

## Raport stiintific

privind implementarea proiectului in perioada ianuarie – decembrie 2014

Titlul proiectului: **“Cercetari avansate privitoare la comportarea sistemelor polimerice multicomponente sub actiunea controlata a factorilor de mediu”**

**Activitatile prevazute in cadrul obiectivelor propuse au fost realizate si sunt prezentate succint in acest raport.**

Obtinerea sistemelor polimerice multicomponente este importanta pentru o dezvoltare durabila, considerand aspectele legate de protectia mediului ambiant si de managementul deseurilor. Rețelele polimerice semiinterpenetrate (SIPN) sunt amestecuri particulare formate din polimeri liniari si reticulati fara legaturi chimice stabilite intre componente. Rasinile epoxidice reticulate si poliuretani (PU) pot forma rețele polimerice semiinterpenetrate ce au combinatii de proprietati interesante ce le fac aplicabile in acoperiri de protectie. Alcoolul polivinilic (PVA) are capacitatea ridicata de a forma legaturi de hidrogen cu alti polimeri, fiind in acelasi timp biodegradabil, biocompatibil si solubil in apa. Toate aceste proprietati recomanda utilizarea PVA pentru obtinerea de filme in amestec cu alti polimeri naturali cum este celuloza. Criogelurile pe baza de PVA si celuloza pot asigura transportul de masa a micro si nanoparticulelor, precum si imobilizarea a diferitelor tipuri de celule si biomolecule. Ele pot fi destinate unor aplicatii specifice ca: ingineria tisulara, fabricarea de ambalaje alimentare biodegradabile, membrane pentru biosenzori sau bandaje pentru rani capabile sa mentina un nivel adecvat de umiditate necesar cauterizarii. Tesaturile pe baza de fibre naturale cum sunt bumbacul, matasea si lana ofera o protectie slaba pielii umane fata de radiatia luminoasa din spectrul solar din cauza capacitatii reduse de absorbtie a luminii de catre aceste materiale. Imbunatatirea capacitatii de absorbtie a radiatiei luminoase se realizeaza practic prin vopsirea cu diferite tipuri de coloranti. Lungimile de unda intre 300 si 400 nm ( $\approx 5\%$  din spectrul luminii solare ce atinge suprafata terestra), avand energie ridicata, actioneaza distructiv atat asupra pielii, cat si asupra tesaturilor. Studiile recente in domeniul compozitelor genereaza oportunitati pentru obtinerea de materiale cu proprietati imbunatatite prin utilizarea eficienta a resurselor regenerabile si cu diferite posibilitati de aplicatie. Aceste sisteme sunt realizate din matrici polimerice din resurse regenerabile – *biopolimeri* – cu un impact pozitiv asupra mediului ambiant.

**Obiectivul 1. Caracterizarea fizico-chimica a sistemelor polimerice multicomponente imbatranite in conditii controlate**

### 1.1. Evaluarea modificarii proprietatilor optice (culoare, luciu) si fizico-mecanice

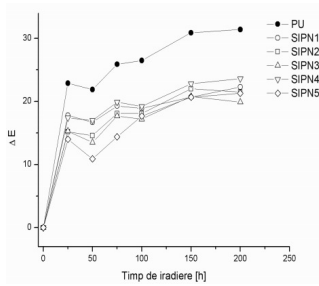
Cinci rețele semiinterpenetrate pe baza de (PU) si continut variabil de rasina epoxidica reticulata au fost sintetizate si caracterizate. In functie de continutul procentual de rasina acestea au fost notate cu SIPN1 (5% rasina), SIPN2 (10% rasina), SIPN3 (15% rasina), SIPN4 (20% rasina), SIPN5 (30% rasina). Comportarea rețelelor SIPN pe baza de poliuretan si rasina epoxidica reticulata la actiunea radiatiilor UV cu  $\lambda > 300$  nm este interesanta atat din punct de vedere practic in special cand este vizata cresterea stabilitatii polimerilor expusi la lumina solara, cat si teoretic in vederea aprofundarii cunostintelor referitoare la mecanismele de degradare fotochimica, alegerea fotostabilizatorilor adecvati sau obtinerea de materiale polimerice fotodegradabile. In cazul studiilor de stabilitate fotochimica a SIPN, iradierea a fost efectuata pe suprafete de  $40 \text{ mm}^2$  cu o lampa de presiune medie cu vapori de mercur de 100 W, model OSRAM HQE-40, cu un spectru de emisie in domeniul 340-370 nm. Iradierile s-au efectuat in prezenta aerului. Radiatiile UV energice, cu  $\lambda < 300$  nm, absente din spectrul luminii naturale, au fost eliminate cu un filtru cuarț/borosilicat avand transparenta maxima la 365 nm. Analiza variatiilor de culoare la suprafata probelor ( $\Delta E$ ) a fost evaluata cu Eq. 1, unde  $L^*$  reprezinta factorul de stralucire,  $a^*$  coordonata cromatica rosu-verde si  $b^*$  coordonata cromatica galben-albastru. Prin indicii 2 si 1 din Eq. 1 s-au notat valorile parametrilor Eq. 1 masurati dupa si respectiv inainte de iradiere.

$$\Delta E = \sqrt{(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2} \quad \text{Eq.1}$$

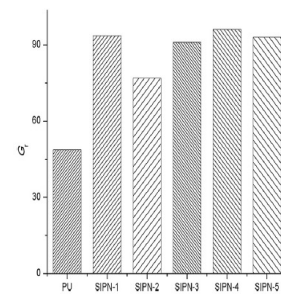
Modificarile de luciu au fost evaluate prin compararea luminii reflectate sub un unghi de  $60^\circ$  de suprafata probelor analizate cu o valoare etalon reprezentata de sticla neagra bine lustruita. Retentia de luciu ( $G_r$ ) a fost calculata cu Eq.2, unde  $G_i$  si  $G_f$  reprezinta valoarea inainte si dupa iradiere.

$$G_r = \frac{G_f}{G_i} \cdot 100 \quad \text{Eq. 2}$$

In Fig. 1 si 2 sunt redate variatiile diferentelor de culoare si a retentiei de luciu cu timpul de iradiere. Se poate observa o crestere a valorilor  $\Delta E$  cu timpul de iradiere (Fig. 1). Cea mai semnificativa crestere a acestor valori a fost inregistrata in primele 25 de ore de iradiere cu UV pentru PU. Valoarea  $\Delta E$  pentru PU a fost de 31.1 dupa 200 ore de iradiere, indicand diferente majore de culoare intre probele iradiate si cele neiradiate. Valorile  $\Delta E$  ale rețelelor au fost mai mici comparativ cu cele inregistrate pentru PU la finalul fotoiradierii. Valorile  $\Delta E$  au crescut in ordinea: SIPN3 (19.9) < SIPN5 (21.3) < SIPN2 (21.5) < SIPN1 (22.3) < SIPN4 (23.6). Valoarea  $G_r$  a scazut in timpul iradierii (Fig. 2) pentru toate probele studiate, prezentand cea mai scazuta valoare pentru PU (48.7), in timp ce pentru celelalte probe a variat intre 76.9 (SIPN2) si 96.1 (SIPN4).

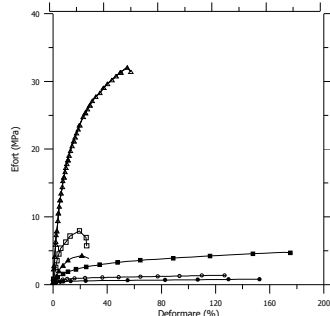


**Fig. 1** Modificarile de culoare cu timpul de iradiere

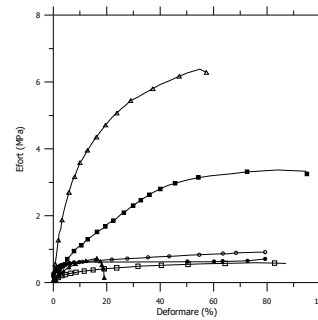


**Fig. 2** Variatia retentiei de luciu cu timpul de iradiere

Aceasta scadere a  $G_r$  a fost explicata printr-o schimbare in rugozitatea structurilor, pentru ca exista o relatie directa intre luciu si rugozitate. O explicatie pentru scaderea  $G_r$  pentru PU in comparatie cu restul structurilor este atribuita transparentei ridicate a structurii polimerului, intrucat lumina UV penetreaza mai adanc proba generand astfel o deteriorare avansata. Iradierea modifica semnificativ rezistenta la efort a retelelor studiate. In Fig. 3 si 4 sunt redade curbele efort-deformare ale retelelor SIPN2 si SIPN5.



**Fig. 3** Curbele efort-deformare in timpul iradierii SIPN2: ● - neiradiat; ○ - 15h; ■ - 80h; □ - 120h

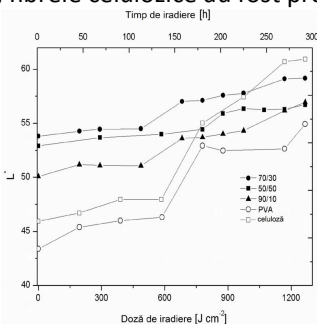


**Fig. 4** Curbele efort-deformare in timpul iradierii SIPN5: ● - neiradiat; ○ - 15h; ■ - 80h; □ - 120h; ▲ - 160h; △ - 200h

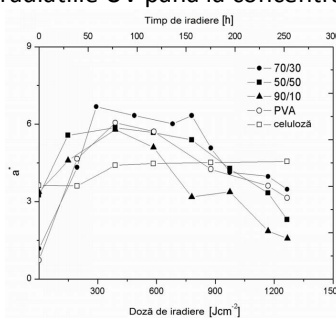
Iradierea retelelor SIPN determina marirea unor proprietati fizico-mecanice cum sunt: modulul initial de elasticitate, a rezistentei la limita de elasticitate, a rezistentei la rupere si respectiv scaderea alungirii la rupere, respectiv a alungirii la limita de elasticitate. Aceste modificari de proprietati sunt cu atat mai diminuate, cu cresterea continutului de rasina in SIPN. Comportarea se explica printr-un efect slab de fotostabilizare a PU de catre rasina epoxidica reticulata.

### 1.2. Stabilirea tipului de interactiune dintre componentele polimere

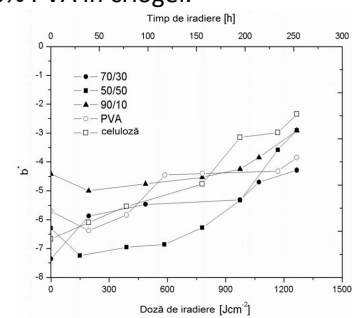
S-a studiat influenta raportului dintre componente si a interactiunii dintre ele asupra stabilitatii fotochimice ale criogelurilor. Cele mai importante modificari structurale constau in reactii de scindare ale lanturilor macromoleculare, reactii de reticulare, precum si reactii de oxidare. In timpul iradierii cu UV a criogelurilor pe baza de PVA si celuloza au fost identificate modificari importante de culoare evidentiata prin cresterea valorilor factorului de stralucire ( $L^*$ ), acumularea de cromofori rosii instabili ( $a^*$ ) si ingalbenirea suprafetelor ( $b^*$ ). Fig. 5-7 prezinta modificarea parametrilor cromatici pentru criogeluri cu timpul si doza de iradiere. Modificarile structurale din timpul procesului de fotodegradare au fost monitorizate prin tehnicile de spectroscopie FTIR, UV-Vis si XPS. Datorita intreruperii difuziei oxigenului prin suprafata PVA, componenta pe baza de celuloza din criogeluri a suferit un proces mai lent de fotooxidare. Fotooxidarea s-a produs totusi mai lent prin formarea de structuri hidroperoxidice a caror prezenta a fost confirmata prin metoda iodometrica. Celuloza ca atare a suferit de asemenea fenomene de fotooxidare prin formarea continua de hidroperoxizi insotita de depolimerizare. Datorita proprietatilor de bariera contra oxigenului a PVA, fibrele celulozice au fost protejate de radiatiile UV pana la concentratia de 70% PVA in criogel.



**Fig. 5** Variatia factorului de stralucire cu doza (timpul) de iradiere



**Fig. 6** Variatia factorului cromatic  $a^*$  cu doza (timpul) de iradiere



**Fig. 7** Variatia factorului cromatic  $b^*$  cu doza (timpul) de iradiere

Micrografiile SEM au demonstrat ca pana la concentratia de 70% PVA interactioneaza cu fibrele de celuloza aderand sub forma de film la acestea. Prin depasirea concentratiei de 70% PVA in criogeluri interactiunile dintre cei doi

polimeri slabesc semnificativ, rezultand separarea in faze individuale care sufera procese de fotodegradare dupa mecanisme complexe specifice fiecarui polimer.

### 1.3. Evaluarea gradului de reticulare

Pentru determinarea valorilor densitatilor de reticulare a SIPN este necesara cunoasterea capacitatii calorice absolute si introducerea acestor valori in Eq.3, unde prin  $C_p^i$  si  $C_p^0$  s-au notat capacitatile calorice ale retelelor la o valoare data a densitatii de reticulare ( $\rho_c$ )<sup>i</sup>.

$$\rho_c = \frac{C_p^i - C_p^0}{C_p^0} = \frac{\Delta C_p^i}{C_p^0} \quad \text{Eq. 3}$$

Determinarea valorilor pentru capacitatile calorice absolute se poate efectua cu metoda DSC prin efectuarea a trei experimente consecutive: (1) o masuratoare efectuata cu creuzete de aluminiu prevazute cu capace perforate si nepresate, (2) o masuratoare cu un material de referinta format dintr-un disc de safir pur si (3) o masuratoare efectuata asupra probei analizate ce trebuie sa aiba o masa foarte apropiata de aceea a discului de safir pur folosit anterior. Relatia dintre capacitatea calorica a probei notata  $C_p$  (proba) ce insumeaza capacitatile calorice a suportului creuzetului probei, a creuzetului probei si a probei analizate si capacitatea calorica a materialului de referinta notate  $C_p$  (safir) care insumeaza de asemenea capacitatile calorice ale suportului creuzetului materialului de referinta, creuzetului materialului de referinta si a materialului de referinta si viteza de incalzire  $\beta$ , pot fi redade cu Eq. 4-5.

$$C_{1,p}(\text{proba}) - C_{1,p}(\text{safir}) = (T(\text{proba}) - T(\text{safir}))/R \quad \text{Eq. 4}$$

$$C_p(\text{proba}) - C_p(\text{safir}) = kD \quad \text{Eq. 5}$$

Deoarece capacitatile calorice ale creuzetului cu proba si a creuzetului cu safir se pot nota cu  $C_p^h$  (proba) si  $C_p^h$  (safir) iar caldurile specifice ale probei si safirului cu  $c_r$  si  $c_s$  respectiv  $m_r$  si  $m_s$  masele probei si a safirului se obtin Eq. 6-9, in care prin  $D_1$ ,  $D_2$  si  $D_3$  s-au notat decalajele termice efective dintre termogramele DSC ale corectiei, referintei si probei.

$$C_p^h(\text{proba}) - C_p^h(\text{safir}) = kD_1 \quad \text{Eq. 6}$$

$$[(C_p^h(\text{proba}) + m_r c_r) - C_p^h(\text{safir})] = kD_2 \quad \text{Eq. 7}$$

$$[(C_p^h(\text{proba}) + m_s c_s) - C_p^h(\text{safir})] = kD_3 \quad \text{Eq. 8}$$

$$\frac{m_s c_s}{m_r c_r} = \frac{D_3 - D_1}{D_2 - D_1} \quad \text{Eq. 9}$$

Valorile  $c_s$  fiind cunoscute, se poate calcula astfel capacitatea calorica a probelor cu Eq. 10

$$C_p(\text{proba}) = \frac{m_r c_r}{m_s} \cdot \frac{D_3 - D_1}{D_2 - D_1} \quad \text{Eq. 10}$$

Au fost calculate astfel valorile  $C_p$  ce corespund temperaturilor de final ale tranzitiilor sticloase ( $T_g$ ) in cazul retelelor polimere SIPN (Tabelul 1).

**Tabelul 1.** Valorile capacitativilor calorice si a densitatilor de reticulare ce caracterizeaza retelele SIPN

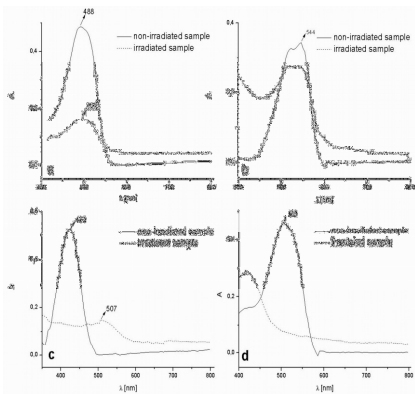
Cod proba	$T_g$ ( $^{\circ}C$ )	$C_p$ ( $Jg^{-1}C^{-1}$ )	$\rho_c$ ( $mol\ cm^{-3}$ )
PU	-32.7	1.485	-
SIPN1	-29.5	1.466	0.0128
SIPN2	-25.7	1.417	0.0458
SIPN3	-23.5	1.335	0.101
SIPN4	-21.3	1.290	0.131
SIPN5	-15.7	1.172	0.210

Se observa ca o data cu cresterea continutului de rasina reticulata atat valorile  $T_g$ , cat si cele  $\rho_c$  cresc cu descresterea valorilor  $C_p$  ale retelelor SIPN. Aceasta comportare este normala deoarece capacitatea calorica reprezinta o caracteristica a miscarilor segmentelor polimere din lanturile macromoleculare. De aceea, o data cu marirea continutului de rasina reticulata creste gradul de reticulare avand drept consecinta directa reducerea volumului liber dintre segmente din cauza blocarii sterice treptate a miscarilor acestora.

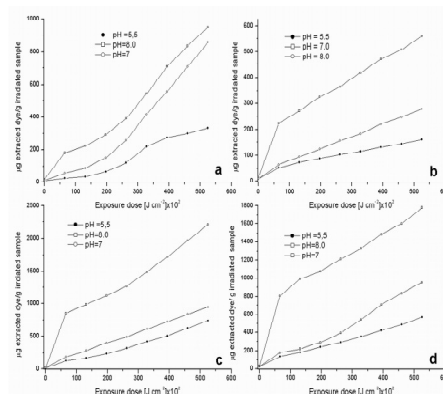
## Obiectivul 2. Stabilirea criteriilor de selectie pentru sistemele polimerice multicomponente aflate in studiu considerand aplicatii specifice

### 2.1. Investigarea efectelor induse de coloranti prin imobilizarea pe suporturi polimerice in corelatie cu proprietatile fizice si chimice

A fost monitorizata influenta timpului si a dozei de iradiere asupra interactiunii dintre suportul celulozic (bumbac) si 4 tipuri de coloranti reactivi cu structura azo-triazinica, avand denumirile comerciale Reactive Yellow 143 (RY-143), Reactive Orange 13 (RO-13), Reactive Red 183 (RR-183), Reactive Red 2 (RR-2). Acesti coloranti au capacitatea de a se atasa de suportul textil prin legaturi chimice stabile de tip eteric si/sau prin intermediul functiilor sulfonice. In Fig. 8 este prezentata modificarea spectrelor de absorbtie in domeniul vizibil a colorantilor studiati dupa 200 de ore de iradiere. Studiile au demonstrat ca radiatia UV afecteaza in functie de doza atat structura chimica a colorantului conducand la modificarea culorii materialului, cat si a suportului textil ceea ce se reflecta in eliberarea colorantului (Fig. 9) impreuna cu unitati de glucoza, oferind posibilitatea dizolvarii acestuia in transpiratia umana, cu efecte iritante asupra pielii.



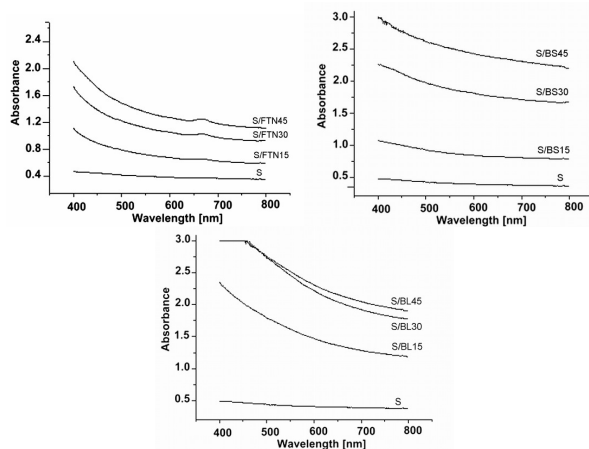
**Fig. 8** Modificarea spectrelor de absorbtie in domeniul vizibil dupa 200 h iradiere: (a) RY-143; (b) RR-183; (c) RR-2; (d) RO-13



**Fig. 9** Cantitatea de colorant eliberat/g proba iradiata in functie de doza de iradiere si pH: (a) RY-143; (b) RR-183; (c) RR-2; (d) RO-13

## 2.2. Testarea sistemelor polimerice multicomponente

S-au obtinut sisteme polimerice multicomponente pe baza de matrice biopolimeră, amidon plasticizat (S), si diferite materiale de umplere care includ fibre lignocelulozice (rumegus fin de lemn de fag - BS, ace de brad - FTN) si lignina extrasa din rumegusul de fag (BL) cu diferite procente (15%, 30%, 45%). Structura si proprietatile materialelor s-au investigat prin spectroscopie (FTIR, SEM), difractie cu raze X (XRD) si prin analiza termica simultana (TG/DTG/DTA), respectiv prin determinari ale caracteristicilor de suprafata (rezistenta la umiditate, transparenta). Evaluarea proprietatilor optice (transparenta/opacitate) pentru sistemele obtinute este prezentata in Fig. 10.



**Fig. 10.** Evaluarea proprietatilor de opacitate pentru matricea polimeră (S) si sistemele polimerice obtinute

Prezenta materialelor de umplere de origine vegetala in matricea polimeră de amidon plasticizat determina o usoara crestere a rezistentei la umiditate si poate imbunatati posibilitatile de aplicare a acestor sisteme polimerice. Aceasta comportare se datoreaza prezentei interactiunilor in cadrul retelei legaturilor de hidrogen care se formeaza intre matricea polimeră de amidon si partea structurala cristalina a lemnului (rumegusul de fag) si a acelor de brad (care prezinta celuloza in compozitia chimica).

## 2.3. Investigatii privind ciclul de viata (lifetime prediction) pentru sistemele polimerice aflate in studiu

Pentru estimarea duratei de viata a SIPN s-a procedat la imbatranirea accelerata a probelor prin expunerea acestora la UV la patru temperaturi diferite (40°C, 70°C, 100°C si 130°C). O forma simplificata a ecuatiei Arrhenius pe baza relatiei timp-temperatura a fost utilizata (Eq. 11), unde prin  $t$  s-a notat durata de viata,  $t_0$  factorul preexponential,  $T$  temperatura de imbatranire,  $E$  energia de activare,  $R$  constanta gazelor ( $8.314 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$ ).

**Tabelul 3.** Estimarea timpului de viata a retelelor SIPN expuse la UV calculate pe baza modificarilor de culoare

Cod proba	$E$ ( $\text{kJ mol}^{-1}$ )	$\ln t_0$	$t$ la 25°C (ore)	Coefficient de corelatie
SIPN1	19	-3.987	39	0.949
SIPN2	38	-9.580	308	0.861
SIPN3	67	-19.514	1568	0.954
SIPN4	19	-3.955	127	0.837
SIPN5	29	-7.110	116	0.954

$$t = t_0 e^{\frac{E}{RT}} \quad \text{Eq. 11}$$

Perioada ce corespunde unei cresteri a diferentei de culoare ( $\Delta E$ ) de la 0 la 5, cand modificarea devine vizibila de catre ochiul uman a fost luata in considerare. Parametrii calculati cu Eq. 11 sunt prezentati in Tabelul 3.

## Obiectivul 3. Asigurarea cadrului de implementare a proiectului. Imbunatatirea procesului de implementare

### 3.1. Completarea bazei de date web a proiectului.

Baza de date a proiectului a fost reactualizata si se gaseste la adresa: <http://www.icmpp.ro/mcps/ro/>

### 3.2. Diseminarea rezultatelor obtinute.

#### Lucrari stiintifice: 7

1. Photochemical stability of cellulose textile surfaces painted with some reactive azo-triazine dyes; L. Rosu, D. Rosu, C.-C. Gavat, C.-D. Varganici; *J. Mater. Sci.*, **49(13)**, 4469-4480 (2014); **IF=2,305; SI=1,371**
2. Multicomponent bio-based polymer systems comprising starch and wood polymers-structure and thermal behavior; C.-A. Teaca, R. Bodirlau, D. Rosu, L. Rosu, C.-D. Varganici; *J. Biobased Mater. Bioenergy*, **8(2)**, 253-260 (2014); **IF=0,536; SI=0,761**
3. A new way to synthesize of poly(urethane-imide)s based on nitroethyl carbamate intermediary; C.Gaina, O.Ursache, V. Gaina, C.-D. Varganici; *Polym.-Plastics Technol. Eng.*, **53(11)** 1160-1168; (2014); **IF=1,481; SI=0,555**
4. Studies on Diels-Alder thermoresponsive networks based on ether-urethane bismaleimide functionalized poly(vinyl alcohol); O.Ursache, C. Gaina, V. Gaina, N. Tudorachi, A. Bargan, C.-D. Varganici, D. Rosu; *J. Therm. Anal. Calorim.*, **118**, 1471-1481 (2014); **IF=2,206; SI=0,507**
5. Influence of poly(vinyl alcohol) on cellulose photochemical stability in cryogels during UV irradiation; C.-D. Varganici, L. Rosu, O.-M. Mocanu (Paduraru), D. Rosu; *J. Photochem. Photobiol. A: Chem.* DOI: 10.1016/j.jphotochem.2014.10.00 acceptata (2014); **IF =2,291; SI=0,939**
6. On the thermal stability of some aromatic-aliphatic polyimides; C.-D. Varganici, D. Rosu, C. Barbu-Mic, L. Rosu, D. Popovici, C. Hulubei, B.C. Simionescu; *J. Anal. Appl. Pyrol.*; trimisa la publicat (2014); **IF = 3.070; SI = 1,705**
7. Poly(urethane-benzoxazine)s; C. Gaina, O. Ursache, V. Gaina, C.-D. Varganici; *J. Polym. Res.* **21(11)**, 586-597 (2014); **IF=1,897; SI=0,967**

#### Lucrari prezentate la manifestari stiintifice: 9 (comunicari: 3 si postere: 6)

#### 8th International Conference on Modification Degradation and Stabilization of Polymers – MoDeSt 2014, 31 August – 4 September 2014, Portoroz (Slovenia)

1. Accelerated photoaging of dyed textiles; D. Rosu, C.-D. Varganici, L. Rosu (COMUNICARE)
2. On the thermal stability of poly(vinyl alcohol) and cellulose based cryogels; C.-D. Varganici, D. Rosu, O.-M. Mocanu (Paduraru), L. Rosu (COMUNICARE)
3. On the photodegradation of poly(vinyl alcohol) and cellulose based cryogels; L. Rosu, C.-D. Varganici, O.-M. Mocanu(Paduraru), E. Marlica (POSTER)
4. Curing reactions of epoxidized methyl esters of corn oil and thermal characterization of the obtained crosslinked products; F. Mustata, E. Marlica, N. Tudorachi, I. Bicu, C.-D. Varganici (POSTER)
5. Starch/wood bio-based polymer systems - structure and thermal properties; R. Bodirlau, C.-A. Teaca, D. Rosu, L. Rosu, C.-D. Varganici (POSTER)
6. Investigation of structural changes occurred in wood due to chemical treatment; C.-A. Teaca, R. Bodirlau, D. Rosu, L. Rosu (POSTER)

#### The 2nd CEEP Workshop on Polymer Science, octomber 24-25, 2014, Iasi, Romania.

7. Thermal behavior of semiaromatic polyimides; C.-D. Varganici, D. Rosu, C. Barbu-Mic, L. Rosu, D. Popovici, C. Hulubei, B.C. Simionescu (POSTER)

#### Zilele Universitatii "Al.I.Cuza" Iasi, Conferinta FACULTATII DE CHIMIE Editia 2014; 31 oct. - 1 nov. 2014

8. Effect of temperature on aliphatic-aromatic polyimides; C.-D. Varganici, D. Rosu, C. Barbu-Mic, L. Rosu, D. Popovici, C. Hulubei, B.C. Simionescu (COMUNICARE, lucrare premiata)
9. Wood treatment with vegetable oils and its protective effect under environmental factors action; R. Bodirlau, C.-A. Teaca, E. Marlica, L. Rosu, D. Rosu (POSTER)

#### Alte activitati:

1. Teza de doctorat: **Stabilitatea termica si fotochimica a materialelor polimere multifunctionale**; 27 oct. 2014; Drd. C.-D. Varganici. O parte din continutul acestei teze reprezinta rezultate obtinute si raportate in cadrul acestui proiect. Distinctie: **Summa Cum Laude**; Calificativ: **Excelent**
2. **Capitol carte**: Thermal degradation of thermosetting blends; **autori**: D. Rosu, C.-D. Varganici, L. Rosu, O.-M. Mocanu (Paduraru); In cartea: **Thermal Degradation of Polymer Blends, Composites and Nanocomposites**; Editura: Springer-Verlag (2015); **Acceptat publicare**
3. **Capitol carte**: Multi-component polymer composite systems using polymer matrices from sustainable renewable sources; **autori**: C.-A. Teaca, R. Bodirlau; In cartea: **Eco-friendly Polymer Nano-composites: Processing and Properties**; Editura: Springer-Verlag (2015); **Acceptat publicare**

### 3.3. Asigurarea resurselor necesare. Intocmirea raportului de etapa.

Echipa de cercetare implicata in proiect a realizat urmatoarele activitati:

- sedinte de lucru lunare cu membrii echipei;
- activitati de consiliere a doctorandului/postdoctorandului de catre cercetatorii seniori;
- organizarea de paneluri ale seniorilor din echipa pentru rezolvarea problemelor stiintifice;
- elaborarea de articole si trimiterea spre publicare in jurnale cotate ISI;
- stabilirea si procurarea necesarului de materiale pentru desfasurarea programului de cercetare;
- planificarea resurselor umane, materiale si financiare pentru etapa urmatoare;
- planificarea activitatii de achizitie, intocmirea documentatiei pentru achizitie;
- urmarirea fluxului de aprovizionare si a modului de utilizare a fondurilor;
- intocmirea raportului de etapa 2014 (stiintific, financiar).

In vederea dezvoltarii si implementarii structurii manageriale, membrii echipei de cercetare s-au intrunit lunar si au stabilit planul de activitati detaliat. S-a urmarit comunicarea eficienta si operativa a problemelor administrative, tehnice si financiare atat in interiorul echipei de cercetare, cat si cu autoritatea contractanta. Intreaga echipa de cercetare a fost implicata in elaborarea raportului de etapa. S-a intocmit dosarul necesar pentru realizarea auditului financiar independent 2014.

**Echipa de cercetare a indeplinit obiectivele propuse cu un grad total de realizare.**

Director proiect,

Dr. Dan Rosu

