**CARACTERIZAREA MECANICĂ A MATERIALELOR COMPOZITE RANFORSATE CU FIBRE ŞI PUZDERII LIBERIENE**

**ing. Maria Silvia PERNEVAN**

**Rezumatul tezei**

Teza de doctorat cu titlul „**Caracterizarea mecanică a materialelor compozite ranforsate cu fibre şi puzderii liberiene**” se extinde pe 184 pagini, conţine 148 figuri, 39 tabele şi 140 poziţii bibliografice.Lucrarea este organizată pe şase capitole şi tratează aspecte privind caracterizarea mecanică a materialelor compozite ranforsate cu fibre şi puzderii din plante liberiene.

Capitolul 1 – ***Introducere*** – se extinde pe 10 pagini în care se prezintă o sinteză a problematicii tezei cu sublinierea stadiului actual al cercetărilor în domeniul materialelor compozite pe bază de matrici polimerice ranforsate cu fibre şi deşeuri din plante liberiene, a justificării alegerii temei de cercetare pe baza importanţei pe care aceasta o prezintă, şi a obiectivelor principale ale cercetării.

Diversificarea continuă a materialelor compozite pe bază de matrici polimerice a determinat un interes deosebit pentru găsirea unor noi materii prime care să poată fi utilizate ca elemente de ranforsare şi care să provină din resurse regenerabile, ecologice şi ieftine. Astfel, fibrele sintetice pe bază de resurse petrochimice sunt înlocuite cu fibre de origine vegetală dintre care cel mai des utilizate sunt fibrele liberiene datorită avantajelor pe care acestea le prezintă: nivel de poluare şi consum de energie scăzut în timpul prelucrării, preţ de cost scăzut în comparaţie cu alte materii prime, sunt resurse regenerabile, sunt sănătoase în exploatare, au densitate scăzută şi proprietăţi mecanice relativ bune. Materialele compozite pe bază de fibre liberiene elimină impactul pe care utilizarea materialelor compozite pe bază de resurse petrochimice îl are asupra mediului.

În subcapitolul “Stadiul actual” se fac referiri la studii legate de cercetările în domeniul materialelor biocompozite ranforsate cu fibre vegetale în general, şi cu fibre liberiene în special. Studiile vizează aspecte legate de fibre ca elemente de ranforsare, matrice şi compozite.

Cercetările legate de fibre se referă la descrierea fibrelor şi structura lor, constituenţii chimici ai acestora, defectele naturale ale structurii fibrelor, problemele legate de absorbția de apă precum şi cele legate de procesul de fabricaţie al acestora, proprietăţile fizice, mecanice şi chimice ale fibrelor și compararea acestora cu cele ale fibrelor sintetice utilizate ca elemente de ranforsare în materiale compozite și în special cu fibrele de sticlă, precum şi la metodele de tratare a suprafeţelor fibrelor.

Cercetările cu privire la matrice se referă la tipurile de matrice utilizate şi proprietăţile acestora, la influenţa matricelor asupra proprietăţilor compozitelor şi asupra tehnologiilor de prelucrare ale acestora.

Cercetările legate de materialele compozite pe bază de fibre vegetale în general şi de cele pe bază de fibre liberiene vizează aspecte legate de determinarea factorilor care influenţează performanţele materialelor compozite pe bază de fibre liberiene şi găsirea metodelor de îmbunătăţire ale acestora, de modelele matematice utilizate în descrierea pe cale analitică a proprietăţilor mecanice ale compozitelor, de analiza structurală, analiza proprietăţilor fizice, chimice, mecanice şi tehnologice ale acestora, precum şi în găsirea unor materiale compozite noi care să corespundă necesităţilor economice.

Creşterea producţiei de materiale compozite pe bază de fibre liberiene a atras atenţia cercetătorilor şi producătorilor de materiale compozite pentru valorificarea atât a fibrelor lungi extrase din tulpinile plantelor cât şi a deşeurilor sub formă de fibre scurte şi puzderii rezultate la extragerea fibrelor. Prin combinarea acestor deşeuri de plante cu matrice polimerice se obţin materiale biocompozite polimerice cu un preţ de cost mai scăzut decât cele pe bază de fibre lungi şi cu caracteristici mecanice comparabile cu ale acestora. Conform directivelor Comisiei Comunităţii Europene din 3.12.2008 privind gestionarea deşeurilor biologice în Uniunea Europeană, statele membre trebuie să propună obiective naţionale proprii în materie de reciclare a deşeurilor biologice. În conformitate cu aceste prevederi se justifică motivaţia alegerii acestei teme de cercetare determinată de cerinţele industriei pentru materiale noi, ecologice, cu performanţe ridicate în diverse domenii de activitate.

*Obiectivul principal* al tezei de doctorat îl reprezintă determinarea experimentală şi teoretică a proprietăților mecanice ale unor materiale compozite noi (materiale biocompozite) ranforsate cu fibre şi puzderii de in şi cânepă şi simularea numerică a comportării materialului biocompozit în vederea punerii în evidenţă a apariţiei degradărilor în material în timpul exploatării acestuia structuri comparând rezultatele obţinute prin simulare cu cele experimentale.

Capitolul 2 – ***Materiale biocompozite pe bază de matrice polimerice ranforsate cu fibre liberiene*** - este extins pe 28 pagini, conţine 15 figuri şi 9 tabele în care s-a realizat un studiu cu privire la fibre, matrice, şi biocompozite.

Studiul cu privire la fibre cuprinde clasificarea fibrelor vegetale utilizate în biocompozite, prezentarea şi descrierea plantelor liberiene, analiza din punct de vedere a structurii şi compoziţiei chimice a fibrelor, tehnologii de extragere a fibrelor liberiene, proprietăţi mecanice şi fizice ale fibrelor.

Studiul cu privire la matrice cuprinde clasificarea matricelor polimerice utilizate ca elemente de legătură în materiale compozite ranforsate cu fibre vegetale, descrierea proprietăţilor mecanice, fizice şi tehnologice ale acestora,

Studiul cu privire la materialele biocompozite cuprinde clasificarea acestora în funcţie de natura matricei, structura lor și elementele de ranforsare, descrierea interfeţei fibre – matrice şi a tehnologiilor de obţinere a acestora. Sunt prezentate elemente comparative dintre proprietățile mecanice ale ale unor materiale compozite pe bază de polipropilenă ranforsate cu fibre scurte de iută respectiv fibre de sticlă, pentru aceeași fracțiune de volum a fibrei.

Capitolul 3 – ***Modele teoretice de estimare a proprietăților mecanice ale materialelor biocompozite*** – este extins pe un număr de 13 pagini care conţin 2 figuri, 10 tabele şi 26 de relaţii de calcul. În acest capitol s-au prezentat principalele modele teoretice de calcul a proprietăților mecanice ale materialelor biocompozite. Proprietățile mecanice ale unui material biocompozit pot fi prezise cu ajutorul modelelor micromecanice ținând cont de proprietățile mecanice ale materialelor componente ale compozitului, pe geometria și pe fracțiunea de volum a elementelor de ranforsare. Toate modelele teoretice de calcul se bazează pe regula amestecului fiecare dintre ele punând în evidenţă anumite particularităţi ale biocompozitului. Sunt prezentate următoarele modele micromecanice de calcul: regula amestecului, modelul micromecanic al lui Halpin Tsai, modelul micromecanic modificat al lui Halpin Tsai (modelul lui Nielsen), modelul micromecanic lui Cox, modelul micromecanic al lui Cox-Krenkel, modelul micromecanic al lui Kelly – Tyson.

Pentru a descrie o distribuţie cu un grad mai mic de uniformitate a fibrelor în matricea compozitului, pentru modelul pătratic, am propus un model nou, modelul pătratic centrat, pe baza căruia am determinat o nouă valoare a coeficientului Kr de distribuţie a fibrelor în compozit. A fost efectuat un studiu comparativ între rezultatele teoretice obţinute în calculul rezistenţei la tracţiune şi a modulului de elasticitate longitudinal pentru biocompozite pe bază de matrice termoplastice ranforsate cu fibre scurte respectiv puzderii liberiene.

Capitolul 4 – ***Determinarea experimentală a proprietăților mecanice ale unor materiale biocompozite noi pe bază de matrice polimerice ranforsate cu deșeuri de fibre liberiene*** – este extins pe un număr de 87 de pagini care conţine 110 figuri, 20 tabele şi 16 relaţii de calcul. Pe parcursul acestui capitol sunt prezentate materialelele biocompozite noi pe bază de rășini termorigide sau termoplastice ranforsate cu deșeuri de fibre liberiene sub formă de fibre scurte de in și cânepă respectiv puzderii de cânepă. Sunt prezentate tehnologiile de obținere a acestor materiale, aparatura și încercările experimentale efectuate pentru determinarea proprietăților fizico-mecanice. Rezultatele experimentale obținute sunt evidențiate prin tabele și grafice. În finalul capitolului este făcută o analiză comparativă între rezultatele experimentale și cele teoretice obținute prin calcul pentru rezistența la tracțiune și modulul de elasticitate longitudinal al compozitului.

Materialele biocompozite noi pe bază de răşini termorigide ranforsate cu deşeuri lignocelulozice de in şi cânepă sunt:

-biocompozite 100% naturale pe bază de biorășini furanice (obținute din deșeuri lemnoase de in) ranforsate cu fibre scurte de in şi cânepă cu lungimi cuprinse între 3 şi 5mm şi grosimi < 0,5 mm, respectiv puzderii măcinate de cânepă, cu lungimi < 3mm şi grosimi < 0.5mm**.**

**-**biocompozite pe bază de rășini ureo-formaldehidice ranforsate cu fibre scurte de in şi cânepă cu lungimi cuprinse între 3 şi 5mm şi grosimi < 0,5 mm, respectiv puzderii măcinate de cânepă, cu lungimi < 3mm şi grosimi < 0.5mm**.**

**-**materiale biocompozite termorigide cu matricea din răşini melamino-formaldehidice ranforsate cu puzderii de cânepă nemăcinate (PNC), măcinate (PMC), sub formă de praf fin (PCPF), sub formă de praf grosier (PCPG).).

Materialele biocompozite noi pe bază de răşini termoplastice ranforsate cu deşeuri lignocelulozice de in şi cânepă sunt:

- materiale biocompozite termoplastice cu matricea din polipropilenă (PP) și umplutură din fibre scurte de in și cânepă (FSIC);

- materiale biocompozite termoplastice cu matricea din polietilenă de joasă densitate (LDPE) ranforsate cu puzderii de cânepă sub formă de praf fin (PCPF);

- materiale biocompozite termoplastice cu matricea din polietilenă de înaltă densitate (HDPE) ranforsate cu puzderii de cânepă sub formă de praf fin (PCPF).

Încercări efectuate pentru determinarea proprietăţilor fizico-mecanice ale biocompozitelor studiate constau în teste la impact, tracțiune, încovoiere, compresiune, duritate, analize microscopice a suprafețelor materialelor în ruptură, testul la îmbătrînire, testul de absorbţie a apei şi la umflare în grosime.

Din analiza datelor experimentale obținute în urma testărilor efectuate se pot trage următoarele concluzii:

a) *pentru biocompozitele pe bază de rășini termorigide:*

- la biocompozitele 100% naturale pe bază de rășini furanice rezistența la impact și duritatea acestora sunt mai mari în cazul biocompozitelor care utilizează ca element de legătură între fibre și matrice lignină din in în comparație cu cele care utilizează lignina din paie

-odată cu creșterea conținutului elementului de ranforsare în compozit, duritatea acestuia devine mai mare. Pentru aceeași fracțiune de volum a elementului de ranforsare biocompozitele ranforsate cu fibre scurte de in și cânepă au duritate mai mare decât cele ranforsate cu puzderii nemăcinate.

-odată cu creșterea fracțiunii de volum a elementului de ranforsare în compozit, proprietățile mecanice la impact (rezistența și energia la impact ) ale acestuia devin mai mici. Cele mai bune caracteristici mecanice la impact s-au obţinut în cazul compozitelor realizate din fibre scurte de in și cânepă. Aceste compozite pot înlocui bakelita la obţinerea unor piese în industria electrotehnică. Din analiza SEM se observă o structură compactă a biocompozitului.

- la biocompozitele pe bază de rășini ureo-formaldehidice, din analiza caracteristicilor fizico–mecanice, se poate concluziona că materialele compozite realizate din răşini ureo-formaldehidice ranforsate cu fibre scurte au proprietăţi la impact superioare celor obţinute cu puzderii măcinate de cânepă. Din analiza SEM a rupturii se observă o structură relativ uniformă a compozitului în ruptură.

- la biocompozitele pe bază de rășini melamino-formaldehidice și puzderii sub formă de praf grosier respectiv praf fin, se poate trage concluzia că proprietăţile mecanice la încovoiere pentru materialul biocompozit ranforsat cu puzderii de cânepă sub formă de praf fin sunt mai bune decât în cazul biocompozitului ranforsat cu puzderii de cânepă sub formă de praf grosier. Acest lucru se explică prin faptul că în cazul biocompozitului ranforsat cu puzderii sub formă de praf fin există o omogenizare mai bună a elementului de ranforsare în masa matricei, ceea ce determină o aderenţă mai bună a matricei la elementul de ranforsare. De asemenea, gradul de umflare în grosime pentru biocompozitele pe bază de rășini melamino-formaldehidice ranforsate cu puzderii de cînepă nemăcinate este mai mare decât în cazul celor ranforsate cu puzderii măcinate.. Rezultatele obţinute în acest studiu arată că proprietăţile mecanice ale materialelor analizate variază în funcţie de compoziţia acestora şi că pot fi îmbunătăţite astfel încât materialele să poată fi utilizate în diverse domenii de activitate în funcţie de ce proprietăti mecanice ale acestora se doresc a fi valorificate.

b) *pentru biocompozitele pe bază de rășini termoplastice:*

- la biocompozitele pe bază de polipropilenă ranforsate cu puzderii măcinate de cânepă, pentru același tip de element de ranforsare (puzderii măcinate) și aceeași fracțiune de volum a a acestuia în compozit (40%), duritatea acesora este mai mică iar rezistența la impact este mai mare în comparație cu cea a biocompozitului 100 % natural pe bază de răşini furanice (termorigide).

- pentru aceeași fracțiune de volum a elementului de ranforsare proprietățile mecanice la impact și tracțiune sunt mai mari în cazul biocompozitelor pe bază de polipropilenă ranforsate cu fibre scurte de in și cînepă decît în cazul celor ranforsate cu puzderii de cânepă.

- duritatea biocompozitelor este relativ aceeași pentru toate biocompozitele analizate și egală cu cea a polipropilenei pure, ceea ce arată că pentru biocompozitele pe bază de polipropilenă, pentru fracțiuni de volum de până la 40% a elementului de ranforsare duritatea biocompozitului nu este influențată de natura și conținutul elementului de ranforsare.

- din analiză biocompozitelor pe bază de polipropilenă ranforsate cu puzderii de cânepă sub formă de praf fin se observă că proprietățile mecanice la tracțiune, încovoiere și impact sunt mai mari la biocompozitele cu agent de compatibilizare în comparație cu cele fără agent de compatibilizare. Odată cu creşterea conţinutului de puzderii rezistența la tracțiune crește pâna la valoarea maximă corespunzătoare unui conținut de puzderii de 40%, după care aceasta începe să scadă, ceea ce înseamnă că există o valoare optimă a conținutului de element de ranforsare în biocompozit la care rezistența la tracțiune devine maximă. Odată cu creșterea conținutului elementului de ranforsare rezistența la încovoiere a biocompozitului crește de asemenea până la o anumită valoare optimă a conţinutului de element de ranforsare din biocompozit. Rezistenţa la impact scade odată cu creşterea conţinutului de puzderii. Curbele caracteristice tensiune/deformaţie tracţiune și încovoiere corespunzătoare acestor materiale prezintă porţiuni cvasiliniare iar ruperea acestora se produce în general brusc.. Rigiditatea biocompozitelor atât la tracţiune cât şi la încovoiere creşte cu creşterea conţinutului de puzderii.

- din analiza biocompozitelor pe bază de polietilenă se constată că pentru aceeași fracțiune de volum și geometrie a elementului de ranforsare acestea au proprietăţi la tracțiune și încovoiere inferioare biocompozitelor pe bază de polipropilenă. La biocompozitele pe bază de LDPE se observă o creştere a proprietăților la tracţiune şi a rezistenţei la impact pentru compozitele cu cu agent de compatibilizare faţă de compozitele fără agent de compatibilizare. Se observă o scădere a caracteristicilor fizico-mecanice cu creşterea timpilor de îmbâtrinire datorită degradării polimerului sintetic sub acţiunea radiaţiilor ultraviolete. Biocompozitele pe bază de HDPE au fost testate prin următoarele analize fizico-mecanice: umflarea în grosime după imersia în apă; absorbţia de apă după imersare în apă; densitatea materialului compozitului, încercarea la compresiune, încercarea la tracțiune, încercarea la încovoiere pe direcție logitudinală și transversală. Încercarea la încovoiere s-a efectuat pe direcție longitudinală și pe direcție transversală. Încercarea la compresiune s-a efectuat pe trei direcții: pe direcția de extrudare (longitudinală), și pe celelalte două direcții perpendiculare pe direcția de extrudare. Din analiza rezultatelor obținute la încercările de încovoiere și compresiune se observă că cele mai mari valori ale rezistențelor la încovoiere respectiv compresiune se obțin pentru încercarea epruvetelor pe direcție perpendiculară pe direcția de extrudare a materialului (pe lățime). De asemenea, din datele obținute ca urmare a testelor de absorbție de apă se observă că acestea se încadrează în norma de calitate a materialului.

Capitolul 5 – ***Studiul degradării materialelor compozite pe bază HDPE ranforsate cu puzderii de cânepă utilizând programul ABAQUS*** - este extins pe un număr de 28 pagini, conţine 21 figuri, şi 26 relaţii de calcul. Pe parcursul acestui capitol s-a determinat momentul apariției degradărilor într-un material compozit pe bază de polietilenă de înaltă densitate (HDPE) ranforsat cu 75% puzderii de cânepă sub formă de praf fin punându-se în evidență starea de tensiune din compozit.

Studiul s-a realizat cu ajutorul programului Abaqus atât pentru piese de tip epruvetă cât și pentru piese de tip fagure de aceeași formă cu cele încercate experimental. Este prezentată centralizarea rezultatelor obținute prin simulare și este pusă în evidență starea de tensiuni și deformații la care este îndeplinit pentru prima dată unul din criteriile de degradare.

Din analiza rezultatelor pentru piesele de tip epruvetă se observă că apariția primelor degradări se produce prin îndeplinirea criteriului de solicitare la compresiune a matricei. Aceasta nu conduce la ruperea epruvetei ci la o tasare a acesteia în partea superioară.

Parametrul determinant în apariția fenomenului de degradare este modulul de elasticitate. Din analiza efectuată se observă că factorii care determină primii îndeplinirea criterii de degradare sunt HSNMCCRT- criteriul de inițiere a degradării pentru compresiunea matricei (criteriul prioritar) și HSNFTCRT- criteriul de inițiere a degradării pentru tracțiunea fibrei.

La piesa de tip fagure s-a realizat atât experimental cât și prin modelare o solicitare la încovoiere în două sensuri față de forma conturului piesei. Din analiza rezultatelor pentru solicitarea la încovoiere pe cele două contururi criteriul prioritar de degradare este criteriul HSNFTCRT.

Simularea validează zona de rupere pentru ambele sensuri de încercare la încovoiere.

Studiul apariției degradărilor în piese cu diverse considerații, solicitate mecanic cu ajutorul programului Abaqus oferă informații referitoare la zonele în care apar primele degradări, cauzele care produc degradările (prin indicarea criteriilor de degradare, gradul în care proprietățile mecanice ale materialelor din care sunt realizate piesele influențează degradarea. Aceste informații pot fi utilizate la optimizarea formei pieselor și la îmbunătățirea acelor caracteristici mecanice care să minimizeze pericolul apariției degradărilor.

Capitolul 6 - C***ontribuţii personale*** ***şi concluzii, direcții viitoare de cercetare***– se extinde pe un număr de 5 pagini unde sunt prezentate concluziile şi contribuţiile personale ale autorului într-o manieră clară şi succintă cu sublinierea posibilelor direcţii viitoare de cercetare.

Cele mai relevante **concluzii** sunt următoarele:

Materialele analizate în cadrul acestui studiu sunt materiale biocompozite noi ranforsate cu deşeuri de plante liberiene (in şi cânepă), obţinute în urma procesului tehnologic de separare a fibrelor liberiene de tulpini.

Biocompozitele ranforsate cu fibre scurte de in şi cânepă au proprietăţi fizico-mecanice mai bune decât cele ranforsate cu puzderii de cânepă

Proprietăţile mecanice la tracţiune şi încovoiere pentru biocompozitele cu granulație fină sunt mai bune decât în cazul biocompozitelor cu granulaţie grosieră. Acest lucru se explică prin faptul că în cazul biocompozitelor cu granulaţie fină există o omogenizare mai bună a elementului de ranforsare în masa matricei, ceea ce determină o aderenţă mai bună a matricei la elementul de ranforsare

Odată cu creşterea fracţiunii de volum a elementului de ranforsare rezistenţa la impact a biocompozitelor scade. La aceeaşi fracţiune de volum a fibrei, biocompozitele ranforsate cu puzderii sub formă de praf fin au rezistenţa la impact mai scăzută decât cele ranforsate cu praf grosier, deci sunt mai fragile.

Odată cu creşterea fracţiunii de volum a elementului de ranforsare, atât rezistenţa la tracţiune cât şi rezistenţa la încovoiere a biocompozitelor cresc până la o anumită valoare optimă a conţinutului de element de ranforsare din biocompozit. Depăşirea unei anumite valori optime a fracţiunii de volum a elementului de ranforsare în biocompozit face ca aderenţa dintre acesta şi matrice să fie mai slabă, ceea ce conduce la scăderea acestor proprietăţi mecanice.

Odată cu creşterea fracţiunii de volum a elementului de ranforsare, modulul de elasticitate longitudinal cât si modulul de elasticitate la încovoiere cresc.

Pentru aceeaşi fracţiune de volum şi aceeaşi caracteristică a elementului de ranforsare biocompozitele pe bază de biorăşini termorigide au rezistenţa la impact mai scăzută decât cele pe bază de polipropilenă. De asemenea biocompozitele 100% naturale au rezistenţa la impact mai scăzută decât cele pe bază de răşini ureo-formaldehidice.

Biocompozitele pe bază de răşini termorigide au rezistenţa la impact mai scăzută decât biocompozitele pe bază de răşini termoplastice pentru aceeaşi fracţiune de volum a elementului de ranforsare. Biocompozitele care au în compoziţia lor agent de compatibilzare au proprietăţi fizico-mecanice celor fără agent de compatibilizare (maleabilizare). În cadrul biocompozitelor termorigide, biocompozitele pe bază de biorăşini (100%) naturale au rezistenţa la impact mai scăzută de cât cele pe bază de răşini ureo-formaldehidice. În cadrul biocompozitelor termoplastice proprietăţile pe bază de polipropilenă au proprietăţi la încovoiere superioare biocompozitelor pe bază de polietilenă pentru aceeaşi fracţiune de volum şi structură a elementului de ranforsare.

Absorbţia de umiditate în biocompozit conduce la scăderea proprietăţilor fizico-mecanice ale acestuia.

Din punct de vedere al structurii materialelor care fost analizate microscopic, se observă ca acestea au o structură în general compactă. Aspectul în ruptură al materialelor compozite ranforsate cu deșeuri de fibre și puzderii arată că acestea sunt materiale fragile.

Atât densitatea cât şi duritatea biocompozitelor realizate sunt scăzute.

Din analiza comparativă dintre proprietățile mecanice la tracțiune obținute experimental și teoretic se constată că modelul micromecanic al lui Kelly-Tyson aproximează cel mai bine rezultatele experimentale. Pentru noua valoare a factorului R introdus pentru calculul distanței dintre centrele a două fibre învecinate în compozit se obține o aproximare mai bună a calculelor teoretice cu rezultatele experimentale.

Din analiza degradării materialului compozit pe bază de HDPE ranforsat cu puzderii de cânepă sub formă de praf fin se constată că rezultatele obținute cu programul Abaqus pentru punerea în evidență a apariției degradărilor sunt suficient de apropiate față de cele obținute experimental. Programul Abaqus oferă predicția caracteristicilor mecanice ale unui material pentru ca acesta să fie utilizat fără apariția degradărilor pentru anumite tipuri de solicitări.

Dintre ***contribuţiile personale*** ale autorului se pot aminti următoarele:

- s-a analizat din punct de vedere al proprietăților fizice și mecanice materiale biocompozite noi pe bază de matrici polimerice termoplastice și termorigide ranforsate cu deșeuri de și cânepă

- s-a analizat efectul agenților de compatibilizare asupra proprietăților mecanice ale materialelor studiate.

- s-a studiat efectul fracțiunii de volum, a naturii și dimensiunilor elementelor de ranforsare asupra proprietăților mecanice ale biocompozitelor.

- s-a făcut un studiu teoretic cu privire la modelele micromecanice utilizate pentru estimarea proprietăților mecanice ale materialelor compozite

- s-a identificat pe baza proprietăților fizico-mecanice obținute, domeniile de utilizare a acestor biocompozite noi analizate.

- s-a efectuat un studiu sistematic asupra proprietăţilor mecanice a unor materiale compozite noi atât din punct de vedere experimental cât şi teoretic.

- s-a făcut o analiză privind compatibilitatea dintre rezultatele experimentale şi cele teoretice.

- s-a propus un model original de dispunere a fibrelor în materialul compozit care să pună în evidenţă o neuniformitate a distribuţiei fibrelor

Din conţinutul tezei se pot identifica următoarele ***direcţii viitoare de valorificare a rezultatelor*** cercetării:

- posibilitatea îmbunătăţirii modelelor micromecanice de estimare a proprietăților mecanice a materialelor compozite ranforsate cu fibre și puzderii liberiene prin introducerea unor noi factori de corecție în relațiile de calcul ale acestora;

- elaborarea de studii ale apariției degradării în toate materialele compozite analizate în cadrul acestei teme de cercetare;

- elaborarea unor studii de optimizare a proprietăților mecanice ale materialelor compozite analizate.

- identificarea unor domenii noi de utilizare a materialelor compozite ranforsate cu fibre și puzderii liberiene în practică

- elaborarea unor metodologii și respectiv standardizări pentru încercările mecanice ale materialelor biocompozite.

- elaborarea unei baze de date de rețete de materiale biocompozite cu precizarea proprietăților mecanice ale acestora.

Rezultatele obţinute în urma cercetărilor au fost diseminate la diferite manifestări de profil în următoarele ***lucrări ştiinţifice***:

**-****M.S.Pernevan**, L.Marşavina, D.Radu, M.Popa, C.Sîrghie, *“*Considerations about the impact behavior of biocomposites based on polypropylene and furan resins reinforced with hemp shives*”*  Journal of natural fibers, ISSN 1544-0478, Taylor Francis,Philadelphia USA,Vol10, pages 197-206, June 2013, *ISI Journal;*

- M. I. Popa, **S. Pernevan**, C. Sirghie, I.Spiridon, D. Chambre, D. M. Copolovici**,** N.Popa,„Mechanical Properties and Weathering Behavior of Polypropylene- Hemp Shives Composites” Journal Of Chemistry ISSN: 2090-9063 (Print),ISSN: 2090-9071 (Online),Vol 2013 Hindawi Publishing Corporation, New York USA, *ISI Journal;*

-.**M.S.Pernevan**, C. Sîrghie, I. Pernevan, M. Popescu, L. Marsavina, “Comparative Analysis of the Bending Properties of Biocomposites Reinforced with Hemp Shives in Form of Dust and Melamino-Formaldehyde Matrix” , 4TH International Conference Nanocon ,Brno, Cehia, ISBN978-80-87294-35-2 , Volume IV, October,2012, Pag. 669-674,*indexată BDI;*

-**M. S. Pernevan,** L. Marşavina, IoanPernevan, Cecilia Sîrghie, MihaelaPopescu, “Experimental Research Regarding The Tensile Properties Of Some Polypropylene Based Biocomposites Reinforced With Hemp Shives”The **10**th International Conference **“**Structural Integrity Of Welded Structures ”ISCS, Timişoara,Romania,ISBN-13:978-3-03785-848-6;Vol.814, 2013,pag 230-234, *indexată BDI Scopus, EBSCO;*

- **M.S. Pernevan**, L. Marşavina, C Sârghie, IPernevan, „Bast Fibers Used as Reinforcement Elements in Biocomposites”,Scientific Bulletin Of Politehnica Timişoara Issn 1224 – 6077 Editura Politehnica Timişoara Romania vol. 56 (70) iss. 2, dec 2011 pag.61-64, *B+;*

**-** M. Popescu, A.R.Roşu., **M. S.Pernevan**, “Utilization problems of biocomposite materials”, 12th International Multidisciplinary Scientific Geo-Conference Albena SGEM 2012, ISSN 1314-2704,Volume IV, June, 2012, pages 805-812, *indexată în BDI Scopus, EBSCO;*

- **M.S. Pernevan**, L.Marşavina, M. Popescu, I. Pernevan “Comparative Analysis Regarding The Mechanical Properties Of Polymer Matrix Based Biocomposites Reinforced With Hemp Scraps”, Scientific Geoconference (SGEM 2012), Albena, Bulgaria, ISSN 1314-2704,Volume IV, June, 2012, pp. 667-674, *indexată în BDI Scopus, EBSCO;*

- **Maria Silvia Pernevan,** Mechanical Testing Of Polypropylene Based Composites Materials Reinforced With Bast Fibers” Workshop-ul nr.2 INTERDISCIPLINARITATEA ŞI MANAGEMENTUL CERCETĂRII Universitatea „Politehnica” din Oradea 7-8 iunie 2012;

-**M.S.Pernevan** “Considerations Regarding Natural Fibres Reinforced Biocomposites” Workshop-ul nr.1 INTERDISCIPLINARITATEA ŞI MANAGEMENTUL CERCETĂRII Universitatea „Politehnica” din Timişoara 24-25 noiembrie 2011;

- **Pernevan Maria Silvia**, Sârghie Cecilia, Dreucean Mircea Florinel, Popescu Mihaela, Pernevan Ioan,*Considerații privind utilizări ale biocompozitelor pe bază de fibre liberiene,* Agro Buletin Agir , ISSN2066-6179 ,Editat de societatea de Inginerii Agricole Timisoara Timis Romania Vol sept-nov an III nr.3(10) 2011 pag 131-137, *B+,* Copernicus Master List, factor impact 3,55

- **Pernevan Maria Silvia**, Dreucean Mircea, Popescu Mihaela *Possibilities of using bast fibers in polymer composites*,Agro Buletin Agir, ISSN 2066-6179, Editat de societatea de Inginerii Agricole Timisoara Timis Romania Vol iun-aug an III, nr2(9), 2011 pag. 164-170, BDI, B+, Copernicus Master List, factor impact 3,55