0,044208	0,220275	0,190079	0,19119	0,192325	0,205828	0,220578	1		213,0	213,0	0,044039704
18	0,042017	0,042274	0,042532	0,04554	0,048825	0,044393	0,221188	0,189961	0,191121	0,19229	0,205888	0,220741	1		218,0	218,0	0,044207585
19	0,042161	0,042423	0,042686	0,045684	0,048957	0,044537	0,221912	0,189992	0,19117	0,192357	0,205867	0,220614	1		222,0	222,0	0,044393357
20	0,042307	0,042573	0,042852	0,045856	0,049136	0,0447	0,222723	0,189951	0,191147	0,1924	0,205886	0,220616	1		225,0	225,0	0,044536853
21	0,042503	0,042764	0,043048	0,046021	0,049265	0,044872	0,223601	0,190085	0,19125	0,192522	0,205818	0,220326	1		228,0	228,0	0,044699884
22	0,042613	0,042885	0,043185	0,046194	0,049478	0,045027	0,224356	0,189935	0,191149	0,192486	0,205896	0,220534	1		231,0	231,0	0,044871731
23	0,042764	0,043026	0,043327	0,046324	0,049591	0,04516	0,225032	0,190034	0,191201	0,192538	0,205853	0,220374	1		235,0	235,0	0,045026641

Figura 2.28. Imagine ecran a fișierului Excell de calcul a conductibilității termice ponderate

În figura 2.27. sunt prezentate ecran cu ecran, relațiile modelului matematic introduse în mediul de calcul MATHCAD.

$$\lambda_m(t_{x-int}, t_{x-ext}) = \frac{23.177}{t_{x-int} - t_{x-ext}} \cdot (e^{0.0017 \cdot t_{x-int}} - e^{0.0017 \cdot t_{x-ext}}) \quad (2.15)$$

În figura 2.28, este redat un ecran din fișierul Excell în care s-au realizat calculele pentru determinarea conductibilității medii ponderate pe traseul de transport termo-energetic (transfer termic), conform datelor experimentale obținute, aplicând relația (2.15). Astfel s-a obținut expresia matematică a conductibilității (conductivității) medii ponderate funcție de temperatura t_2 a punctului fierbinte (concentratorul solar), redată prin relația (2.9) și figura 2.16.

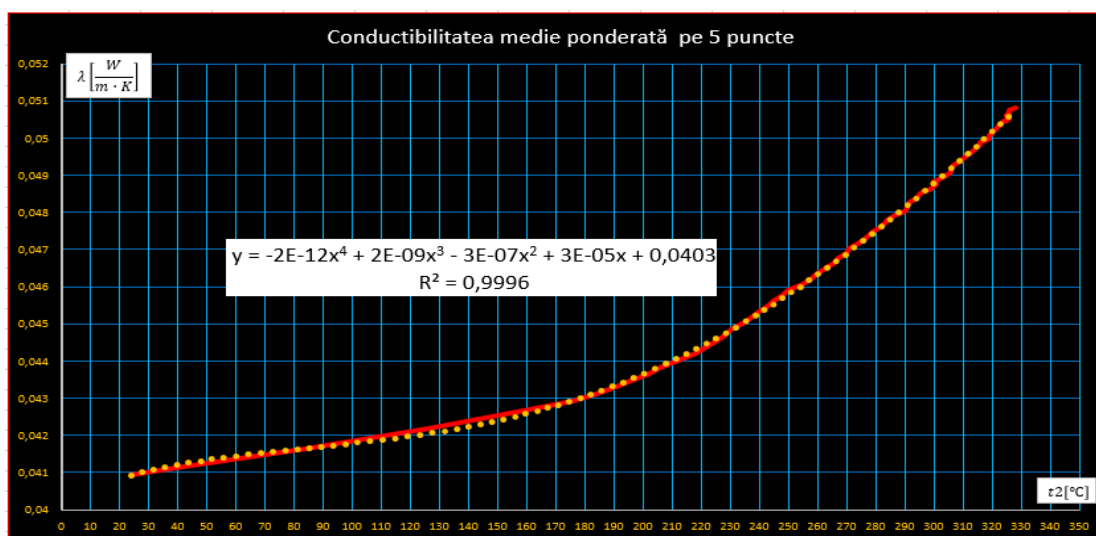


Figura 2.19. Funcția conductibilitate medie ponderată a stratului izolator de fibre ceramice
Relația (2.16):

$$\lambda(t_{2-int}) = -2 \cdot 10^{-12} \cdot t_{2-int}^4 + 2 \cdot 10^{-9} \cdot t_{2-int}^3 - 3 \cdot 10^{-7} \cdot t_{2-int}^2 + 3 \cdot 10^{-5} \cdot t_{2-int} + 0,0403$$

Următorul pas a fost acela de a calcula, în mod similar cu conductibilitatea medie ponderată, temperatura medie ponderată exterioară a întregului traseu funcție de aceeași temperatură t_{2-ext} a punctului fierbinte (concentratorul solar). Pentru calcule se va utiliza media ponderată, a cărei funcție este obținută prin interpolare spline, cu o precizie de peste 99% a abaterii mediei pătratică. Funcția determinată se poate vedea în figura 2.30 și este redată exact prin relația (2.17).

$$t_{medpond_{ext}}(t_{2-int}) = 9 \cdot 10^{-13} \cdot t_{2-int}^6 - 10^{-9} \cdot t_{2-int}^5 + 5 \cdot 10^{-7} \cdot t_{2-int}^4 - 9 \cdot 10^{-5} \cdot t_{2-int}^3 + 0.0088 \cdot t_{2-int}^2 - 0,3699 \cdot t_{2-int} + 26,69 \quad (2.17)$$

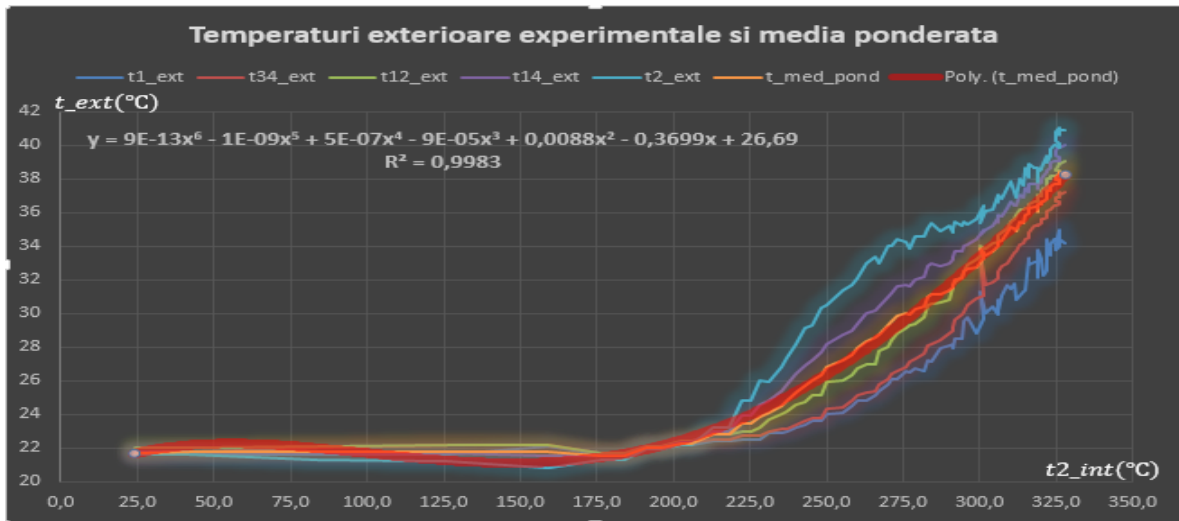


Figura 2.30. Funcția temperatură medie ponderată exterioară

a traseului de transfer termo-energetic

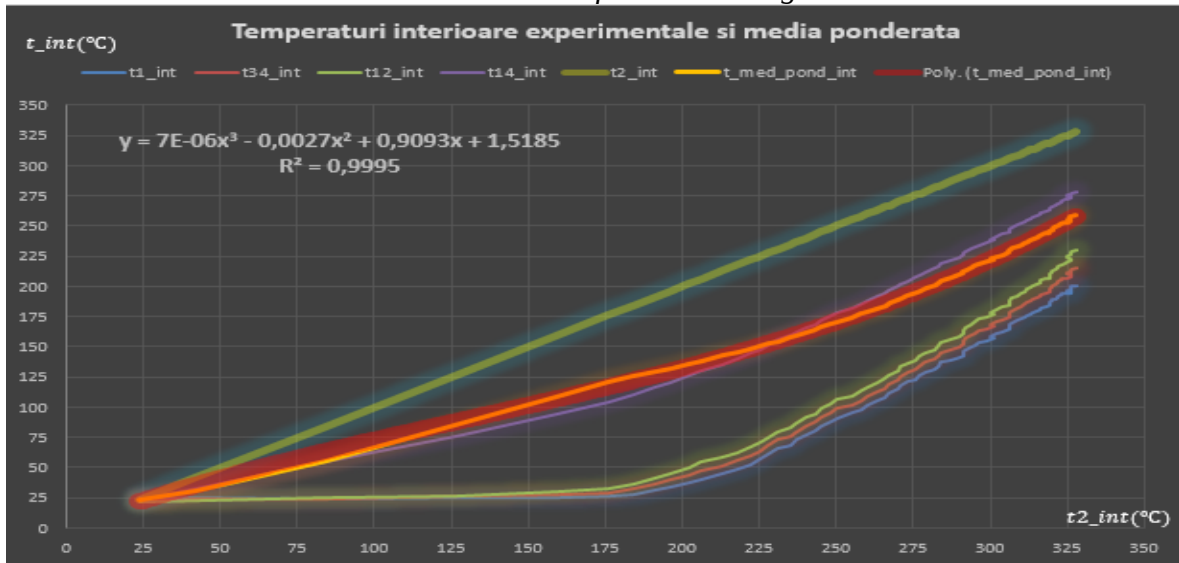


Figura 2.31. Funcția temperatură medie ponderată interioară a traseului de transfer termo-energetic

Relația (2.18) este:

$$t_{med_{pond_{int}}}(t_{2_{int}}) = 7 \cdot 10^{-6} \cdot t_{2_{int}}^3 - 0,0027 \cdot t_{2_{int}}^2 + 0,9093 \cdot t_{2_{int}} + 1,5185 \quad (2.18)$$

Fluxul termic unitar mediu ponderat ce se va lua în calcul pentru construirea modelului traseului de transport termic este dat de relația (2.19):

$$q_{med_{pond}}(t_{2_{int}}) = \frac{\lambda_{med_{pond}}(t_{2_{int}})}{\delta} \cdot [t_{med_{pond_{int}}}(t_{2_{int}}) - t_{med_{pond_{ext}}}(t_{2_{int}})] \quad (2.19)$$

Pentru calculul analitic al pierderilor de căldură prin materialul izolator din fibre ceramice, s-a recurs la formula clasică din relația (2.20):

$$q = \frac{\lambda_{med}}{\delta} \cdot (t_{int} - t_{ext}) \quad (2.20)$$

δ – grosimea stratului izolator din fibre ceramice

t_{int} – temperatura la suprafața barei de cupru (interceptabil prin intermediul sondelor de temperatură „îngropate,, în stratul de izolator, până la contactul direct al acestora cu suprafața exterioară a barei de cupru)

t_{ext} – temperatura la suprafața stratului izolator (interceptabil cu camera de termoviziune în IR)

λ_{med} – conductivitatea medie a stratului izolator

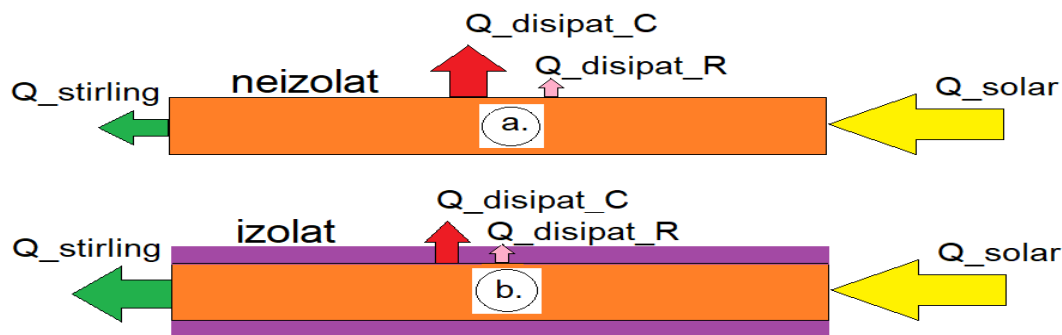


Figura 2.32. Bilanțul energetic. a) traseu neizolat; b) traseu izolat

2.12. Rezultatele simulării

Pornind experimental cu măsurări corespunzătoare secțiunii de 20 mm x 20 mm, cu două straturi izolatoare (34 mm), s-a obținut modelul matematic de calcul energetic. În acest model se variază grosimea stratului izolator și secțiunea traseului termo-energetic.

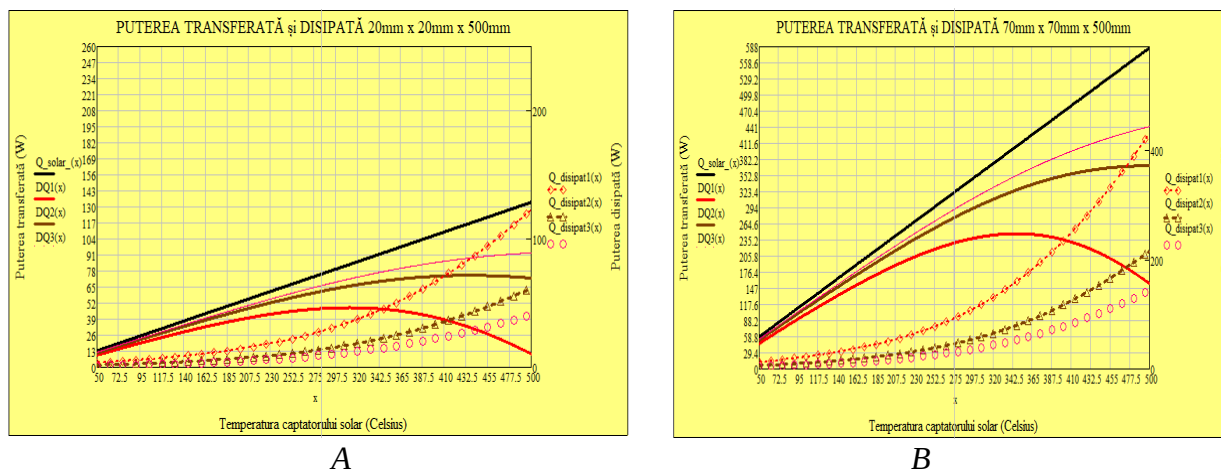


Figura 2.33. Rezultatele simulării. A. 20 mm x 20 mm; B. 70 mm x 70 mm;

Tabelul 2.5. Rezultatele simulării

Secțiune		P_solar	P_1strat	P_2strat	P_3strat	Caz	η_1strat	η_2strat	η_3strat
20x20	20	134	50	76	92	20	37,31	56,72	68,66
25x25	25	176	65	102	125	25	36,93	57,95	71,02
30x30	30	220	85	130	158	30	38,64	59,09	71,82
35x35	35	263	105	156	193	35	39,92	59,32	73,38
40x40	40	306	124	187	225	40	40,52	61,11	73,53
45x45	45	348	144	216	261	45	41,38	62,07	75,00
50x50	50	400	163	245	296	50	40,75	61,25	74,00
55x55	55	446	182	273	335	55	40,81	61,21	75,11
60x60	60	493	205	309	370	60	41,58	62,68	75,05
65x65	65	540	225	341	400	65	41,67	63,15	74,07
70x70	70	588	248	376	441	70	42,18	63,95	75,00

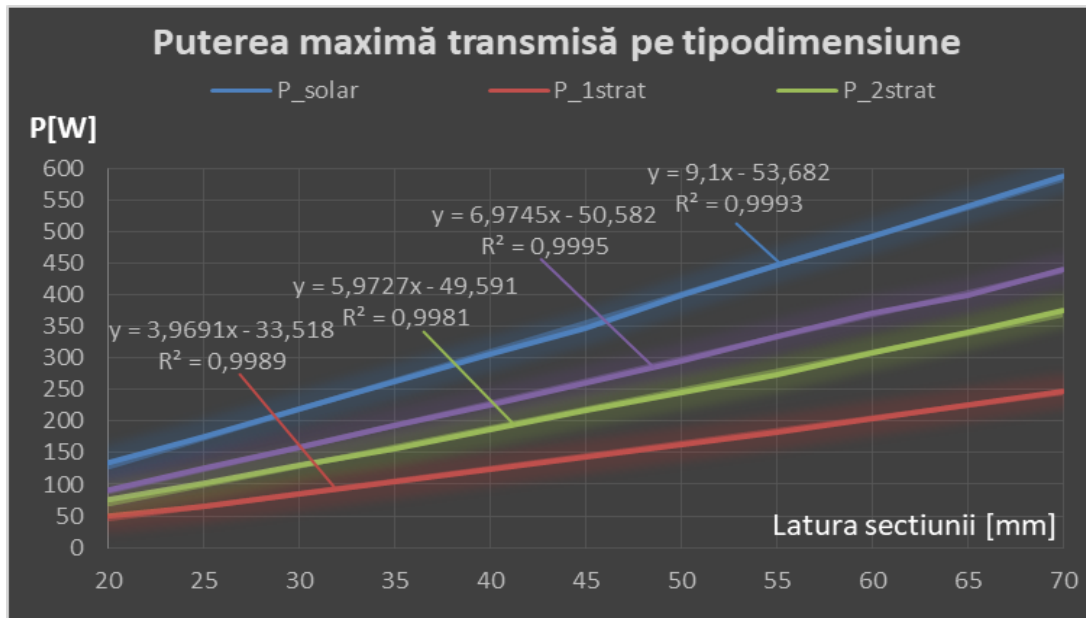


Figura 2.35. Rezultatele simulării, secțiunea funcții de aproximare a puterii calorice transmise funcție de mărimea secțiunii traseului termo-energetic

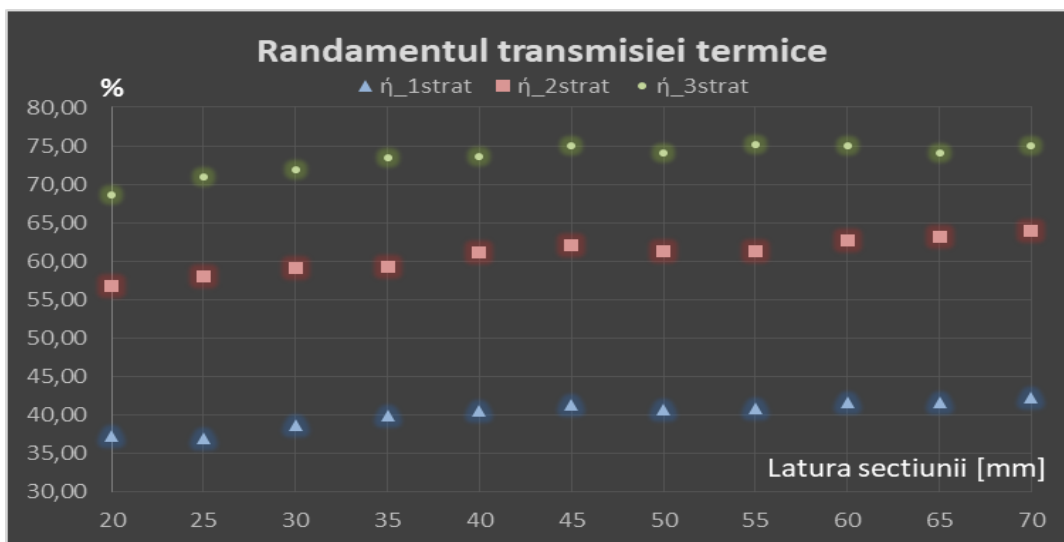


Figura 2.36. Rezultatele simulării, randamentele transmisiei de energie

După cum se poate vedea în figurile 2.35 și 2.36, sunt redată rezultatele simulărilor, care se referă la puterea maximă transmisă pe traseele cu un strat, două straturi și trei straturi, respectiv randamentele traseelor de transmisie termică cu același număr de straturi. Concluziile legate de valorile efective ale acestor simulări sunt prezentate la capitolul Concluzii.

3. Îmbunătățirea eficienței energetice a clădirilor prin folosirea pământului ca sursă regenerabilă de termicitate, coroborată cu o anvelopă izolatoare de vacuum variabil

3.1. Modelarea matematică și simularea numerică a comportării dinamice

Clădirile eficiente din punct de vedere energetic la nivelul anilor 2020, trebuie să fie izolate, etanșate și deservite electric de energiile alternative, un răspuns la realizarea principiilor impuse și neutralizarea efectelor schimbărilor climatice. Pentru acest deziderat, este necesar a se studia proprietățile materialelor utilizate în prezent la realizarea anvelopelor de izolare și conceperea unui model de construcție care să maximizeze eficiența prin integrarea celei mai bune combinații de structură de rezistență și anvelopă termică, făcând posibilă luarea în calcul a energiilor alternative pentru încălzirea pe timp de iarnă a acestui model. Înmagazinarea portabilă a energiei alternative utilizată la încălzirea tipului de construcție determinat, este un alt element de noutate al conceptului de transfer energetic în perioadele calendaristice cu vârf de consum pentru încălzire, dar care are utilitate pe tot parcursul anului în diferitele situații de consum ridicat în cazul unei locuințe off-grid izolate de rețeaua energetică națională.

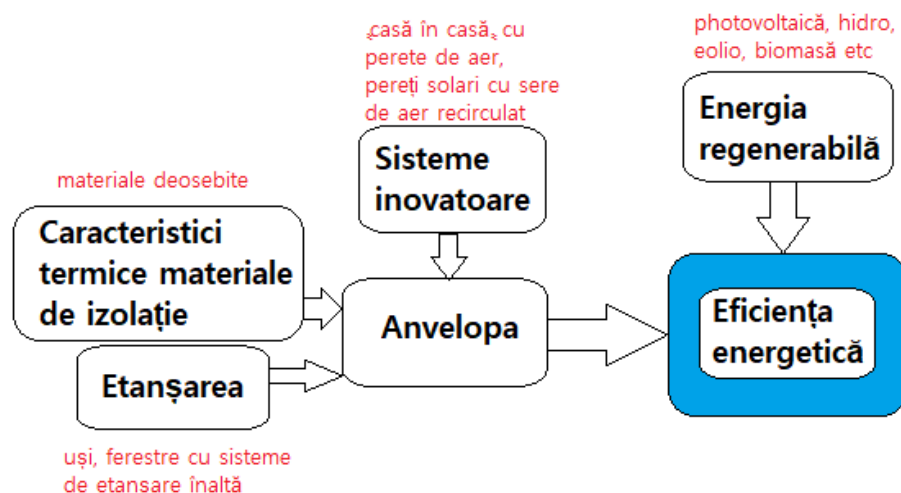


Figura 3.0. Factori determinanți ai eficienței energetice a clădirilor

3.2. *Argumentarea noțiunii de pământ-sursă regenerabilă*

Pământul reprezintă o sursă regenerabilă de energie, exploatarea geotermicitatii fiind un exemplu elocvent. În această lucrare mă refer la altă idee cu privire la acest deziderat și anume: **Ideea de pământ-sursă regenerabilă se referă la caracteristica termică a pământului în zona de suprafață, la câțiva metri adâncime, ce presupune capacitatea de a menține o temperatură constantă pe tot timpul anului.**

Pământul se comportă ca un veritabil condensator/acumulator termic, care preia căldura solară din anotimpul cald și o înmagazinează în structura sa telurică, astfel încât, temperatura medie anuală a unei zone geografice, se regăsește în pătura de suprafață a pământului, la valoare constantă, pe tot parcursul anului. Putem privi stratul de suprafață al pământului ca o sursă de energie termică, ce are capacitatea să mențină temperatura constantă pe tot parcursul anului calendaristic, la adâncimi diferite, datorate caracteristicilor pământului privind conductibilitatea termică scăzută și duce la utilizarea aceste proprietăți în sistemele de încălzire și de răcire . Pompa de căldură a acestui sistem teluric este soarele. Pământul are doar capacitatea de a înmagazina și, datorită masei enorme, de a netezi fluctuația în timp, asemeni unui condensator de filtraj.

3.3. *Sistemul arhitectural inovat*

Sistemul arhitectural are la bază două concepte de izolație exterioară:

- Conceptul „bordei,,
- Conceptul „casă în casă,,

Conceptul „casă în casă,, presupune doi pereți exteriori ai locuinței, cu un spațiu de aer între aceștia.

Sistemul arhitectural inovat presupune următoarele caracteristici:

1. Rădăcina arhitecturală este cazul clasic de locuință din figura 3.2.a.
2. Adăugarea de „Spațiu vidat,, în jurul „Spațiului util,, contopind cele două concepte expuse mai sus, respectiv „casă în casă,, și „termos, vidul având conductivitatea termică cea mai mică.

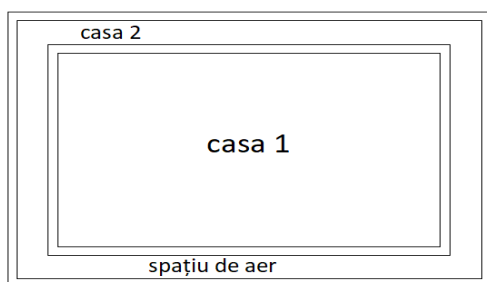


Figura 3.1. Conceptul de „casă în casă”,

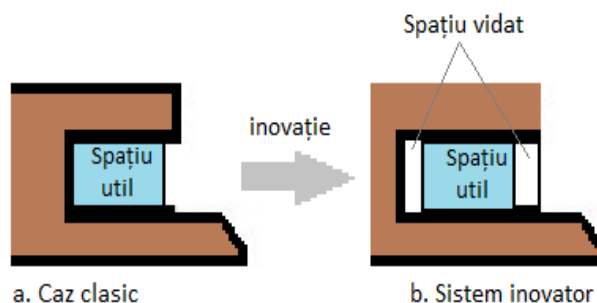


Figura 3.2. Sistemul arhitectural inovat

La sistemul prezentat mai sus se mai poate adăuga și inovația 2 de mai jos, din figura 3.3. Sistemul presupune ventilație, ceea ce impune aducerea aerului de afară la interior. În sezonul rece, aerul exterior este rece, la valori foarte joase.

Inovația presupune o preîncălzire a aerului exterior înainte de fi injectat la interior. Procesul trebuie să fie unul natural, convectiv și neconsumator de energie din rețea.

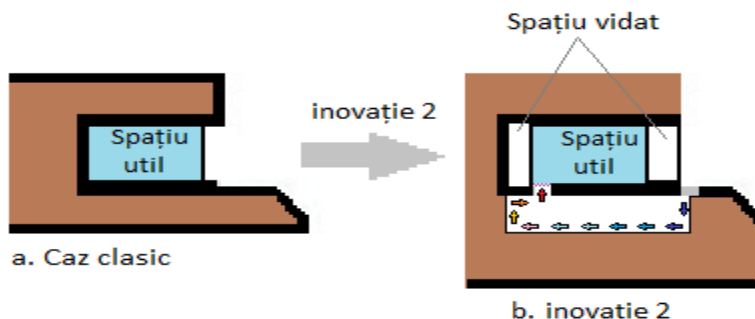


Figura 3.3. Sistemul arhitectural inovat suplimentar cu inovația 2

3.3.1. Avantajele sistemului

Avantajele intuite ale sistemului în cauză, sunt următoarele:

Ava1. Izolarea a 5 fațade din total 6, în stilul clasic „cu pământ de jur împrejur,, ceea ce face ca temperatura exterioară acestor fațade să fie una constantă tot timpul anului, la o valoare sub valoarea de confort a „Spațiului util,,.

Ava2. Temperatura pământului, pentru sezonul rece, scade substanțial diferența de temperatură interior-exterior, reducând efortul de încălzire a „Spațiului util,, încălzindu-l în mod natural, oricare ar fi temperatura atmosferică exterioară.

Ava3. Temperatura pământului, pentru sezonul cald, ajută la preluarea căldurii din „Spațiul util,, răcindu-l în mod natural, oricare ar fi temperatura atmosferică exterioară.

Ava4. Suplimentar izolării cu pământ, se adaugă spațiu aer/vid, ceea ce permite ca în sezonul rece să se creeze o barieră termică suplimentară, pentru a reduce și mai mult efortul de încălzire a „Spațiului util,,

Ava5. Capacitatea de variere a nivelului de vid între limita minimă egală cu presiunea atmosferică și maximă egală cu cea mai mare valoare pe care o poate oferi sistemul, permite ca efortul energetic necesar vacuumării să fie optimizat funcție de valoarea diferenței de temperatură interior-exterior în sezonul rece, iar în sezonul cald permite un transfer termic bun între zona de aer „rece,, a spațiului perimetral teluric și „Spațiul util,,.

Vacuumarea spațiului perimetral permite reglarea rezistenței termice funcție de necesitățile termice ale momentului.

Gradul de etanșare al spațiului supus vacuumării diferă de calitatea anvelopei realizate (materiale, îmbinări, etc), iar efortul menținerii unui nivel de vid pe o anumită perioadă va necesita valori ale energiilor consumate invers proporționale cu gradul amintit, funcție de caz. Un grad de etanșare mic va face ideea de vacuum inaplicabilă.

Modelul matematic a fost conceput pentru a optimiza mărimea fizică a anvelopei direct determinată de distanța dintre peretele exterior și cel interior ale locuinței considerate. Rezistența termică a anvelopei este ridicată dacă distanța dintre ziduri este mare, în cazul în care anvelopa este plină cu aer.

Modelul matematic permite simularea mai multor grosimi de anvelopă, cu estimarea câștigului energetic produs de vidarea anvelopei, în cazurile de diferențe de temperatură ce impun vidarea ca fiind rentabilă, și, odată cu acesta a randamentului sistemului inovator.

În Figura 3.6, este redată imaginea secțiunii sistemului arhitectural inovator, unde se pot vedea detaliile constructive propuse.

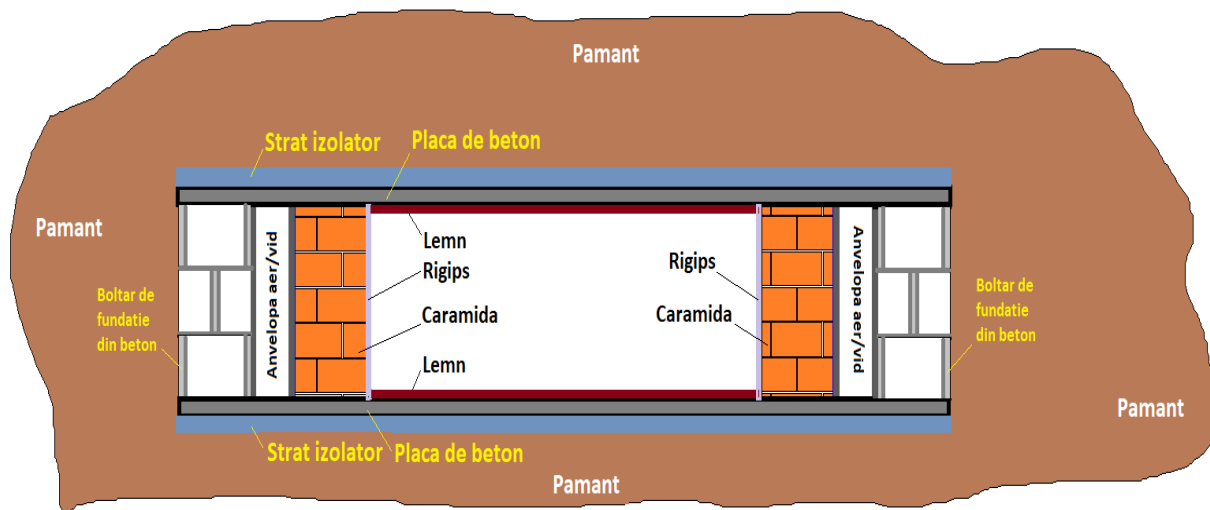


Figura 3.6. Secțiunea sistemului arhitectural inovator

3.3.2. Descrierea pereților solari. Principiu.

Un alt mod de creștere a eficienței energetice a clădirilor existente sau noi, constă în captarea energiei termo-solare prin captarea acesteia și utilizarea la încălzirea interioarelor pe timpul sezonului rece.

În figura 3.7 este prezentat principiul de lucru al sistemului de perete solar fără circulare de aer. Totul se bazează pe traparea în spațiul de dincolo de sticlă a căldurii solare, căldură ce produce încălzirea peretului exterior al clădirii ce formează împreună cu sticla o incintă în care se înmagazinează căldura solară.

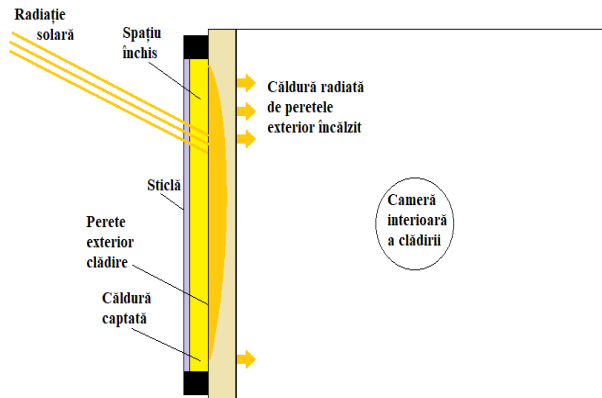


Figura 3.7. Pereți solari fără circulare de aer

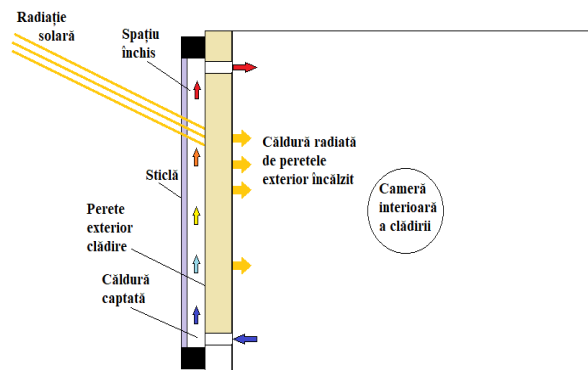


Figura 3.8. Pereți solari cu circulare de aer

În figura 3.8 este prezentat principiul de lucru al sistemului de perete solar cu circulare de aer. În plus față de situația prezentată anterior, în care se produce o transformare a peretelui exterior în sursă de căldură pentru camera interioară, apare un circuit de aer al cărui flux este întreținut de convecție.

3.3.3. Sistemul de clădire eficientă energetic de tip CCIT (Casă în Casă Izolată Telurică)

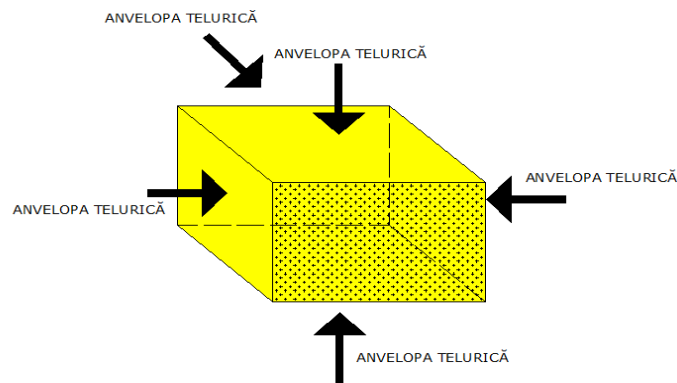


Figura 3.9. Construcție izolată telurică

În figura 3.10 este prezentat conceptul de „casă în casă izolată telurică,, ceea ce înseamnă o construcție în construcția izolată telurică, între cele două construcții, cea interioară și cea exterioară existând un spațiu de aer. Sistemul de clădire cu eficiență

energetică îmbunătățită, va permite încălzirea în sezonul rece, cu energia electrică generată de surse regenerabile de energie, în mod special vizându-se energia fotovoltaică.

3.3.4. Energia portabilă

Dacă în sezonul rece, sistemul fotovoltaic nu produce acel 1.5 Kw.zi, am gândit un sistem energetic de rezervă, denumit Energie Portabilă.

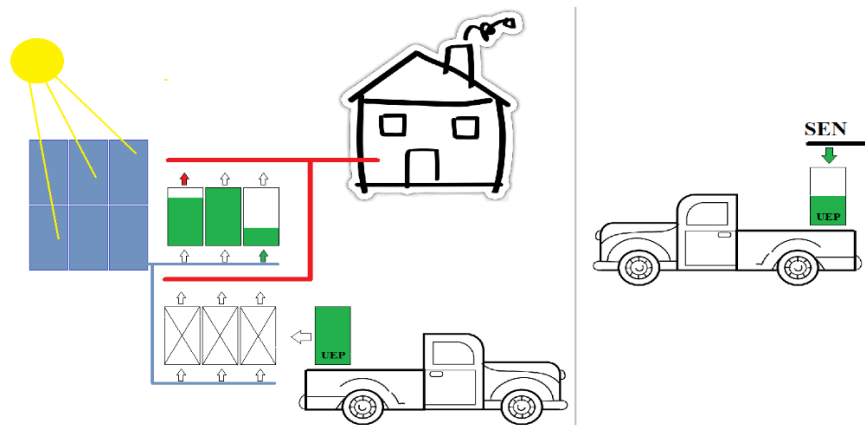


Figura 3.11. Clădire off-grid alimentată și cu unități UEP

Acestă noțiune-concept face ca UEP să fie astfel gândită încât să pornească de la o capacitate de aproximativ 1,2 KW, ca mai apoi să fie up-grade-abilă la 2.4 KW prin adăugarea doar a unui grup de acumulatori identic cu cel de pornire. Sistemul energetic al imobilului devine un multiplu de UEP, astfel că un anumit număr de astfel de unități energetice, asigură o autonomie minim necesară prin utilizarea lor simultană prin cele trei funcții de bază: încărcare, înmagazinare și descărcare (consum), ca în figura 3.11.

3.4. Modelarea matematică a clădirii optimizate energetic

În aceste subcapitol am realizat modelarea matematică a șaisprezece mărimi ce caracterizează experimentul propus, conceptul pe care îl studiez. Dintre aceste voi prezenta în acest rezumat două modele matematice.

3.4.1. Modelarea matematică *VOLUM ANVELOPĂ* – Model matematic1

Descriere:

În figura 3.12 este redat schematic modelul matematic 1. Rolul acestui model este acela de a permite modelarea anvelopei, modificând geometria clădirii.

Geometria casei este caracterizată de parametrii specifici, respectiv cotele ce definesc volumele spațiilor interioare și exterioare. Anvelopa este un spațiu intermediar al cărei volum depinde cotele spațiilor delimitatoare. Modelul permite modificarea facilă a geometriei, prin modificarea parametrilor specifici, prezentați în figura 3.5. Cel ce utilizează modelul poate simula diverse mărimi pentru anvelopă, astfel încât prin simulări succesive să poată detecta variantele optime ce conduc la creșterea eficienței energetice a clădirii.

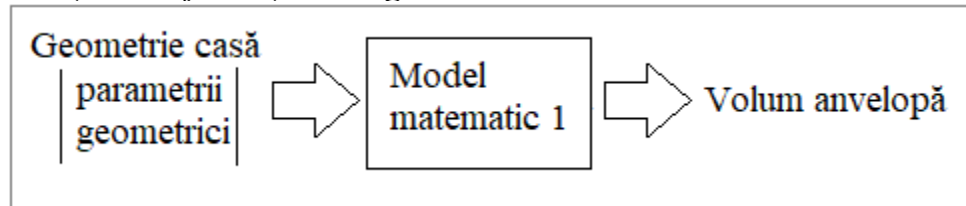


Figura 3.12. Schemă Model matematic 1

INTRARE 1

Geometrie casă - Parametrii geometrici:

L1 – Dimensiune 1 amprentă casă

L2 – Dimensiune 2 amprentă casă

H – Înălțimea până la planșeu

gZi – Grosimea zidului interior

gZe – Grosimea zidului exterior

gG – Grosimea golului (distanța dintre peretele interior și peretele exterior)

MODEL MATEMATIC 1:

A₁ – Aria delimitată 1

$$A_1 = (L1 - 2 \cdot x \cdot gGe) \cdot (L2 - 2 \cdot x \cdot gGe) \quad [1]$$

A₂ – Aria delimitată 2

$$A_2 = (L1 - 2 \cdot x \cdot gGe - 2 \cdot x \cdot gG) \cdot (L2 - 2 \cdot x \cdot gGe - 2 \cdot x \cdot gG) \quad [2]$$

A_{secțiune_anvelopa} – Arie secțiune anvelopă

$$A_{\text{secțiune_anvelopa}} = A_1 - A_2 \quad [3]$$

V_{anv} – Volum anvelopă

$$V_{\text{anv}} = A_{\text{secțiune_anvelopa}} \cdot H \quad [4]$$

IEȘIRE 1

Volum anvelopă:

$$V_{\text{anv}}$$

3.4.5. Modelarea matematică ENERGIE PENTRU VIDARE LA PRESIUNE PRESETATĂ

– Model matematic5

Descriere:

În figura 3.16 este redat schematic modelul matematic 5. Rolul acestui model este acela de a permite modelarea energiei E_{pv} consumate pe perioada de depresurizare la valoare maximă de vid, pornind de la o valoare presetată a presiunii până la care se permite presurizarea. Intrările în model sunt puterea pompei de vidare, denumită P_{pv} și timpul $\tau 3$.

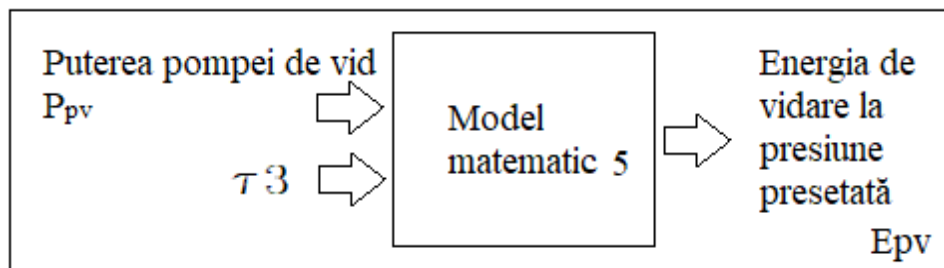


Figura 3.16. Schemă Model matematic 5

INTRARE 5

$\tau 3$ (h) – timpul parțial de vacuumare /depresurizare
 P_{pv} (W) – puterea pompei de vidare

MODEL MATEMATIC 5:

$$E_{pv}(\tau 3) := \int_0^{\tau 3} P_{pv} dx \quad [9]$$

IEȘIRE 5

E_{pv}

Descriere raționament model matematic: Operațiunea de vidare/vacuumare a anvelopei, este una automată și presupune un ciclu de pornire/oprire, funcție de presiunea presetată $p_presetată$, având o valoare cuprinsă între 0 și 1 bar, conform celor prezentate în figura 3.17.

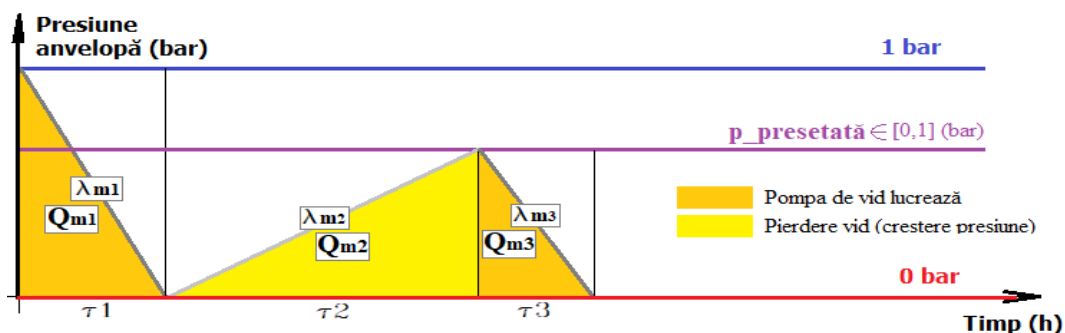


Figura 3.17. Reprezentarea ciclu lui de lucru al pompei de vid în anvelopă
În figura 3.20 este pus în evidență valoarea mult redusă a conductivității termice a anvelopei de vid comparativ conductivitățile aerului și vatei bazaltice.

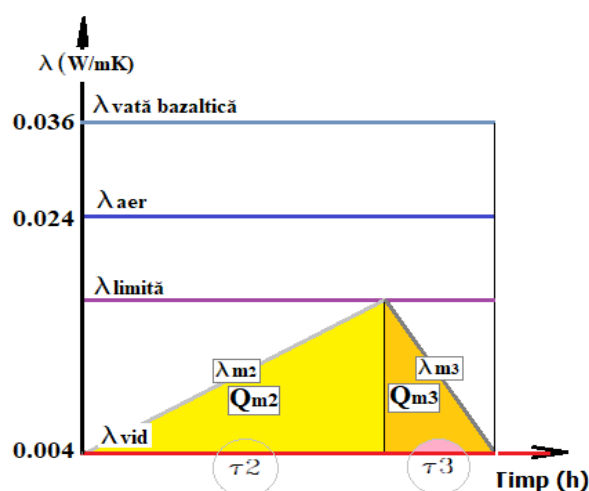


Figura 3.20. Poziționarea valorii conductivității anvelopei în raport cu alte soluții de izolare performante

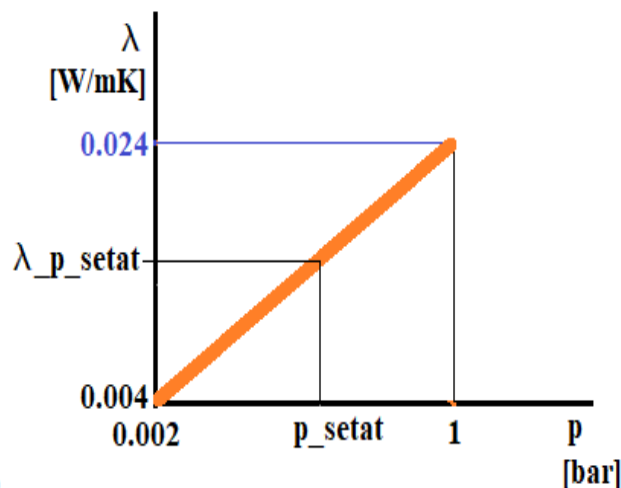


Figura 3.21. Dependența liniară dintre presiunea anvelopei și conductivitatea termică acesteia

Ipoteza de liniaritate a dependenței conductivității de depresiune este una naturală (a se vedea Figura 3.21), dar se poate adânci studiul pentru a determina experimental prin regresie matematică, funcția ce corelează cele două mărimi fizice.

3.5. REZULTATELE SIMULĂRII COMPUTERIZATE

Modelul matematic a condus la realizarea unui *program de simulare*, scris în MathCAD, fapt ce a permis și permite simularea mai multor situații reale în conformitate cu ideile de proiectare ale unor clădiri eficientizate energetic prin intermediul anvelopei vacuumate.

Modelul permite o serie de mărimi de intrare cu rol de variabilă, prin care se pot calcula o serie de rezultate energetice ce ajută proiectantul să găsească soluția optimă pentru creșterea eficienței energetice a clădirii respective.

Referitor la mărimile de intrare ale modelului matematic, acestea sunt:

- Grosimea anvelopei vacuumate (mi1)
- Grosimea zidului interior (mi2)
- Grosimea zidului exterior (mi3)
- Conductivitatea zidului exterior (mi4)
- Conductivitatea zidului interior (mi5)
- Puterea pompei de vid (mi6)
- Capacitatea de vidare (mi7)
- Coeficient de etanșare anvelopă vacuumată (mi8)
- Temperatura exterioară (mi9)
- Temperatura interioară (mi10)
- Geometria amprenteii locuinței (mi11)
- Înălțimea zidurilor (mi12)
- Presiunea setată pentru refacerea vidului în anvelopă (mi13)

Rezultatele simulării, prezentate în acest capitol, se referă doar la studii de caz ce necesită modificarea doar a parametrilor mi1, mi8, mi9, mi10 și mi13.

3.5.1. Studiarea prin simulare computerizată aspectelor cazului energetic experimentat

Se studiază următoarele aspecte ale cazului energetic considerat:

- **Studiul 1. Influența intervalului de presiune din anvelopă**, respectiv presiunea_setată_vacuumare. Reglarea, cu un anumit consum de energie, a nivelului de conductivitate al anvelopei. Dacă etansarea anvelopei este neconformă, energia de a menține vidul este foarte mare și devine nerantabilă această operațiune. Trebuie determinat nivelul minim admisibil de etanșare a anvelopei, la care este eficientă utilizarea vacuumării.

În figura 3.33 sunt redată rezultatele simulării pentru toate cele 3 cazuri ale coeficientului de etanșare prezentate mai sus.

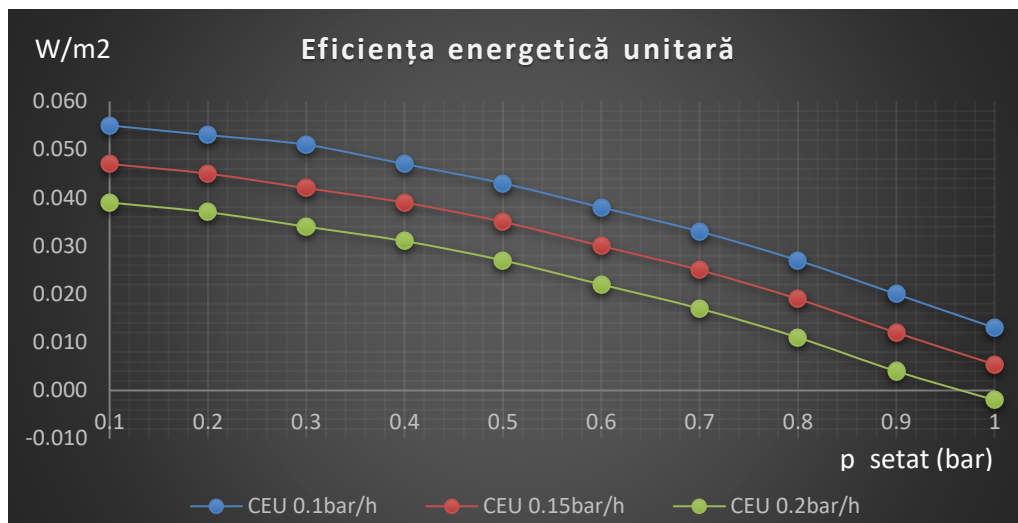


Figura 3.33. Rezultatele simulării pentru 3 situații distincte ale coeficientului de etanșare

Coeficientul de eficiență unitară (CEU) reprezintă energia câștigată per metru pătrat de suprafață, cu cât este mai mare această valoare, cu atât este mai bun rezultatul.

- **Studiul 2. Influența grosimii anvelopei pentru determinarea valorii optime,** pentru o anumită diferență de temperatură medie a sezonului rece, într-o anumită zonă geografică.

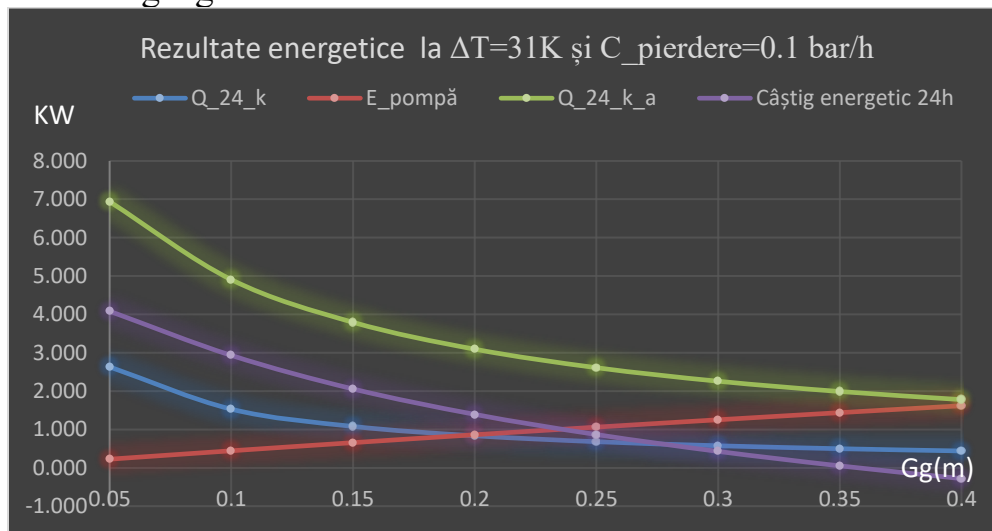


Figura C34. Rezultatele simulării studiului influenței grosimii anvelopei

În Figura 3.34 sunt expuse rezultatele sub formă de grafic, totul fiind funcție de grosimea Gg a anvelopei vid/aer, parametrul studiat. **Câștigul energetic 24h**, reprezintă indicatorul ce permite o evaluare a eficacității fiecărui caz în parte.

- **Studiul 3. Influența diferenței de temperatură asupra eficienței stării de vid din anvelopă**, determinarea valorii minime la care vacuumarea să se declanșeze. Vacuumul trebuie privit ca o operațiune de eficientizare energetică a situațiilor extreme de temperatură joasă, în vederea reducerii consumului în vederea încălzirii clădirii.

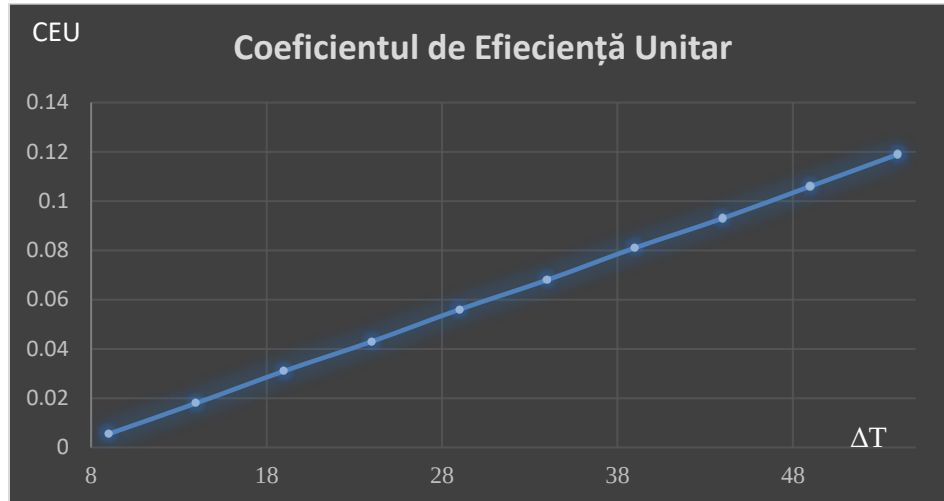


Figura 3.35. Rezultatele simulării influenței temperaturii

În figura 3.35 este redat graficul dependenței dintre eficiența energetică unitară și diferența de temperatură interior-exterior.

- **Studiul 4. Influența mărimii clădirii** asupra eficienței energetice a sistemului cu anvelopă de vid. Cu cât clădirea este mai mare, cu atât eficiența sistemului cu anvelopă este mai mare.

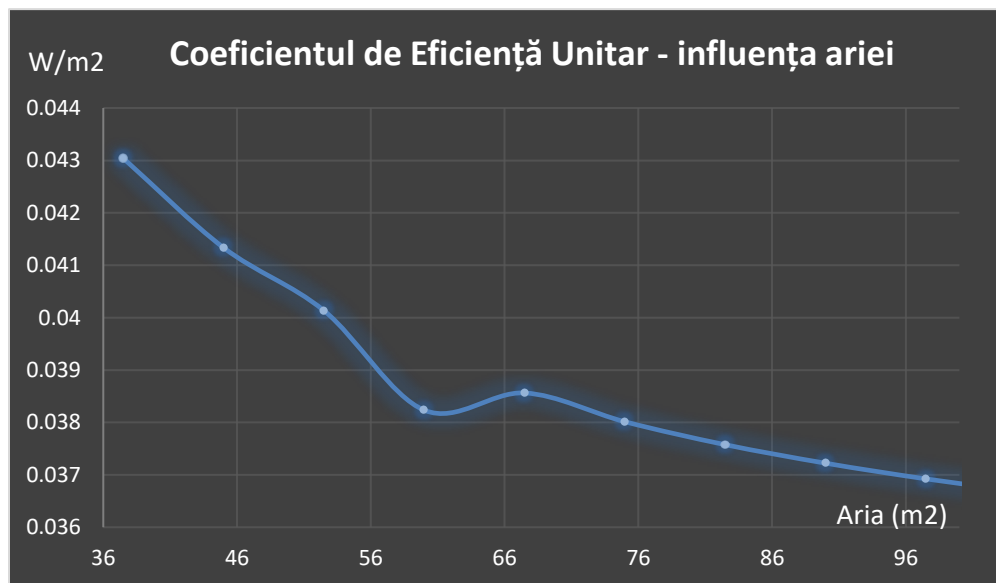


Figura C36. graficul influenței suprafeței anvelopei asupra eficienței energetice unitare

S-a calculat pe cele patru coloane „energetice,,:

- Q_{24_k} - energia disipată prin perimetrul cu anvelopă de vid/aer, timp de 24h, în condiții de anvelopă cu vid;
- E_{pompa} – energia cheltuită un timp calculat pentru pompa, pe durata a 24 h;
 $Q_{24_k_a}$ – energia disipată prin perimetrul cu anvelopă de vid/aer, timp de 24h, în condiții de anvelopă cu aer;
- Câștig energetic 24 h – Diferența dintre energia variantei cu aer și suma energiilor variantei cu vid și a energiei efectiv cheltuite cu întreținerea vidului timp de 24 h.
- Presiunea setată pentru declanșarea vacuumării este $p_{setat_vacuumare} = 0.5$ bar.
- $\Delta T = 24^{\circ}C$, corespunzător mediei de ianuarie a României.

Dimensiunile luate în calcul pentru model sunt:

$L_1 = 7m / 8m / 9m / 10m / 11m / 12m / 13m / 14m / 15m / 16m$,

$L_2 = 4m / 5m / 6m / 7m / 8m / 9m / 10m / 11m / 12m / 13m$, $H = 2.5m$.

În acest fel a fost simulată influența suprafeței perimetrului de anvelopă, asupra eficienței unitare energetice. În tabelul 3.4 sunt redate rezultatele simulării, iar în figura 3.36 este redat graficul influenței suprafeței anvelopei asupra eficienței energetice unitare.

4. Concluzii și contribuții personale

4.1. Concluzii

Energiile regenerabile sunt suficiente pentru a satisface consumul energetic al mapamondului. Randamentele proceselor de conversie a acestor energii regenerabile în energii de lucru sunt încă mici față de randamentele sistemelor energetice convenționale. Cercetarea-devoltarea este accelerată pe creșterea acestor randamente, pentru a se generaliza sursele de energie regenerabilă. Energiile regenerabile sunt, în principal, de tip termosolar, fotovoltaic, eolian, oceanic (valuri, marea, termic), hidroenergetic, geotermal și biomasă.

Dintre toate aceste tipuri de energie, o sursă permanentă pentru exploatare, este energia oceanelor. Putem spune într-un mod plastic că „oceanul nu doarme niciodată”. Problema exploatarea acestui tip de energie, este că straturile flotante sau cele de mal, sunt sisteme complexe ce necesită investiții cadru pe măsură.

Energia eoliană este la fel de exploatabilă în sensul cvasipermanenței, dar doar în zonele geografice ce prezintă acest potențial energetic. Realizarea eolienei este deja un proces de fabricație de masă, iar numărul în exploatare a acestora este unul foarte mare. Randamentul extracției de energie este foarte ridicat, dar permanența acestei surse nu se compară cu cea a oceanelor.

Apele curgătoare sunt un imens potențial energetic, în special acele râuri și fluvii cu debite mari și foarte mari. Randamentul energetic este foarte mare, ceea ce face din acest tip de energie o sursă regenerabilă foarte vizată de energeticieni. Bazinele hidrografice bogate cum ar fi spre exemplu cel din România, reprezintă o adevărată bogăție energetică pentru zona geografică respectivă. Un efect colateral benefic, în existența centralelor energetice, este acela că, reținerea apelor în baraje produce posibilitatea alimentării pânzelor freatice, fără de care sursele de apă potabilă ar fi mai puține și mai limitate cantitativ.

Energia geotermală este la fel de mare ca și cea a oceanelor, în sensul că poate fi exploatată oriunde pe întinsul uscatului, 24 de ore din 24. Pământul este, în sine, o sursă de termicitate, avansând pe verticală către adâncimi ale acestuia. Dar mai există o viziune a potențialului termo-energetic, anume că temperatura de suprafață a solului este cvasi-constantă, reprezentând media termică a anului din această zonă geografică. Spre exemplu, pe paralela 45°, temperatura constantă a solului este de circa 11°C.

Biomasa este o altă sursă energetică străveche. Focul cu lemne și temperatura generată de fermentarea gunoierului de grajd sunt cunoscute din timpuri străvechi. Posibilitatea regenerării pădurii, face din lemn o sursă energetică regenerabilă. Ciclurile naturale zootehnice, produc biomasă ce permite a fi exploatată pentru termicitate și gaze de ardere.

Din studiul **capitolului 1** am constatat că un tip de energie regenerabilă accesibilă în țara noastră este cel termosolar. Din același studiu expus la capitolul 1, am mai desprins o idee legată de un alt tip de energie regenerabilă exploatată în țara noastră și anume energia geofizică. Pe baza acelor idei desprinse din ampla sinteză despre energiile regenerabile am dezvoltat două studii de cercetare în vederea dezvoltării unor sisteme energetice inovative.

Capitolul 2 a fost dedicat studiului transferului energetic între punctul focal al unui concentrator termosolar de tip parabolă și punctul de articulare sferică unde este amplasat un motor Stirling dedicat conversiei termo – electrice. Concentratorii solari sunt sisteme complexe, ce conține dinamică pe tot parcursul zilei, prin intermediul heliostatelor. O dispoziție fixă a concentratorului în raport cu sursa (soarele) conduce la pierderea unei cantități substanțiale de energie, fapt pentru care heliostatul, generează o serie de avantaje constructive, astfel construcția unui sistem concentrator parabolic devine foarte simplă, evitându-se soluția cu amplasarea camerei fierbinți a motorului Stirling direct în punctul focal.

Utilizarea substanței solide (cuprul în speță), permite transferul energetic pe distanțe scurte cu randamente ridicate, ceea ce face posibilă o astfel de soluție termică.

Izolarea traseului de substanță solidă este un punct de bază în creșterea randamentului transferului energetic.

Am utilizat și am cercetat materialele izolatoare din fibre ceramice, caz pentru care am obținut rezultate bune. Dar, ținând cont că există materiale izolatoare mult mai eficiente, rezultatele pot fi mult mai bune decât cele consemnate de modelările și măsurătorile mele.

Modelul în cauză a fost baza realizării unui program de simulare în MathCAD, fapt ce a permis EXTRAPOLAREA. Am utilizat modelul pentru cazuri de secțiune de până la 70 x 70 mm, ceea ce mi-a permis o analiză cantitativ-energetică de apreciere a randamentelor unor sisteme de concentratori din ce în ce mai mari. Rezultatele concrete obținute sunt prezentate detaliat în capitolul 2.

Concluzia, în urma analizei rezultatelor simulate, este aceea că barele izolate cu fibre ceramice reprezintă o soluție viabilă de a transfera energia termică a punctului focal al unui concentrator parabolic, către punctul de articulație unde poate fi amplasat un motor Stirling destinat conversiei termo-electrice.

Concluzia, în urma analizei rezultatelor simulate, este aceea că barele izolate cu fibre ceramice reprezintă o soluție viabilă de a transfera energia termică a punctului focal al unui concentrator parabolic, către punctul de articulație unde poate fi amplasat un motor Stirling destinat conversiei termo-electrice.

Capitolul 3 este dedicat unui model energetic de locuință/clădire ce utilizează energia geofizică. Pământul poate fi privit ca o sursă termică constantă în temperatură, pe toată perioada anului. Acest fapt prezintă un mare avantaj, anume, constanța temperaturii solului indiferent de anotimp. Pământul, ca material, este un izolator imbatabil. Celebrele și totodată arhaicele cărămizi de lut, denumite chirpici, reprezintă o alternativă de construcție ce posedă un grad de izolare excepțional. Pornind de la acest concept străvechi utilizat și astăzi în cele mai fierbinți locuri geografice de pe mapamond, mi-am propus și am realizat un studiu al unei clădiri îmbunătățite energetic, cu privire la utilizarea energiei geofizice ca element determinant de pasivizare.

Pentru acest deziderat am conceput o schemă de locuință tip paralelipiped care are conectate cinci fețe din șase la energia geofizică. Practic vorbim de o locuință îngropată în pământ care beneficiază tot timpul anului de o temperatură exterioară pe aceste cinci fețe de 11°C . Astfel în anotimpul rece, $\Delta T_{\text{ext-int}}^{\text{ext}} = 9-11^{\circ}\text{C}$, iar în anotimpul cald locuința beneficiază de aceeași diferență de temperatură.

Vidarea anvelopei de aer dintre cele două „case” necesită o serie de performanțe în actul construcției, pentru a asigura un grad de etanșare ridicat. Se pot utiliza materialele specifice izolării piscinelor sau a pereților cu infiltrații, sau a pleurelor pentru izolarea acoperișurilor, astfel încât anvelopa sau spațiul de tip termos, să aibă o pierdere de presiune pe unitatea de timp, foarte mică.

Cumulate, cele trei aspecte inovatoare prezentate, conduc la un model de locuință îmbunătățită din punct de vedere al eficienței energetice, foarte atractiv, mai ales în contextul actual al crizei energetice. O astfel de locuință poate fi deservită de panouri fotovoltaice și/sau concentratoare solare, deoarece cantitatea de energie termică necesară încălzirii pe timpul iernii este una foarte redusă datorită gradului de pasivizare energetică conferită de capacitatea geofizică și ideile inovatoare concepute.

4.2. Posibilități tehnice/tehnologice de realizare a pleurei cu vid/aer cu etanșare ridicată și durabilă

Răspunsul la această problemă tehnică constă în:

- 1°. Construirea riguroasă a zidurilor (exterior, interior) cu urmărirea calității operațiunii de zidărie și tencuire;
- 2°. Adezivul pentru zidire va fi unul special cu aditivi chimici necesari de tip piscină;
- 3°. Materialul de tencuit interior/exterior pentru zidul exterior va fi unul special de tip piscină;
- 4°. Materialul de tencuit interior pentru zidul interior va fi unul special de tip piscină;
- 5°. Întreținerea tencuielilor celor două ziduri se va face după cum urmează:
 - 5.1°. La zidul exterior prin exterior;
 - 5.2°. La zidul interior prin interior.
- 6°. Aplicarea izolațiilor de tip pleură specifice acoperișurilor orizontale;
- 7°. Asigurarea unor dopuri speciale (superior, inferior) ale căror caracteristici nu sunt expuse în această lucrare pentru securizarea invenției.

4.3. Contribuții personale:

C1. Studiul amplu pe energii regenerabile exploatate în prezent, cu redarea detaliată a principiilor, cu scheme sugestive ce completează conceptual imaginea sistemelor energetice respective per ansamblu.

C2. Studiul transferului energetic pe substanță solidă în cazul concentratorilor solari, cu izolare din materiale izolatoare din fibre ceramice:

Identificarea materialelor izolatoare necesare unui astfel de transfer prin studiul documentațiilor tehnice de specialitate ce au pus la dispoziție date numerice prin care s-a putut face o selecție.

- Identificarea substanței solide pentru transfer termic, selectând conform cu documentația tehnică materialul din cupru;
- Inovarea conceptuală a unui sistem energetic cu concentrator solar de tip parabolă (în mod special articulația dintre două segmente de substanță solidă);
- Inovarea conceptuală a unui sistem energetic cu concentrator solar de tip Fresnel (în mod special ideea de preluare intermitentă a fluxului termic continuu din concentrator, controlând astfel temperatura maximă din substanța solidă);
- Model matematic complex pentru modelarea fluxului termic prin substanță solidă, ce permite secțiuni și lungime diferite ale unui segment de transfer;

- Simularea unui caz real și analiza comparativă pe baza rezultatelor experimentale dintre datele simulate și cele reale, fapt ce a permis corectarea modelului;
- Determinarea lungimii optime a traseului de substanță solidă din cupru cu secțiunea de 20x20mm.

C3. Studiul utilizării anvelopei cu vid/aer la o locuință izolată pe resursă geofizică (pământ):

- Studiul detaliat al unor concepte de case îmbunătățite energetic prin diverse soluții constructive și materiale integrate
- Inovarea unui tip de locuință prin combinarea a două concepte, respectiv „de casă în casă,, și „bordei,,
- Model matematic complex pentru modelarea tipului de locuință inovat
- Simulări ce au permis optimizarea constructivă a modulelor specifice ale casei în cauză (determinarea grosimii optime de spațiu aer/vid, determinarea presiunii optime al anumite diferențe de temperatură interior-exterior, etc)

Thesis summary: Improving the energy efficiency of buildings, using renewable energy sources

PHD SUPERVISOR:
Professor Nicolae VASILE

DOCTORAL STUDENT:
Ionuț CRAIU

1. The current stage regarding the exploitation of renewable energies

1.1. In-depth analysis of renewable energy sources

Renewable energy, clean energy, energy that comes from natural sources or processes that are constantly fed by the cycles of nature, cycles that express an indubitable reality: **a planet full of energy rendered in many forms**. In this thesis I presented the sources of renewable energy and their applications in energy efficient buildings.

In chapter 1 I presented the current state of the energies produced by our planet, permanent and free, inexhaustible energies and at hand, their non-exploitation representing a weakness, a sin.

The current legislation of the European Union enables the development of technologies for the extraction of renewable energies throughout the world by financially supporting investments in the construction of new energy plants that exploit these types of unlimited and non-polluting energy. This orientation of technical concerns has accelerated research and innovation in this regard.

1)**Solar energy** refers to the use of energy from the sun. Thermal energy and/or electricity can be obtained by installing thermosolar and photovoltaic panels. Solar energy is a renewable energy source because the sun's energy is considered inexhaustible for the present. The amount of solar energy received by the Earth is ten thousand times greater than that consumed per day on all the continents.

a) Solar heat is a released component of solar energy, which is why it is called thermosolar energy. The concentration of thermosolar energy is possible thanks to the fact that solar radiation has a component that can be guided by the light wave that supports reflectivity, so that thermal energy becomes a cumulative

physical quantity in a limited space, causing the appearance of an energy concentrator extracting **concentrated solar energy (ESC)**.

ESC systems are based on the existence of heliostats, without which the capture for the concentration of sunlight would not be possible, on a physical object, far from the heliostat, tangible in a certain direction in space, which is called a **fixed solar concentrator, and on storage systems of energy**.

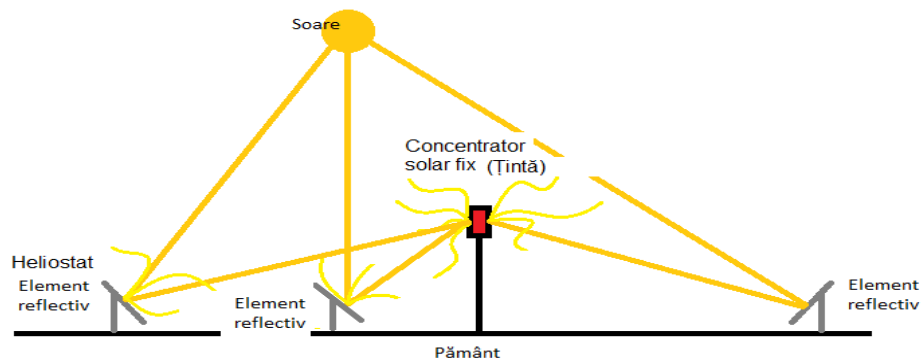


Figura 1. Sistem ESC

b) Photovoltaic energy, another component of solar energy, directly converts solar radiation into electricity using panels made of semiconductor cells. These individualized equipment, intended for individuals or small communities, are the photovoltaic panels, which, although they have a value-centered efficiency of 20%, can generate considerable amounts of electricity for consumption, being a free and accessible energy.

2) Wind energy represents the power of a renewable resource, such as wind, which is transformed into electricity. Harnessing the wind requires the installation of wind farms, either onshore or offshore, with dozens of wind turbines. Solar radiation, so the Sun as well, does not affect the entire surface of the Earth equally, determining areas that heat up more than others, air movements occur, which heats up unevenly, generating wind. Its kinetic energy sets in motion the wind turbines directed in the direction of the air currents, the generators receive the rotational energy and produce electricity.

Wind energy can be used in cogeneration with other energies, when the sun is not shining, the wind might be blowing, or energy is produced with the help of artificial storage lakes, charged with water during peak periods of energy production. Wind farms use wind energy from the heights or from the surface of the seas, so the land can be used for agriculture or animal husbandry.

3) Ocean energy refers to the huge amounts of oscillations inherent in the waters of the seas and oceans. The mechanical energies unleashed by these undulating

movements are immense and can be characterized by the inexhaustible attribute. Oceans and seas comprise about 70% of the planet's surface, practically a continuous source of energy, with non-stop manifestation throughout 24 hours. Three main types of ocean energy are delineated, **with reference to waves, tides and thermals, unequivocally included in the chapter of renewable energies.**

a) Ocean Wave Energy is another type of renewable energy source based on the natural movements of the ocean, which uses the power of waves to generate electricity. Temperature differences in air masses around the globe cause air to move from warmer to cooler regions, leading to wave-producing winds at the surface of ocean water. **In other words, the ocean could be seen as a vast storage collector of the energy transferred by the sun to the oceans, where the waves/waves become the means of transport of the resulting kinetic energy at the surface of the oceans.** The kinetic energy of the wave moves a turbine attached to a generator, which produces electricity.

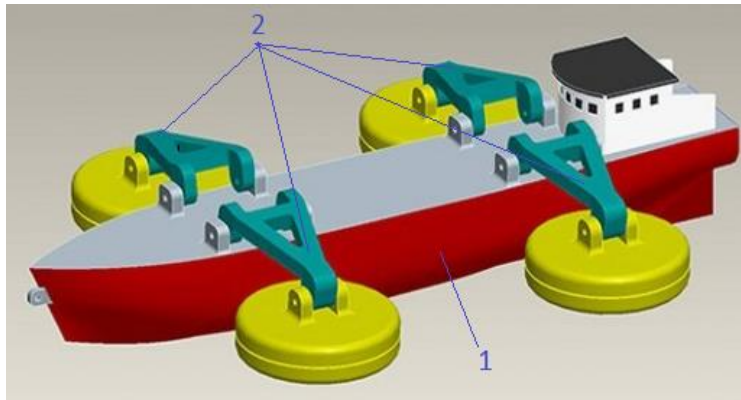


Figure 2. Marine power plant no. 1 for the exploitation of wave energy

The permanent movement of the waves will lead to the permanent oscillating rotary movement of the legs-lever integrated into the marine platform of the plant, which leads to a 24-hour operation of the renewable resource.

b) Tidal energy In contrast to the case of waves, tides are consistent increases in the level of the oceans by moving huge amounts of water from offshore to land (flow) and from land to land (reflux). This displacement has the effect of raising the water level, but the driving forces that will actuate the turbines of the power plants are developed horizontally.

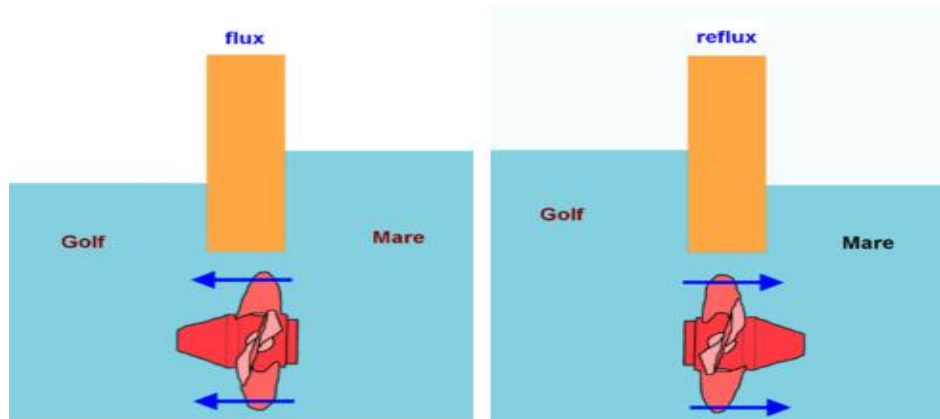


Figure 3. The principle of exploitation of tidal energy

The use of the plant's turbines involves positioning them in the central area of the openings where the flow speeds are maximum, setting the specific vanes in rotational motion. The major advantage of this type of non-conventional power plants is that maintenance is very simple and inexpensive. Added to this aspect are the attributes of non-polluting and inexhaustible, a fact that leads to a sustainable development of the energy component of this type.

c) **Ocean thermal energy** is another technology based on the energy resources of the oceans, which extracts the potential energy stored in them using the different temperature layers in the water. The temperature differences between the deep and surface layers of the ocean are used to generate electricity. Fluids are used (freon, propane, ammonia, etc.) that condense at the depth water temperature and boil at the surface water temperature.

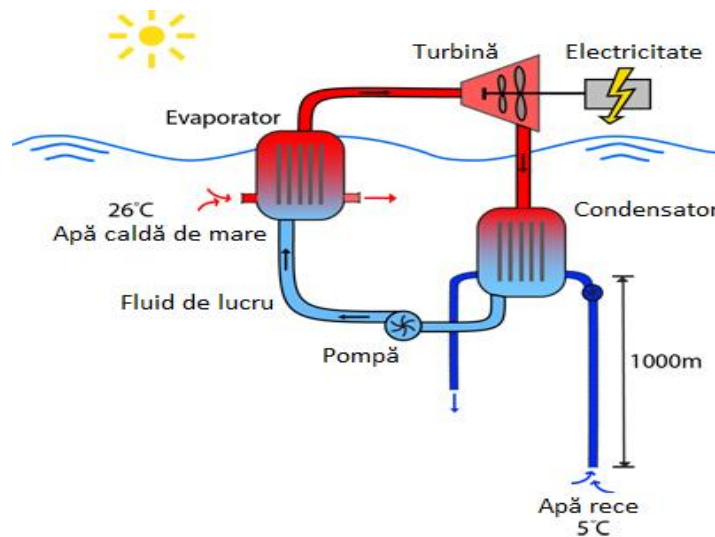


Figure 4. Closed cycle SETO operating principle

Closed cycle SETO. A closed-cycle ocean thermal energy conversion system, shown in Figure 4, uses a low-boiling working fluid, typically propane or ammonia, in a closed, sealed circuit to drive a turbine. Warm water from the surface ocean is pumped into an evaporator where liquid ammonia is pressurized. This pressure causes the ammonia to boil and the resulting vapors are used to drive a turbine which in turn drives an electrical generator. Cool water from deep ocean layers is pumped through the other side of a heat exchanger, which causes the ammonia vapor to condense back into a liquid. The liquid ammonia is then pressurized again by a pump and the cycle begins again. This type of energy system is a clean, renewable energy source that harnesses seawater to generate electricity and works by using ocean water as an abundant and nearly limitless energy source.

4) Hydropower refers to the potential energy of running water, water that springs at high altitudes and flows towards the plateau, finally reaching the sea through the hydrographic network, i.e. at the zero level. Hydroelectric power can be obtained with the help of water accumulated in reservoirs, reservoir hydropower plants, while the energy obtained from the flow of the river defines river-type hydropower plants.

Storage hydropower: these technical systems for producing electricity are connected to conventional energy systems (Figure 5.3.), to compensate for consumption fluctuations during certain periods of the day. At night there is an energy surplus in the distribution networks, because a large number of consumers no longer use electricity.

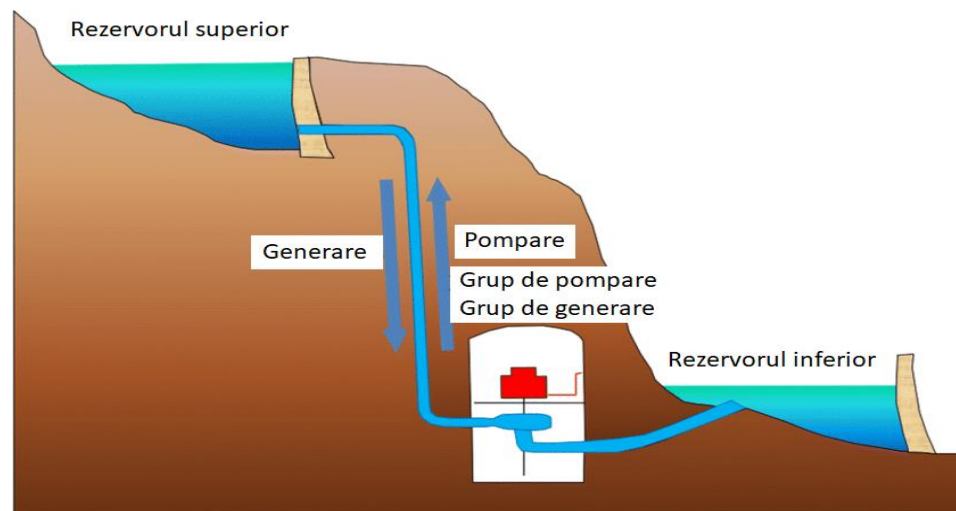


Figure 5. Storage hydropower

During these periods of reduced consumption, the existing energy in the network can be used for the hydro-potential storage of water in specially arranged

reservoirs or natural reservoirs (lakes, craters extinguished by volcanoes, etc.). The generators work as engines, driving the turbines which this time become pumps that fill the storage tanks with water from a neighboring lake/river into which it flows when electricity is produced. These systems are hydropower accumulators adjacent to energy distribution circuits.

A disadvantage induced by the construction of these hydropower sites is that, during the development and construction of the system itself, the ecosystem is disturbed locally, but over time, a restoration and resettlement of the flora and fauna, even an ecosystem flourishing with characteristics which he did not possess before this action. Pumping the existing water in the reservoirs is a solution that ensures household activities, animal husbandry and irrigation in agriculture.

5) Geothermal energy comes from the Earth's natural heat, primarily due to the decay of naturally radioactive isotopes of uranium, thorium, and potassium. Due to internal heat, the heat flow of the Earth's surface averages 82 mW/m², which means a total heat of about 42 million megawatts. In general, resources above 150°C are exploited for electricity generation and resources below 150°C are used in direct heating and cooling. Following some calculations made by me, I found that:

The magnitude of the world's low-temperature geothermal resources is about 140 ExaJoules/year of heat, or one-third of the world's current energy consumption. This value, translated into common power multiples, is $140 \times 10^{18} \text{ J/year}$, which is $140 \times 10^{18} \times 278 \times 10^{-6} \text{ (W/year)} = 38,920 \times 10^{12} \text{ (W/year)} = 38,920 \times 10^6 \text{ (MW/year)} = 38,920 \times 10^3 \text{ (GW/year)} = 38,920 \text{ (TW/year)}$. If we calculate the requirement of a house with 4 people at the value of 300 KW/month, then the requirement of this house is $300 \times 12 = 3600 \text{ (KW/year)} = 3.6 \text{ (MW/year)}$. The world's low-temperature geothermal resources would provide the energy needs of about $10800 \times 10^6 \text{ homes/year}$, covering a population of about 43,200,000,000 inhabitants, which is about 6 times the current population of the globe.

The main advantage of geothermal heating and power generation systems is that they are available 24 hours a day, 365 days a year and are only shut down for maintenance. Power generation systems typically have capacity factors of 95% (that is, they operate at near full capacity throughout the year).

In conclusion, geothermal energy represents a significant energy potential, which must be exploited at a much higher level in the near future, because it ensures an uninterrupted exploitation time at a quasi-constant level, a fact that ensures an archisufficient degree of predictability.

6) Biomass energy. Biomass refers to "the amount of matter constituted by living organisms per unit area or volume" in an aquatic or terrestrial environment. Precisely, biomass represents the mass accumulated by all living organisms in a certain space. Biomasses are considered renewable energy sources of biotic origin, that is, they are substances whose exploitation time is comparable to that of regeneration or have a fairly short recovery period, but if the supply of one of these plants is ensured by clearing a forest, it is quite obvious that we are not dealing with a renewable resource.

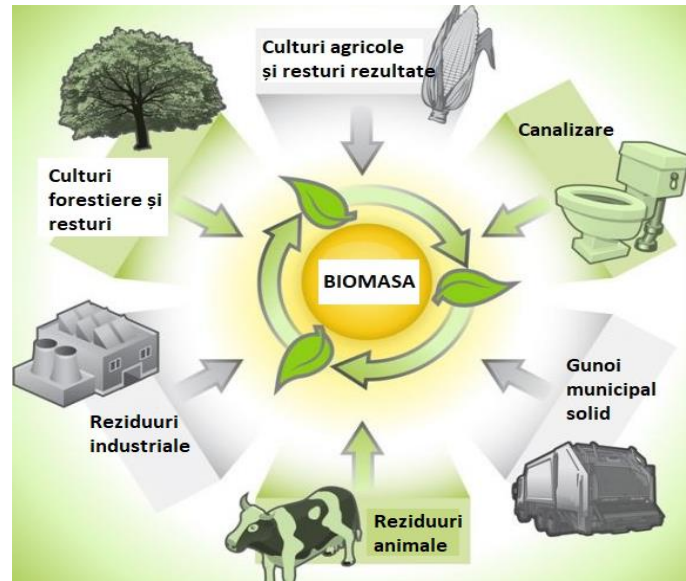


Figure 6. Biomass and its origin

As can be seen in figure 6., the origin of the biomass is diverse. Therefore, among the most common biomasses we can find: special agricultural crops (such as rapeseed) and residues resulting from harvests in general, special forest crops (such as energy willow) and residues resulting from exploitation, industrial residues (such as used oils), animal waste (such as dung), municipal waste or waste from the sewage system.

In figure 7, we proposed a direct combustion energy system for conversion with cogeneration, powered by biomass, using as biomass inputs two organic components analyzed comparatively in the example above. The system produces electricity, thermal energy for home heating and domestic hot water.

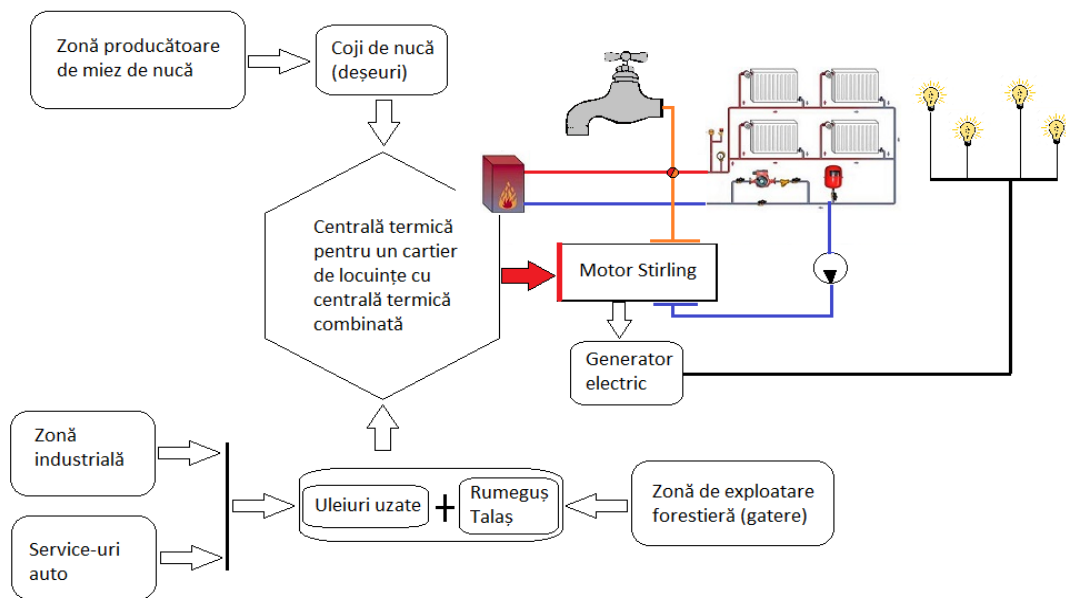


Figura 7. Sistem energetic de conversie cu cogenerare alimentat de biomasă

Biomass thermochemical conversion processes are based on the action of heat that favors the chemical reactions necessary to transform matter into energy.

Among them we list:

- direct combustion
- pyrolysis, a process that involves heating biomass at high temperatures (between 400 and 800 °C) in the absence of oxidizing agents (air or oxygen) or with a very small amount of oxygen
- massification/gasification, on the other hand, consists in the transformation of a solid or liquid fuel into gaseous fuel, in the specific case of biomass, this takes place through thermal decomposition (partial oxidation) at high temperature (900÷1,000°C). The gas produced is a mixture of water vapor and N₂, accompanied by suspended ash and traces of hydrocarbons.

7) Study problems addressed in the paper and methods of solving them

Due to the terrestrial omnipresence of solar energy, renewable energy, I have chosen to direct the research, in a special chapter, to solar concentration systems and the conversion into mechanical energy to drive electric generators.

In this paper I have turned my attention to parabolic solar concentrators, which are easy to build and can be installed anywhere geographically. This type of concentrator works efficiently with the Stirling engine thermo-mechanical converter. In the existing cases in operation, the Stirling engine is placed directly at the focal point of the concentrator parabola, there being mechanical difficulties of placement at this given point, as well as with gauge restrictions.

In Chapter 2, I focused research to test the possibility of a paradigm shift regarding the location of the Stirling engine in the vicinity of the focal point. Thus we introduced the notion of a solid substance path for the thermoenergetic transfer of cumulative energy by convergence in the focal point of the reflecting parabolic surface. We designed an experiment to quantitatively study energy transfer between two points at a certain physical distance, connected by a continuum of highly conductive solid matter and outer insulation of materials with very high insulating properties. The qualities of the two materials resulted in obtaining an efficient means of energy transfer between the focal point of the solar concentrator and the Stirling engine required for the thermo-mechanical conversion.

In chapter 3, we conducted an applied research towards geothermal energy, reducing the seasonal temperature difference between the inside and outside of a house, built according to the ancient model of "bordei" and "thermos" which we enclosed in an innovative model with thermo properties - high insulators. The energy efficiency study of this proposed housing model was carried out by computer simulation, based on a model built exclusively on the mathematical relationships included in the energy standards. In this study we introduced the use of vacuum in a buffer zone (house in house). By controlling the vacuum, we influenced the thermal conductivity of the double walls of the locinus, between the air-specific value and the vacuum-specific value. I presented the results of the experiments along the way as well as a method of sealing execution in the Conclusions chapter.

2. Research of the energy transfer between the focal point of the solar concentrator and the Stirling engine, through solid matter

Concentrated solar energy is a field of exploitation of renewable sources and involves several ways of capturing and transforming them into electricity. One of the technical possibilities included in this energy field is the use of parabolic surfaces to concentrate solar energy in one point. The transport of this energy to the electrical energy conversion equipment is carried out by means of a thermal agent most of the time. This agent is a cross-linked liquid substance in a pumping installation (by applying pressure). The present study tests the effectiveness of heat-energy transfer through solid matter, with direct discharge in Stirling engines.

The current industrial situation implies an increased energy consumption, consumption which mainly involves conventional sources, which leads to considerable emissions of carbon dioxide (CO₂), with effects on the environment that pose serious problems for the quality of life, as well as the result of climate changes, with the effect totally negative, in the long term with possible irreversible transformations of the planet. In this delicate context, the increased use of renewable sources with the non-polluting attribute is required. The sun is a body that radiates heat, heat that is not used, is "lost" in natural cycles. Using this thermal radiation requires the use of non-conventional technologies, which we will explain in the following.

2.1. The Stirling engine is a piston heat engine that uses the energy generated by an external heat source on its closed chamber, the heated air/gas in the chamber expands and compresses moving pistons that produce mechanical energy.

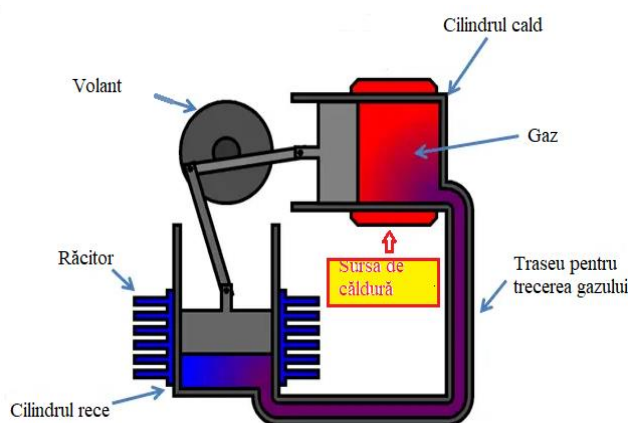


Figure 2.0. Energy conversion system with cogeneration powered by biomass

2.2. Types of Stirling engines

a) Alpha Stirling. Figure B.0 shows this engine, which has high power but has disadvantages due to the increased temperature and sealing in the hot piston area.

b) Beta Stirling. This type does not have sealing problems like the alpha type engine.

c) Stirling range

2.3. Advantages of the Stirling engine

The Stirling engine can run on any heat source, solar, geothermal, nuclear, wood, gas, oil or biomass. The Stirling engine converts heat into mechanical energy and the generator converts mechanical energy into electrical energy.

- Fuel consumption, fuel mixture can be precisely monitored;
- Renewable energy sources, clean and cheap energies can be mainly used;
- Maintenance is simpler, lubrication longer than with other thermal engines;
- They have a simpler structure compared to those with internal combustion.

Today it is mainly used in parabolic concentrators, mounted in the focal point for the production of electricity, it practically produces electricity from renewable energy with low costs, consuming low consumables.

2.4. The main solar concentrating systems in use today

The following are solar concentrator devices currently used for the production of non-conventional electricity.

a) Solar parabolic concentrator.

It captures solar energy, by means of a reflective surface of parabolic shape, a shape that has the property of concentrating parallel solar rays in a single point, called a focus

At the focal points of these parabolic surfaces are placed the energy receivers, the Stirling/Brayton engines in combination with electrical generators. To increase the thermo-mechanical conversion efficiency, a combination of Stirling and Brayton engines is practiced forming a complex system, with up to 10% efficiency compared to the case of their individual use. As can be seen, 10% is a relatively small percentage, but at the same time a large percentage, because solar energy is "free" and capturing 10% more over long periods of time leads to substantial

savings, which is why the percentage discussed it is big and not small, as it seems at first glance.

b) Solar trough concentrator

Solar energy is captured by means of a trough with a parabolic cross-section, which reflects sunlight on a line located in its focus, a line called the focal line. Typically, a thermal medium fluid pipe is used to capture and transport/transfer the energy to a heat exchanger. The temperature of the fluid can reach 400°C. The efficiency of such a system in terms of heat-electricity conversion is 15%.

c) Fresnel reflector type concentrator

In this type of system, solar energy is captured by means of strips (strips) of mirror as reflectors, with single receiver and sun tracking systems. As in the SPT case, the conversion involves steam and a tube-generator system. The sun's rays are reflected at the points on a collector line, through which the pipe with the saline fluid agent passes; reflection is like a Fresnel lens, which directs a light flux to the same point, regardless of the incidence of the source flux.

2.5. Innovative heat transport systems through solid matter in energy production with solar concentrators

The current systems with Stirling engines have been exploited since the 80s, with the characteristic of placing the engine right at the focal point of the parabola. This fact has a series of inconveniences related to this disposition of the engine, complicating the mechanical support structure, limiting the engine power to mechanically acceptable dimensions in order to support it in position and last but not least the obturation of a certain percentage of the collecting area of the parabola.

In this context, we thought of studying the possibility of thermo-energetic transfer from the focal point to the hot chamber of the Stirling engine, through the solid substance. If the obtained returns are satisfactory to good, the PTC architecture can be rethought. So that the layout of the Stirling engine can be brought to a much more advantageous position from a structural point of view, which will allow an increase in its energy capacity, a fact that will attract larger dimensions, as well as a release of the capture area, rendering and the entire working area of the collector parabola.

The central idea is to test a heat-energy transfer efficiency over a considerable distance, namely 0.5 m, using the advantages of solid Cu and ceramic fiber insulating materials. The distance of the transfer path and the corresponding

efficiency, become the essential parameters that can raise the feasibility of such a solution for a PTC system with a Stirling engine.

The original idea that I proposed through the present case study, an idea that I will detail in the following, refers to transporting solar energy, through a means other than the liquid medium, maintaining high energy performances. So we started a series of technical-scientific steps to prove the possibility of transporting thermosolar energy by means of a solid substance route, namely a copper body with a constant section to connect the solar capture point ("hot") and the point of heat transfer to a thermodynamic machine to obtain mechanical work and, implicitly, the permanent operation of an electric generator, as the energetic finality of the system as a whole. The purpose of the study is the mathematical model through which calculations can be made for other cases of sections, comparing the energy yields obtained from one case to another.

Concretely, I set out to study a technical solution **for transport with solid substance**, of the thermal energy accumulated through a parabolic-type thermosolar system, with a sun tracker. So we innovated a system consisting mainly of a solid track, in this case a copper bar with a rectangular section, to allow the two specific movements of following the sun throughout a day, from sunrise at its sunset. An uninterrupted path of solid substance, in this case an uninterrupted bar, with adequate insulation so that heat losses are reduced to a very low level, can become a viable technical solution of energy transfer between the hot spot of the solar thermal capture system and the system of thermodynamic conversion that will produce the mechanical work required to operate the electric generator.

In figure 2.1. the concept of the innovative system with energy transport on a route made of solid substance is shown, in which the basic elements that compose it are shown. The description of this system includes the following considerations:

- The parabolic system is a classic one, which allows two movements to follow the sun, both through AZIMUT and TILT rotation.
- The parabolic element is mechanically attached to the segment generically named FOCAL SUPPORT, and this in turn is attached to the segment generically named VERTICAL SUPPORT. These two segments are hinged to each other, thus allowing the tilting movement of the FOCAL SUPPORT segment relative to the VERTICAL SUPPORT segment
- THE THERMAL TRANSPORT PATH, is formed by two copper segments with the same rectangular section, articulated between them by means of a joint generically called ROUTE JOINT. The construction of this joint is special, so as to

maximize contact surfaces between the two segments. Each segment of the route is insulated with a material generically called **INSULATING THERMAL ENVIRONMENT**. At the joint of the route, where the two segments move relative to each other, an additional isolation system is added. An element with the role of a thermal condenser, generically called **CAPACITIVE THERMAL ENVIRONMENT**, was introduced into the system to store an additional amount of heat to give up when a thermal fluctuation occurs, in the sense that the temperature drops compared to the average temperature installed on the route.

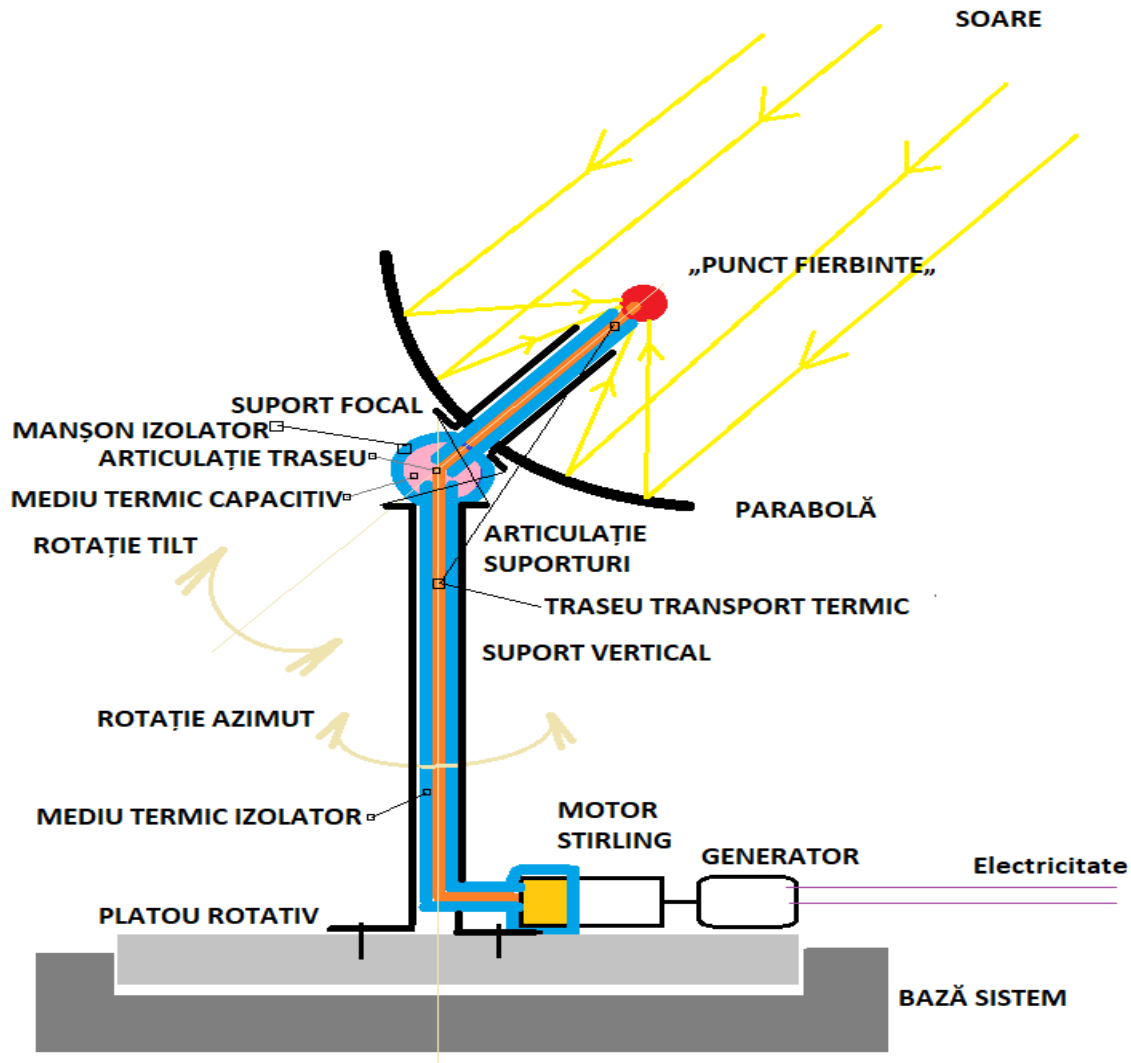


Figure 2.1. The innovative system with energy transport on a solid substance route

- THE GENERATOR is driven by the STIRLING ENGINE, ultimately producing electricity, electricity channeled to a storage and distribution system.

The efficiency of energy transport requires a series of special material properties:

a) **High thermal conductivity** The material chosen for the construction of the thermal (energy) transport route segments is **COPPER**. Silver has the best thermal conductivity, followed by copper. Copper was chosen because it is cheaper.

b) **The reduced thermal conductivity** of the insulation materials of the solid substance chosen for the energy transfer. **The material made of ceramic fibers** has excellent thermal insulating properties.

c) **High melting point** of the complementary solid substance used to reduce thermal fluctuations in the energy transport route.

2.6. The designed experiment

To study the energy transport efficiency of the innovative energy system, we designed the following experiment plan:

1. Physical realization of an energy transport path with copper segments with a rectangular section of 20 mm x 20 mm. The length of the energy transport path is 500 mm.
2. Thermal transfer tests involve an interactive temperature measurement at 5 specific points for the length of 500 mm:

A DATA LOGGER system with 5 temperature probes was used, through which real-time data was downloaded in CSV/XLS files. The experimental data clouds were filtered and processed according to statistical mathematical methods, for the exact determination of thermal energy flows circulated on the ENERGY TRANSPORT ROUTE of the INNOVATED ENERGY SYSTEM.

Scheme of the performed experiment

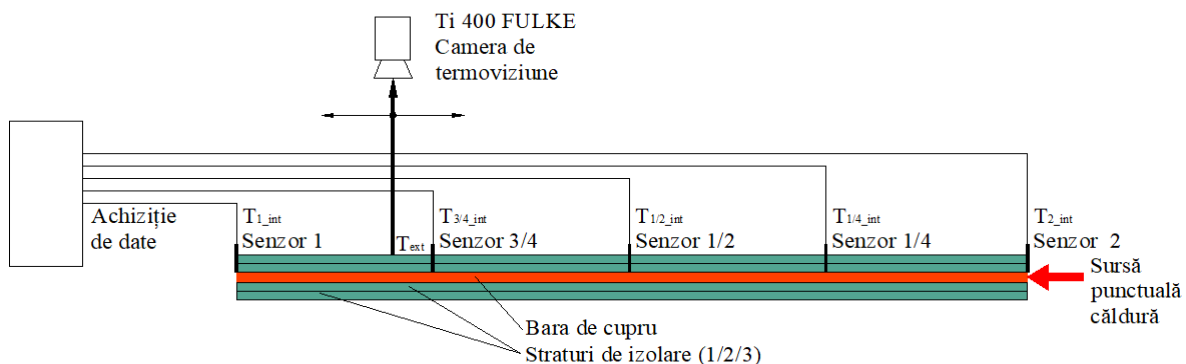


Figura 2.2. Setup experimental. Amplasare traductoare de temperatură și schema măsurării

2.7. Mathematical modeling

The mathematical model of the ENERGY TRANSPORT PATH was built, based on experimental data and energy transfer laws, finally determining the ENERGY YIELD of the energy system from the case study. The obtained mathematical formula represents a mathematical model for describing a system of this kind, to which the input data can be varied, in this case the dimensions of the section of the solid substance route, keeping the insulation with ceramic fibers at the same parameters.

2.8. The tested thermal energy transfer route

To test the idea and develop a study in this regard, we used copper Cu (food grade copper with 99.9% purity) as a solid substance for thermo-energetic transfer and ceramic fiber plates for path insulation.

In Figure 2.3. the thermoenergetic transfer route is presented, with the two distinct areas, respectively the solid substance and the insulating layer of ceramic fibers.

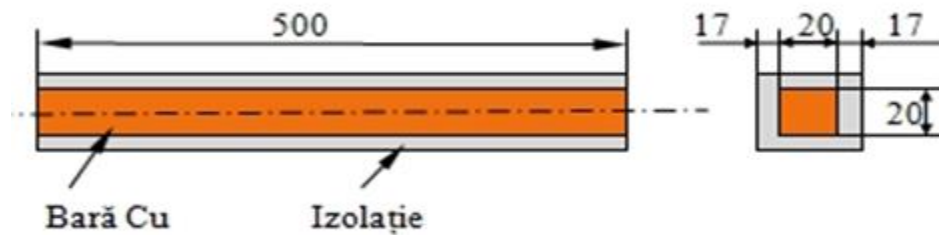


Figure 2.3. The thermal energy transfer route



Figura 2.4. Camera de termoviziune Ti FLUKE 400

To measure the external temperatures, at the shell level, the thermal imaging camera is used, which can be seen in Figure 2.4.

The general diagram of the heat transfer between the Focal Point of the Solar Parabola and the Stirling Engine and the calculation principle of the heat transferred on the energy transport path with solid substance.

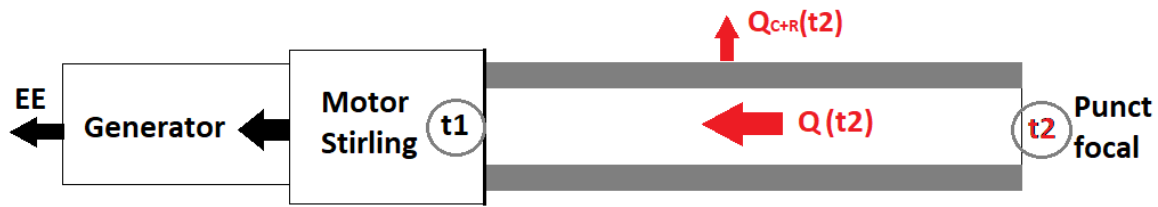


Figure 2.5. The energy system of a parabolic solar concentrator

The working devices are, in order, according to figure 2.9, the following:

- The parabolic solar concentrator
- The thermal transport route
- The Stirling engine
- The electric generator

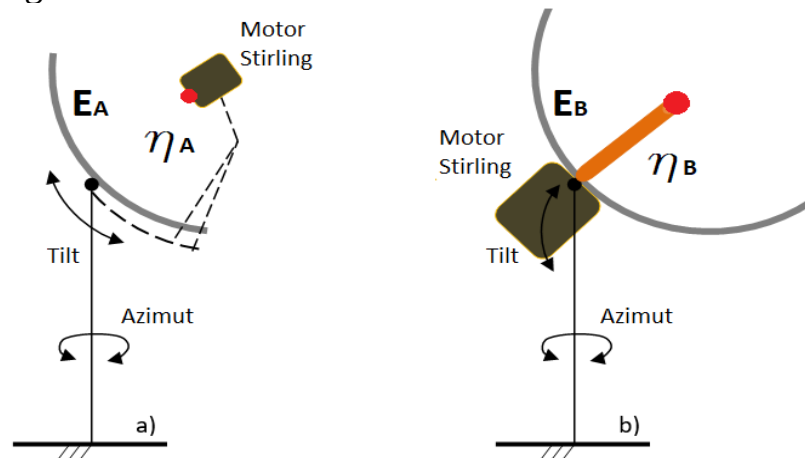


Figure 2.6. a) Thermo-mechanical converter in the focal point (current paradigm); b) Thermo-mechanical converter at a distance from the focal point (proposed paradigm)

The thermal energy transfer efficiency in case a) is over 90% of the EA energy, but the thermal energy transfer efficiency in case b) can be 60% 70% of an energy b) greater than a).

The case:

c1. $\eta_A \cdot E_A \approx \eta_B \cdot E_B$ (it makes sense because it reduces the complexity and costs of the mechanical solution) Through the case studied, the experimental results demonstrated that we place ourselves on this case, but for small transport distances (particularly: for the 20x20mm section the maximum transport distance effective being 500 mm)

c2. $\eta_a \cdot EA \gg \eta_b \cdot EB$ (then the new paradigm does not make sense)

c3. $\eta_a \cdot EA < \eta_b \cdot EB$ (ideal for paradigm shift)

A parabolic system can be designed for small electrical powers, with a simple construction (figure 2.6.b), in which a thermal transfer path can ensure a high enough efficiency that the normal operation of a Stirling engine can be maintained that puts an electric generator in operation.

We can talk about the study of the possibility of this new type of arrangement of the Stirling engine in the parabolic solar concentrator. The basic idea from which it started, is that thermal-insulating materials have reached very low thermal conductivity values, which allows the establishment of thermal transfer paths between the "hot spots" of solar concentrators and conversion systems at optimal distances thermo-mechanical-electrical, which have the Stirling engine as the central conversion element.

2.9. Pulse heat source – innovation (concept)

In figure 2.7. the working scheme of an innovation belonging to this doctoral thesis is presented, in which a heat source in pulses was designed, which is actually a heat transfer path made of solid substance interposed between the "hot spot" of the solar collector, in in the present case, a Fresnel lens, and the thermo-mechanical-electrical conversion subsystem, with a computerized control being applied that allows limiting the temperatures circulated in the register of maintaining the "solidity" of the route, so that the value of the thermal energy transferred is maximum, and the copper bar remain intact.

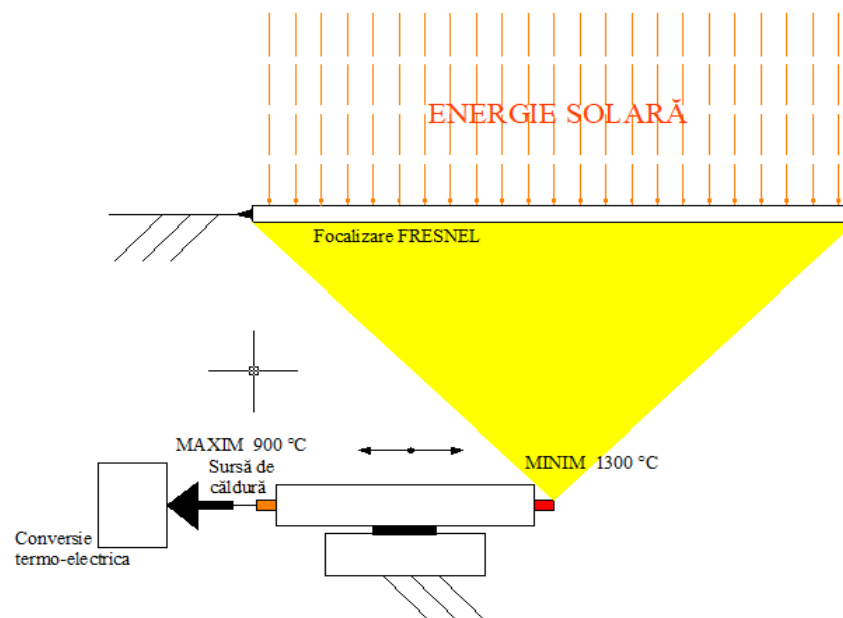


Figure 2.7. Heat source in pulses

2.10. Mathematical model of heat calculation through the thermal transport path with solid substance

The propagation of heat through thermal conduction involves its passage from close to close, through the immobile layers of solids, through the diffusion of free electrons.

In the case of the permanent regime, the temperature of the bodies depends only on the coordinates of the point and the temperature equation is of the form:

$$t=f(x,y,z) \quad (2.1)$$

The amount of heat that passes along the normal direction to the surface, in the unit of time, represents the heat flow Q , expressed in W; by unit flux is meant the flux passing through the unit area, $q[W/m^2]$.

The value of the heat flux passing through the conduction is given by the Fourier equation:

$$dQ=-\lambda \frac{\partial t}{\partial n} dS \quad (2.2)$$

where:

λ – represents the thermal conductivity of the material, in W/mK;

$\partial t/\partial n$ – the temperature gradient along the direction normal to the surface;

dS – the surface element through which the heat flux dQ passes.

The heat-energy transfer path from the solid substance assumes, for an increased efficiency, a maximum thermal conductivity of the solid substance and a minimum thermal conductivity of the heat-insulating material covering the solid substance. Heat lost by radiation is ignored in the calculated model. The heat lost by convection is taken into account in the relation of the mathematical model, for the cases of multilayer insulation, respectively with 1 layer, with 2 layers and with 3 layers of 17 mm each. Starting from the problem of heat transfer for an uninsulated bar, in which the mathematical relation between the temperature at the hot end and the heat Q transmitted along it is developed, the relation for the heat transmitted through the insulated bar, taking into account the heat lost, was determined through the lateral surfaces of the constituted route.

Temperature variation along the bar corresponding to the case of finite bar of reduced length ($x = l$)

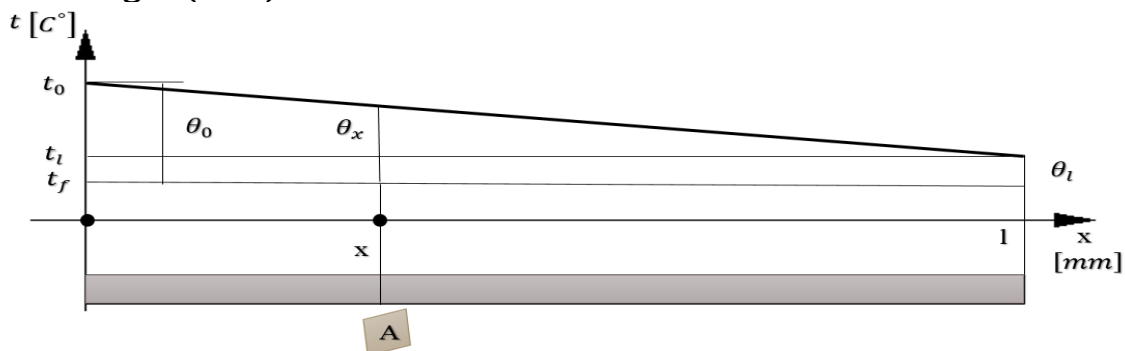


Figure 2.8. The problem of temperature variation along a short bar

$$\theta_x = \theta_0 \cdot (\text{ch}[m \cdot (l-x)] + \alpha / (\lambda \cdot m) \cdot \text{sh}[m \cdot (l-x)]) / (\text{ch}[m \cdot l] + \alpha / (\lambda \cdot m) \cdot \text{sh}[m \cdot l]) \quad (2.3)$$

The dimensionless coefficient m is calculated by relation (2.4):

$$m = \sqrt{(\alpha \cdot P) / (\lambda \cdot A)} \quad (2.4)$$

In the following, the heat flux Q corresponding to the case of a finite bar of reduced length is calculated, for the particular case $x=0.5$ m

Cu bar perimeter:

$P = 0.02 \text{ m} \cdot 4 = 0.08 \text{ [m]}$, where the section of the bar is 20 mm x 20 mm, that is 0.02 m x 0.02 m.

Cross-sectional area of the Cu bar:

$$A = 0.02 \text{ m} \cdot 0.02 \text{ m} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ [m}^2 \text{]}$$

Cu bar length:

$$l = 0.5 \text{ [m]}$$

Convection coefficient for Cu, for bars with dimensions <30 mm:

$$\alpha = 9 \text{ [W/(m}^2 \cdot \text{K)]}$$

Thermal conductivity coefficient for Cu:

$$\lambda = 395.42 \text{ [W/(m} \cdot \text{K)]}$$

We deduce the value of m :

$$m = \sqrt{\frac{\alpha \cdot P}{\lambda \cdot A}} = \sqrt{\frac{9 \cdot 0.08}{395.42 \cdot 0.0004}} = 2.133570199114, \text{ we adopt the approximate value}$$

$$\text{of: } m = 2.134$$

Determination of the ratio $\alpha / (\lambda \cdot m)$:

$$\frac{\alpha}{\lambda \cdot m} = \frac{9}{395.42 \cdot 2.134} = 0.0106657$$

We adopt the value:

$$\frac{\alpha}{\lambda \cdot m} = 0.01067$$

Determining the argument of hyperbolic functions $m \cdot l$:

$$m \cdot l = 2.134 \cdot 0.5 = 1.067$$

The literal expression of the heat flux is given in the mathematical relation (2.5)

Relation (2.5):

$$Q = m \cdot \lambda \cdot A \cdot \theta_0 \cdot \frac{th(m \cdot l) + \frac{\alpha}{\lambda \cdot m}}{1 + \frac{\alpha}{\lambda \cdot m} \cdot th(m \cdot l)}$$

We deduce according to the relation (2.5) and the numerical values above, the numbered relation (2.6), necessary to calculate the heat flow:

The relation (2.6):

$$Q = 2,134 \cdot 395,42 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \cdot \theta_0 \cdot \frac{th(1,067) + 0,0106657}{1 + 0,0106657 \cdot th(1,067)} = 0,2674 \cdot \theta_0$$

Relation (2.6) refers to the case of the uninsulated Cu bar. The application of special insulation with ceramic fibers has the reason to raise the value of the heat flow transmitted to higher values than the one resulting from the calculation regarding the non-insulated bar.

After entering the particular data of the coefficients above, relation (2.3) becomes relation (2.7):

$$\theta_x = \theta_0 \cdot (0,103812 \cdot e^{2,134 \cdot x} + 0,896148 \cdot e^{-2,134 \cdot x}) \quad (2.7)$$

During the experiment, temperatures were taken from certain sections of the bar insulated with ceramic fiber plates.

In table 2.2 is a sample of data to exemplify how to store the experimental data, on sets taken at a certain time when the experiment took place and an order number given by the minute at which the actual data was taken for each individual temperature, of the 5 sections considered and sensorially equipped for temperature interception.

Ceas	Minut	T1_ext	T1_int	T3/4_ext	T3/4_int	T1/2_ext	T1/2_int	T1/4_ext	T1/4_int	T2_ext	T2_int
3:23:09 p.m.	133	37	217	41	234	42	251	43	294	43	337
3:24:09 p.m.	134	37	218	41	235	42	252	43	294	44	337

2.11. The ceramic fiber plates chosen for the insulation of the thermal energy transfer route

They are manufactured by a wet vacuum forming process, from a mixture of crushed ceramic fiber with inorganic or organic binders.

Ceramic fiber boards have low thermal conductivity coefficient, high thermal stability and excellent thermal shock resistance.

Classification temperature ranges from 1140°C to 1540°C, working temperature up to 1400°C, density (kg/m³): 300-350.

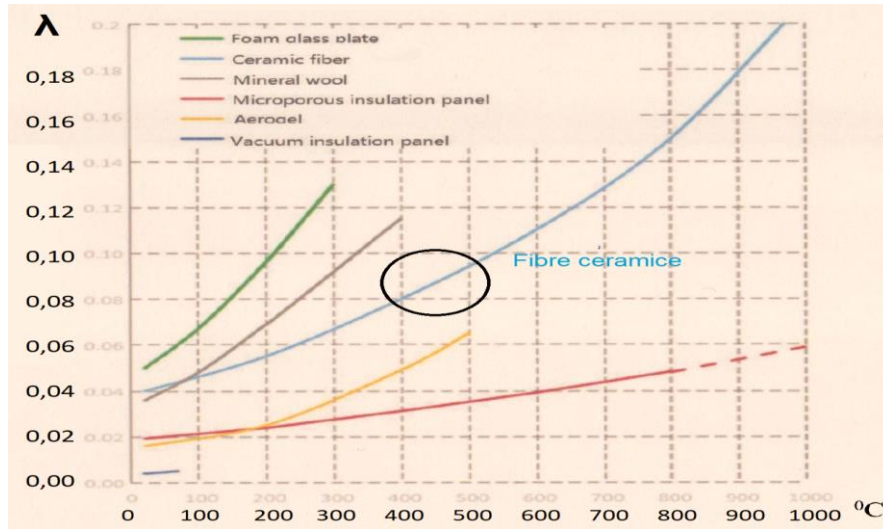


Figure 2.16. Thermal conductivities of different materials
insulating function of temperature

The experimental data are tabulated and used to determine the "Mathematical Model". These data were obtained by the procedures explained at the beginning of this chapter, with the related means presented. The dependency we determined had as its main parameter the temperature in the hot spot, which simulates the solar concentrator. Everything depends on this temperature, so that its fluctuations determine the fluctuations of the value of thermal heat transmitted along the entire thermal route of thermal energy transport.

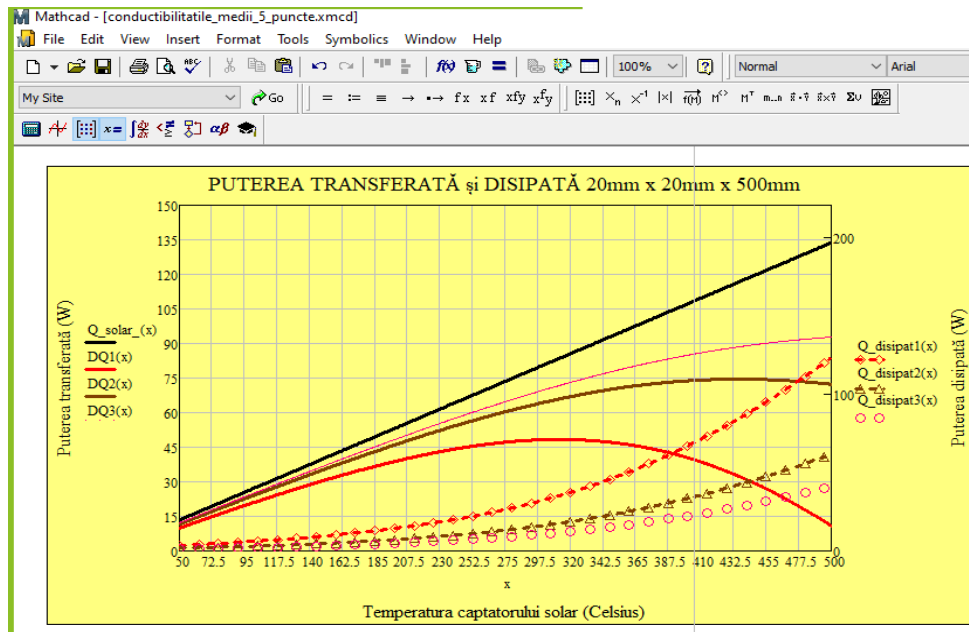


Figure 2.27. Image 4 screen of the mathematical model – Mathcad

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	0,040993	0,040937	0,040892	0,040927	0,040958	0,040941	0,204707	0,200252	0,19998	0,199759	0,199928	0,200082	1		Temp_2	t2_int	Lambda_pond
2	0,040958	0,04092	0,040892	0,040927	0,040958	0,040931	0,204655	0,200133	0,199946	0,19981	0,19998	0,200133	1		24,0	24,0	0,040941417
3	0,040993	0,040937	0,040892	0,040927	0,040958	0,040941	0,204707	0,200252	0,19998	0,199759	0,199928	0,200082	1		24,0	24,0	0,040930553
4	0,040958	0,04092	0,040892	0,040927	0,040958	0,040931	0,204655	0,200133	0,199946	0,19981	0,19998	0,200133	1		24,0	24,0	0,040941417
5	0,040958	0,04092	0,040892	0,040927	0,040958	0,040931	0,204655	0,200133	0,199946	0,19981	0,19998	0,200133	1		24,0	24,0	0,040930553
6	0,040993	0,040958	0,04092	0,041256	0,041592	0,041145	0,205718	0,199268	0,199098	0,198912	0,200544	0,202178	1		24,0	24,0	0,040930553
7	0,040958	0,040989	0,041007	0,042043	0,043111	0,041639	0,208108	0,196812	0,196963	0,197046	0,202024	0,207155	1		42,0	42,0	0,041145166
8	0,040993	0,041045	0,041073	0,042843	0,044712	0,042184	0,210666	0,194588	0,194836	0,194969	0,203368	0,212239	1		84,0	84,0	0,0416389
9	0,04101	0,041098	0,041182	0,043508	0,046013	0,043653	0,21281	0,192708	0,193119	0,193514	0,204445	0,216214	1		126,0	126,0	0,042184181
10	0,041028	0,041143	0,041252	0,04388	0,046729	0,042923	0,214033	0,19169	0,192229	0,192738	0,205015	0,218329	1		159,0	159,0	0,04265259
11	0,041098	0,041256	0,041411	0,044117	0,047063	0,043114	0,214944	0,191202	0,191936	0,192658	0,205251	0,218953	1		176,0	176,0	0,042922794
12	0,04122	0,041397	0,04157	0,044352	0,04738	0,043316	0,215919	0,190907	0,191723	0,192527	0,20541	0,219433	1		184,0	184,0	0,04311418
13	0,041326	0,041524	0,041723	0,04453	0,047591	0,043475	0,216695	0,19071	0,191624	0,192544	0,205498	0,219624	1		191,0	191,0	0,043316269
14	0,041435	0,041666	0,041895	0,044748	0,047858	0,043662	0,217603	0,190417	0,191477	0,192529	0,205641	0,219935	1		196,0	196,0	0,043474896
15	0,041542	0,04182	0,042096	0,044937	0,04803	0,043827	0,218424	0,190188	0,191461	0,192728	0,205731	0,219893	1		202,0	202,0	0,043661932
16	0,041727	0,04197	0,042223	0,04516	0,048371	0,04404	0,21945	0,190142	0,191252	0,192403	0,205787	0,220417	1		206,0	206,0	0,043826974
17	0,04187	0,042114	0,042365	0,045339	0,048588	0,044208	0,220275	0,190079	0,19119	0,192325	0,205828	0,220578	1		213,0	213,0	0,044039704
18	0,042017	0,042274	0,042532	0,04554	0,048825	0,044393	0,221188	0,189961	0,191121	0,19229	0,205888	0,220741	1		218,0	218,0	0,044207585
19	0,042161	0,042423	0,042686	0,045684	0,048957	0,044537	0,221912	0,189992	0,19117	0,192357	0,205867	0,220614	1		222,0	222,0	0,044393357
20	0,042307	0,042573	0,042852	0,045856	0,049136	0,0447	0,222723	0,189951	0,191147	0,1924	0,205886	0,220616	1		225,0	225,0	0,044536853
21	0,042503	0,042764	0,043048	0,046021	0,049265	0,044872	0,223601	0,190085	0,19125	0,192522	0,205818	0,220326	1		228,0	228,0	0,044699884
22	0,042613	0,042885	0,043185	0,046194	0,049478	0,045027	0,224356	0,189935	0,191149	0,192486	0,205896	0,220534	1		231,0	231,0	0,044871731
23	0,042764	0,043026	0,043327	0,046324	0,049591	0,04516	0,225032	0,190034	0,191201	0,192538	0,205853	0,220374	1		235,0	235,0	0,045026641

Figure 2.28. Screenshot of the Excel calculation file a weighted thermal conductivity

In figure 2.27. shown screen by screen, the relationships of the mathematical model entered into the MATHCAD computing environment.

$$\lambda_m(t_{x-int}, t_{x-ext}) = \frac{23.177}{t_{x-int} - t_{x-ext}} \cdot (e^{0.0017 \cdot t_{x-int}} - e^{0.0017 \cdot t_{x-ext}}) \quad (2.15)$$

In figure 2.28, a screen from the Excel file is shown in which the calculations were made to determine the weighted average conductivity on the thermo-energy transport path (thermal transfer), according to the obtained experimental data, applying the relation (2.15). Thus, the mathematical expression of the weighted average conductivity (conductivity) was obtained as a function of the temperature t_2 of the hot spot (solar concentrator), represented by relation (2.9) and figure 2.16.

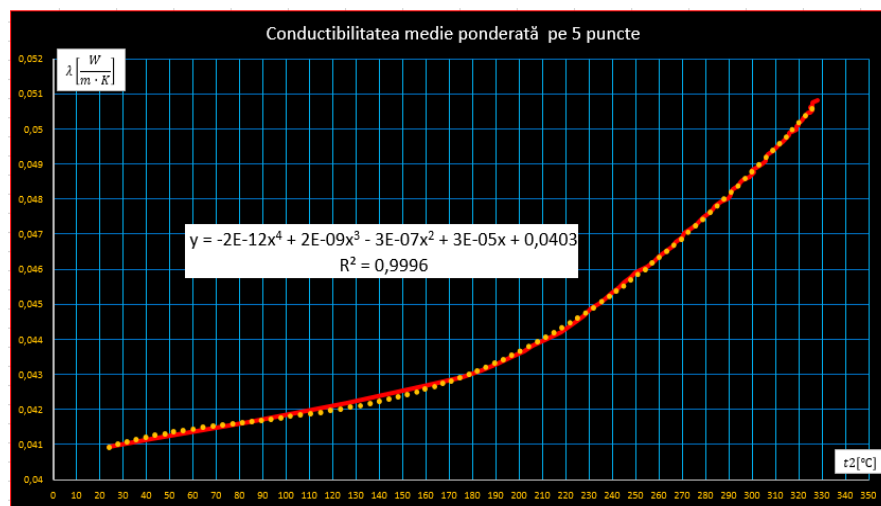


Figure 2.19. The weighted average conductivity function of the insulating layer of ceramic fibers

The relation (2.16):

$$\lambda(t_{2_int}) = -2 \cdot 10^{-12} \cdot t_{2_int}^4 + 2 \cdot 10^{-9} \cdot t_{2_int}^3 - 3 \cdot 10^{-7} \cdot t_{2_int}^2 + 3 \cdot 10^{-5} \cdot t_{2_int} + 0,0403$$

The next step was to calculate, similarly to the weighted average conductivity, the weighted average outdoor temperature of the entire path as a function of the same temperature t_{2_ext} of the hot spot (solar concentrator). For the calculations, the weighted average will be used, whose function is obtained by spline interpolation, with an accuracy of over 99% of the deviation of the mean square. The determined function can be seen in figure 2.30 and is reproduced exactly by relation (2.17).

$$t_{med_pond_ext}(t_{2_int}) = 9 \cdot 10^{-13} \cdot t_{2_int}^6 - 10^{-9} \cdot t_{2_int}^5 + 5 \cdot 10^{-7} \cdot t_{2_int}^4 - 9 \cdot 10^{-5} \cdot t_{2_int}^3 + 0,0088 \cdot t_{2_int}^2 - 0,3699 \cdot t_{2_int} + 26,69$$

(2.17)

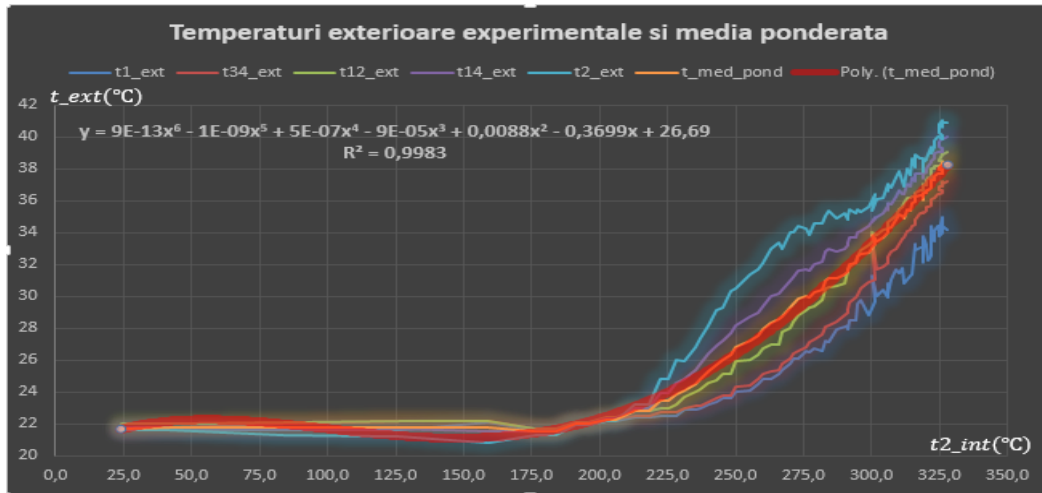


Figure 2.30. Outdoor weighted average temperature function

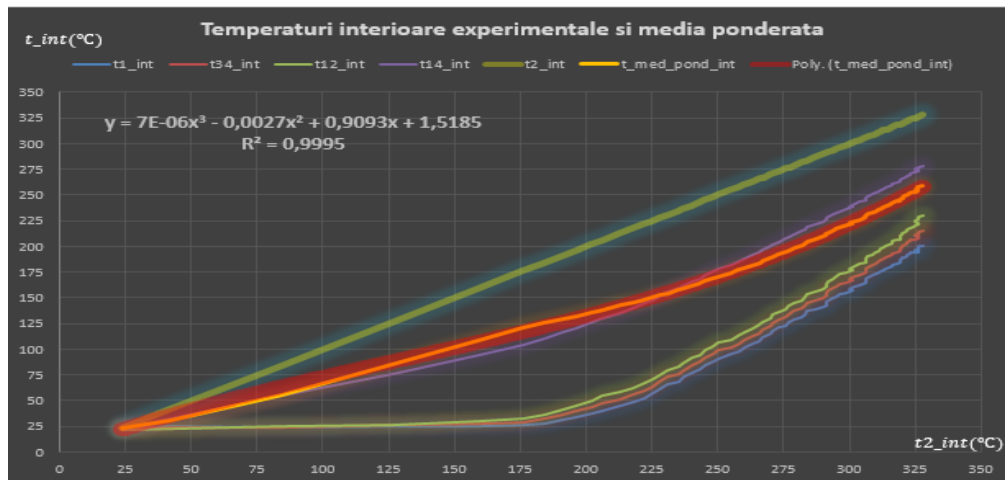


Figure 2.31. Indoor weighted average temperature function of the heat-energy transfer path

The relation (2.18):

$$t_{med_{pond_{int}}}(t_{2_{int}}) = 7 \cdot 10^{-6} \cdot t_{2_{int}}^3 - 0,0027 \cdot t_{2_{int}}^2 + 0,9093 \cdot t_{2_{int}} + 1,5185 \quad (2.18)$$

The weighted average unit heat flow that will be taken into account for building the heat transport path model is given by the relation (2.19):

$$q_{med_{pond}}(t_{2_{int}}) = \frac{\lambda_{med_{pond}}(t_{2_{int}})}{\delta} \cdot [t_{med_{pond_{int}}}(t_{2_{int}}) - t_{med_{pond_{ext}}}(t_{2_{int}})] \quad (2.19)$$

For the analytical calculation of heat losses through the insulating material made of ceramic fibers, the classical formula from relation (2.20) was used:

$$q = \frac{\lambda_{med}}{\delta} \cdot (t_{int} - t_{ext}) \quad (2.20)$$

δ – the thickness of the ceramic fiber insulating layer

t_{int} – the temperature at the surface of the copper bar (interceptable by means of temperature probes "buried" in the insulator layer, until their direct contact with the outer surface of the copper bar)

t_{ext} – temperature at the surface of the insulating layer (interceptable with the IR thermal imaging camera)

λ_{med} – average conductivity of the insulating layer

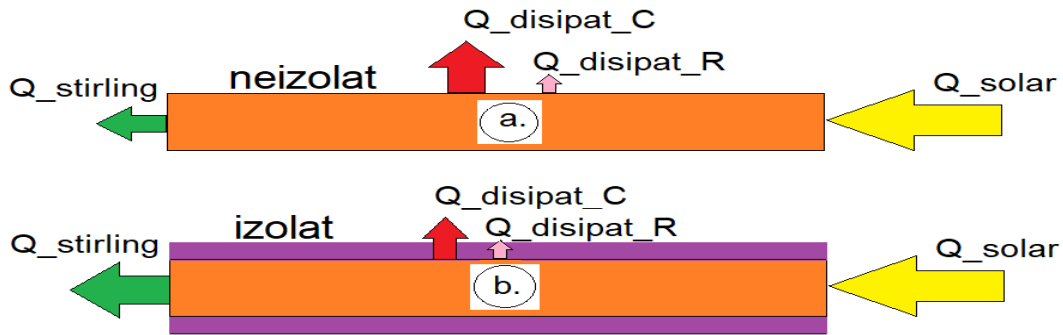
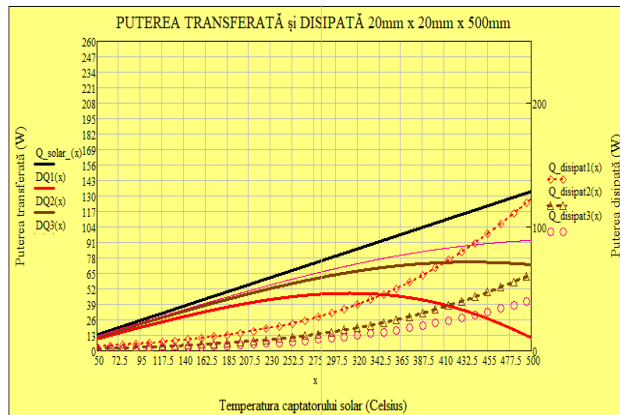


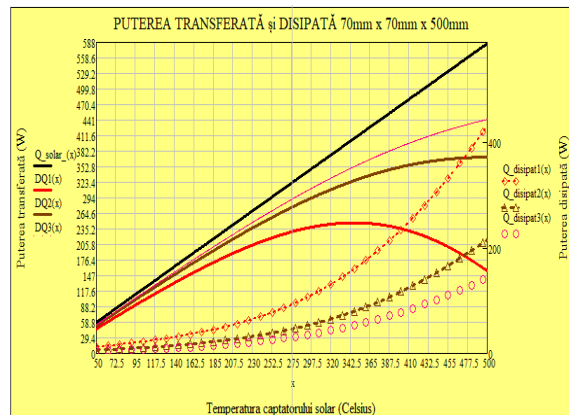
Figure 2.32. Energy balance. a) non-isolated route; b) isolated route

2.12. Simulation results

Starting experimentally with measurements corresponding to the section of 20 mm x 20 mm, with two insulating layers (34 mm), the mathematical model of energy calculation was obtained. In this model, the thickness of the insulating layer and the section of the thermo-energetic path are varied.



A



B

Figure 2.33. Simulation results. A. 20 mm x 20 mm; B. 70 mm x 70 mm;

Simulation results

Sectioniune		P_solar	P_1strat	P_2strat	P_3strat	Caz	η_1 strat	η_2 strat	η_3 strat
20x20	20	134	50	76	92	20	37,31	56,72	68,66
25x25	25	176	65	102	125	25	36,93	57,95	71,02
30x30	30	220	85	130	158	30	38,64	59,09	71,82
35x35	35	263	105	156	193	35	39,92	59,32	73,38
40x40	40	306	124	187	225	40	40,52	61,11	73,53
45x45	45	348	144	216	261	45	41,38	62,07	75,00
50x50	50	400	163	245	296	50	40,75	61,25	74,00
55x55	55	446	182	273	335	55	40,81	61,21	75,11
60x60	60	493	205	309	370	60	41,58	62,68	75,05
65x65	65	540	225	341	400	65	41,67	63,15	74,07
70x70	70	588	248	376	441	70	42,18	63,95	75,00

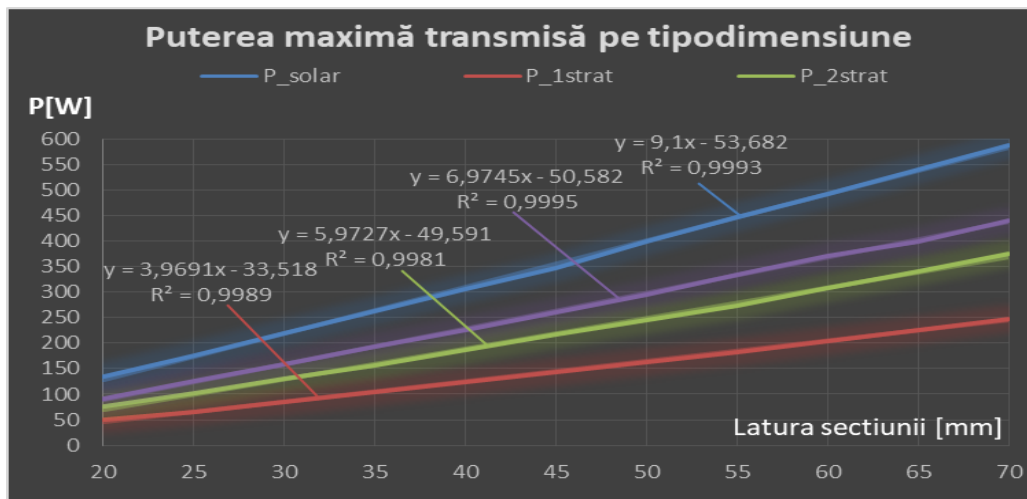


Figure 2.35. Simulation results, section approximation functions of the caloric power transmitted depending on the size of the thermo-energetic route section

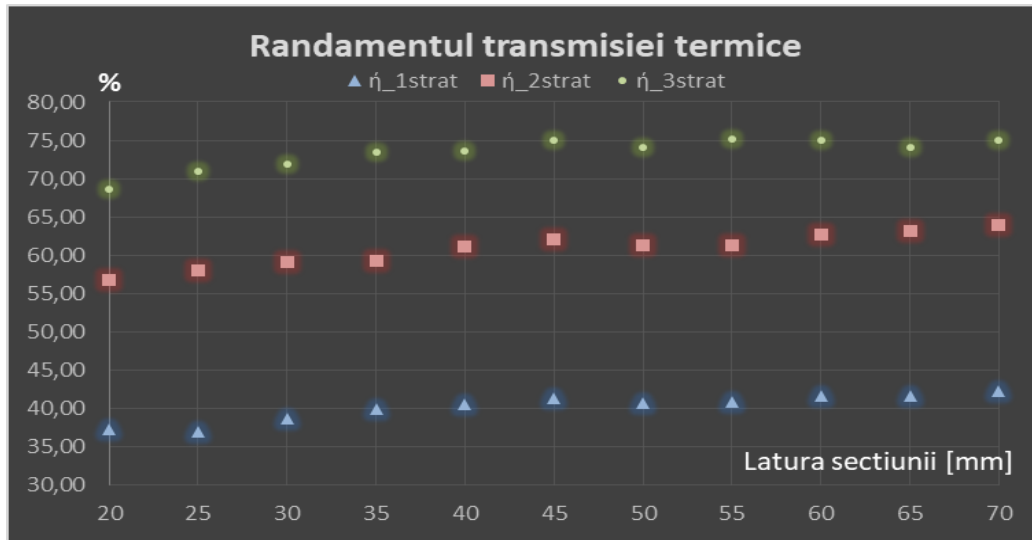


Figure 2.36. Simulation results, power transmission efficiencies

As can be seen in Figures 2.35 and 2.36, the results of the simulations are shown, which refer to the maximum power transmitted on the paths with one layer, two layers and three layers, respectively the efficiencies of the heat transmission paths with the same number of layers. The conclusions related to the actual values of these simulations are presented in the Conclusions chapter.

3. *Improving the energy efficiency of buildings by using the earth as a renewable source of heat, combined with a variable vacuum insulating envelope*

3.1. *Mathematical modeling and numerical simulation of dynamic behavior*

Energy efficient buildings in the 2020s must be insulated, sealed and electrically served by alternative energies, a response to the realization of the principles imposed and the neutralization of the effects of climate change. For this purpose, it is necessary to study the properties of the materials currently used to make insulation envelopes and to design a construction model that maximizes efficiency by integrating the best combination of resistance structure and thermal envelope, making it possible to take into account the energies alternatives for winter heating of this model. The portable storage of the alternative energy used to heat the specific building type is another novelty element of the energy transfer concept during the calendar periods with peak consumption for heating, but which is useful throughout the year in the various situations of high consumption in the case of an off-grid home isolated from the national energy network.

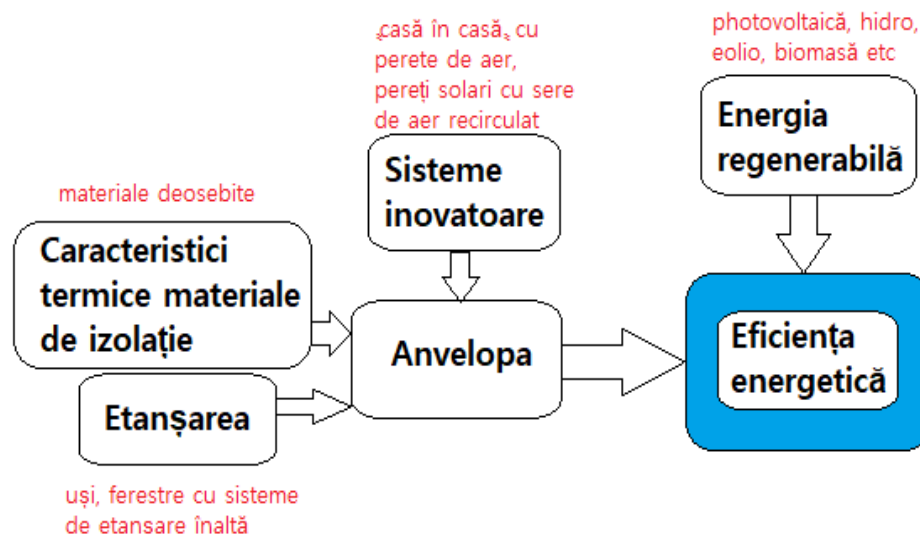


Figure 3.0. Determinants of energy efficiency of buildings

3.2. Argumentation of the notion of land-renewable source

The earth represents a renewable source of energy, geothermal exploitation being an eloquent example. In this paper I refer to another idea regarding this desired, namely: ***The idea of the earth-renewable source refers to the thermal characteristic of the earth in the surface area, a few meters deep, which implies the ability to maintain a constant temperature throughout time of year.***

The earth behaves like a veritable condenser/thermal accumulator, which takes the solar heat from the warm season and stores it in its telluric structure, so that the average annual temperature of a geographic area is found in the earth's surface layer, at a constant value, throughout the year. We can look at the surface layer of the earth as a source of thermal energy, which has the ability to maintain a constant temperature throughout the calendar year, at different depths, due to the characteristics of the earth regarding low thermal conductivity, and leads to the use of these properties in heating and cooling systems. cooling. The heat pump of this telluric system is the sun. The earth only has the capacity to store and, due to its enormous mass, to smooth out the fluctuation over time, like a filtering capacitor.

3.3. Innovative architectural system

The architectural system is based on two concepts of external insulation:

- The "board" concept
- The "house in a house" concept

The "house in a house" concept involves two exterior walls of the home, with an air space between them.

The innovative architectural system assumes the following characteristics:

1. The architectural root is the classic housing case from figure 3.2.a.
2. The addition of "Empty Space" around the "Useful Space", merging the two concepts exposed above, respectively "house in house" and "thermos", the vacuum having the lowest thermal conductivity.

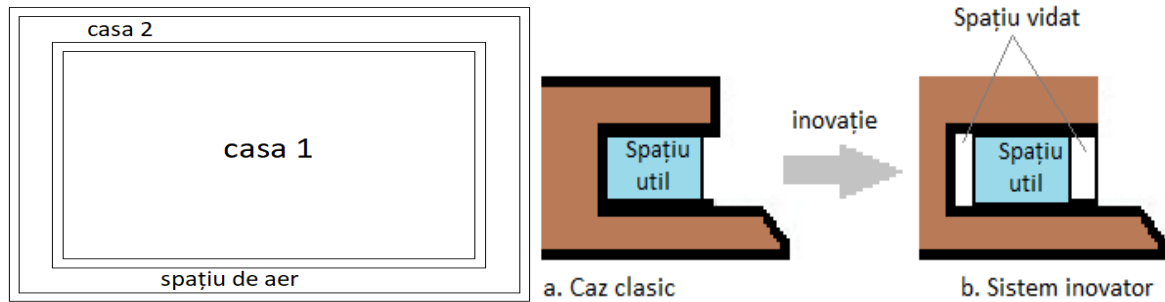


Figure 3.1. The concept of "house in house" Figure 3.2. Innovative architectural system

Innovation 2 below, from figure 3.3, can also be added to the system presented above. The system requires ventilation, which requires bringing air from outside to inside. In the cold season, the outside air is cold, at very low values.

The innovation involves preheating the outside air before it is injected inside. The process must be natural, convective and non-consumer of grid energy.

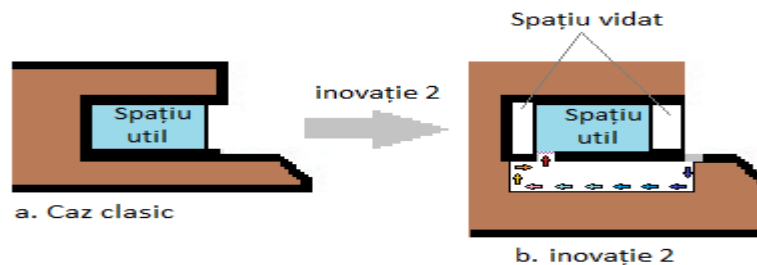


Figure 3.3. Architectural system further innovated with innovation 2

3.3.1. Advantages of the system

The perceived advantages of the system in question are the following:

Ava1. Insulation of 5 facades out of a total of 6, in the classic style "with earth all around", which makes the external temperature of these facades constant throughout the year, at a value below the comfort value of "Usable Space".

Ava2. The temperature of the earth, for the cold season, substantially lowers the indoor-outdoor temperature difference, reducing the heating effort of the "Useful Space", heating it naturally, whatever the outside atmospheric temperature.

Ava3. The temperature of the earth, for the warm season, helps to take the heat from the "Useful Space", cooling it naturally, whatever the outside atmospheric temperature.

Ava4. In addition to earth insulation, an air/vacuum space is added, which allows an additional thermal barrier to be created in the cold season, to further reduce the heating effort of the "Useful Space"

Ava5. The ability to vary the vacuum level between the minimum limit equal to the atmospheric pressure and the maximum equal to the highest value that the system can offer, allows the energy effort required for vacuuming to be optimized according to the value of the indoor-outdoor temperature difference in the cold season , and in the warm season it allows a good thermal transfer between the "cold" air zone of the telluric perimeter space and the "Useful Space".

Vacuuming the perimeter space allows adjusting the thermal resistance according to the thermal needs of the moment.

The degree of sealing of the space subjected to vacuuming differs from the quality of the envelope made (materials, joints, etc.), and the effort to maintain a vacuum level for a certain period will require values of the energy consumed inversely proportional to the mentioned degree, depending on the case. A low degree of sealing will make the idea of vacuum inapplicable.

The mathematical model was designed to optimize the physical size of the envelope directly determined by the distance between the outer and inner walls of the home considered. The thermal resistance of the tire is high if the distance between the walls is large, if the tire is full of air.

The mathematical model allows the simulation of several tire thicknesses, with the estimation of the energy gain produced by the vacuum of the tire, in the cases of temperature differences that impose the vacuum as profitable, and, with it, the yield of the innovative system.

In Figure 3.6, the image of the section of the innovative architectural system is shown, where the proposed constructive details can be seen.

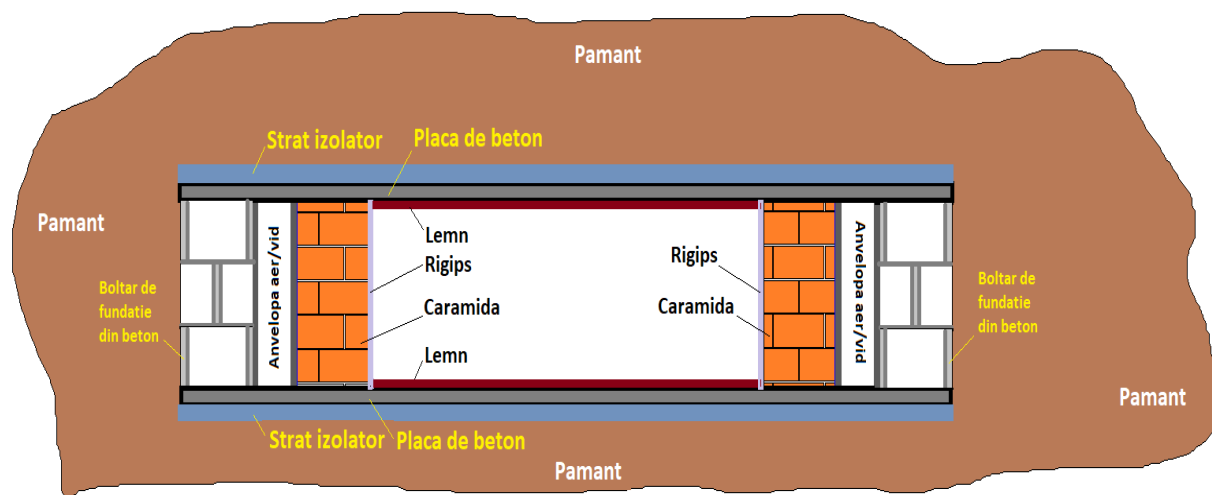


Figure 3.6. Innovative architectural system section

3.3.2. Description of solar walls. Principle.

Another way to increase the energy efficiency of existing or new buildings is to capture thermal solar energy by capturing it and using it to heat the interiors during the cold season.

Figure 3.7 shows the working principle of the solar wall system without air circulation. Everything is based on the trapping of solar heat in the space beyond the glass, heat that heats the outer wall of the building, which together with the glass forms an enclosure in which the solar heat is stored.

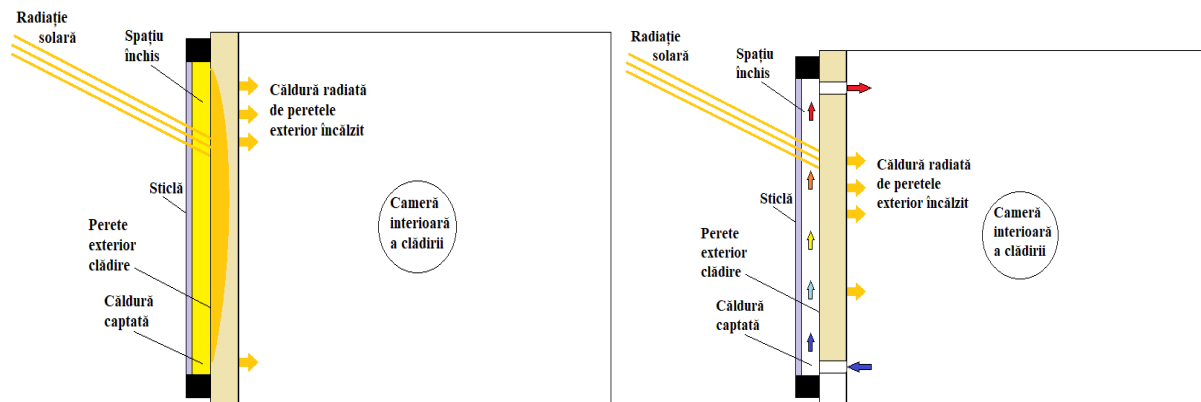


Figure 3.7. Solar walls without air circulation Figure 3.8. Solar walls with air circulation

Figure 3.8 shows the working principle of the solar wall system with air circulation. In addition to the situation presented previously, in which a transformation of the outer wall into a heat source for the inner chamber takes place, an air circuit appears whose flow is maintained by convection.

3.3.3. CCIT energy efficient building system (Telluric Insulated House)

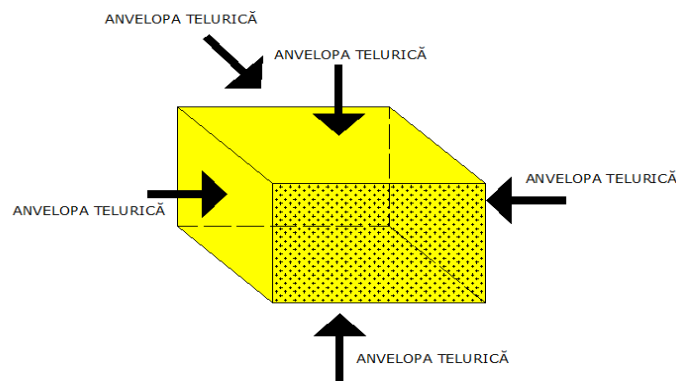


Figure 3.9. Tellurically insulated construction

Figure 3.10 shows the concept of "house-in-house with telluric isolation", which means a construction in the telluric-insulated construction, between the two constructions, the inner and the outer one, there is an air space. The building system with improved energy efficiency will allow heating in the cold season, with electricity generated by renewable energy sources, specifically targeting photovoltaic energy.

3.3.4. Portable energy

If in the cold season, the photovoltaic system does not produce that 1.5 Kw.day, we thought of a backup energy system, called **Portable Energy**.

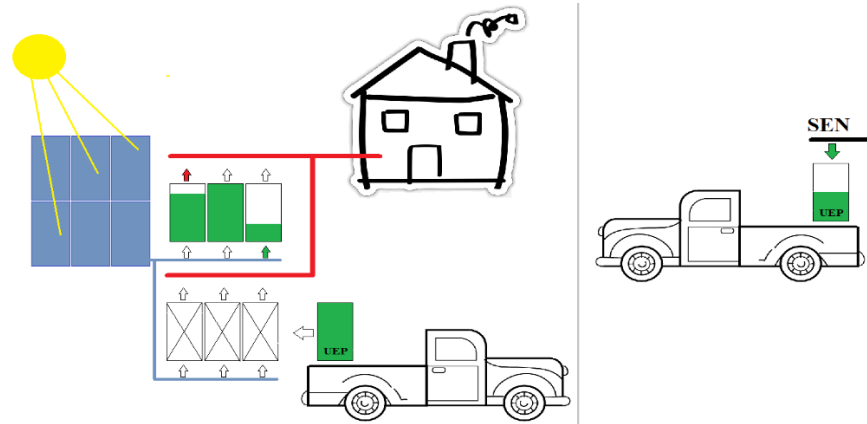


Figure 3.11. Off-grid building powered and with UEP units

This notion-concept makes the UEP to be designed in such a way that it starts with a capacity of approximately 1.2 KW, so that it can then be upgraded to 2.4 KW by adding only a battery group identical to that of starting. The energy system of the building becomes a multiple of UEP, so a certain number of such energy units, ensures a minimum necessary autonomy through their simultaneous use through the three basic functions: charging, storage and discharge (consumption), as in figure 3.11 .

3.4. Mathematical modeling of the energy optimized building

In these sub-chapters I have done the mathematical modeling of sixteen quantities that characterize the proposed experiment, the concept I am studying. Among these, I will present in this summary two mathematical models.

3.4.1. Mathematical modeling TIRE VOLUME – Mathematical model1

Description:

In figure 3.12, the mathematical model 1 is shown schematically. The role of this model is to allow modeling the envelope, changing the geometry of the building.

The geometry of the house is characterized by specific parameters, namely the elevations that define the volumes of the interior and exterior spaces. The tire is an intermediate space whose volume depends on the elevations of the bounding spaces. The model allows easy modification of the geometry, by changing the specific parameters, presented in figure 3.5. The user of the model can simulate various sizes for the tire, so that through successive simulations he can detect the optimal variants that lead to an increase in the energy efficiency of the building.

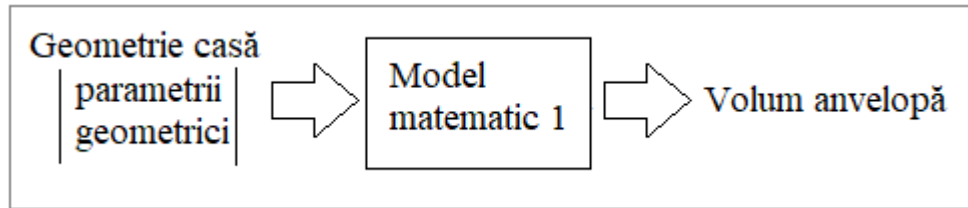


Figure 3.12. Scheme Mathematical model 1

ENTRY 1

House geometry - Geometric parameters:

L1 – Size 1 home footprint
 L2 – Size 2 home footprint
 H – Height to floor
 gZi – Inner wall thickness
 gZe – Outer wall thickness
 gG – Gap thickness (distance between inner wall and outer wall)

MATHEMATICAL MODEL 1:

A_1 – Delimited area 1
 $A_1 = (L1 - 2 \cdot x \cdot gGe) \cdot (L2 - 2 \cdot x \cdot gGe)$ [1]
 A_2 – Delimited area 2
 $A_2 = (L1 - 2 \cdot x \cdot gGe - 2 \cdot x \cdot gG) \cdot (L2 - 2 \cdot x \cdot gGe - 2 \cdot x \cdot gG)$ [2]
 A_sectiune_anvelopa – Area of the tire section
 $A_{tire_section} = A_1 - A_2$ [3]
 V_anv – Tire volume
 $V_{anv} = A_{tire_section} \cdot H$ [4]

EXIT 1

Tire volume:

V_av

3.4.5. Mathematical modeling ENERGY FOR EMPTY AT PRESET PRESSURE

– Mathematical model5

Description:

In figure 3.16, the mathematical model 5 is shown schematically. The role of this model is to allow the modeling of the energy E_{pv} consumed during the depressurization period at the maximum vacuum value, starting from a preset value of the pressure up to which pressurization is allowed. The inputs to the model are the vacuum pump power, denoted P_{pv} , and the time τ_3 .

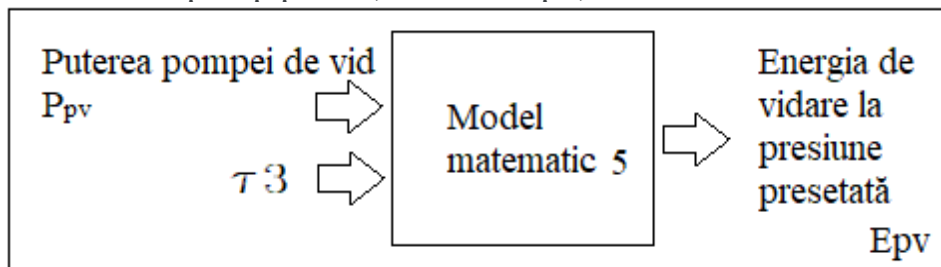


Figure 3.16. Scheme Mathematical model 5

ENTRY 5

τ_3 (h) – the partial time of vacuuming/depressurization
 P_{pv} (W) – vacuum pump power

MATHEMATICAL MODEL 5:

$$E_{pv}(\tau_3) := \int_0^{\tau_3} P_{pv} dx$$

[9]

EXIT 5

E_{pv}

Mathematical model reasoning description: The tire emptying/vacuuming operation is automatic and involves an on/off cycle, depending on the preset

pressure p_{preset} , having a value between 0 and 1 bar, according to those shown in figure 3.17.

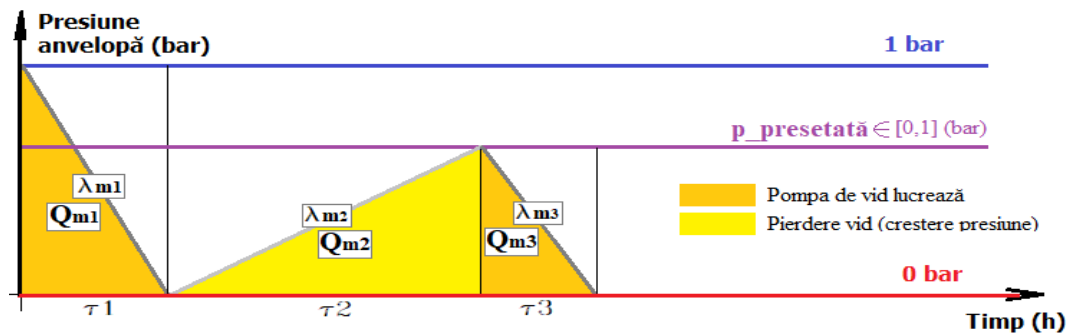


Figure 3.17. Representation of the duty cycle of the tire vacuum pump

Figure 3.20 highlights the much reduced value of the thermal conductivity of the vacuum envelope compared to the conductivities of air and basalt wool.

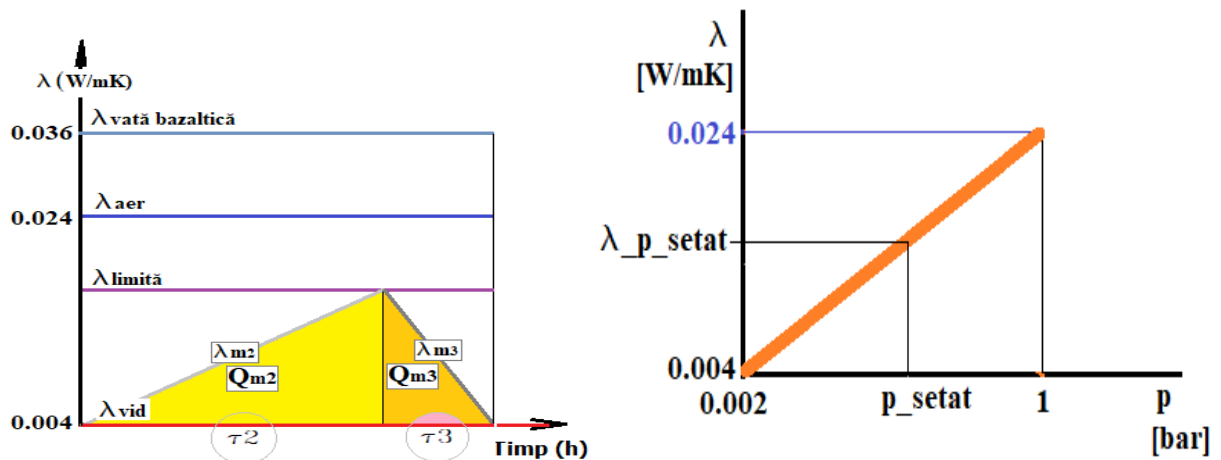


Figure 3.20. Positioning the envelope conductivity value in relation to other performing insulation solutions
Figure 3.21. Linear dependence between tire pressure and its thermal conductivity

The assumption of linearity of the dependence of conductivity on depression is a natural one (see Figure 3.21), but the study can be deepened to determine experimentally through mathematical regression, the function that correlates the two physical quantities.

3.5. COMPUTER SIMULATION RESULTS

The mathematical model led to the creation of a simulation program, written in MathCAD, which allowed and allows the simulation of several real situations in accordance with the design ideas of energy efficient buildings through the vacuum envelope.

The model allows a series of variable input sizes, through which a series of energy results can be calculated that help the designer find the optimal solution for increasing the energy efficiency of the respective building.

Regarding the input quantities of the mathematical model, they are:

- Vacuumed tire thickness (mi1)
- Inner wall thickness (mi2)
- Outer wall thickness (m3)
- External wall conductivity (mi4)
- Internal wall conductivity (mi5)
- Vacuum pump power (mi6)
- Vacuum capacity (mi7)
- Vacuum tire sealing coefficient (mi8)
- Outside temperature (mi9)
- Internal temperature (mi10)
- Geometry of the footprint of the home (mi11)
- Height of walls (mi12)
- The pressure set to restore the vacuum in the tire (mi13)

The simulation results, presented in this chapter, refer only to case studies that require the modification of only parameters mi1, mi8, mi9, mi10 and mi13.

3.5.1. The study by computer simulation of the aspects of the experienced energy case

The following aspects of the considered energy case are studied:

- **Study 1. The influence of the tire pressure range**, respectively the vacuum_set_pressure. Adjusting, with a certain energy consumption, the level of conductivity of the tire. If the tire sealing is non-compliant, the energy to maintain the vacuum is very high and this operation becomes unprofitable. The minimum allowable level of tire sealing at which the use of vacuuming is effective must be determined.

Figure 3.33 shows the simulation results for all 3 cases of the sealing coefficient presented above.

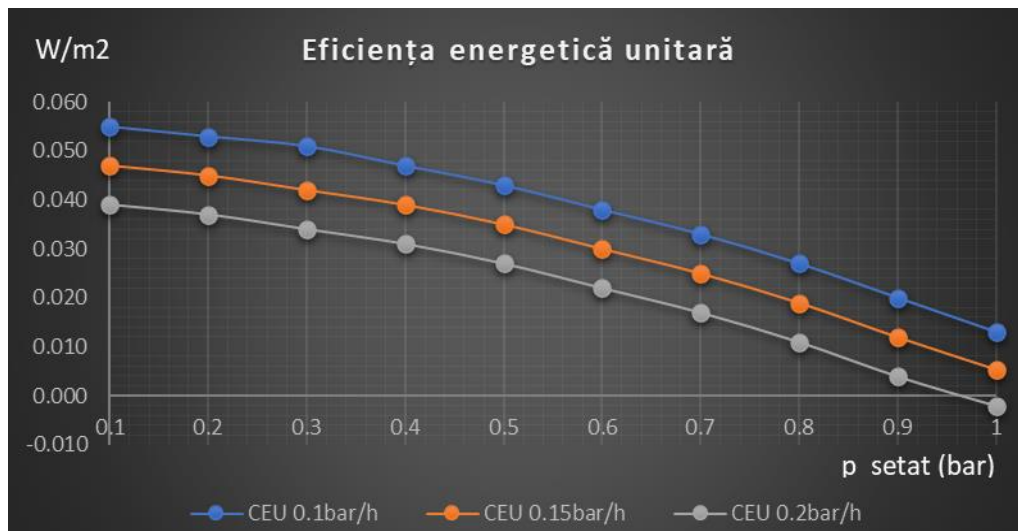
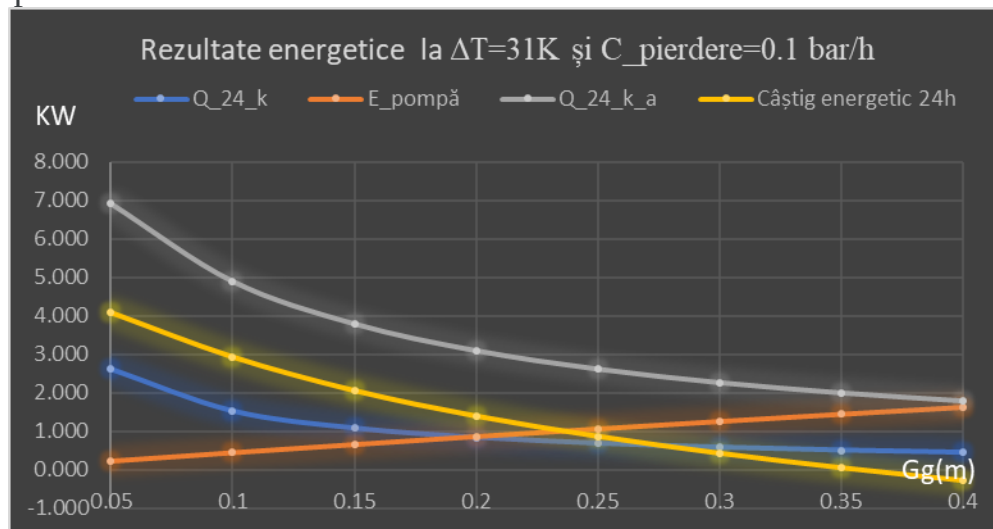


Figure 3.33. Simulation results for 3 distinct sealing coefficient situations

The unit efficiency coefficient (CEU) represents the energy gained per square meter of surface, the higher this value, the better the result.

- **Study 2. The influence of tire thickness** to determine the optimum value, for a certain average temperature difference of the cold season, in a certain geographical area.



- Figure C34. Simulation results of tire thickness influence study

In Figure 3.34, the results are presented in the form of a graph, everything being a function of the thickness Gg of the vacuum/air envelope, the studied parameter. The 24h energy gain is the indicator that allows an evaluation of the effectiveness of each individual case.

- **Study 3. The influence of the temperature** difference on the efficiency of the vacuum state in the tire, determining the minimum value at which the vacuuming is triggered. The vacuum should be seen as an energy efficiency operation in extreme low temperature situations, in order to reduce the consumption in order to heat the building.

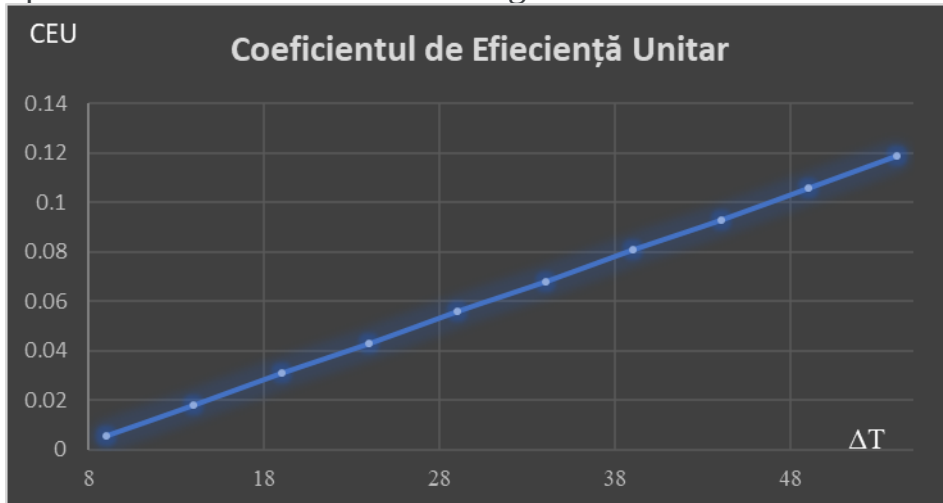


Figure C36. graph of tire surface influence on unitary energy efficiency

Figure 3.35 shows the graph of the dependence between the unitary energy efficiency and the indoor-outdoor temperature difference.

- **Study 4. The influence of building** size on the energy efficiency of the vacuum envelope system. The larger the building, the greater the efficiency of the tire system.

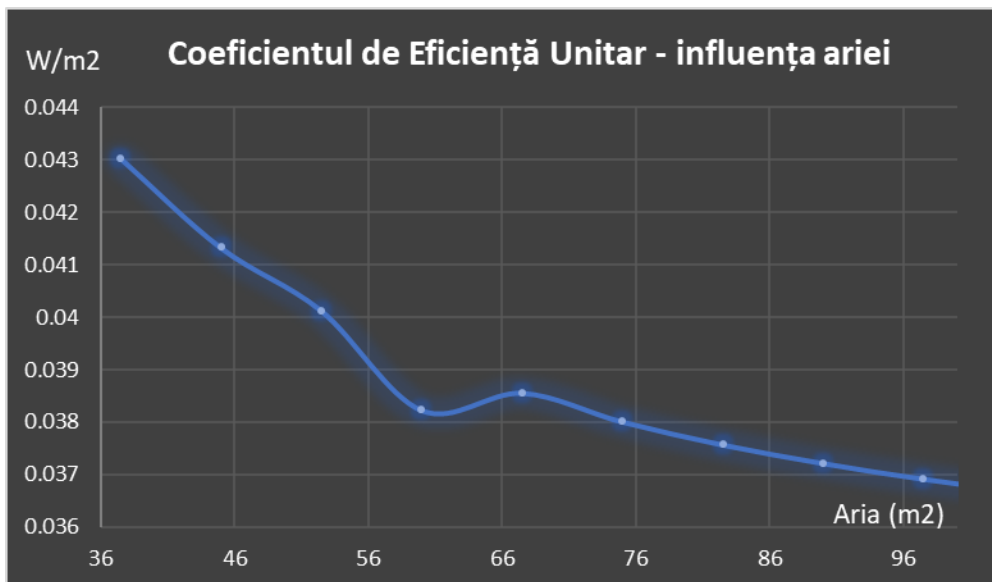


Figure C36. graph of tire surface influence on unitary energy efficiency

It was calculated on the four "energy" columns:

- Q_{24_k} - the energy dissipated through the vacuum/air tire perimeter, for 24h, under vacuum tire conditions;

- E_{pump} – energy spent a time calculated for the pump, during 24 h;
 $Q_{24_k_a}$ – the energy dissipated through the perimeter with a vacuum/air tire, for 24h, under air tire conditions;

- Energy gain 24 h – The difference between the energy of the air variant and the sum of the energies of the vacuum variant and the energy actually spent maintaining the vacuum for 24 h.

- The pressure set to trigger vacuuming is $p_{\text{setat_vacuumare}} = 0.5$ bar.

- $\Delta T = 24$ 0C, corresponding to Romania's January average.

The dimensions taken into account for the model are:

$L1 = 7\text{m} / 8\text{m} / 9\text{m} / 10\text{m} / 11\text{m} / 12\text{m} / 13\text{m} / 14\text{m} / 15\text{m} / 16\text{m}$,

$L2 = 4\text{m} / 5\text{m} / 6\text{m} / 7\text{m} / 8\text{m} / 9\text{m} / 10\text{m} / 11\text{m} / 12\text{m} / 13\text{m}$, $H = 2.5\text{m}$.

In this way, the influence of the tire perimeter surface on the energy unit efficiency was simulated. Table 3.4 shows the results of the simulation, and figure 3.36 shows the graph of the influence of the tire surface on the unit energy efficiency.

4. Conclusions and personal contributions

4.1. Conclusions

Renewable energies are sufficient to satisfy the energy consumption of the world map. The yields of the conversion processes of these renewable energies into working energies are still low compared to the yields of conventional energy systems. Research and development is accelerated to increase these yields, in order to generalize renewable energy sources. Renewable energies are mainly thermal solar, photovoltaic, wind, oceanic (wave, tidal, thermal), hydropower, geothermal and biomass.

Among all these types of energy, a permanent source for exploitation is ocean energy. We can say in a plastic way that "the ocean never sleeps". The problem of exploiting this type of energy is that the floating or shore layers are complex systems that require appropriate framework investments.

Wind energy is also exploitable in the sense of quasi-permanence, but only in geographical areas that present this energy potential. Making wind turbines is already a mass manufacturing process, and the number of them in operation is very large. The yield of energy extraction is very high, but the permanence of this source does not compare to that of the oceans.

Flowing water is a huge energy potential, especially those rivers and streams with high and very high flows. The energy yield is very high, which makes this type of energy a renewable source highly targeted by energy experts. The rich hydrographic basins, such as for example the one in Romania, represent a real energy wealth for the respective geographical area. A beneficial collateral effect, in the existence of power plants, is that the retention of water in dams makes it possible to feed the water tables, without which the sources of drinking water would be fewer and more limited in quantity.

Geothermal energy is as large as that of the oceans, in the sense that it can be tapped anywhere on land, 24 hours a day. The Earth itself is a source of heat, advancing vertically into its depths. But there is another view of the thermo-energetic potential, namely that the surface temperature of the soil is quasi-constant, representing the thermal average of the year in this geographical area. For example, on the 45o parallel, the constant temperature of the soil is about 11o C.

Biomass is another ancient energy source. Wood fires and the heat generated by manure fermentation have been known since ancient times. The possibility of forest regeneration makes wood a renewable energy source. Natural zootechnical cycles produce biomass that allows it to be exploited for heat and combustion gases.

From the study of **chapter 1** we found that a type of renewable energy accessible in our country is thermosolar. From the same study presented in **chapter 1**, I also derived an idea related to another type of renewable energy exploited in our country, namely geophysical energy. Based on these ideas derived from the extensive synthesis about renewable energies, we have developed two research studies in order to develop innovative energy systems.

Chapter 2 was dedicated to the study of energy transfer between the focal point of a parabola-type thermosolar concentrator and the spherical articulation point where a Stirling engine dedicated to thermo-electric conversion is located. Solar concentrators are complex systems, containing dynamics throughout the day, by means of heliostats. A fixed position of the concentrator in relation to the source (the sun) leads to the loss of a substantial amount of energy, a fact for which the heliostat generates a series of constructive advantages, thus the construction of a parabolic concentrator system becomes very simple, avoiding the solution with the placement of the camera hot Stirling engine directly at the focal point.

The use of the solid substance (copper in this case) allows energy transfer over short distances with high yields, which makes such a thermal solution possible.

Isolation of the solid path is a key point in increasing energy transfer efficiency.

We have used and researched insulating materials made of ceramic fibers, in which case we have obtained good results. But, bearing in mind that there are much more effective insulating materials, the results may be much better than those recorded by my modeling and measurements.

The model in question was the basis for creating a simulation program in MathCAD, a fact that allowed EXTRAPOLATION. I used the model for cases of section up to 70 x 70 mm, which allowed me a quantitative-energetic analysis to appreciate the yields of increasingly larger concentrator systems. The concrete results obtained are presented in detail in **chapter 2**.

The conclusion, following the analysis of the simulated results, is that the insulated bars with ceramic fibers represent a viable solution to transfer the thermal energy of the focal point of a parabolic concentrator, to the point of articulation where a Stirling engine intended for thermo-electric conversion can be placed.

The conclusion, following the analysis of the simulated results, is that the insulated bars with ceramic fibers represent a viable solution to transfer the thermal energy of the focal point of a parabolic concentrator, to the point of articulation where a Stirling engine intended for thermo-electric conversion can be placed.

Chapter 3 is dedicated to a house/building energy model that uses geophysical energy. The earth can be seen as a heat source constant in temperature

throughout the year. This fact presents a great advantage, namely, the constancy of the soil temperature regardless of the season. Earth, as a material, is an unbeatable insulator. The famous and at the same time archaic clay bricks, called adobe, represent a construction alternative that possesses an exceptional degree of insulation. Starting from this ancient concept still used today in the hottest geographical places on the globe, I proposed and realized a study of an energetically improved building, regarding the use of geophysical energy as a determining element of passivation.

For this purpose, we designed a parallelepiped-type housing scheme that has five faces out of six connected to geophysical energy. Basically we are talking about a house buried in the ground that benefits all year round from an external temperature on these five sides of 11o C. Thus in the cold season, $\Delta T_{\text{extint}} = 9-11\text{o C}$, and in the warm season the house benefits from the same temperature difference.

Emptying the air envelope between the two "houses" requires a series of performances in the act of construction, to ensure a high degree of sealing. You can use the specific materials for the insulation of swimming pools or walls with infiltrations, or the pleura for the insulation of roofs, so that the tire or thermos-type space has a very small pressure loss per unit of time.

Cumulatively, the three innovative aspects presented lead to an improved housing model in terms of energy efficiency, very attractive, especially in the current context of the energy crisis. Such a home can be served by photovoltaic panels and/or solar concentrators, because the amount of thermal energy needed for heating in winter is very low due to the degree of energy passivation conferred by the geophysical capacity and the innovative ideas conceived.

4.2. Technical/technological possibilities of making vacuum/air pleura with high and durable sealing

The answer to this technical problem lies in:

1o. Rigorous construction of walls (exterior, interior) with monitoring of the quality of the masonry and plastering operation;

2o. The adhesive for the building will be a special one with the necessary pool-type chemical additives;

3o. The interior/exterior plastering material for the exterior wall will be a special swimming pool type;

4o. The interior plastering material for the interior wall will be a special swimming pool type;

5o. Maintenance of the plastering of the two walls will be done as follows:

5.1o. To the outer wall through the outside;

5.2o. To the interior wall through the interior.

6o. Application of pleura-type insulation specific to horizontal roofs;

7o. Provision of special plugs (top, bottom) whose characteristics are not disclosed in this paper to secure the invention.

4.3. Personal contributions:

C1. The extensive study on currently exploited renewable energies, with a detailed rendering of the principles, with suggestive schemes that conceptually complete the image of the respective energy systems as a whole.

C2. The study of the energy transfer on solid matter in the case of solar concentrators, with insulation from ceramic fiber insulating materials:

Identification of the insulating materials required for such a transfer by studying the specialized technical documentation that provided numerical data through which a selection could be made.

- Identification of the solid substance for heat transfer, selecting the copper material according to the technical documentation;

- Conceptual innovation of an energy system with parabola-type solar concentrator (especially the joint between two segments of solid substance);

- Conceptual innovation of an energy system with Fresnel-type solar concentrator (in particular the idea of intermittent taking over of the continuous thermal flow from the concentrator, thus controlling the maximum temperature in the solid substance);

- Complex mathematical model for modeling the thermal flow through the solid substance, which allows different sections and length of a transfer segment;