

Contractor: INCD URBAN-INCERC
Cod fiscal : 26752660

Anexa 10 la Contract nr. 41N/18.01.2023
(anexa la procesul verbal de avizare interna nr. 23/27.06.2024)

De acord,
DIRECTOR GENERAL
Claudiu-Sorin DRAGOMIR



Avizat,
DIRECTOR DE PROGRAM
Alexandra-Marina BARBU



RAPORT DE ACTIVITATE AL FAZEI

Contractul nr.: 41N/18.01.2023.

Proiectul: Sinergii de inovare și digitalizare în conceperea de eco-materiale și produse multifuncționale pentru construcții sustenabile, cu impact asupra mediului și a economiei circulare
Subfaza 2.2: Testare produse inovative de acoperire obținute, care integrează SAN. Optimizare compozițională. Cercetări experimentale pe produsele optimizate compozițional
Termen de încheiere a fazei: 28.06.2024

1. Obiectivul proiectului: dezvoltarea de produse, tehnologii, servicii inovative în corelare cu țintele propuse, cu aplicabilitate în domeniul construcțiilor sustenabile pentru integrarea exploratorie în obiectivele dezvoltării durabile și economiei circulare
2. Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului:
 - Creșterea gradului de cunoaștere în vederea valorificării subproduselor agroindustriale naturale prin crearea de noi produse inovative pentru construcții sustenabile. Analize predictive socio-economice;
 - Obținere produse inovative de acoperire pe bază de subproduse agroindustriale naturale;
 - Studiu privind aplicabilitatea unui sistem de monitorizare a calității mediului interior, utilizând platforme de tip Open-Source;
 - Stabilirea aptitudinilor de utilizare în construcții a produselor inovative de acoperire obținute, care integrează subproduse agroindustriale naturale;
 - Optimizare recepturi produse inovative de acoperire care integrează subproduse agroindustriale naturale;

- Stabilirea aptitudinilor de utilizare a produselor inovative optimizate compozițional, pe bază de subproduse agroindustriale naturale;
- Dezvoltare produse inovative de tip responsiv;
- Acoperiri responsive, verificare proprietăți de control emisii interioare;
- Testări multidisciplinare pentru validare a aptitudinii de exploatare în construcții a produselor inovative obținute;
- Analiză cost-beneficiu privind obținerea de produse de acoperire pe bază de subproduse agroindustriale naturale.

3. Obiectivul subfazei 2.2.: Cercetări experimentale în vederea stabilirii aptitudinilor produselor inovative de acoperire de a fi utilizate în domeniul construcțiilor

4. Rezultate preconizate pentru atingerea obiectivului subfazei 2.2.:

- Stabilirea aptitudinilor de utilizare în construcții a produselor inovative de acoperire obținute, care integrează subproduse agroindustriale naturale;
- Optimizare recepturi produse inovative de acoperire care integrează subproduse agroindustriale naturale;
- Stabilirea aptitudinilor de utilizare a produselor inovative optimizate compozițional, pe bază de subproduse agroindustriale naturale;
- Obținere produse inovative de acoperire sub formă de plăci pe bază de subproduse agroindustriale naturale;
- Diseminare în conferințe și reviste de specialitate.

5. Rezumatul subfazei 2.2.:

Sectorul agricol este unul dintre principalele sectoare generatoare de cantități impresionante de deșeuri (Ufitikirezi et al., 2024; Capanoglu et al., 2022; Pradhan et al., 2024), ceea ce a condus la îngrijorarea opiniei publice și a comunității științifice. Datele publicate de Organizația pentru Alimentație și Agricultură (FAO) au arătat că agricultura produce peste 140 de miliarde de tone de biomasă în fiecare an, cu peste 2 tone pe zi în zonele rurale (Ufitikirezi et al., 2024).

Deșeurile agricole, cum ar fi paie, tulpinile, reziduurile fibroase, cojile și știuleții, reprezintă o parte semnificativă a deșeurilor care pot fi valorificate cu diferite tehnici, cum ar fi procesele termochimice și biologice, putând fi transformate în combustibili și materiale cu valoare adăugată (Ufitikirezi et al., 2024; Capanoglu et al., 2022; Wazed Ali et al., 2022). Materiile prime organice pot fi utilizate într-un mod mai durabil, cu eficiență sporită și costuri de procesare mai mici, iar reducerea deșeurilor, reutilizarea și maximizarea valorii resurselor pot genera produse valoroase, promovând dezvoltarea durabilă și maximizând beneficiile ecologice și socio-economice (Coelho Vianna et al., 2024). Prin valorificarea deșeurilor agricole, fermierii și industriile agricole pot contribui la practici durabile, la eficiența resurselor și la economia circulară (Ufitikirezi et al., 2024).

Economia circulară își propune să minimizeze deșeurile generate prin optimizarea utilizării acestora, prin procese viabile pentru a le crește valoarea și a stabili practici circulare în sectorul agroalimentar. De asemenea, promovează conservarea și valoarea economică a produselor, încercând să extindă durata de viață maximă a componentelor acestora și să obțină cea mai mare

adăugată posibilă (Coelho Vianna et al., 2024). Acest concept sugerează crearea simultană de beneficii economice, de mediu, sociale și de sustenabilitate, prezentate în Fig. 1.



Fig. 1. Economia circulară (prelucrare după Coelho Vianna et al., 2024)

Deșeurile agricole și conceptul de economie circulară (fig.2) sunt interconectate, ambele fiind esențiale pentru promovarea sustenabilității în sectorul agricol. Economia circulară reprezintă un model economic care vizează reducerea la minimum a deșeurilor și maximizarea utilizării resurselor prin promovarea reciclării, reutilizării și regenerării (Ufitikirezi et al., 2024).

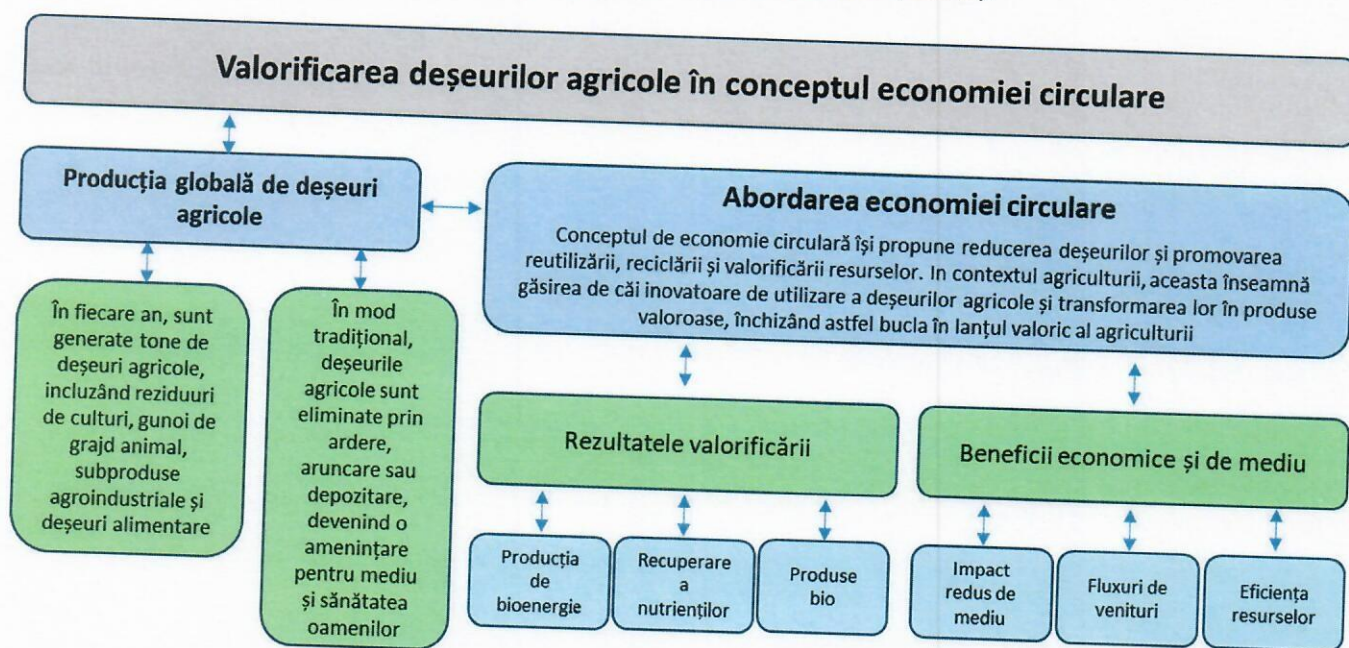


Fig. 2. Deșeurile agricole și economia circulară (prelucrare după Ufitikirezi et al., 2024)

În spiritul principiilor economiei circulare, în cadrul acestui proiect se urmărește obținerea de materiale inovative de construcție sub formă de produse de acoperire, integrând, în vederea valorificării lor superioare, două subproduse agroindustriale naturale, anume palea (cojile) de orez -

rezultat din industria alimentară, cânepă industrială – sub formă de fire și tulpini, rezultate după utilizarea semințelor în sectorul alimentar sau ca furaje pentru animale, în industria textilă, etc.

Orezul, unul dintre alimentele de bază pentru aproape jumătate din populația lumii, este cultivat pe toate continentele, în peste 100 de țări. Organizația pentru Alimentație și Agricultură (FAO) estimează că producția mondială de orez în 2023/24 va fi de 523,7 milioane de tone (Pradhan et al., 2024), rezultând una dintre resursele naturale abundente, și anume cojile de orez. În construcții, aceste materiale naturale pot fi utilizate pentru realizarea de diferite tipuri de produse, printre care se menționează plăcile compozite aglomerate, cu proprietăți de izolare termică sau acustică. Acest produs secundar natural este însă de obicei abandonat într-o zonă post-recoltare cu o medie de 2 milioane de tone acumulate pe an (Raki-in et al., 2021), care afectează grav mediul (Raki-in et al., 2021; Milawarni et al., 2023; Pradhan et al., 2024; Revelo-Cuarán et al., 2022). Studiile efectuate până în prezent au utilizat diferite tipuri de rășini sau adezivi, sintetici sau naturali, pentru obținerea de plăci compozite pe bază de coji de orez, în lucrarea *in extenso* fiind prezentate câteva studii, cu detalii privind tipul de liant, caracteristicile obținute și condițiile experimentale.

Datorită particularităților sale compoziționale și structurale, cânepa, în formă de puzderie de cânepă, este integrată în numeroase tipuri de materiale de construcție având rolul recunoscut de a îmbunătăți proprietățile de izolare termică, performanța acustică, reglarea umidității și durabilitatea mediului. Dintre materialele cu conținut de cânepă, respectiv produsele care sunt utilizate/utilizabile în construcții sunt recunoscute: Hempcrete, un material ușor, obținut prin amestecarea puzderiei de cânepă cu un liant pe bază de var termoizolator, amestecul rezultat putând fi utilizat ca material de umplere neportant în pereți, pardoseli și acoperișuri, cu o foarte bună izolare termică și acustică și capacitate de a regla nivelul de umiditate (Arrigoni et al., 2017; Demir et al., 2020; Piot et al., 2017; Yadav et al., 2022); materiale de izolare sub formă de panouri, batoane sau izolație de umplere (Abdellatef et al., 2020), cu bune proprietăți de izolare termică și acustică; plăci aglomerate și de fibre, realizate prin amestecarea puzderiei de cânepă cu alte materiale lignocelulozice și lianți, rezultând plăci utilizabile ca pardoseli, panouri de perete și chiar componente de mobilier; materiale biocompozite, realizate prin combinarea puzderiei de cânepă cu o matrice de polimeri sintetici sau naturali, rezultând inclusiv pardoseli, elemente de placari și finisaje interioare (Cigasova et al., 2015; Dhakal et al., 2015; Requile et al., 2019); *betonul de cânepă* care, deși nu are caracteristici de rezistență ridicată sau portabilitate, are conductivitate termică scăzută, permeabilitate mare la vapori de apă, rezistență la foc, la biodegradare, cu bune proprietăți acustice bune și de aceea putând fi utilizat pentru pereți, acoperișuri și pardoseli, pentru izolarea pereților pe partea lor exterioară (Gołębiewski, 2017).

Pentru caracterul unitar al expunerii, în cele ce urmează sunt prezentate sumar principalele aspecte studiate teoretic și experimental în prima fază a proiectului, precum și concluziile rezultate cu privire la **obținerea de produse inovative de acoperire pe bază de subproduse agroindustriale naturale (S.A.N.)**, pornind de la cele două materiale naturale menționate anterior, anume palea de orez și cânepa industrială (fire și tulpini):

- *Testarea preliminară a subproduselor selectate în cadrul proiectului* (determinări privind absorbția de apă, rezistența la dezvoltarea mușgaiurilor, caracteristicile termotehnice, acustice și comportarea la foc), rezultatele obținute susținând potențialul palei de orez, al firelor și tulpinilor tocate de cânepă de a fi valorificate în construcții;

• *Crearea de eco - materiale inovatoare de acoperire, de tip tencuială decorativă, aplicabile în construcții, prin utilizare de palee de orez și fire de cânepă.* Au fost parcurse următoarele etape:

- a) Selectarea lianților;
- b) Studiarea compatibilității S.A.N. – lianți, cu stabilirea caracteristicilor dimensionale optime ale firelor de cânepă, în vederea realizării produselor din categoria stabilită;
- c) Proiectarea receptorilor și obținerea de produse de acoperire de tip tencuieli decorative pe bază de S.A.N., cu stabilirea proporțiilor de principiu;
- d) Determinarea unor caracteristici fizico-mecanice de bază (grosime, aderență la suprafața-suport din gips-carton) ale produselor obținute;
- e) Analiza și interpretarea rezultatelor experimentale obținute în cadrul fazei 1 ;
- f) Stabilirea principalelor direcții de optimizare a rețetelor proiectate.

Concluziile cercetărilor efectuate în faza 1 cu privire la crearea de eco - materiale inovatoare de acoperire de tip tencuială decorativă, prin integrare de palee de orez și fire de cânepă, au fost următoarele:

1. S-au obținut șase produse inovative cu conținut de palee de orez, cu grosimi medii totale de cca. 3 mm. Aplicate pe gips-carton, acestea au prezentat o aderență relativ slabă, din cauza întăririi incomplete, perioada de 7 zile de la aplicare, specifică în general unei acoperiri cu rol decorativ, nefiind suficientă în cazul materialelor inovative cu conținut de palee de orez. Ca urmare, era necesară optimizarea produselor obținute stabilind modalitatea de obținere de straturi cu grosimi uniforme și cu o aderență mai bună la suport.

2. Au fost obținute patru produse inovative cu conținut mixt de palee de orez și fire de cânepă, diferite prin raportul de amestecare al componentelor și lungimea medie a firelor. Datele experimentale au indicat că prezența cânepii alături de palee a determinat îmbunătățirea lucrabilității și aderenței la gips-carton a produselor compozite. Pentru a clarifica influența creșterii conținutului de palee/cânepă asupra structurii produsului și a aderenței sale la suprafața-suport, au fost necesare optimizări de receptură, realizări și testări suplimentare de produse/probe cu conținut mixt de S.A.N astfel încât să se stabilească parametrii principali care influențează interacțiunea componentelor și caracteristicile produselor compozite rezultate;

3. Produsele compozite realizate au o serie de aspecte specifice, de exemplu interacțiunea componentelor cu liantul, anterior și ulterior aplicării pe suport, durata timpului de întărire a produsului compozit, ș.a, aspecte care necesită efectuarea de studii experimentale suplimentare, tipul de material nefiind cunoscut și studiat la nivel național sau internațional în vederea obținerii de produse de acoperire de tip tencuială decorativă.

• *Efectuarea de activități preliminare pentru realizarea produselor de acoperire de tip plăci,* anume achiziția serviciilor de proiectare și realizare a matriței pentru obținerea de plăci de acoperire cu conținut de S.A.N. în etapa următoare a cercetărilor în această direcție urmând a fi proiectate receptorile pentru aceste plăci.

În cadrul subfazei 2.2. au fost continuate cercetările experimentale începute în cadrul fazei 1. În continuare, este detaliată fiecare dintre activitățile efectuate pentru obținerea rezultatelor estimate pentru această subfază.

Stabilirea aptitudinilor de utilizare în construcții a produselor inovative de acoperire obținute, care integrează subproduse agroindustriale naturale

Determinările aderenței la suportul de gips-carton pentru produsele inovative obținute în faza 1, aplicate în unu și două straturi pe suport de gips-carton, au fost efectuate aplicând prevederile standardului SR EN ISO 4624 - "Vopsele și lacuri. Încercare la tracțiune". Valorile rezultate nu au fost satisfăcătoare pentru o acoperire peliculogenă de finisare sau de protecție, în condițiile în care, la aplicarea materialelor inovative într-un singur strat, acesta era discontinuu și neuniform. La aplicarea în două straturi, aspectul a fost unul corespunzător însă valorile medii ale grosimii erau de cca. 3mm, mult mai mari decât cele specifice categoriei de lacuri și vopsele (de ordinul zecilor sau sutelor de microni). În vederea stabilirii aptitudinilor de utilizare în construcții a produselor inovative de acoperire obținute a rezultat necesitatea schimbării standardului de determinare a aderenței lor la suport, cu posibilitatea ca, în baza rezultatelor obținute, să fie schimbată încadrarea produselor inovative din categoria acoperirilor de finisare de tip vopsea (vopsea texturată), în altă categorie, caracterizată prin valori medii ale grosimii mai mari decât cele ale finisajelor peliculogene obișnuite. În plus, urmare a întăririi incomplete a acoperirilor unistrat sau bistrat obținute, la determinarea aderenței prin tracțiune, după 7 zile de la aplicare, materialul trecea printr-o etapă de întindere până la rupere, fapt ce a condus la necesitatea studierii materialului, respectiv a acoperirii rezultate, ca un produs de finisare de tip tencuială, pentru care timpul de întărire, de maturare a structurii, trebuia stabilit, concomitent cu determinarea aderenței la suport.

Coroborând toate aspectele menționate anterior, caracteristice pentru produsele monostrat și bistrat obținute în faza 1 a proiectului, ținând cont și de natura organică a lianților selectați, anume rășinile acrilice R1 și R2, s-a stabilit continuarea cercetărilor experimentale utilizând condițiile de încercare prevăzute în SR EN 1542 - "Produse și sisteme pentru protecția și repararea structurilor de beton. Metode de încercări. Măsurarea aderenței prin smulgere".

În cadrul subfazei 2.2., din cele șase recepturi realizate cu conținut de palee de orez în prima fază a proiectului, cercetările au fost continuate cu patru dintre acestea, fiind aplicate pe suprafețe-suport de beton, atât în câte un singur strat (Aplicarea I), cât și în câte două straturi (Aplicarea II), cel de al doilea strat fiind aplicat după 24 de ore pe suprafața stratului anterior. Valorile medii ale grosimii acoperirilor rezultate au variat între 1mm și 3,59 mm la aplicarea într-un strat, respectiv între 3,26 mm și 6,53 mm la aplicarea în două straturi. Evoluția aderențelor la beton ale tuturor acoperirilor a fost monitorizată pe parcursul a 56 de zile de la aplicare, determinările aderențelor fiind efectuate la termenele de 7 zile, 28 zile, 42 și 56 zile, în această perioadă acoperirile fiind menținute în condiții standard de laborator, anume la temperatura de $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ și umiditatea relativă a aerului de $(50\pm 5)\%$.

În figurile 3 și 4 este prezentat exemplificativ aspectul unora dintre acoperirile monostrat, respectiv bistrat, după efectuarea încercării de determinare a aderenței la beton prin metoda smulgerii, conform SR EN 1542. În lucrarea in extenso sunt prezentate detaliat, tabelat și datele experimentale aferente.

În figurile 5 și 6 este redată evoluția valorilor aderențelor la beton pentru acoperirile monostrat și bistrat realizate prin integrarea paleei de orez (Aplicarea I, Aplicarea II), în funcție de termenele de încercare precizate.



Fig. 3. Aspectul acoperirii monostrat SP2R2, cu conținut de palee de orez, determinarea aderenței la beton, după 7 zile (Aplicarea I)



Fig. 4. Aspectul acoperirii bistrat SP2R1, cu conținut de palee de orez, determinarea aderenței la beton, după 7 zile (Aplicarea II)

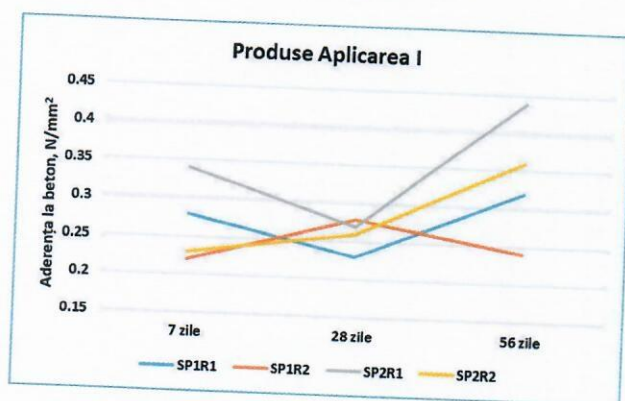


Fig. 5. Variația aderenței la beton a acoperirilor monostrat cu conținut de palee de orez (Aplicarea I)

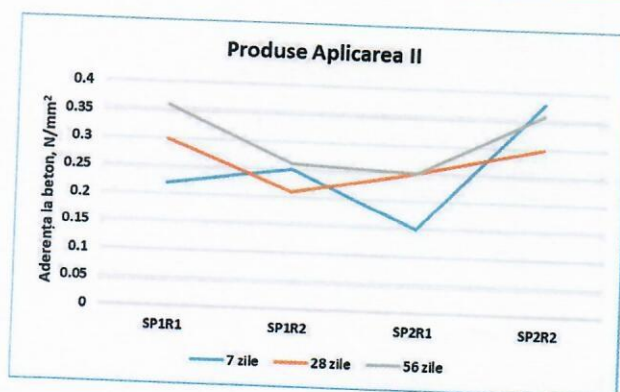


Fig. 6. Variația aderenței la beton a acoperirilor bistrat cu conținut de palee de orez (Aplicarea II)

Din analiza rezultatelor obținute în această primă etapă a subfazei 2.2, cu privire la variațiile în timp ale valorilor aderențelor la beton și timpul de întărire ale celor patru acoperiri mono- și bistrat, cu conținut de palee de orez, reies următoarele aspecte:

- Pentru acoperirile monostrat din materialele biocompozite, cu conținut de palee:

- Pe parcursul monitorizării sunt înregistrate variații ușor neregulate ale valorilor aderențelor la beton, pentru ca, la sfârșitul perioadei de monitorizare să rezulte, la toate acoperirile monostrat, aderențe cuprinse între $0,24 \text{ N/mm}^2$ și $0,44 \text{ N/mm}^2$, valori mai mari comparativ cu cele determinate după primele 7 zile de la aplicare, creșterile variind între 9,09% și 56,52%. Variațiile semnificative ale valorilor aderențelor la beton pe parcursul celor 56 de zile de monitorizare indică faptul că timpul de maturare a materialelor biocompozite din care sunt realizate acoperirile inovative monostrat ar putea fi considerat ca fiind de 56 de zile.

➤ Pentru acoperirile bistrat din materialele biocompozite, cu conținut de palee:

- Valorile aderențelor după 7 zile de la aplicare sunt în general mai mari decât cele ale acoperirilor monostrat corespondente (Aplicarea I);

- Pe parcursul monitorizării sunt înregistrate de asemenea variații ușor neregulate ale valorilor aderențelor la beton, pentru ca, la sfârșitul perioadei de monitorizare să rezulte, la toate acoperirile bistrat, aderențe mai mari comparativ cu cele determinate după primele 7 zile de la aplicare, cuprinse între $0,25 \text{ N/mm}^2$ și $0,36 \text{ N/mm}^2$ creșterile variind între 4% și 66,67%, valorile finale fiind în general ușor mai mari decât cele ale acoperirilor monostrat corespondente. Raportându-ne la condiția precizată în specificația tehnică SR EN 15824 - "Specificații pentru tencuieli exterioare și interioare pe bază de lianți organici", conform căreia aderența unei tencuieli cu liant organic trebuie să fie mai mare sau cel puțin egală cu $0,3 \text{ N/mm}^2$, rezultă că două din cele patru acoperiri bistrat, anume SP1R1 și SP2R2, pot fi considerate a se încadra în categoria de tencuieli cu lianți organici, prin aspectul lor putând fi considerate ca *tencuieli decorative*.

- Evoluția valorilor aderențelor la beton pe parcursul celor 56 de zile de monitorizare indică faptul că timpul de maturare a materialelor biocompozite din care sunt realizate acoperirile inovative bistrat ar putea fi considerat ca fiind de 56 de zile.

Optimizare recepturi produse inovative de acoperire care integrează subproduse agroindustriale naturale

Analizând concluziile desprinse la finalul primei faze a proiectului și constatările cercetărilor experimentale efectuate în prima etapă a subfazei 2.2., prezentate anterior, au fost adoptate câteva modalități de optimizare a recepturilor produselor inovative de acoperire care integrează palee de orez și fire de cânepă. Este de precizat faptul că optimizările în cadrul acestei subfaze au fost stabilite pas cu pas, pe parcursul derulării lucrărilor experimentale, și nu au fost concepute pe criterii teoretice. Astfel, au fost realizate următoarele optimizări:

A. Optimizări de receptură și de pregătire a materialului în vederea aplicării. Din rezultatele obținute în prima fază a proiectului, când s-a constatat că prezența firelor de cânepă a determinat o creștere a valorii aderenței la suport, comparativ cu aderența produselor cu adaos unic de palee de orez, iar scăderea lungimii firelor de cânepă a determinat în general o creștere a aderenței, cercetările au fost continuate cu acele recepturi care în faza 1 au fost conținut amestecuri mixte de palee de orez și fire de cânepă de lungime de cca. 1 cm (T), anume SP1R1T și SP2R1T.

• O primă optimizare, de receptură, a fost aplicată pentru a studia influența liantului asupra compoziției acestui tip de material biocompozit, în prezenta subfază fiind obținute și recepturile – pereche ale acestor biomateriale, cu liant R2, anume SP1R2T și SP2R2T.

- A doua optimizare, cu implicații asupra modului de pregătire a materialului în vederea aplicării, a fost cea de introducere a unui timp de pre-reație. Noțiunea, specifică rășinilor bicomponente din compoziția protecțiilor peliculogene anticorozive, este timpul în care, înainte de a fi puse în operă, cele două componente sunt amestecate, omogenizate și lăsate să interacționeze, lipsa sau nerespectarea acestui timp afectând decisiv caracteristicile și performanțele protecției. Pe acest principiu, în cazul acoperirilor realizate din produse inovative care integrează palea de orez și firele de cânepă, s-a stabilit un timp de pre-reație de 30 de minute între liant și amestecul vegetal mixt. Au rezultat astfel recepturi noi de materiale biocompozite notate după cum urmează: SP1R1T30 și SP2R1T30, având ca liant rășina R1, alături de recepturile inițiale SP1R1T și SP2R1T (ansamblu de produse notat cu Aplicarea III), precum și recepturile similare realizate cu liantul R2, anume SP1R2T, SP2R2T, SP1R2T30, SP2R2T30 (ansamblu de produse notat cu Aplicarea IV).

- O a treia optimizare de receptură a avut ca scop o îmbunătățire suplimentară a valorilor medii ale aderențelor la beton prin adăugarea unui liant suplimentar, cu rol de adeziv. A fost astfel utilizat un adeziv pentru construcții, pe bază poliacetat de vinil, adăugat în proporție de 10 % raportat la masa totală de material de tip biocompozit, în limitele admise prin fișa tehnică a acestuia.

B. Optimizarea structurală a acoperirii, constând în aceea că toate produsele inovatoare de acoperire care integrează palee de orez și/sau fire de cânepă să fie realizate exclusiv prin aplicare în două straturi.

Stabilirea aptitudinilor de utilizare a produselor inovative optimizate compozițional, pe bază de subproduse agroindustriale naturale

Stabilirea aptitudinilor de utilizare a produselor inovative optimizate (produsele din Aplicările III, IV și V), cu conținut mixt din palee de orez și fire de cânepă, s-a realizat prin analiza și corelarea rezultatelor experimentale obținute în urma încercărilor de determinare a grosimii, aderenței la beton și impermeabilității la apă. Rezultatele obținute sunt prezentate tabelat în cadrul lucrării în extenso. Astfel:

➤ *Valorile medii ale grosimii totale a acoperirilor bistrat optimizate* au variat între următoarele limite: 3,81 - 5,09mm (Aplicarea III), 2,83 - 3,07mm (Aplicarea IV) și 3,90 - 8,64mm (Aplicarea V).

➤ *Din punct de vedere al aderențelor la beton*, acestea au variat între următoarele limite: 0,35 - 0,39 N/mm² (Aplicarea III), 0,24 - 0,35 N/mm² (Aplicarea IV), 0,24 - 0,36 N/mm² (Aplicarea V).

Referitor la evoluția în timp a aderențelor la beton au reținut atenția următoarele aspecte:

- În cazul tuturor produselor optimizate, aderențele inițiale, determinate la 7 zile de la aplicare, au fost peste valoarea de 0,3 N/mm², valoare limită precizată prin specificația de produs pentru tencuielile cu liant organic.

- În cazul produselor în a căror compoziție au fost introduse firele de cânepă, aderențele au înregistrat un maxim la termenul de 28 sau 42 de zile, după care au scăzut, ajungând ca la finalul monitorizării să se observe două categorii principale de rezultate: a) toate valorile aderențelor finale au rămas superioare aderențelor inițiale (Aplicarea III), respectiv b) aderențele finale fie ajuns la valori mai mici decât cele inițiale, dar mai mari de 0,3 N/mm², fie au scăzut chiar și sub acest prag.

- Din analiza evoluției valorilor aderenței la beton a acoperirilor bistrat optimizate, cu conținut mixt de palee de orez și fire de cânepă, rezultă următoarele aspecte:

- Deși prezența firelor de cânepă în compoziția biomaterialelor obținute a determinat o evoluție specifică a aderențelor, comparativ cu produsele bistrat obținute din Aplicarea II, în care a fost integrată doar paleea de orez, cea mai bună comportare au avut-o produsele bistrat din Aplicarea III, realizate cu liant R1, care după aderențe inițiale cuprinse între 0,31 - 0,32 N/mm², la finalul monitorizării, au ajuns la cele mai mari valori finale din această etapă a cercetării, cuprinse între 0,36 N/mm² și 0,39 N/mm². Cele mai slabă comportare au avut-o produsele din Aplicarea IV, realizate cu liant R2 care, deși a generat aderențe inițiale mai mari, între 0,24 - 0,43 N/mm² și o creștere a valorilor aderențelor pe o perioadă mai lungă de timp, între 28 și 42 de zile, la finalul monitorizării a avut cele mai mari scăderi ale aderențelor, două dintre produse, cu conținutul mai mare de palee (P2), ajungând sub valoarea de prag de 0,3 N/mm².
 - Introducerea liantului suplimentar, pe bază de poliacetat de vinil, a condus la obținerea de acoperiri bistrat care deși au avut cele mai mari aderențe inițiale, între 0,31 - 0,45 N/mm², au fost caracterizate printr-o comportare intermediară sub aspectul valorilor finale ale aderențelor, cu un produs sub pragul limită acceptat și trei produse cu aderențe între 0,30 - 0,36 N/mm², liantul suplimentar compensând într-o anumită măsură efectul de scădere generat la celelalte produse prin interacțiunea liant R2-fire de cânepă.
 - Timpul de pre-reacție și creșterea conținutului de palee nu au avut influențe benefice clare asupra aderenței la beton, în condițiile utilizării lianților precizați.
 - Influența lianților se manifestă clar doar la nivelul aderențelor inițiale, la 7 zile de la aplicare, când R2 generează cele mai mari valori, dar furnizează la finalul monitorizării aderențe de valori comparabile cu cele ale produselor cu liantul R1.
- În figurile 7, 8 și 9 este prezentat exemplificativ aspectul unora dintre acoperirile optimizate compozițional și structural, după determinarea aderenței la suport prin tracțiune.



Fig. 7. Aspectul acoperirii bistrat SP1R1T30, cu conținut de palee de orez și fire de cânepă, determinarea aderenței la beton, după 7 de zile (Aplicarea III)



Fig. 8. Aspectul acoperirii bistrat SP2R2T30, cu conținut de palee de orez și fire de cânepă, determinarea aderenței la beton, după 7 zile (Aplicarea IV)



Fig. 9. Aspectul acoperirii bistrat SP3R2T, cu conținut de palee de orez și fire de cânepă, determinarea aderenței la beton, după 7 zile (Aplicarea V)

În figurile 10, 11 și 12 este redată evoluția valorilor aderențelor la beton a acoperirilor bistrat realizate prin integrare de palee de orez și fire de cânepă și apoi optimizate (Aplicarea III, Aplicarea IV și Aplicarea V), în funcție de termenele de încercare precizate.

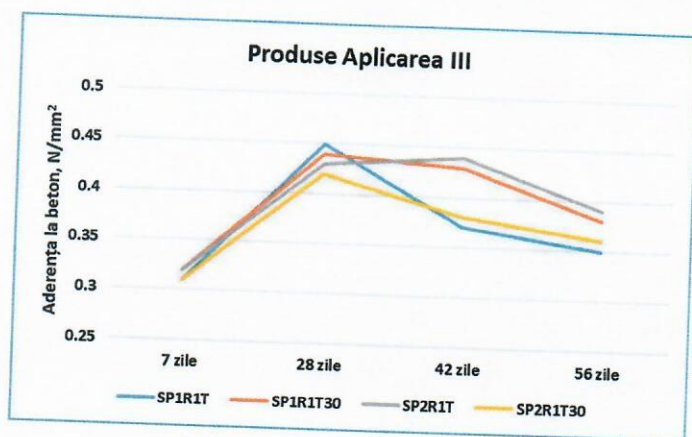


Fig. 10. Variația aderenței la beton a acoperirilor bistrat cu conținut de palee de orez și fire de cânepă (Aplicarea III)

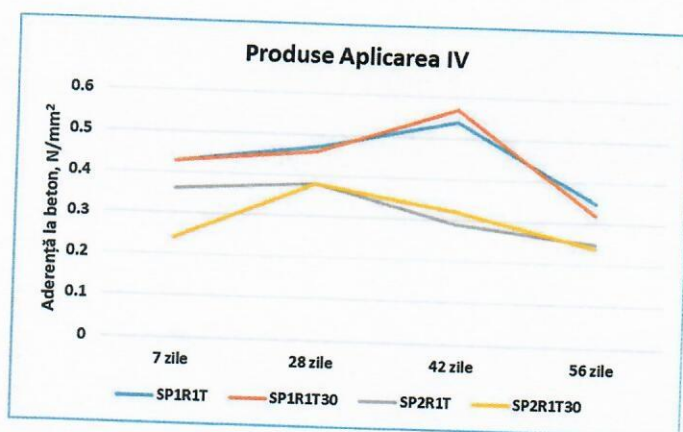


Fig. 11. Variația aderenței la beton a acoperirilor bistrat cu conținut de palee de orez și fire de cânepă (Aplicarea IV)

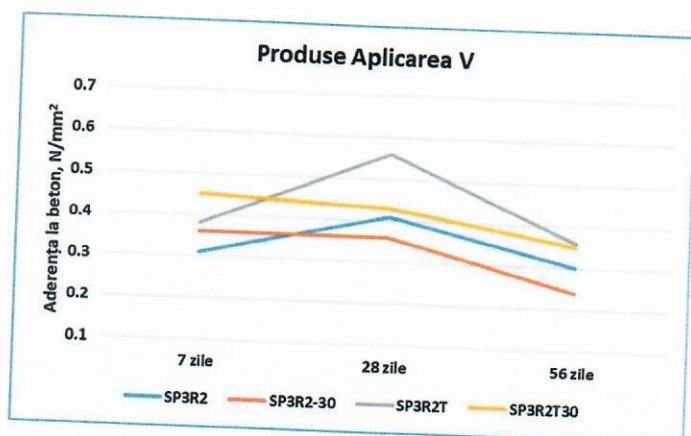


Fig. 12. Variația aderenței la beton a acoperirilor bistrat cu conținut de palee de orez și fire de cânepă (Aplicarea V)

➤ *Din punct de vedere al impermeabilității la apă a produselor bistrat optimize, cu conținut mixt de palee de orez și fire de cânepă, au fost testate opt acoperiri. Determinarea a fost efectuată conform NE 001-96 – "Normativ privind executarea tencuielilor umede, groase și subțiri" iar rezultatele au indicat faptul că toate produsele testate au o structură aerată, preponderent cu pori deschiși, deci nu prezintă impermeabilitate la apă. În condițiile în care aderențele la beton ale produselor bistrat sunt egale sau mai mari decât $0,3 \text{ N/mm}^2$, rezultă că aceste acoperiri au aptitudini de utilizare ca tencuieli în medii interioare.*

Obținere produse inovative de acoperire sub formă de plăci pe bază de subproduse agroindustriale naturale

Începută în cadrul fazei 1 prin *Efectuarea de activități preliminare pentru realizarea produselor de acoperire de tip plăci*, prin achiziția serviciilor de proiectare și realizare a matriței (fig. 13) pentru obținerea de plăci de acoperire cu conținut de S.A.N., această direcție de cercetare a continuat în subfaza 2.2, cu proiectarea recepturilor, inclusiv cu realizarea primelor forme ale plăcilor.



Fig. 13. Aspect general matriță de presare eco-materiale, amplasată parțial pe platanul presei (stânga) și capacul matriței (dreapta)

Etapele principale care au fost efectuate pentru realizarea de produse inovative de acoperire sub formă de plăci pe bază de S.A.N. au fost următoarele:

- I. *Stabilirea subproduselor agroindustriale naturale și a materiilor prime necesare.* Pe baza documentării efectuate prin consultarea literaturii de specialitate cu privire la realizarea de acoperiri

sub formă de placare prin integrarea de materiale vegetale, au fost stabilite următoarele: palee de orez, tulpini tocate de cânepă (hurd), amidon și var hidratat.

II. *Realizarea de probe preliminare cu aplicare de tratamente termice, fără presare.* S-au inițiat recepturi cu conținut exclusiv de palee respectiv de hurd impregnate timp de 24 de ore în soluție de amidon 40% (figura 14). Pentru etapa preliminară privind obținerea de elemente de placare, s-a procedat la realizarea la scară mică a acestora, utilizând matrițe metalice cu dimensiunile de (120 x 120 x 10) mm. După 24 de ore de impregnare a fracției solide cu soluția de amidon 40%, amestecul a fost reomogenizat, conținutul de solid impregnat fiind introdus în matrița metalică (figura 15).

Matrițele au fost apoi introduse în etuvă la 150°C și au fost menținute timp de 1 oră și 30 de minute iar după răcire au fost decofrate, aspectul primelor simulări la scară redusă a produselor de acoperire prin placare fiind redat în figura 16.

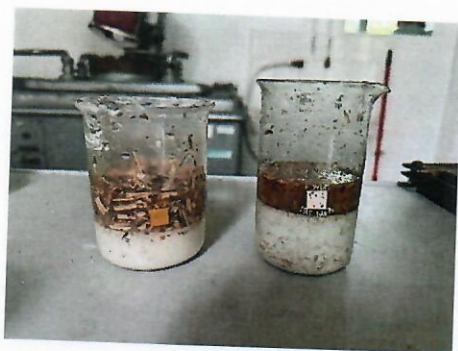


Fig. 14. Amestecuri de palee și hurd în soluție de amidon 40% după 24 ore, hurd (stânga), palee (dreapta)



Fig. 15. Hurd (stânga) și palee (dreapta) impregnate 24 ore în soluție de amidon 40%, la introducerea în matrițe



Fig. 16. Primele simulări la scară redusă a produselor de acoperire prin placare. Produse decofrate după tratament termic

Din analiza vizuală a acestor produse preliminare a rezultat necesitatea stabilirii unor rețete de bază elaborate, prin încercări succesive, cu testarea lor preliminară în matrițele de dimensiuni reduse, urmând ca după stabilirea rețetelor optime, să se obțină produse de acoperire de tip plăci prin utilizarea unei matrițe închise, cu imprimarea unei forțe de presare simultan cu tratamentul termic. În această idee, au fost realizate 8 compoziții de produse de acoperire sub formă de plăci, având ca materiale de bază palee de orez, hurd, amidon, var și apă, în cantități variabile, rețetele fiind prezentate detaliat în lucrarea în extenso. Urmând același procedeu de tratare termică prezentat anterior, au rezultat 8 produse notate C1 – C8, iar patru dintre acestea au fost considerate cu șanse semnificative de reușită pentru etapa următoare, de obținere a plăcilor de acoperire prin utilizarea matriței de

dimensiuni mari, de (270 x 270 x 25) mm. În figura 17 este prezentat aspectul general al probelor la scară redusă cu compozițiile C4, C6, C7 și C8.



Fig. 17. Probe /plăci obținute în matrițe metalice de mici dimensiuni.
De la stânga la dreapta, variantele compoziționale C4, C6, C7 și C8

III. *Realizarea de produse prin tratament termic și presare, în matrița mare.* Matrița mare a fost încălzită la temperatura de 150°C, a fost introdus amestecul, s-a închis matrița și s-a continuat tratamentul termic aplicând simultan, la partea superioară (capacul matriței) o forță de presare P1. Suprafața interioară a matriței fost tratată în prealabil pentru a evita aderarea materialului la suprafața metalică. Tratamentul termic și presarea au fost menținute timp de 15 minute după care s-a optat pentru scăderea graduală a temperaturii, cu menținerea forței de presare până la răcirea prin convecție naturală a ansamblului. Cu unele adaptări ale sub-etapelor pe parcurs, s-a procedat în mod similar și pentru variantele compoziționale C4, C7 și C8, cele trei probe rezultate fiind redată în figura 18, înainte sau după decofrare.



Fig. 18. Probe obținute în matrița de mari dimensiuni.
De la stânga la dreapta, variantele compoziționale C4, C7 și C8

Pentru toate cele trei probe obținute s-a observat la final un conținut ridicat de umiditate în masa plăcii, fiind necesară crearea de condiții astfel încât procedeul de termoformare să conducă la reducerea excesului de umiditate din material.

IV. *Realizarea de produse prin tratament termic și presare la presiune crescută, în matrița mare, pentru reducerea excesului de umiditate din masa plăcii.* Procesul de termoformare s-a modificat crescând presiunea aplicată prin capacul matriței precum și durata de uscare a probei. În această etapă au fost obținute patru plăci la presiune mărită, notate cu C4.1, C6.1, C7.1 și C8.1, iar pentru fiecare dintre acestea, după decofrare, au fost cântărite la intervale de câte 30 de minute pentru uscare, stabilind totodată evoluția conținutului de umiditate al produsului. Detaliile modificării proceselor de

termoformare și înregistrările etapei de uscare sunt prezentate în lucrarea in extenso iar în figura 19 este ilustrat aspectul probelor rezultate din această etapă.



Fig. 19. Plăci obținute în matrița de mari dimensiuni, cu reducerea umidității în masa materialului. De la stânga la dreapta, variantele compoziționale C4.1, C6.1, C7.1 și C8.1

Protocolul de termoformare utilizat în cazul recepturilor C4.1, C6.1, C7.1 și C8.1 s-a dovedit până în această etapă a fi unul funcțional, întrucât plăcile obținute prezintă stabilitate și coeziune între elementele constituente însă necesită uscare avansată. Ca urmare, au fost modificate în continuare intervalele de cântărire de la 30 minute la 24 ore, astfel încât să poată fi atinsă condiția de uscare completă până la masă constantă, adică diferența dintre două cântăriri succesive să fie mai mică de 0,1%. Ulterior îndeplinirii acestei cerințe, fiecare dintre cele patru plăci urmează a fi introdusă în programul de testare/stabilire a caracteristicilor fizico-mecanice ale materialului, program ce va fi finalizat în etapa următoare a proiectului.

6. Rezultate, stadiul realizării obiectivului fazei, concluzii și propuneri pentru continuarea proiectului

Referitor la **stadiul de implementare** a proiectului, la finalizarea subfazei 2.2. se consideră că **au fost îndeplinite în întregime rezultatele preconizate** și țintele stabilite pentru atingerea obiectivului propus, și anume: stabilirea aptitudinilor de utilizare în construcții a produselor inovative de acoperire obținute, care integrează subproduse agroindustriale naturale; optimizare recepturi produse inovative de acoperire care integrează subproduse agroindustriale naturale; stabilirea aptitudinilor de utilizare a produselor inovative optimizate compozițional, pe bază de subproduse agroindustriale naturale; obținere produse inovative de acoperire sub formă de plăci pe bază de subproduse agroindustriale naturale.

Concluziile subfazei 2.2 a proiectului de cercetare sunt prezentate după cum urmează:

❖ Din analiza rezultatelor obținute în urma determinărilor de grosime, aderență la beton și impermeabilitate la apă efectuate asupra produselor inovative bistrat de acoperire optimizate compozițional, pe bază de subproduse agroindustriale naturale (palee de orez și amestec de palee de orez și fire de cânepă), rezultă următoarele concluzii:

✓ Prin înglobarea în rășini acrilice cu rol de liant a subproduselor agroindustriale naturale studiate până în această etapă a proiectului au rezultat materiale inovatoare biocompozite cu particularități

particularități specifice sub aspectul timpului de întărire, la aplicarea în două straturi, și din punct de vedere ale evoluției în timp a aderenței la beton a acoperirii rezultate.

✓ Aplicare în două straturi, materialele biocompozite obținute prin înglobarea palei de orez în lianții acrilici R1 și R2 utilizați în cadrul acestei cercetări au generat două acoperiri, anume SP1R1 și SP2R2, cu potențial de utilizare în construcții ca tencuieli decorative în medii interioare. Cu grosimi totale medii de cca. 3-7 mm, produsele inovative astfel obținute au aderențe care se dezvoltă lent, ajungând după 56 de zile de la aplicare la valori care depășesc pragul minim de $0,3 \text{ N/mm}^2$ prevăzut prin specificația SR EN 15824;

✓ Materialele biocompozite obținute prin înglobarea de amestecuri mixte din palee și fire de cânepă în liantul acrilic R1 utilizat în cadrul acestei cercetări, au generat acoperirile SP1R1T, SP1R1T30, SP2R1T și SP2R1T30 cu grosimi cuprinse între 2,83-5,09 mm și cu cea mai bună comportare în timp sub aspectul aderențelor la beton. Prezența firelor de cânepă în compoziție determină aderențe inițiale mari care însă au o tendință ușoară de scădere în timp, cu toate acestea, după 56 de zile de la aplicare, toate cele patru produse studiate ajungând la aderențe la beton superioare valorii minime de prag de $0,3 \text{ N/mm}^2$. Astfel, aceste acoperiri prezintă un potențial de utilizare în construcții ca tencuieli decorative pentru medii interioare.

✓ Cea mai slabă comportare sub aspectul evoluției în timp a aderențelor la beton au avut-o produsele rezultate prin înglobarea de amestecuri mixte din palee și fire de cânepă în liantul R2, cu grosimi între 2,83 mm și 3,07 mm. Liantul R2 a generat aderențe inițiale mai mari decât cele obținute la utilizarea liantului R1, precum și o creștere a valorilor aderențelor pe o perioadă mai lungă de timp, între 28 și 42 de zile. La finalul monitorizării, acestea au avut cele mai mari scăderi, doar două dintre produse, SP1R2T și SP1R2T30, ajungând la aderențe peste valoarea de prag de $0,3 \text{ N/mm}^2$, astfel având potențial de utilizare în construcții ca tencuieli decorative pentru medii interioare.

✓ O comportare intermediară sub aspectul evoluției în timp a aderențelor la beton au avut-o produsele rezultate prin înglobarea liantului suplimentar, pe bază de poliacetat de vinil. Au fost obținute acoperiri bistrat care deși au avut cele mai mari aderențe inițiale, între $0,31 - 0,45 \text{ N/mm}^2$, au fost caracterizate printr-o comportare intermediară sub aspectul aderențelor finale, trei produse, anume SP3R2, SP3R2T și SP3R2T30 având aderențe peste valoarea de prag de $0,3 \text{ N/mm}^2$ și prin aceasta, potențial de utilizare ca tencuieli decorative pentru medii interioare.

✓ Ca urmare a faptului că influența timpului de pre-reacție nu a fost observată clar și în toate situațiile, se consideră că au potențial de utilizare în construcții ca tencuieli decorative pentru medii interioare doar cele șapte produse bistrat fără timp de pre-reacție: SP1R1, SP2R2, SP1R1T, SP2R1T, SP1R2T, SP3R2 și SP3R2T.

✓ Urmare a tendinței de scădere în timp a aderenței la suport a unora dintre produse, se propune ca în fazele următoare ale proiectului să se verifice comportarea acoperirilor SP1R1T, SP2R1T, SP1R2T și SP3R2T pe o perioadă mai mare de 56 de zile, cu monitorizarea aderențelor la beton, și dacă este nevoie, să se utilizeze un liant de altă natură, pentru a identifica o cale de valorificare a firelor de cânepă prin realizarea de tencuieli decorative.

❖ Din analiza rezultatelor cercetărilor experimentale efectuate pentru obținerea de produse inovative de acoperire sub formă de plăci pe bază de S.A.N., concluzia care se desprinde constă în aceea că, pornind de la amestecuri în diferite proporții de palee de orez, hurd, amidon, var și apă, s-au obținut opt recepturi care, supuse unui proces de termoformare în prezența unei presiuni

externe, au condus la obținerea a opt produse de acoperire prin placare. În faza următoare a proiectului, acestea vor fi studiate pentru determinarea caracteristicilor fizico-mecanice.

Referitor la indicatorii asociați pentru monitorizare și evaluare este prezentată participarea la manifestări științifice și publicațiile realizate pentru **diseminarea rezultatelor** cercetărilor efectuate, astfel:

✓ **Participări la manifestări științifice:**

- The 16th edition of European Exhibition of Creativity and Innovation - EUROINVENT 2024, 6th-8th June 2024, Iași, Romania, o lucrare realizată și prezentată sub formă de poster, cu titlul: *Confirmations and new challenges regarding the valorization of natural agro-industrial by-products in construction*/ autori: Popa I., Petcu C., Vasile V., Dima A., Stoica D, lucrare distinsă cu Medalie de argint;
- The 13th Edition of the International Conference "Agriculture for Life, Life for Agriculture", 6th - 8th June 2024, București, România, trei lucrări realizate și prezentate sub formă de poster, cu titlul: *Rice husks and their potential for use in construction*/autori: Popa I., Petcu C., Simion A., Stoica D., Dima A.;
- *Comparative analysis on air pollution level of bucharest urban area during the COVID-19 pandemic* /autori: Vasile V., Petcu C., Dima A., Ion M.;
- *Superior capitalization of vegetable waste and natural agro-industrial by-products by creating innovative products for construction. Socio-economic predictive analyses*/autori: Vasile V., Popa I., Lambrache S.;
- A 10-a ediție a Salonului Internațional de Invenții și Inovații "Traian Vuia" Timișoara, România, 13 -15 iunie 2024, o lucrare realizată și prezentată sub formă de poster, cu titlul: *The valorization of natural agro-industrial by-products in construction, as vegetal additives*/ autori: Popa I., Petcu C., Vasile V., Dima A. , Stoica D., lucrare distinsă cu Medalie de aur;
- Cea de a XXV-a ediție a conferinței de cercetare în construcții, economia construcțiilor, arhitectură, urbanism și dezvoltare teritorială având ca temă: CONSTRUCȚIILE ȘI PROVOCĂRILE SCHIMBĂRILOR CLIMATICE, București, România, on-line, 23 mai 2024, București, cu următoarea lucrare (prezentare orală), cu titlul: *Valorificarea subproduselor naturale agroindustriale în produse inovatoare de acoperire multistrat. Proiectare compozițională și optimizare*/autori: Popa I., Vasile V., Dima A., Mureșanu A.

✓ **Publicații:**

Popa I., Vasile V., Dima A., Mureșanu A. (2024), *Valorificarea subproduselor naturale agroindustriale în produse inovatoare de acoperire multistrat. Proiectare compozițională și optimizare*/Capitalizing on natural agro-industrial by-products in innovative multi-layer coating products. Compositional design

and optimization, în: Petrișor A.I., Conferința de cercetare în construcții, economia construcțiilor, urbanism și amenajarea teritoriului-Rezumate ale lucrărilor, ISSN 2343-7537, indexată în Ulrichs, ProQuest și Europa World of Learning/Routledge, pag. 63/19, disponibil la <http://pub.incd.ro/>;

Popa I., Petcu C., Vasile V., Dima A., Stoica D. (2024), *Confirmations and new challenges regarding the valorization of natural agro-industrial by-products in construction*, The 16th edition of European Exhibition of Creativity and Innovation - EUROINVENT 2024, 6th-8th June 2024, Iași, Romania, 560 pag., ISSN Print: 2601-4564, Online: 2601-4572, Book of abstracts, pag 459;

Popa I., Vasile V., Lambrache S. (2024), *Superior capitalization of vegetable waste and natural agro-industrial by-products by creating innovative products for construction. socio-economic predictive analyses*, The 13th Edition of the International Conference "Agriculture for Life, Life for Agriculture", 6th - 8th June 2024, București, România, 148 pag, ISSN 2457-3248 ISSN-L 2457-3248, Book of abstracts, pag. 60;

Popa I., Petcu C., Simion A., Stoica D., Dima A. (2024), *Rice husks and their potential for use in construction*, The 13th Edition of the International Conference "Agriculture for Life, Life for Agriculture", 6th - 8th June 2024, București, România, 148 pag, ISSN 2457-3248 ISSN-L 2457-3248, Book of abstracts, pag. 61;

Vasile V., Petcu C., Dima A., Ion M. (2024), *Comparative analysis on air pollution level of Bucharest urban area during the COVID-19 pandemic*, The 13th Edition of the International Conference "Agriculture for Life, Life for Agriculture", 6th - 8th June 2024, București, România, 148 pag, ISSN 2457-3248 ISSN-L 2457-3248, Book of abstracts, pag. 117;

Vasile, V.; Catalina, T.; Dima, A.; Ion, M. (2024), *Pollution Levels in Indoor School Environment—Case Studies*, Atmosphere, 15(4): 399, IF 2.9, CiteScore 4.1, ISSN 2073-4433, <https://doi.org/10.3390/atmos15040399>, disponibil la: <https://www.mdpi.com/2073-4433/15/4/399>.

Avându-se în vedere rezultatele menționate, se poate concluziona că obiectivul subfazei 2.2, referitor la *Testare produse inovative de acoperire obținute, care integrează SAN. Optimizare compozițională. Cercetări experimentale pe produsele optimizate compozițional* a fost îndeplinit în întregime, astfel încât se propune continuarea proiectului cu etapa următoare, ce are ca obiectiv: *Proiectare recepturi pentru produse cu potențial responsiv. Cercetare experimentală produse de acoperire responsive optimizate. Răspuns la cerințe specifice, verificare proprietăți de control emisii interioare.*

Responsabil proiect
Dr. ing. Irina POPA

