

# **RAPORT ȘTIINȚIFIC ȘI TEHNIC (RST)**

## **FAZA DE EXECUȚIE NR. 4**

### **CU TITLUL:**

**Elaborare model experimental: panou compozit (structură tip sandwich) cu proprietăți termoizolante utilizat la placările exterioare la cladiri-faza finala**

### **REZUMAT**

În cadrul etapei patru a proiectului au fost realizate activități de cercetare industrială care au vizat îndeplinirea următoarelor obiective:

- Elaborare variante experimentale de panouri tip sandwich: dimensiune panou: 300 x 300 mm – finala;
- Analiza comportarii sistemului perete panou in diferite conditii ale mediului si la actiuni mecanice, vânt – finala;
- Analiza impactului asupra mediului a solutiei propuse;
- Analiza tehnico economica a solutiei propuse;
- Diseminare rezultate; Obținerea drepturilor de proprietate intelectuala.

## Act 4.1

### **Elaborare variante experimentale de panouri tip sandwich:**

#### **dimensiune panou: 300 x 300 mm – finala**

Coordonator (CO) - UNIVERSITATEA "DUNAREA DE JOS"

Partener (P1) - CENTRUL DE CERCETARE – CERTINCON

Cercetările la faza de laborator au urmărit realizarea de compozite pe baza de fibre celulozice reciclate, rășini melamino-formaldehidice și aditivi din care să se poată obține panouri cu caracteristici termice superioare .

Noutatea tipurilor de compozite obținute la faza de laborator este aceea că în procesul de realizare a acestora se valorifică superior **maculatura** sau **deșeurile de plante textile** în biocompozite ce pot forma structuri de tip **miez-manta** utilizate în construcții.

Biocompozitele rezultate sunt ecologice, nu dăunează mediului înconjurător, la sfârșitul duratei de utilizare a reperelor fabricate din acestea, materialul fibros din compoziția lor, se descompune, sub acțiunea bacteriilor din sol. Dacă în etapa 2 și 3 s-au utilizat anumite rasini în etapa 4 a fost schimbat furnizorul utilizând alte rasini (rapoartele de încercare fiind detaliate în această etapă).

Toate rasinile utilizate contin formaldehida libera dar se incadreaza in limita admisibila.

În prima fază s-au testat materiile prime cu rasinile și întăritorul adecvat și apoi s-a trecut la realizarea probelor. Turnarea, presarea și uscarea s-a făcut în condiții de laborator la temperaturi de 20°C-25°C.

În etapele 2 și 3 din anii 2015 și 2016 s-a realizat activitatea de *elaborare a variantei experimentale de laborator pentru obținerea materialelor compozite pentru fețele de lucru și "miez" ale panourilor compozite folosind amidon și rasini realizate la Sebes (sub forma de pulbere)*.

În vederea obținerii de materiale biocompozite termorigide s-au utilizat următoarele metode de laborator: prin presare și uscare la rece, în câmp de microunde și prin presare la cald.

Materiale utilizate ca matrice minerala sunt perlita si diatomita. Perlita a fost prezentata in detaliu in etapa 2 de aceea se prezinta numai diatomita.

## Diatomita

Principalele caracteristici care determină aplicațiile diatomitei în filtrare sunt puritatea chimică și permeabilitatea. Permeabilitatea este direct influențată de suprafața specifică și de structura porilor (Figura 10). Compoziția chimică (conținutul de dioxid de siliciu) a diatomitelor naturale variază în funcție de originea lor (tabelul 12) iar diferite tratamente, în special calcinarea, conduc la modificări ale compoziției chimice (tabelul 13).

Structura porilor și suprafața specifică se modifică prin calcinare datorită eliminării componentei organice din mineralul natural. De asemenea, unele tratamente chimice combinate cu calcinarea pot conduce la îmbunătățirea compoziției chimice a diatomitei (reducerea conținutului de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  sub 0,5%, creșterea conținutului de  $\text{SiO}_2$ ), a gradului de alb (Fig. 11, 12 și 13).

Tabelul 12 Compoziția chimică a diatomitelor naturale (raportate la s.u) /10/.

Originea	Lompoc, California	Maryland, Calvert	Idaho	Rusia, Urali	Spania, Albacete	Algeria
$\text{SiO}_2$ %	89,70	79,55	89,82	79,92	88,60	58,40
$\text{Fe}_2\text{O}_3$ %	1,09	2,62	0,44	3,56	0,20	1,55

Tabelul 13 Compoziția chimică a diatomitei calcinate comparativ cu cea naturală /11/.

Diatomita /caracteristici	Naturală	Calcinată direct	Calcinată în flux
Culoarea	Alb murdar	Roz	Alb
pH	8	7	10
$\text{SiO}_2$ %	89,2	92,8	89,5
$\text{Al}_2\text{O}_3$ %	4	4,2	4,1
$\text{Fe}_2\text{O}_3$ %	1,5	1,6	1,5
CaO %	0,5	0,6	0,6
MgO %	0,3	0,3	0,3
$\text{Na}_2\text{O}$ %	-	-	3,5

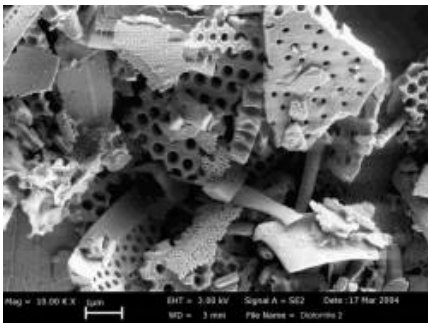


Fig. 10 Imagine mărită a particulelor de diatomită /10/

Cele mai importante caracteristici ale diatomitei cu privire la aplicațiile acesteia în procese de filtrare sunt

- suprafața specifică
- structura porilor

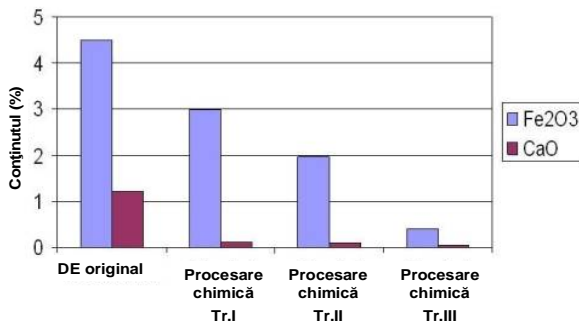
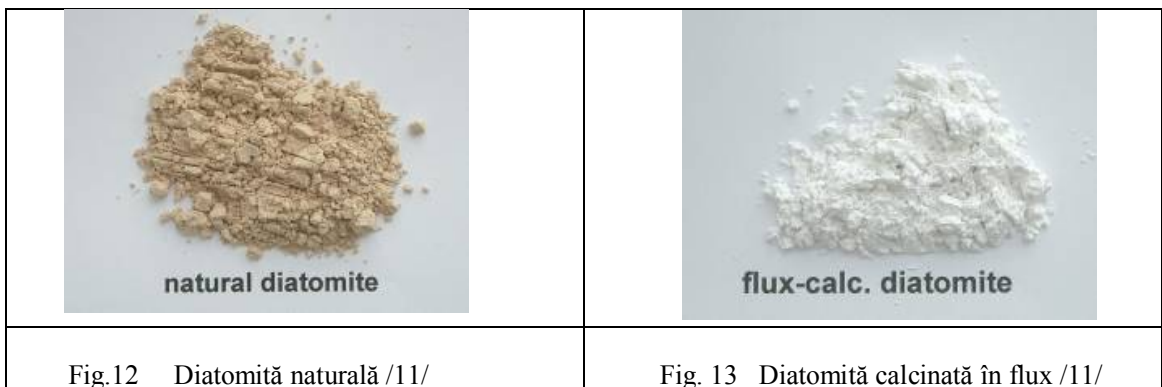


Fig. 11 Efectul tratamentelor chimice asupra compoziției chimice a diatomitei.



**Evaluarea calității diatomitelor** se face în funcție de domeniul de aplicație și de obiectivele urmărite. Diatomitele utilizate ca material filtrant sau ca material de umplere în fabricarea plăcilor filtrante fibroase se testează cu privire la:

- [morfologia](#) particulelor prin microscopie electronică
- [compoziția](#) chimică
- gradul de alb
- conținutul de substanțe solubile și pH

- distribuția granulometrică a particulelor (balanța de sedimentare, difracție cu laser )
- permeabilitatea la fluide

## **Rasini**

Răsinile sintetice pot fi obținute folosind o varietate de monomeri care diferă între ei prin polaritatea lor, rezultând astfel o afinitate diferită pentru diverși compuși organici. Alegerea tipului de rășină în combinație cu modificări în structura poroasă poate conduce la o specificitate a absorbentului în reținerea unor clase speciale de compuși organici. De exemplu, răsinile hidrofobe, cele obținute folosind drept monomeri stirenul divinilbenzenul sunt foarte eficiente pentru compuși organici nepolari, reținerea acestora făcându-se prin forțe Van der Waals; răsinile acrilice sunt mai polare și interacțiunile dipol-dipol au rolul major în reținerea moleculelor organice polare la suprafața rășinii.

Rasinile utilizate au fost realizate și testate la SC. VIROMET SA- oras Victoria, jud. Brasov.

**URELIT UFF-100R**-o rasina ureo-furfuril-formaldehidica, utilizata la obtinerea abrazivilor pe suport si in industria de prelucrare a lemnului la obtinerea cherestelei laminate cu rezistenta marita la umiditate.

### RAPORT DE INCERCARE

nr. 272 din data 17.03.2017

1. Client / Destinație : **Universitatea ‘ Dunarea de jos’ Galati**

2. Denumirea produsului esantionat : **URELIT ® UFF-100R**

3. Data fabricatiei : 13.03.2017

4. Punct de prelevare (rezervor / lot ):

**lot 1**

5. Data prelevării esantionului : 16.03.2017  
16.03.2017

6. Data primirii esantionului :

7. Data efectuării încercărilor: 16.03.2017  
17.03.2017

8. Data emiterii raportului de încercare :

9. Rezultatele încercărilor : 10. Prelevarea esantionului s-a efectuat conform : SR 6643 – 96

Denumirea caracteristicii	Conditii de admisibilitate	Unitati de masura	Valoare determinata	Metode de incercare
Aspect	lichid vascos, transparent sau slab opalescent	-	lichid vascos, transparent	vizual
Culoare	galben	-	galben	vizual
Densitate la 20 <sup>0</sup> C	1,280-1,300	g/cm <sup>3</sup>	1,300	ASTM D 891-09
pH la 20 <sup>0</sup> C	8,5±0,5	Unitati pH	8,63	STAS 8619/3-90
Vascozitate dinamica la 20 <sup>0</sup> C	3000-5000	mPa.s	3090	SR EN 12092-02
Continut in substanta solida , 2 ore la 120 <sup>0</sup> C	68±2	%	66,72	SR 6643 – 96
Formaldehida libera, max.	1,50	%	1,38	SR 6643 – 96
Timp de gelificare la 20 <sup>0</sup> C, cu NH <sub>4</sub> Cl sol. 15%, max.	45	minute	35	SR 6643 – 96

#### 11.Observatii :

-Timpul de gelifiere GT, la 20<sup>0</sup>C cu Intaritor IG (20gr Urelit UFF-100R +1,2 gr (1 ml IG) = 30 minute

- „ Pot Life” la 20<sup>0</sup>C (20gr Urelit UFF-100R +1,2 gr (1 ml IG) = 20 minute

- Cantitate 10 Kg

**INTARITOR IG** –este o solutie pe baza de sare de amoniu, pentru adezivii ureoformadehidici (UF) si este utilizat ca agent de intarire pentru in procesul de fabricare a placajelor, a placilor din

aschii de lemn (PAL,OSB), din fibre de lemn (MDF,HDF), a panelurilor, la furniruirea panourilor si a altor structuri de lemn si la fabricarea materialelor abrazive.

Intaritorul IG este adaugat in adezivul URELIT UFF-100R si amestecat la temperatura camerei.

### RAPORT DE INCERCARE

nr. 274 din data 17.03.2017

1.Client / Destinatie : **Universitatea ‘ Dunarea de jos’ Galati**

2. Denumirea produsului esantionat : **INTARITOR IG**

3. Data fabricatiei: 16.03.2017

4. Punct de prelevare (rezervor / lot ): lot 1

5. Data prelevarii esantionului : 16.03.2017

6. Data primirii esantionului :16 .03.2017

7. Data efectuarii incercarilor: 16.03.2017

8. Data emiterii raportului de incercare :17.03.2017

9. Rezultatele incercarilor :

10. Prelevarea esantionului s-a efectuat conform : SR 6643/1996

Denumirea caracteristicii	Conditii de admisibilitate	Unitati de masura	Valoare determinata	Metode de incercare
Aspect	lichid limpede, fara impuritati	-	lichid limpede, fara impuritati	vizual
Culoare	incolor pana la slab galbui	-	slab galbui	vizual
Densitate la 20 °C	1,18 ±0,02	g/cm <sup>3</sup>	1,181	ASTM D 891-09
pH la 20°C	5-6	Unitati de pH	5,11	STAS 8619/3-90

11.Observatii : - Cantitate 1 kg

**UREFOR 120 M** este un adeziv melamin-ureo-formaldehidic, utilizat in industria de prelucrare a lemnului, la fabricarea produselor stratificate din lemn, cu rezistenta ridicata la umiditate, care se incadreaza in clasa de emisie E1.

Acest adeziv se depoziteaza in rezervoare metalice cu posibilitatea de agitare , recirculare si racire. La depozitare se recomanda mentinerea temperaturii intre 18-25 C si agitare zilnica de cel putin 30 minute.

### RAPORT DE INCERCARE

nr. 273 din data 17.03.2017

1. Client / Destinatie : **Universitatea ‘ Dunarea de jos’ Galati**
2. Denumirea produsului esantionat : **UREFOR 120M**
3. Data fabricatiei: 15.03.2017
4. Punct de prelevare (rezervor / lot ): lot 1
5. Data prelevarii esantionului : 16.03.2017
6. Data primirii esantionului : 16.03.2017
7. Data efectuarii incercarilor: 16.03.2017
8. Data emiterii raportului de incercare : 17.03.2017
9. Rezultatele incercarilor :
10. Prelevarea esantionului s-a efectuat conform : ST 1/2009



Denumirea caracteristicii	Conditii de admisibilitate	Unitati de masura	Valoare determinata	Metode de incercare
Aspect	lichid vascos ,omogen	-	lichid vascos, omogen	vizual
Culoare	alb pana la galbui	-	alba	vizual
Densitate la 20 °C	1.27 - 1.30	g/cm <sup>3</sup>	1,293	ASTM 891-09
Vascozitate dinamica la 20 °C	600 – 1500	m Pa.s	1030	SR EN 12092-02
pH la 20°C	8,5 – 9,5	-	8,94	SR 6643 -96
Continut in substanta solida, 2h la 120 °C	65 - 67	%	66,42	SR 6643 -96
Formaldehida libera ,max.	0,19	%	0,17	SR 6643 –96
Reactivitate GT, la 100°C	80 - 110	secunde	81	SR 6643 –96
Miscibilitate cu apa la 20°C;1:1	corespunde	-	corespunde	ST 1/2009

11.Observatii : - Reactivitatea GT la 20°C , Urefor 120M cu intaritorul H-120M

a) 20g Urefor 120M + 2g H-120M = 100 minute

b) 20g Urefor 120M + 3g H-120M = 60 minute

- „Pot life” la 20°C, Urefor 120M cu intaritorul H-120

a) 20g Urefor 120M + 2g H-120M = 60 minute

b) 20g Urefor 120M + 3g H-120M = 30 minute

- Cantitate 10 Kg

**INTARITOR H-120M** este pe baza de acid formic si alcool polivinilic, pentru adezivi melamino-ureoformaldehydici.Se utilizeaza impreuna cu adezivul in industria de prelucrare a lemnului, la prelucrarea produselor stratificate din lemn, cu rezistenta ridicata la umiditate, care se incadreaza in clasa de emisie E1.

## RAPORT DE INCERCARE

nr. 275 din data 17.03.2017

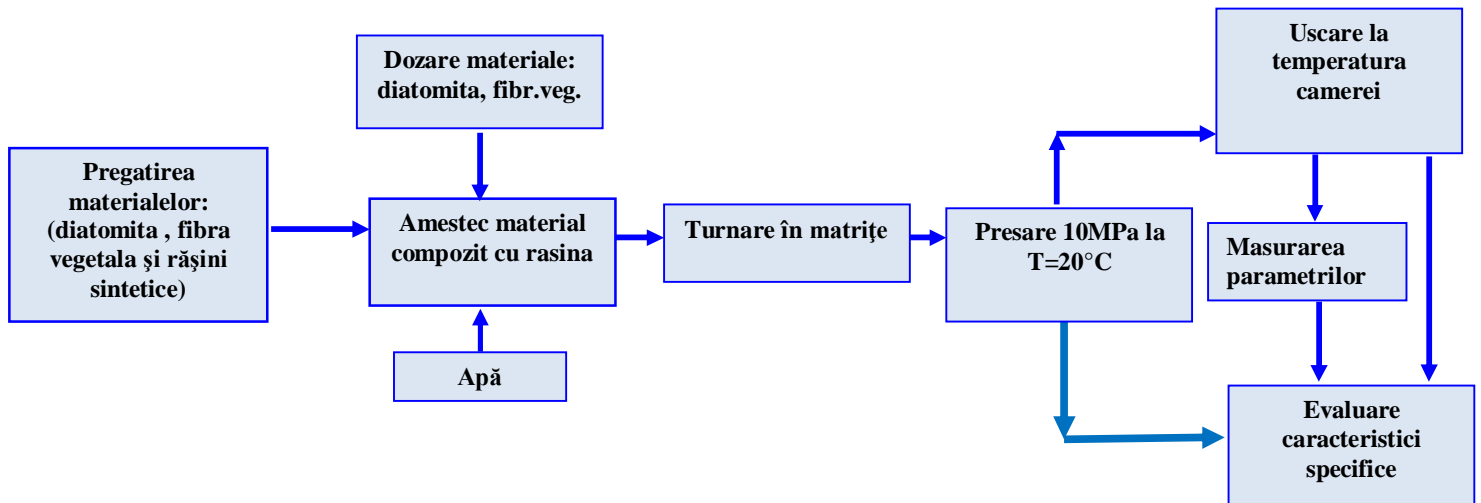
1. Client / Destinatie : **Universitatea ‘ Dunarea de jos’ Galati**
2. Denumirea produsului esantionat : **INTARITOR H- 120M**
3. Data fabricatiei: 16.03.2017
4. Punct de prelevare (rezervor / lot ): lot 1
5. Data prelevarii esantionului : 16.03.2017
6. Data primirii esantionului : 16 .03.2017
7. Data efectuarii incercarilor: 16.03.2017
8. Data emiterii raportului de incercare : 17.03.2017
9. Rezultatele incercarilor :
10. Prelevarea esantionului s-a efectuat conform : SR 6643/1996

Denumirea caracteristicii	Conditii de admisibilitate	Unitati de masura	Valoare determinata	Metode de incercare
Aspect	lichid transparent, omogen	-	lichid transparent, omogen	vizual
Culoare	alb pana la galbui	-	alb	vizual
Densitate la 20 °C	1.00 - 1.15	g/cm <sup>3</sup>	1,06	ASTM D 891-09
Vascozitate dinamica, la 20 °C	1000 – 3000	m Pa.s	1140	SR EN 12092-02
pH la 20°C	1,0 – 2,5	Unitati de pH	2,3	STAS 8619/3-90

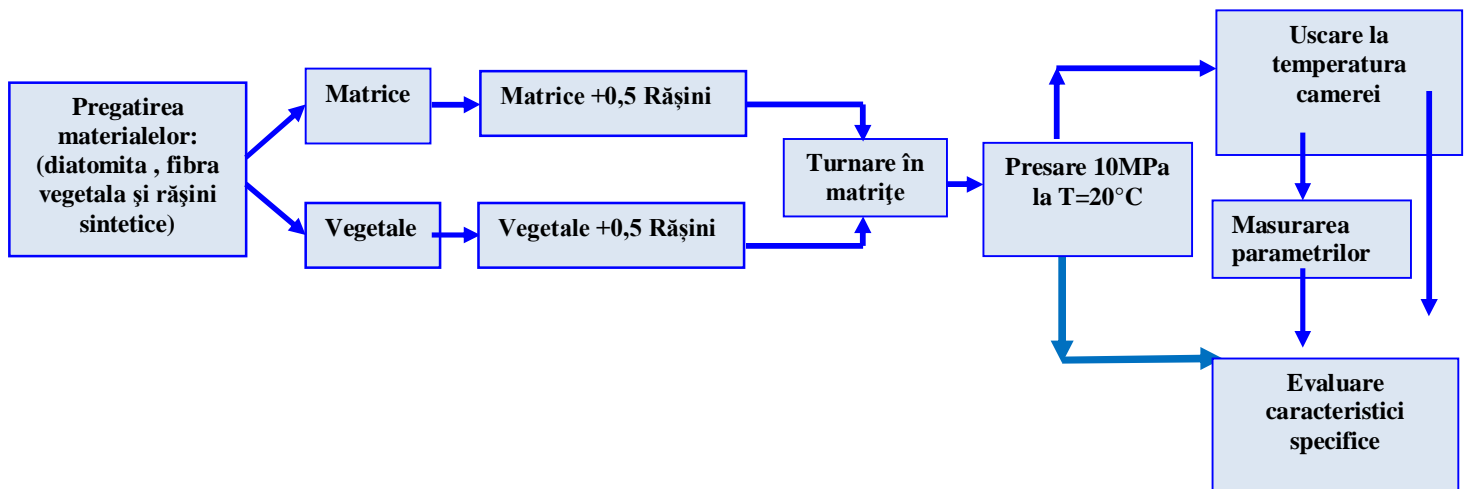
11. Observatii : - Cantitate 1 kg

În cadrul experimentelor s-au folosit două tehnologii și anume:

### Tehnologia 1



### Tehnologia 2



## ETAPELE DE EXECUTIE



1. Pregatirea fibrei vegetale



2. Dozarea diatomitei si a fibrei vegetale



3. Omogenizarea celor doua materiale



4. Amestecul rasina 1 cu intaritor



5. Amestec rasina 2 cu intaritor 2



6. Turnarea amestecului de rasina cu materialul



7. Omogenizarea compozitiei



8. Turnarea in tipar a compozitiei



9. Proba este supusa la presa

10. Scoaterea probei din tipar

Placile obtinute :



Placa tip U2



Placa tip U3



Placa tip U4



Placa tip U5



Placa tip U8



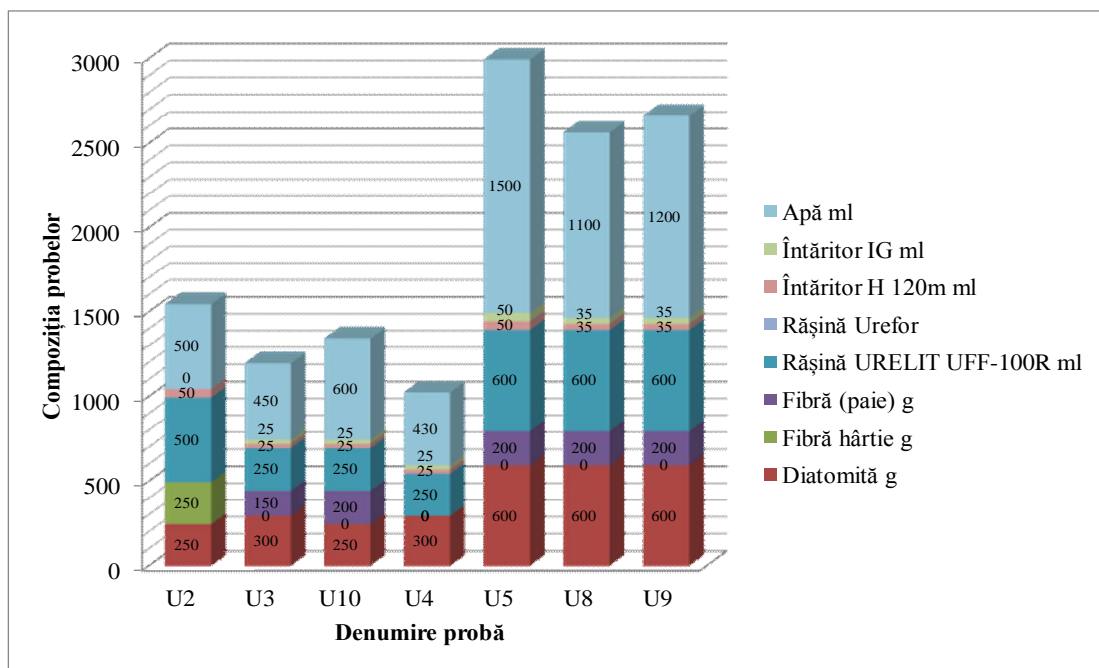
Placa tip U9 (schimbarea tehnologiei de lucru)



Panou tip 10

**Proble de laborator obtinute-Seria 1 pe baza de diatomita si rasini URELIT si UREFOR**

	Materiale	U.M	U2	U3	U10	U4	U5	U8	U9 Sc. Tehnol.
1	diatomita	gr	250	300	250	300	600	600	600
2	Fibra hartie	gr	250	-	-				
3	fibra (paie)	gr		150	200	100+50	200	200	200
4	Rasina URELIT UFF-100R	ml	500	250	250	250	600	600	600
5	Rasina Urefor		-	250	250	250	600	600	600
6	intaritor H 120m	ml	50	25	25	25	50	35	35
7	intaritor IG	ml	-	25	25	25	50	35	35
8	apa	ml	500	450	600	430	1500	1100	1200

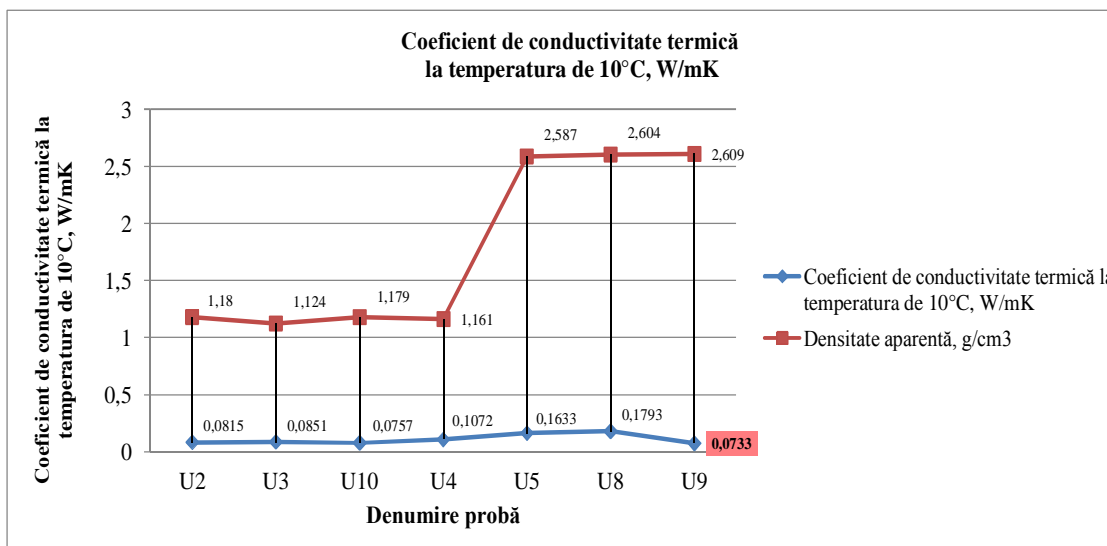
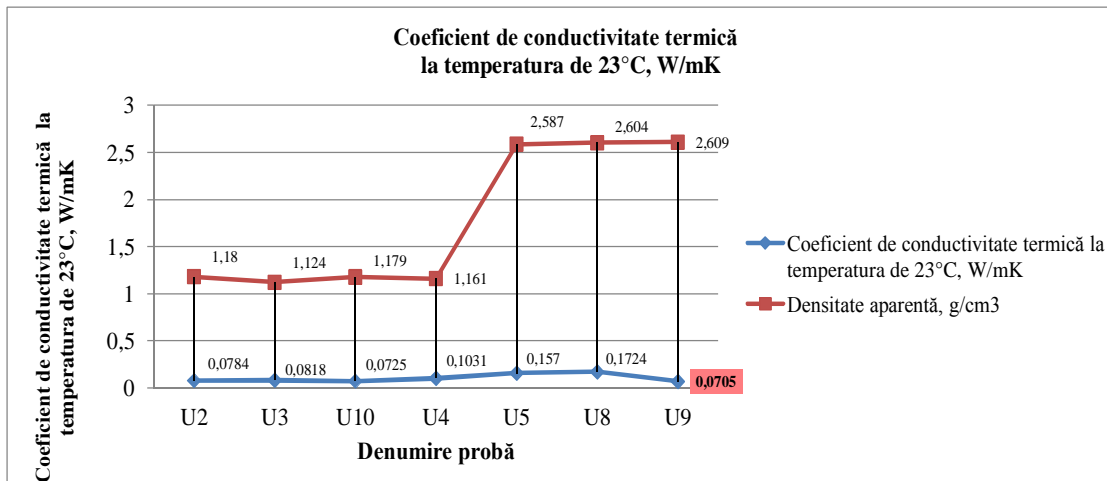


Denumire probă	Dimensiuni, mm	Densitate aparentă, g/cm <sup>3</sup>	Coefficient de conductivitate termică la temperatura de 10°C, W/mK	Coefficient de conductivitate termică la temperatura de 23°C, W/mK
U2	300 x 300 x 22,3mm	1,180	0,0815	0,0784
U3	300 x 300 x 21 mm	1,124	0,0851	0,0818
U10	300 x 300 x 16,6 mm	1,179	0,0757	0,0725
U4	300 x 300 x 18,3mm	1,161	0,1072	0,1031
U5	300 x 300 x 30,6mm	2,587	0,1633	0,1570
U8	300 x 300 x 24,7mm	2,604	0,1793	0,1724
U9	300 x 300 x 22,5mm	2,609	0,0733	0,0705

Denumire probă	Grosimea probei [cm]	Rezistența termică [m <sup>2</sup> K/W]	Durata testului [min]
U2	2,23	0,27	125
U3	2,10	0,25	72



<b>U10</b>	1,66	0,22	56
<b>U4</b>	1,83	0,17	82
<b>U5</b>	3,06	0,19	104
<b>U8</b>	2,47	0,14	111
<b>U9</b>	2,25	0,31	123



Dupa cum se observa utilizarea tehnologiei 2 a dat rezultate mult mai satisfacatoare decat tehnologia 1 si anume proba 8, unde s-a utilizat tehnologia 1, fata de proba 9, unde s-a utilizat tehnologia 2, conductivitatea termica fiind 0,1793-1724 (proba 8) si 0,0733-0705 (proba 9) Ambele probe au fost supuse la determinarea conductivitatii la temp. 23°C si la temp. 10°C.

**Seria 2 pe baza de perlit , rapita si amidon de porumb** s-au realizat doua proba U6 si U11 si s-au comparat, schimbându-se cantitatile de perlit, fibra de rapita tocata iar cantitatea de amidon de porumb ramane neschimbata.

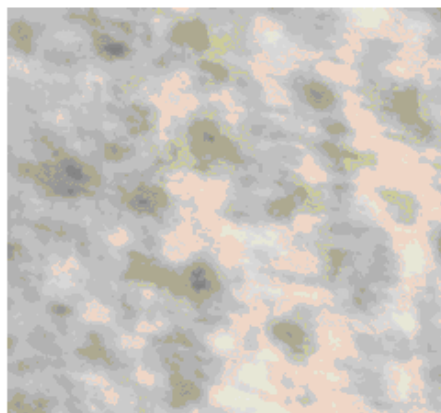
Material	U.M	U6	U11
perlit	gr	300	500
Fibra rapita tocata	gr	150	100
Amidon de porumb	gr	180	180
Fungicid	gr	6	6

Conductivitatea termica la panoul U6 este de 0,0619-0,0595 ceea ce inseamna ca marind cantitatea de fibra si micșorand cantitatea de perlit, obtinem rezultate mult mai bune.

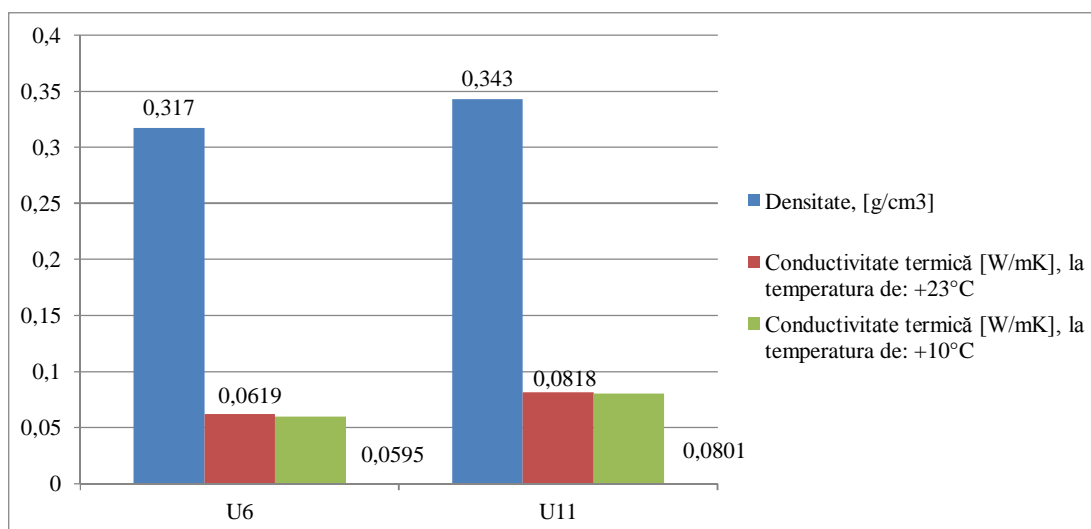
Codificare probă	Grosime, [cm]	Densitate, [g/cm <sup>3</sup> ]	Rezistența termică, [m <sup>2</sup> K/W]	Conductivitate termică [W/mK], la temperatura de:	
				+23°C	+10°C
U6	1,61	0,317	0,26	0,0619	0,0595
U11	1,96	0,343	0,18	0,0818	0,0801



**Proba U6**



**Proba U11**



Dupa analizele facute s-a constatat ca unele probe prezinta fisuri, alte au pe suprafata panoului pete de mucegai.

Concluzia este ca trebuie modificata cantitatea de rasini utilizata si folosirea de fungicid , in cantitate mai mare, pentru a elimina aspectele negative aparute.

O alta metoda folosita si enuntata in raportul stiintific 2, 3 este obtinerea de panouri in camp de microunde.

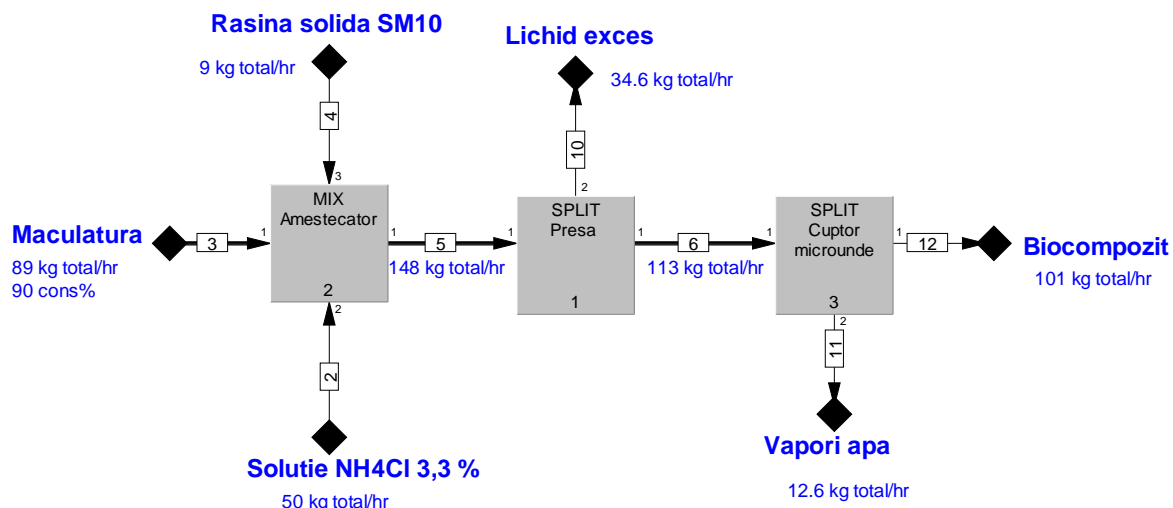
Pentru obtinerea materialele biocompozite în câmp de microunde, cercetările la faza de laborator au urmarit realizarea de compozite pe baza de fibre celulozice reciclate, rasini melamino-formaldehidice și aditivi din care sa se poată obține prin utilizarea microundelor miezul si fețele structurilor tip "sandwich" ale panourilor compozite.

Din analiza datelor experimentale obținute la nivel de laborator, s-a recomandat utilizarea fibrelor celulozice reciclate (conform rețetelor 2 și 7 din RST 3) în vederea realizării de biocompozite pentru ”miezul” panourilor compozite.

Luindu-se în considerare aceste aspecte, în analiza impactului asupra mediului se va admite ca date inițiale următoarele cantități: 12,5 g maculatura (fibre celulozice reciclate), 2,4 g rășină SM10 solidă, 6 g sol. 3,3 % NH<sub>4</sub>Cl.

În prima etapă, cu aceste date inițiale și pe baza rețetei de fabricație propusă s-a întocmit o schemă de faze și operații cu evidențierea cantităților necesare de materii prime și materiale, pentru obținerea unei cantități de 100 kg biocompozit în vederea realizării ”miezului” panoului.

În acest sens s-a utilizat un program specializat ”WinGems” de la Pacific Simulation (Dahlquist, 2008), rezultatul acestor calcule fiind prezentat în figura 1.



**Fig.1.** Bilantul de materiale pentru obținerea miezului panourilor tip ”sandwich” din fibre celulozice reciclate

## Act.4.2

### Testare in situ: analiza comportarii sistemului perete panou in diferite conditii ale mediului si la actiuni mecanice, vânt – finala

Coordonator (CO) - UNIVERSITATEA "DUNAREA DE JOS"

Partener (P1) - CENTRUL DE CERCETARE – CERTINCON

Pentru o testare in conditii de mediu s-au aplicat prin metoda diblurilor pe un perete exterior doua tipuri de panouri . Ele au fost expuse din luna noiembrie 2016- pana in luna martie 2017.

Conditii atmosferice de toamna, iarna si inceput de primavara nu a afectat nici panourile si peretele de baza.

Temperaturile au variat intre 14 Csi -21 C (variatii de la o zi la alta), cu precipitatii mari dar si zapada.



1. Pozitionarea panoului



2. Fixarea panourilor



3. Primului panou fixat pe peretele exterior



4. Al doilea panou fixat pe perete PSU66PC



a. Probe fixate in situ - pe exteriorul unei clădiri



b. Probe fixate in situ - pe exteriorul unei clădiri, după 180 zile

**Figura 30** Testarea probelor in situ

Dupa testarea in situ panourile au fost supuse la masuratori privind conductivitatea termica si nu

s-a constatat diferente fata de faza initiala.

Comportarea lor in conditii atmosferice precare (inghet-dezghet repetat, ploaie, ninsoare) a fost buna, neinregistrandu-se contractii sau dilatari ale panoului, fisuri, sau pete de mucegai pe peretele suport.

Pentru a aprofunda cercetarea s-au facut determinari privind distribuția porozității panourilor fonoabsorbante prin măsurători ale energiei sonore transmise.

Prin modul de elaborare aceste panouri au o porozitate ridicată. Porozitatea materialelor depinde de corelarea între cantitățile de liantul utilizat ca matrice și materialul de armare, precum și de forța de presare la compactare. Caracteristica principală a materialelor fonoabsorbante constă în aceea că ele au o structură poroasă. Rezultă că aceste panouri pot avea și bune izolatoare acustice. Pentru a verifica nivelul de izolare acustică pe care îl asigură, se vor face măsurători în *tubul de impedanță*.

S-au supus la incercari un panou care a fost expus la conditiile atmosferice si un panou realizat in laborator fara expunere .

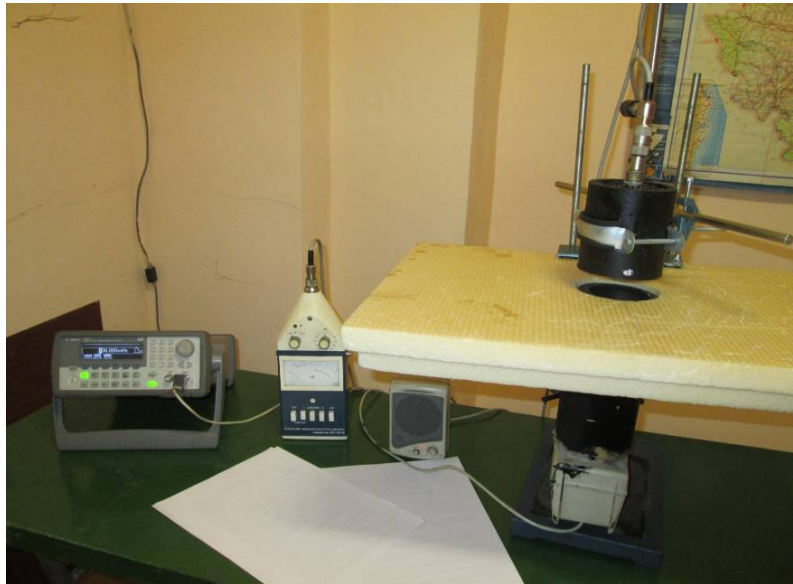
Panourile au fost caroiate conf. fig ....si analizate cu o instalatie realizata in lab. Facultatii de Inginerie Braila.



U1

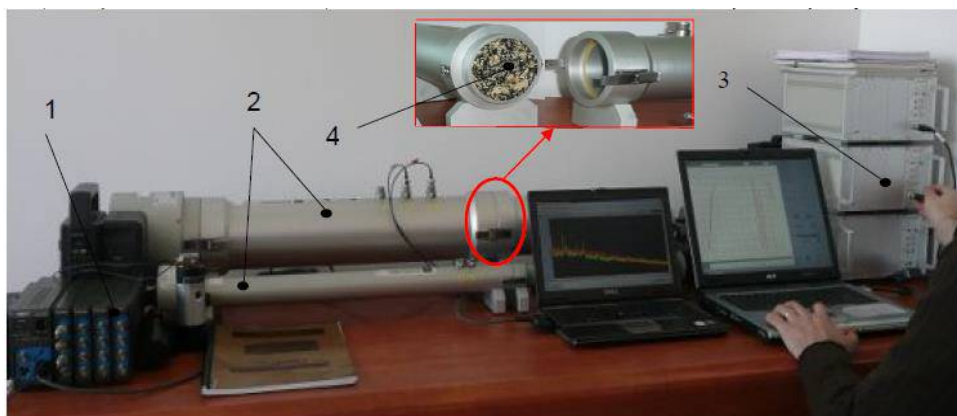


PSU66PC



Schema instalației experimentale realizata in lab. FIAA Braila

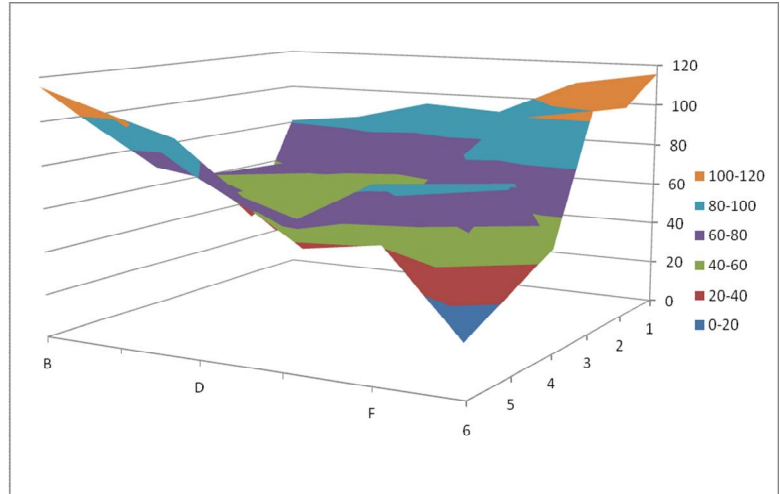
Instalație realizata cuprinde: un generator de semnal Agilent 33220A, un sonometru Robotron 024 și un stativ pentru difuzor, microfon și placa de masurat. Difuzorul și microfonul au fost aliniate astfel încât să se limiteze pierderile de energie acustică. La fel reglajul distanței dintre tubul ce conține microfonul și placa de măsurat. Placa a fost marcată cu un rastru, iar masa de așezare a avut repere care permit o bună cartografiere a suprafeței panoului de verificat.



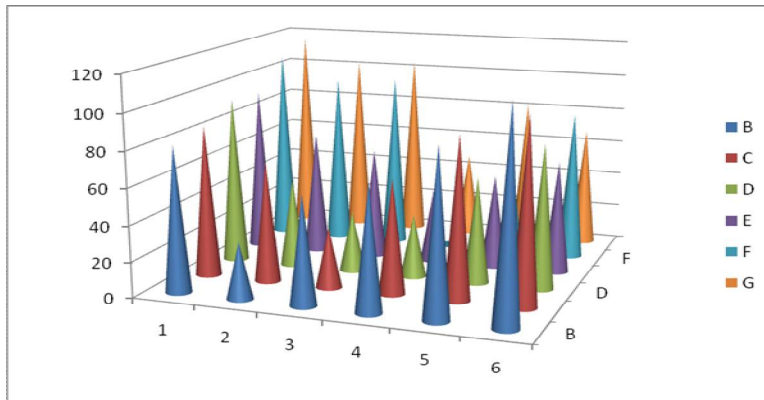
Tub de impedanță

Măsurătorile au fost efectuate pe două plăci (U1 și PSU66PC). Prima, imediat ce placa a fost realizată și s-a uscat, iar cea de-a doua după ce a stat în perioada rece într-o zonă expusă

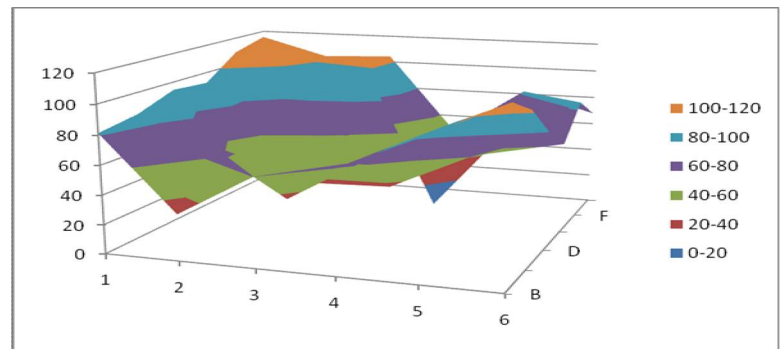
intemperiiilor. Rezultatele sunt prezentate sub formă de grafice 3D, care arată nivelul acustic corespunzător punctului de intersecție al rastrului.



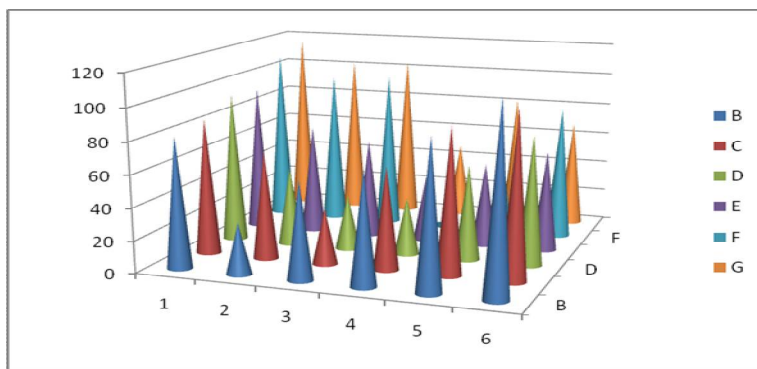
Placa U1



Placa PSU66PC







Rezultatele ne permit să afirmăm că soluția aleasă este corect aplicabilă scopului pentru care a fost realizată, deoarece s-a obținut o atenuare mai mică proporțional cu adâncimea neregularităților superficiale ale plăcilor analizate.

### Act.4.3

#### Analiza impactului asupra mediului a soluției propuse

Partener (P2) – UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE ASACHI IASI

În ceea ce privește *Analiza impactului asupra mediului* s-a apelat la metoda evaluării ciclului de viață (LCA), în care consumurile de energie și materii prime, diferite tipuri de emisii și alți factori importanți caracteristici unui produs, proces sau activitate sunt măsurate, analizate și însumate pe întreg ciclul de viață, sub aspectul impactului de mediu.

Apariția acestui instrument a fost dictată de necesitatea extinderii analizei solicitărilor asupra mediului atât în amonte de procesul de producție propriu-zis cât și în aval de acesta, deci asupra întregului ciclu de viață al produsului (Peiu, 2004). Din punct de vedere al istoricului cercetării, ideea metodologiei LCA a cunoscut trei etape de dezvoltare: perioada 1960-1980, perioada 1980-2000 și perioada după 2000, perioade ce au fost traversate pentru a găsi soluții optime pentru eficientizarea producției și gestionarea deșeurilor, a căror volum începe să crească în paralel cu dezvoltarea economică.

*Evaluarea ciclului de viață* estimează aspectele de mediu și impactul potențial ce poate fi asociat cu un produs, proces sau activitate și poate viza diferite obiective:

- Stabilirea dependenței dintre activitățile umane și urmările acestora asupra mediului înconjurător;

- Identificarea fazelor din ciclul de viață care au consecințe majore asupra mediului înconjurător și selectarea indicatorilor relevanți pentru mediu;

- Promovarea produselor (proceselor) pe piață sub aspectul ecologic;
- Susținerea dialogului între reprezentanții societății cu privire la calitatea mediului.

Principalele tipuri de studii LCA parțiale care se realizează pe scară largă în prezent sunt:

- *Studiul de tip Cradle-to-Gate*. Este tipul de studiu care analizează ciclul de viață al produsului parțial, de la fabricare („*cradle*”) până la poarta („*gate*”) fabricii, adică înainte de a fi transportat către consumator. Fazele de utilizare și eliminare a produsului sunt de obicei omise.

- *Studiul de tip Cradle-to-cradle*. Este tipul de evaluare a ciclului de viață în care faza finală, de post-utilizare este un proces de reciclare; din reciclare își au originea fie noi produse identice cu cele reciclate, fie produse diferite de acestea.

- *Studiul de tip Gate-to-Gate*. Este un studiu LCA parțial care ia în considerare numai un singur proces ce adaugă valoare în întregul lanț de producție. Modulele gate-to-gate pot fi legate ulterior în lanțul de producție adecvat pentru a forma un sistem complet de evaluare cradle-to-gate (Jiménez-González *et al*, 2000).

- *Studiul de tip Cradle-to-Grave*. Este un studiu de evaluare a ciclului de viață amplu de la etapa de fabricare, utilizare până la etapa de eliminare.

În funcție de scopul urmărit, studiile LCA pot fi de tip “*contabil*” sau “orientat spre schimbare”.

Studiul *LCA de tip contabil (sau atribuțional)* este tipul de studiu care inventariază și analizează ce se întâmplă în prezent, iar dacă studiul vizează un sistem viitor, analizează ce s-ar putea întâmpla în sistemul actual în condițiile asumate pentru viitor. Acest tip de studiu a fost definit inițial ca o încercare de a răspunde la “*cum curg lucrurile în fereastra temporală aleasă?*”

Spre deosebire de studiul LCA de tip contabil *studiul orientat pe schimbare (consequential)* analizează consecințele unei schimbări în perspectiva unei perioade îndelungate de timp, la care se adaugă cu succes faptul că poate să ofere informații importante relaționate de aspecte precum “*cum vor curge lucrurile (adică poluanți, resurse, și schimburile între procese) imediat după schimbarea sistemului ca răspuns la decizia luată?*” Pentru un astfel de studiu, se folosesc date marginale, care reflectă schimbarea pe termen lung.

Alegerea unuia dintre aceste tipuri de studii LCA se bazează în principal pe scopul și domeniul stabilit pentru studiul respectiv.

Metodologia de lucru pentru studiile LCA conform standardului ISO14040:2006 include patru faze interative denumite: *definirea scopului și a granițelor sistemului, inventarierea și analiza datelor, evaluarea impactului de mediu și interpretarea rezultatelor*, etape descrise în detaliu în cele ce urmează.

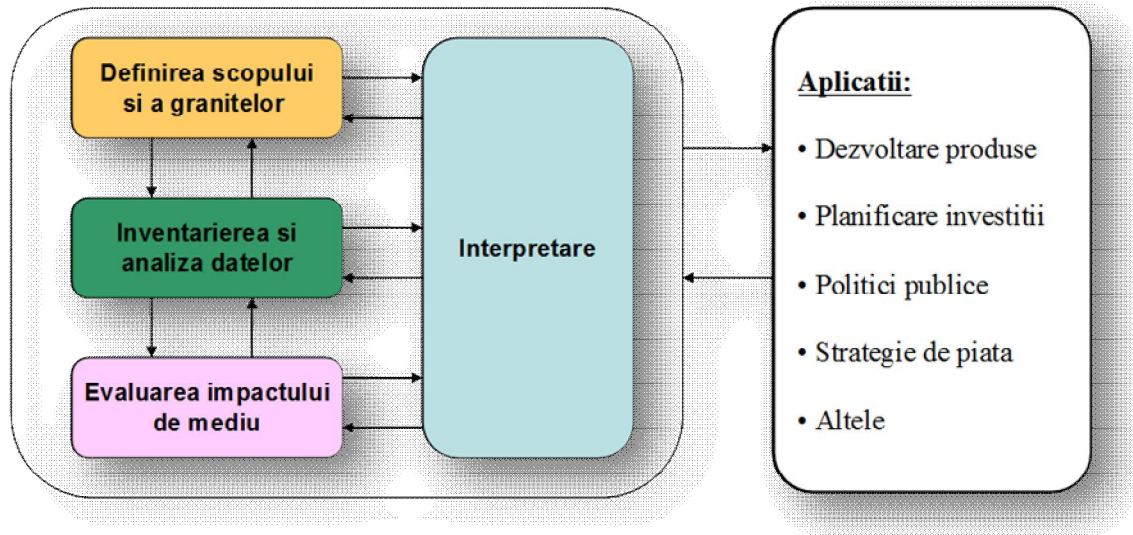


Fig. 2. Etapele studiului LCA (ISO 14040, 2006)

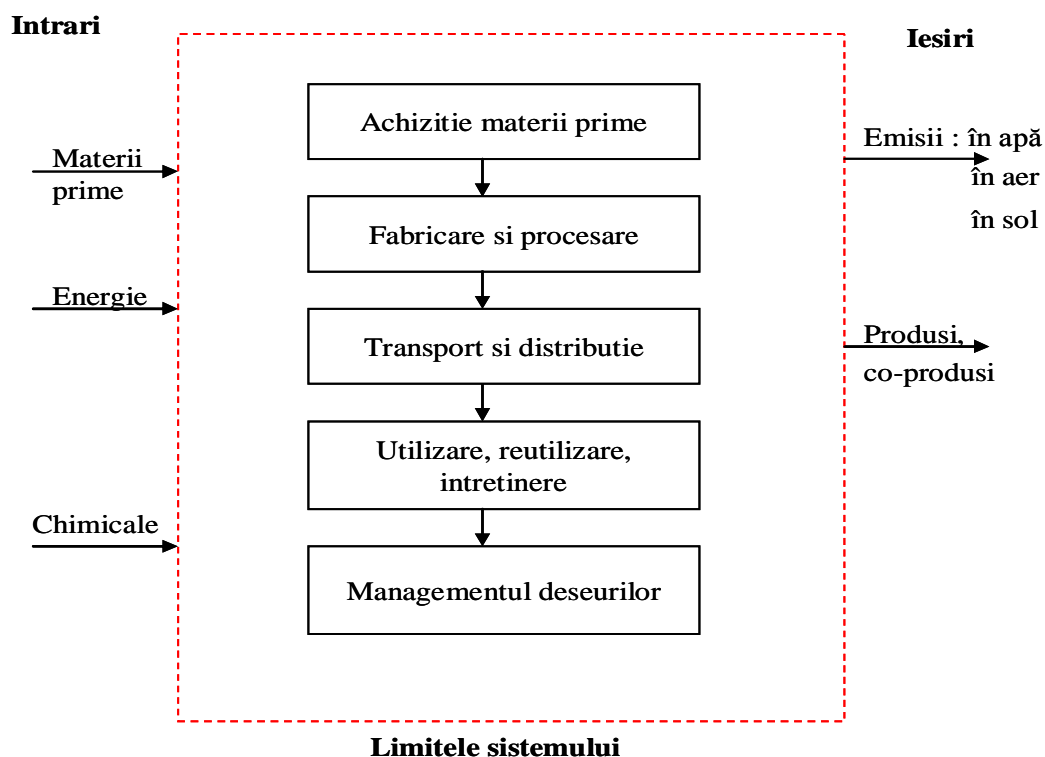
**Definirea scopului și a granițelor** sistemului este considerată prima etapă crucială și una din cele mai importante deoarece este faza determinărilor esențiale. Elementele cum ar fi obiectivul, domeniul de aplicare, unitatea funcțională, procedurile de alocare precum și principalele ipoteze ce stabilesc granițele sistemului, sunt considerate elemente cheie pentru calitatea rezultatelor (ISO 14040, 2006; EC, 2010).

**Analiza de inventar sau inventarul ciclului de viață** este un proces care implică interpretarea și cuantificarea intrărilor și ieșirilor într-un și dintr-un sistem (EC și JRC, 2010) care într-un sens mai larg începe cu achiziționarea materiilor prime și se finalizează cu eliminarea deșeurilor.

**Analiza de inventar** este faza din studiu LCA care a fost supusă unei dezvoltări continue, metodologia sa fiind perfecționată pe o perioadă de mai bine de 20 de ani (Liamsanguan și Gheewala, 2009) fiind în esență, o balanță de materii și energie, cu toate că mai poate include și alți parametri (Romero *et al*, 2005). Procesul de conducere a unei analize de inventar este un proces iterativ prin prisma faptului că, pe măsură ce sunt colectate mai multe date și se cunosc mai multe detalii despre sistem, pot fi identificate noi cerințe pentru date suplimentare sau chiar limitări, care vor atrage după sine modificarea procedurilor de colectare, pentru ca în final să fie atinse scopurile studiului. Fără o analiză de inventar nu există temei pentru a evalua comparativ impactul asupra mediului sau eventuale îmbunătățiri. Nivelul de precizie și detaliu al datelor colectate reflectă pe deplin toți pașii ce urmează a fi urmați în studiu. Conform standardului ISO 14040:2006, analiza de inventar include următoarele etape obligatorii:

- Elaborarea unei diagrame de flux în conformitate cu limitele stabilite în prima etapă a studiului;
- Colectarea de date de la toate activitățile din sistemul de producție pentru care este necesar să se stabilească și să se precizeze locul de proveniență;
- Calculul sarcinilor de mediu referitoare la unitate funcțională;
- Standardizarea datelor în termeni de unități;
- Cuantificarea fluxurile de ieșire din sistem în natură sau tehnosferă;
- Inventarul global;
- Documentarea calculelor.

La baza analizei de inventar stă *diagrama generală de flux* (Figura 3) care acoperă toate etapele din ciclul de viață. Primul model de diagramă de flux a fost propus în anul 1991 și a aparținut celor de la SETAC, diagramă ce putea fi reprezentată sub forma:



**Fig. 3a.** Diagrama de flux pentru un produs generic (SETAC, 1991)

În cazul obținerii biocompozitelor pentru structurile tip panou folosite în construcții, în vederea studiului de analiză a ciclului de viață, se propune schema de flux prezentată în Figura 3b.

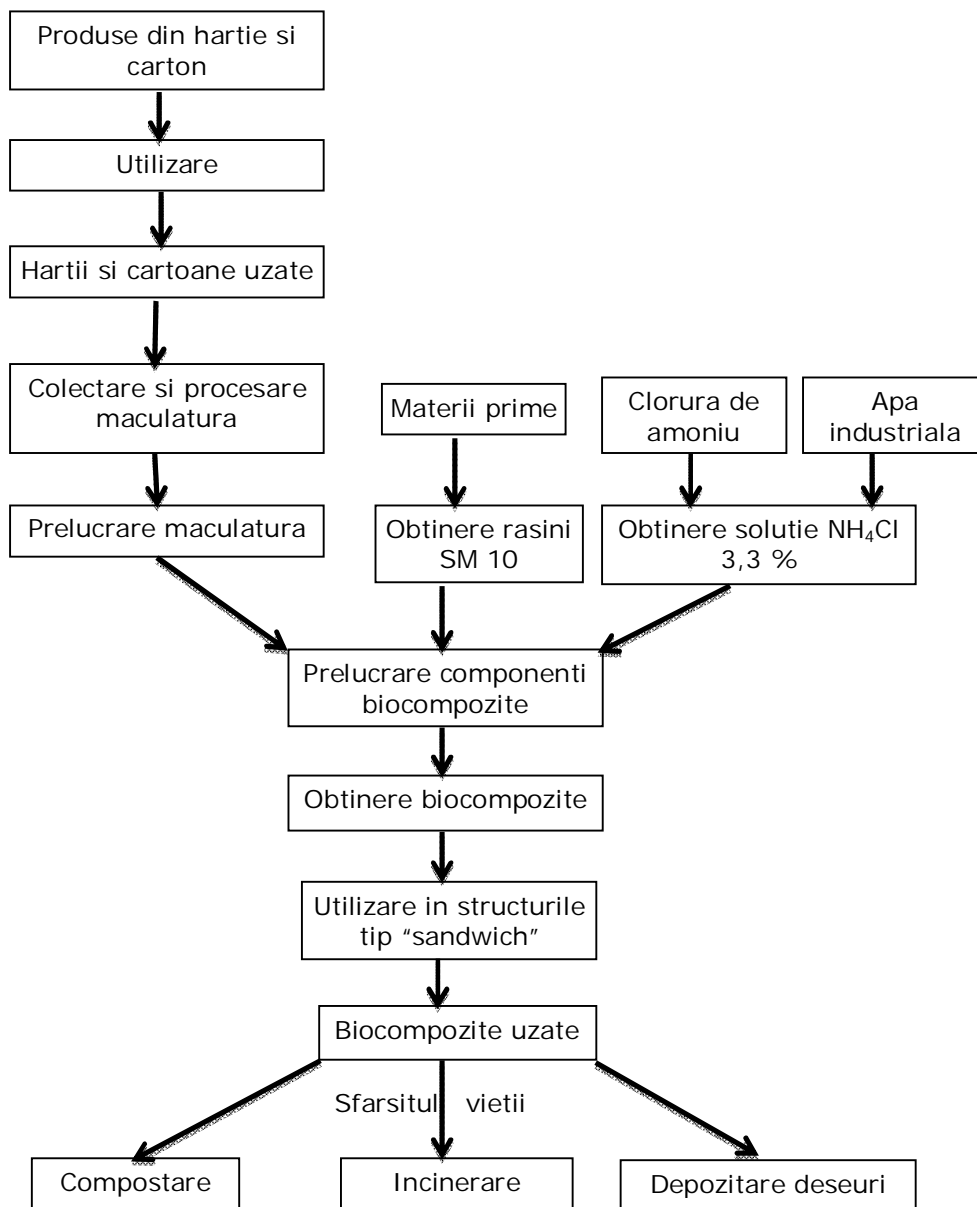
**Date necesare în inventar și surse posibile de colectare:** Datele necesare în inventar depind de tipul și scopul studiului și pot proveni de cele mai multe ori din date statistice, informații

de piață sau alte surse (Ekvall și Weidema, 2004). Pentru a realiza un studiu LCA bine documentat două tipuri de date sunt absolut necesare:

- Date specifice inventarului caracteristice pentru unul sau mai multe procese de dezvoltare a sistemului de prim plan;

- Date medii sau generice pentru sistemul de fundal.

*Datele specifice* reprezintă un singur proces (*o tehnologie specifică*) sau un sistem (*un model de produs specific a unui anumite mărci*).



**Fig. 3b.** *Diagrama de flux pentru analiza de inventar în studii de evaluare a ciclului de viață pentru biocompozitele utilizate drept miez în structurile tip „sandwich”*

*Datele medii* combină în mod ideal diferite seturi de date generice și / sau alte date medii care în final vor prezenta o combinație de procese (Ex: *diferite tehnologii de incinerare a deșeurilor*) sau sisteme (Ex: *un grup de produse*).

*Datele generice* sunt datele care provin din modele stoechiometrice, din calcul, din brevete și sunt caracteristice unui proces specific, sistem sau situație medie. În colectarea datelor generice trebuie să se cunoască în detaliu caracteristicile procesului sau a produsului, ca de exemplu tehnologia utilizată, baza de materii prime, emisiile generate. Pe baza cunoașterii în detaliu a acestor informații se pot colecta date cu o calitate ridicată și efortul pentru modelarea lor este clar mai mic.

Ca opțiuni preferate de cele mai multe ori se utilizează date din măsurători directe. Dar, când astfel de informații nu se pot obține pe această cale se pot folosi date relevante din literatură, din brevete, modele stoechiometrice, date din procese similare, documente de referință BAT, etc. Este de preferat ca datele utilizate să fie foarte bine documentate și dacă dintr-un motiv sau altul nu se pot folosi informații din sursele enumerate mai sus, de cele mai multe ori se recurge la utilizarea rețelelor de date, care prin utilizarea aceleiași nomenclaturi facilitează lucrul conform manualului ILCD (Inventory Life Cycle Data).

Fie că provin din măsurători directe, estimări, lucrări publicate, surse electronice, comunicații personale, literatură de specialitate, enciclopedii tehnice, etc. aceste surse ale datelor de inventar pot prezenta avantaje și dezavantaje, descrise succint în Tabelul 1.

Dintre toate aceste surse, *bazele de date* au fost și rămân una dintre principalele modalități de a găsi date de inventar complete. În Tabelul 2 sunt redate câteva exemple de baze de date care sunt utilizate frecvent (Swissecoinvent Centre, 2007; FEFCO, 2009; PE International, 2006).

**Colectarea datelor de inventar:** Pentru toate procesele unitare care au fost identificate ca fiind parte importantă din limitele sistemului trebuie să fie colectate date de inventar. Aceste date sunt necesare în primul rând pentru procesele din sistemul de prim-plan cu condiția ca toate datele din sistemul de fundal să provină din baze de date. Colectarea acestor tipuri de date ce fac referire la procesele unitare vor ajuta atât în modelarea atribuțională cât și în cea orientată pe schimbare. În mod ideal, acestea se referă la un singur proces unitar sau la anumite procese specifice (Ex: *transportul mărfurilor vrac cu un camion cu o capacitate de 7,5t*), dar pot face referire și la o multitudine de procese (Ex: *transport de mărfuri vrac cu camioane EURO 4, cu o capacitate de 7,5t pe teritoriul Germaniei*).



	datele.	răspunde la întrebări.
--	---------	------------------------

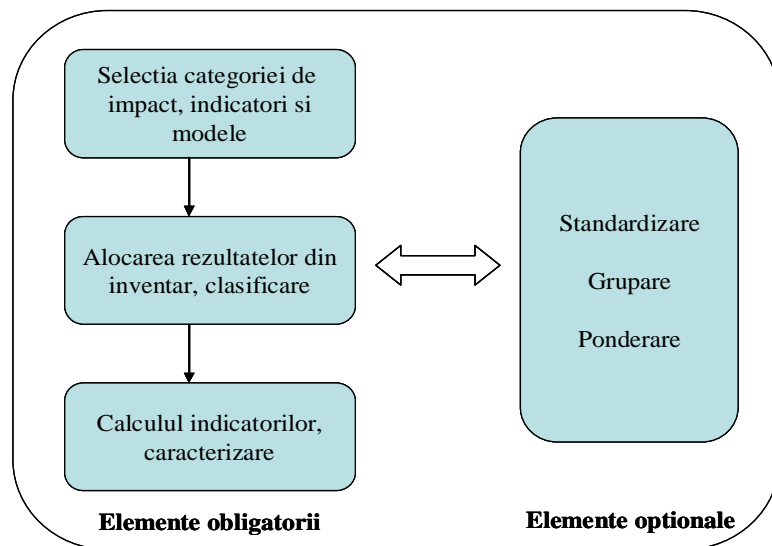
**Tablelul 2:** Exemple de baze de date utilizate curent în culegerea datelor de inventar

<b>Baze de date</b>	<b>Țara de proveniență</b>	<b>Domeniul de aplicare</b>
<b>Ecoinvent</b>	Elveția	Utilizează mai mult de 2500 de procese: materii prime, energie, transport, chimicale, management al deșeurilor, etc.
<b>Buwal 250</b>	Elveția	Utilizează în mare măsură procese ce sunt atribuite ambalajelor de diferite tipuri: plastic, hârtie, carton, sticlă metal, dar și transportului, energiei, management al deșeurilor
<b>Idemat 2001</b>	Olanda	Redă cu precădere procese legate de ingineria materialelor (metale, aliaje, materiale plastice, lemn), energie, transport,
<b>FEFCO</b>	Belgia	Redă informații europene aprofundate referitoare la fabricarea cartonului ondulat
<b>ETH-ESU 9</b>	Elveția	Utilizează mai mult de 1200 de procese: generare de electricitate, transport, procesare, gestiune a rezidurilor.
<b>IVAM</b>	Olanda	Cuprinde procese relaționate cu materii prime, transport, energie și tratamente aplicate deșeurilor.
<b>Franklin US LCI</b>	USA	Cuprinde date de inventar din America de Nord, relaționate cu transport, energie.



## Evaluarea impactului de mediu

Prin definiție, *evaluarea impactului de mediu*, cea de-a treia etapă din evaluarea ciclului de viață, este etapa în care rezultatele analizei de inventar sunt procesate și interpretate în termeni de impact de mediu. Etapa are drept scop interpretarea rezultatelor inventarului, indicând capacitatea unui produs sau a unei activități de a denatura mediul înconjurător, prin utilizarea diferitelor categorii de impact precum distrugerea stratului de ozon, încălzire globală, acidificare, ecotoxicitate, formarea ozonului foto-chimic, etc. Categoria de impact definește o clasă de subiecte de mediu care pot fi implicate într-un sistem și prezintă interes din punct de vedere al protecției mediului. Cadrul general de lucru al acestei faze este bine structurat de ISO 14044:2006 în a cărei componență nomenclatura SETAC definește elemente obligatorii și elemente opționale, redată în Figura 4:

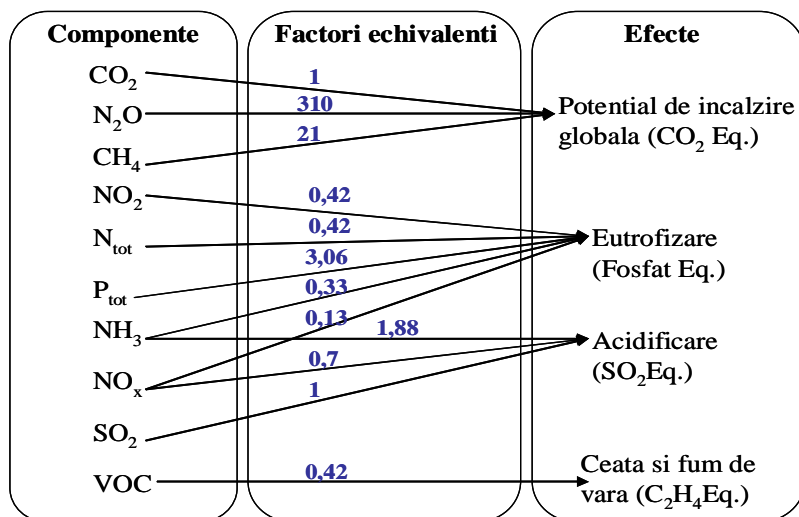


**Fig. 4.** Elemente obligatorii și opționale în studiile LCA

**Elemente obligatorii. Clasificare și caracterizare:** *Elementele obligatorii* sunt cele care convertesc rezultatele LCI (Life Cycle Inventory) în rezultate ale indicatorilor pentru un număr maxim de 10-12 categorii de impact, rezultate care vor forma profilul de mediu pentru sistemul (produsul) studiat. Atribuirea fluxurilor elementare la una sau mai multe categorii de impact relevante poartă numele de *clasificare*. Clasificarea este o etapă cantitativă bazată pe analiza științifică a proceselor de mediu relevante.

În următoarea etapă rezultatele inventarului din cadrul fiecărei categorii de impact sunt convertite în rezultate indicator ale categoriei respective. Calculul implică conversia rezultatelor din inventar în unități comune și agregarea rezultatelor transformate fiecărei categorii de impact.

Conversia și agregarea rezultatelor pentru fiecare categorie de impact ori de câte ori este posibil trebuie să se bazeze pe o abordare științifică. Un exemplu de proces caracterizat este redat în Figura 5 unde sunt prezentați factorii de caracterizare pentru metoda Eco-Indicator 95. Factorii de caracterizare se calculează pe baza modelelor de caracterizare. Modelul de caracterizare reflectă mecanismele de mediu descriind relațiile dintre rezultatele analizei inventarului, indicatorul de categorie și în anumite cazuri impacturile finale ale categoriei.



**Fig. 5.** Proces caracterizat în metodologia Eco-Indicator 95 (Razza, 2009)

De exemplu, toate gazele cu efect de seră prezentate în Figura 5 (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>), pot fi exprimate în termeni de CO<sub>2</sub> echivalenți prin multiplicarea rezultatelor LCI relevante cu un factor CO<sub>2</sub> de caracterizare și apoi prin combinarea indicatorilor de impact rezultați pentru a oferi un indicator global de încălzire globală (GWP) (EPA, 2006). Legătura între o substanță și una sau mai multe categorii de impact depinde de „cunoașterea cauzelor”– efectul asupra mediului a substanței în cauză. O substanță poate contribui la mai mult de o categorie de impact cum este de exemplu cazul NH<sub>3</sub> care contribuie atât la eutrofizare cât și la acidificare.

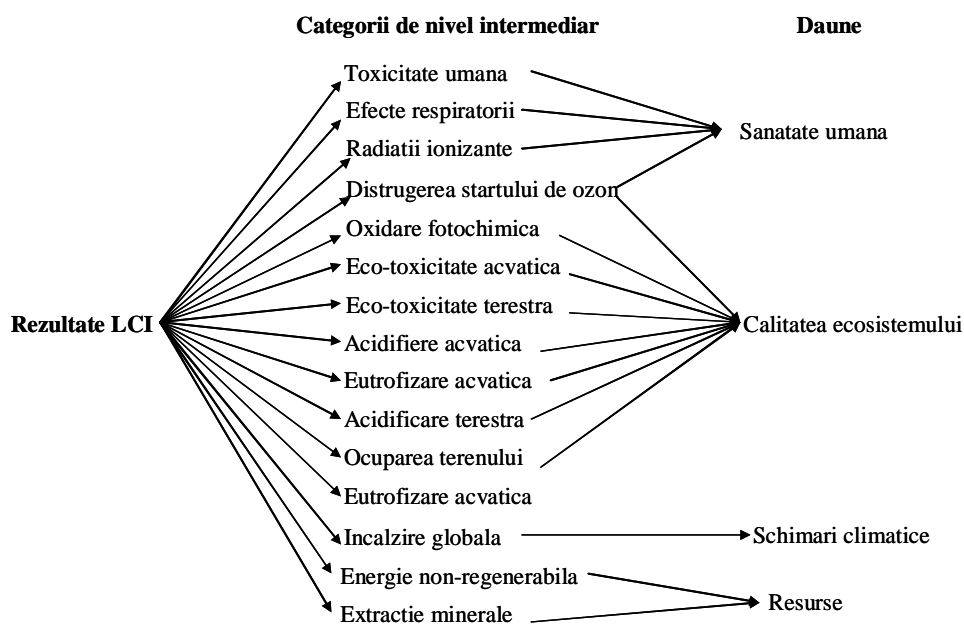
Într-o etapă următoare rezultatele LCIA (Life Cycle Inventory Analysis) clasificate și caracterizate în mod opțional pot fi multiplicare cu factorii de normalizare, și astfel se obțin rezultate normalizate care sunt adimensionale. Rezultatele normalizate pot fi la rândul lor multiplicare printr-un set de date de ponderare, care indică relevanțele diferite pe care anumite categorii de impact le pot avea. Rezultatele normalizate și ponderate pot fi rezumate într-un singur indicator de impact. Rezultatele LCIA constituie prin urmare o bază pentru analiza de sensibilitate

în care se identifică principalele fluxuri elementare și procese care contribuie la impact, ca parte din îmbunătățirea treptată a datelor de inventar.

Atunci când se realizează studii LCA comparative cu atât mai mult trebuie să se realizeze o evaluare a impactului, calculul rezultatelor finale LCIA fiind parte importantă pentru etapa de interpretare, precum și pentru concluziile și recomandările finale care se vor desprinde pe baza acestora.

**Calculul rezultatelor LCIA:** Rezultatele LCIA se concretizează prin categorii de impact afectate. Aceste categorii de impact pot fi *categorii de impact final sau de nivel intermediar*.

*Categoriile de impact intermediar* se referă la un atribut sau un aspect al mediului natural, sănătății umane sau a resurselor, care identifică o zonă de mediu ce se dorește să fie protejată, conform scopului studiului. Astfel de categorii sunt cele care vizează schimbările climatice, distrugerea stratului de ozon, toxicitate umană, acidificare, eutrofizare, epuizarea resurselor (minerale, fosile, regenerabile). Aria de protecție a acestor categorii vizează sănătatea umană, „sănătatea” mediului și resursele naturale. Conform metodologiei IMPACT 2002 astfel de categorii de impact intermediare pot fi reprezentate grafic conform Figurii 6. Termenii „intermediari” exprimă faptul că aceste puncte sunt situate pe o poziție intermediară între rezultatele LCI și prejudiciul asupra mediului. În consecință, un pas ulterior poate consta în alocarea acestor categorii intermediare uneia sau mai multor categorii afectate, care în final vor aduce modificări asupra mediului. Categoriile de nivel intermediar sunt mai numeroase (în jur de 10) și rezultatele aferente sunt mult mai precise comparativ cu cele trei domenii de protecție aferente nivelului final.



**Fig. 6.** Categoriile de impact intermediare în metodologia de evaluare a impactului IMPACT 2002

Categoriile de impact acoperă o arie vastă influențele resimțindu-se la nivel:

- Local, când problemele apar în apropierea unei fabrici producătoare, lângă un depozit de deșeuri (Ex: „*ocuparea terenurilor*”);
- Regional, (Ex: „*prezența fumului în aer într-o regiune industrială*” (formarea ozonului foto-chimic);
- Continental, când problemele se resimt la nivel continental (Ex: „*acidificare*”);
- Global, cum este cazul încălzirii globale sau a distrugerii stratului de ozon.

Pentru fiecare categorie de impact se identifică indicatorii de mediu (sau indicatori de impact) care se caracterizează în mod tipic prin următoarea ecuație:

$$Date\ de\ inventar \times Factori\ de\ caracterizare = Indicatori\ de\ impact$$

Categoriile de impact care trebuie să fie acoperite în evaluarea impactului ciclului de viață, precum și metodele LCIA, seturile de normalizare și ponderare trebuie să fie determinate premergător analizei datelor de inventar, cât mai devreme posibil. Această regulă se impune pentru ca:

- Selectarea categoriilor de impact să nu fie determinată de un interes cu privire la rezultatele inițiale;
- Datele colectate să fie relevante și potrivite pentru procesele considerate în sistem.

Excluderea unora dintre categoriile de impact trebuie să fie justificată și să evidențieze că nu sunt relevante pentru sistemul studiat. Acest lucru poate fi realizat pe baza experienței dobândite de la studii detaliate, studii similare sau cu un anumit specific.

**Elemente opționale. Normalizarea, ponderarea și gruparea:** *Normalizarea (standardizarea) și ponderarea* sunt elemente opționale care se pot aplica pentru a susține interpretarea profilului impactului și de cele mai multe ori ajută la obținerea unui rezultat complet. Aceste elemente opționale permit comparații între categoriile de impact, ajută la definirea regulilor de eliminare și la verificarea gradului de plenitudine al setului de date de inventar. Scopul normalizării este în esență înțelegerea dimensiunilor fiecărui rezultat indicator al sistemului (procesului) analizat. În etapa de normalizare, indicatorii de mediu pentru diferite categorii de impact de nivel intermediar sunt exprimați funcție de o referință comună, prin împărțirea rezultatelor indicator la valoarea de referință. Ca valori de referință se utilizează impactul sau rezultatele fluxurilor elementare teritoriale anuale dintr-o țară, regiune sau continent, sau globale

(sau *per capita*). Aceste impacturi de referință sau rezultate vătămătoare sunt numite “bază de normalizare”. Baza de normalizare este calculată din inventar pentru fiecare categorie de impact în același mod în care sunt calculați indicatorii de impact ai sistemului analizat. La baza normalizării stau factorii de normalizare, care se regăsesc calculați în baze de date pentru diferite metodologii și regiuni. Unii analiști au propus factori de normalizare pentru diferite metodologii, două exemple fiind exemplificate în Tabelele 3 și 4.

*Gruparea* este cel de-al doilea element opțional al LCIA care presupune alocarea categoriilor de impact către una sau mai multe grupe. Gruparea este un element facultativ și se poate realiza:

- Alegerea categoriilor de impact pe baza unor caracteristici specifice;
- Ierarhizarea categoriilor de impact în raport cu o scară ierarhică dată.

Aplicarea și utilizarea metodelor de grupare trebuie să fie realizate în conformitate cu scopul și domeniul studiului.

**Tabelul 3.** Factori de normalizare propuși de Goedkoop în anul 1996 pentru metodologia Eco-Indicator 95

Categorii de impact	Echivalenți	Unitate
Potențial de distrugere a stratului de ozon (ODP)	0,92601	Kg R11-Echiv.
Pesticide (EI95)	0,966	Kg activ.-Echiv.
Potențialul de încălzire globală (GWP 100 years)	13106	Kg CO <sub>2</sub> -Echiv.
Ceață și fum de iarnă (Winter smog EI 95)	94,598	Kg SO <sub>2</sub> -Echiv.
Substanțe cancerigene (EI 95)	0,0109	Kg PAH-Echiv.
Metale grele (EI 95)	0,0543	Kg Pb-Echiv.
Potențial de formare a ozonului foto-chimic (POCP)	17,9	Kg Etenă-Echiv.
Potențial de eutrofizare (EP)	38,2	Kg Fosfat-Echiv.
Potențial de acidifiere (AP)	113	Kg SO <sub>2</sub> -Echiv.

\* PAH – Hidrocarburi poliaromatice

**Tabelul 4.** *Factori de normalizare propuși de Guineé în 2001 pentru metodologia CML 2001 specifici întregii Europe*

<b>Categoriile de impact</b>	<b>Echivalenți</b>	<b>Unitate</b>
Potențial de distrugere a stratului de ozon (ODP)	113226600	Kg R11- Echiv.
Potențial de epuizare a resurselor abiotice (ADP)	20249480000	Kg Sb- Echiv.
Potențial de încălzire globală (GWP)	6,44828E+12	Kg CO <sub>2</sub> - Echiv..
Potențial de toxicitate umană (HTP)	1,03205E+13	Kg DCB- Echiv.
Potențial de eco-toxicitate a apei proaspete (FAETP )	6,88423E+11	Kg DCB- Echiv.
Potențial de eco-toxicitate a apei marine (MAETP)	1,54809E+14	Kg DCB- Echiv.
Potențial de toxicitate terestră (TETP)	64486270000	Kg DCB- Echiv.
Potențial de formare a ozonului foto-chimic (POCP)	11240710000	Kg Etenă- Echiv.
Potențial de eutrofizare (EP)	17010750000	Kg Fosfat- Echiv.
Potențial de acidifiere (AP)	37308860000	Kg SO <sub>2</sub> - Echiv.
Radiații radioactive (RAD)	66352,27	DALY

*Ponderarea* permite determinarea calitativă și cantitativă, importanța relativă a diferitelor categorii de impact, în scopul de a obține un singur rezultat sau indicator de mediu. În ponderare, indicatorii rezultați (tipic normalizați) pentru diferite categorii de impact sunt fiecare multiplicați printr-un factor specific de ponderare, care este intenționat să reflecte relevanța relativă a diferitor categorii de impact / categorii de impact final. Trebuie subliniat faptul că factorii de ponderare sunt întotdeauna intrinsec normativi / subiectivi și reflectă ipotezele asumate. Identificarea unui set de ponderare potrivit trebuie făcută, justificată și documentată pe parcursul fazei inițiale de definire a domeniului studiului și în linie cu scopul, în special cu aplicațiile intenționate și audiența țintă.

**Implementarea metodologiilor de evaluare a impactului de mediu:** Literatura de specialitate prezintă o serie de metodologii pentru evaluarea impactului de mediu care diferă între ele atât prin locul de stabilire a indicatorului cât și prin metodele de abordare a etapei opționale de ponderare. Conform primului criteriu se deosebesc:

- Metodologii orientate asupra problemei (CML 2001, EDIP, etc.);
- Metodologii orientate asupra funcției de deteriorare (EI-99, ESP, etc.)

Din punctul de vedere al ponderării metodele utilizate pot fi:

- Metode combinate (IMPACT 2002+);
- Metoda deciziei experților (EI 99);
- Metoda monetară (EPS), etc.

În cele ce urmează sunt prezentate câteva aspecte caracteristice metodologiei CML 2001, întrucât în studiile de evaluare a impactului de mediu efectuate în acest studiu se utilizează această metodologie a cărei variantă a fost îmbunătățită în august 2007.

*Metodologia CML 2001:* În anul 2001, un grup de cercetători de la Institutul de Științe ale Mediului de la Universitatea din Leiden Olanda, elaborează un „Ghid operațional pentru standardele ISO (Guinée *et al*, 2001b; Guinée *et al*, 2001c) în care autorii propun un set îmbunătățit de categorii de impact și metode de caracterizare pentru evaluarea impactului de mediu. Având în vedere că prejudiciul analizat se aseamănă cu cel analizat în metodologiile Eco-indicator 99 și EPS, metoda de evaluare a impactului CML 2001 pusă în aplicare în cea mai utilizată bază de date Ecoinvent reunește un set de categorii de impact intermediar ca: potențialul de distrugere a stratului de ozon, potențialul de toxicitate umană, potențialul de eco-toxicitate a apei, potențialul de eco-toxicitate terestră, oxidarea fotochimică, potențialul de încălzire globală, potențialul de acidificare, potențialul de epuizare a resurselor abiotice, potențialul de eutrofizare. Pentru normalizare, factorii utilizați (Guinée *et al*, 2001a) sunt calculați pornind de la situația caracteristică anilor 1990, Europa 1995 și Olanda 1997 (Frischknecht *et al*, 2007).

În ceea ce privește etapa de caracterizare, metodologia oferă o listă de categorii de evaluare a impactului grupate în:

- Categoriile de impact obligatorii;
- Categoriile de impact adiționale;
- Alte categorii de impact.

Pentru a susține transparența părții de evaluare, metodologia utilizează factori de caracterizare pentru emisii pe termen lung și scurt, după cum urmează:

*Emisii în aer: Gaze cu efect de seră și substanțe care distrug stratul de ozon*

În acest caz atât pentru emisiile biogene cât și pentru cele fosile se utilizează aceiași factori de caracterizare, cu excepția CO și CO<sub>2</sub>. În consecință, nici un factor de caracterizare nu este folosit pentru CO<sub>2</sub> deoarece acesta este preluat, ca resursă de plante. Pentru CO, se folosește un factor de caracterizare pentru potențialul de încălzire globală egal cu 1,53 kg CO<sub>2</sub> Echiv. per kg, considerând că CO este oxidat până la CO<sub>2</sub>.

Pentru cazul *emisiilor în sol* factorii de caracterizare sunt disponibili doar pentru câteva din substanțe, motiv pentru care, nu toate emisiile de pesticide în baza de date au un factor de caracterizare.

*Utilizarea resurselor:* Metodologia utilizează factori de caracterizare pentru unele metale (Guinee *et al*, 2001a) în timp ce pentru resursele minerale factorul de caracterizare este calculat folosind raportul în greutate și factorii de caracterizare pentru elementele clasificate. De exemplu, factorul de caracterizare pentru NaCl este calculat prin însumarea factorului de caracterizare a Na 0.393 cu factorul de caracterizare a Cl 0.607.

*Toxicitatea umană și toxicitatea marină:* Factorii de caracterizare pentru substanțe precum HF, Be, care afectează categorii de impact ca toxicitatea umană și cea marină sunt incerți pentru ei existând mai multe variante prezentate succint în Tabelul 5.

**Tabelul 5.** Factorii de caracterizare pentru HF în HTP și MAETP

	HTP [DCB Echiv.]		MAETP [DCB-Echiv.]	
	Factori originali (Guinee și colab., 2001c)	Factori corecțați	Factori originali (Guinee și colab., 2001c)	Factori corecțați
1 Kg HF emis în:				
Aer	2,85E+03	1,30E+02	4,07E+07	5,20E+05
Apă marină	3,64E+03	4,70E+01	5,38E+07	6,80E+05
Apă proaspătă	3,64E+03	4,90E+01	5,38E+07	6,80E+05
Sol agricol	1,85E+03	5,10E+01	2,69E+07	3,40E+05
Sol industrial	1,82E+03	2,40E+01	2,69E+07	3,40E+05

**Alegerea metodologiei optime de evaluare a impactului:** Atunci când trebuie să alegem metodele optime de evaluare a impactului întotdeauna trebuie să avem în vedere patru „dimensiuni” cheie pentru a caracteriza elementele de interes (Steen, 2001): ▪ dimensiunea calitativă; ▪ poziția în lanțul cauză-efect; ▪ dimensiunea spațială; dimensiunea temporală. Tabelul 6 oferă un exemplu de evaluare a trei metode LCIA ținând cont de cele patru dimensiuni.

În anul 1999, cercetătorul Steen propune un cadru general pentru evaluarea sistematică și alegerea categoriilor de impact optime. De-a lungul cercetărilor sale, Steen ajunge la concluzia că pentru alegerea categoriile de impact corecte acestea trebuie să îndeplinească următoarele aspecte (Steen, 1999):



- Categoriile de impact trebuie să acopere aspectele importante de mediu inclusiv cele ce rezultă ca urmare a activităților umane, fără a se suprapune;
- Trebuie să permită o caracterizare cantitativă a emisiilor;
- Indicatorii aleși trebuie să fie expliți;
- Trebuie să permită ponderarea;
- Categoriile de impact și indicatorii trebuie să fie comuni tuturor aspecte de mediu.

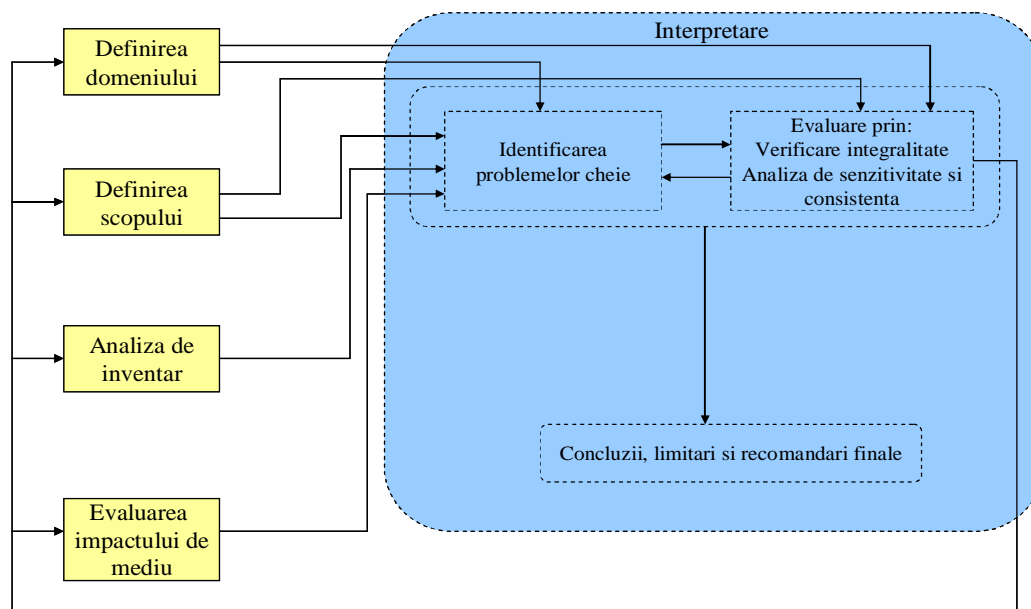
**Tabelul 6.** Caracteristici ale unor metode de evaluare a impactului

<b>Metodologia de evaluare a impactului</b>	<b>Impacturi evaluate</b>	<b>Poziția în lanțul cauză-efect</b>	<b>Dimensiunea spațială</b>	<b>Dimensiunea temporală</b>
EcoIndicator 99	Sănătatea umană Sănătatea ecosistemului	Punct final	Europa	~ 200 ani
IMPACT 2002+	Sănătate umană Calitatea ecosistemului Schimbare globală	Punct de mijloc	Vestul Europei	Infinit
EDIP	Distrugerea stratului de ozon, acidificare, eutrofizare, toxicitate și utilizarea terenurilor.	Punct de mijloc	Național	1 an

### **Interpretarea**

Conform standardului ISO 14040, *Interpretarea* este faza finală din LCA în care rezultatele analizei de inventar sunt combinate cu rezultatele etapei de evaluare a impactului pentru a defini studiul cu concluzii și recomandări. În mod tipic, această fază va genera decizii sau un plan de acțiune. În această etapă se vor identifica etapele critice din punct de vedere al impactului asupra mediului dar și al fazelor din ciclul de viață al produsului sau activității care au fost analizate (Zamagni *et al*, 2008). După ce s-au identificat punctele în care se generează cel mai mare impact asupra mediului se pot defini strategii de îmbunătățire care vizează reducerea acestuia. În cazul în

care este vorba de un LCA comparativ se pot identifica care din alternativele comparate prezintă o mai bună performanță de mediu. Etapa de interpretare a rezultatelor este strâns legată de celelalte etape componente ale studiului, corelații prezentate schematic în Figura 7.



**Fig. 7.** Corelații între etapa de interpretare și etapele componente ale LCA (ISO 14040, 2006)

**Identificarea problemelor de mediu:** În scopul identificării problemele semnificative în prima parte a etapei de interpretare trebuie să se realizeze o analiză a etapelor componente și a rezultatelor obținute până în prezent într-un mod prudent și justificabil. Pentru început, trebuie să se identifice principalii contribuabili la impact (etapele relevante din ciclul de viață, procese și fluxuri elementare semnificative, categorii de impact afectate). Identificarea acestora ne va ajuta în interpretare dar și în eventuale recomandări. Ulterior, pe lângă identificarea elementelor cheie trebuie să se identifice opțiunile care au influență asupra rezultatelor finale. Acestea pot fi opțiuni metodologice, ipoteze, date generale, metode utilizate în evaluarea impactului, precum și opțiunile de normalizare și ponderare.

**Evaluarea (verificarea) rezultatelor:** Etapa de evaluare sau verificare este cel de-al doilea care se realizează cu scopul de a asigura rezultatele deja obținute, pentru a trage concluzii și a face recomandări. Evaluarea implică o verificare a integrității (cu scopul de a determina gradul în care inventarul studiului este complet și dacă criteriile cutt-off au fost îndeplinite), analiză de senzitivitate (cu scopul de a evalua fiabilitatea rezultatelor finale și dacă acestea pot fi incluse în concluzii și recomandări) urmată de o analiză a consistenței informațiilor. Analiza de senzitivitate

trebuie pe cât posibil realizată pe fiecare etapă componentă a studiului în parte. De exemplu, dacă se realizează în prima etapă de definire a scopului și a domeniului de studiu se va utiliza pentru a verifica limitările domeniului de aplicare în raport cu scopul studiului pentru ca în final să ajute la concluzii și recomandări. În esență se vor identifica sistemul (sistemele) studiate, funcția (funcțiile) sistemului, limitele sistemului și criteriile de eliminare necesare, categoriile de impact și metodele LCIA, factorii de normalizare și ponderare, etc. În etapa de inventar aplicarea unei astfel de analize ne va ajuta la colectarea datelor de o calitate ridicată prin aplicarea unor metode de calcul de tipul Monte Carlo, Analyst, în timp ce aplicarea sa în etapa de evaluare a impactului ajută la alegerea factorilor corecți de normalizare și ponderare, stabilirea metodelor eficiente pentru evaluarea impactului.

Verificarea consistenței se efectuează ca o verificare finală pentru a investiga dacă ipotezele, metodele, și datele utilizate sunt consistente. Rezultatele evaluării sunt esențiale și ele trebuie prezentate astfel încât audiența căreia îi este adresat studiul să înțeleagă clar rezultatele obținute.

În cazul obținerii **biocompozitelor** pentru panourile tip „sandwich”, cu ajutorul unui software Gabi specific analizei ciclului de viață s-a utilizat următoarea diagrama de flux:

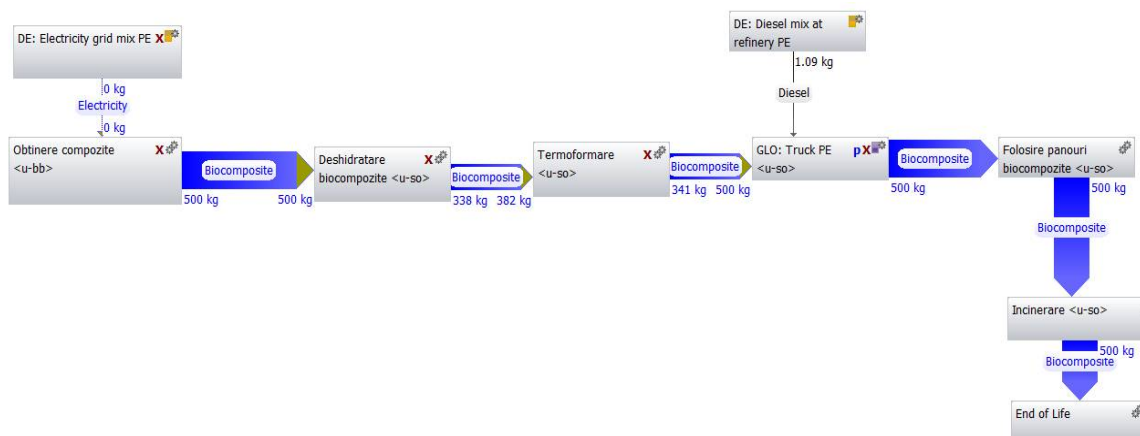
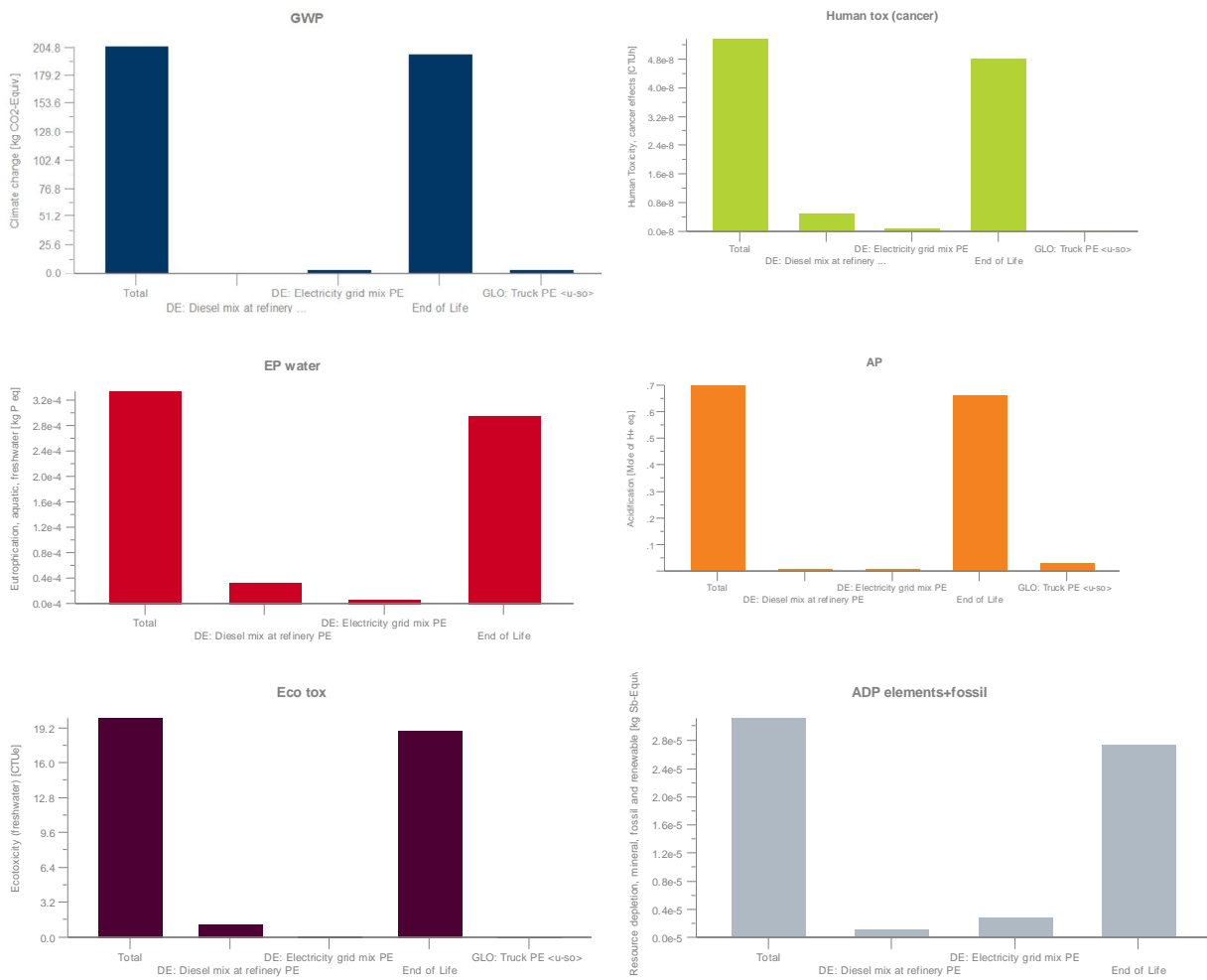


Fig. 8. Diagrama de flux pentru analiza ciclului de viață pentru biocompozitele utilizate drep miez in structurile tip „sandwich”

În baza unui scenariu ales și a metodologiei orientate asupra problemei (CML 2001) s-a evaluat impactul asupra mediului, rezultatele fiind prezentate în figura 9.



**Fig. 9.** Rezultatele evaluarii impactului asupra mediului cu ajutorul programului Gabi si a metodei CML 2001.

Prin realizarea acestor studii activitatile si obiectivele etapei 4/2017 au fost indeplinite 100 %

## Act.4.4

### **Analiza tehnico economica a solutiei propuse.**

Coordonator (CO) - UNIVERSITATEA "DUNAREA DE JOS"

Partener (P1) - CENTRUL DE CERCETARE – CERTINCON

Pornind de la obiectivul proiectului, respectiv realizarea de materiale compozite pe bază de resurse regenerabile din care să fie procesate produse termoizolante având ca utilizare preconizată izolare termică a clădirilor, s-a avut în vedere atât realizarea unor produse cât mai prietenoase mediului cât și valorificarea superioară a unor resurse disponibile pe plan local.

Astfel, în urma cercetărilor efectuate pe mai multe tipuri de compoziții din materiale regenerabile sau minerale care sunt disponibile pe plan local dar care nu sunt valorificate la întreaga lor capacitate, a rezultat că performanțe fizico-mecanice optime, în special în ceea ce privește performanțele termice, s-au obținut pentru panourile realizate din compoziții pe bază de perlita, diatomita, amidon și rășină.

În urma prelucrării rezultatelor experimentale privind determinarea performanțelor de izolare termică, respectiv valoarea conductivității termice și implicit a rezistenței termice, a rezultat că din punct de vedere al performanțelor termice unele produse se poate încadra în categoria produselor termoizolante, așa cum sunt definite în „Normativ pentru proiectarea și execuția lucrărilor de izolații termice de clădiri” - indicativ C 107/0-2002.

Conform Normativ C107/0-2002, un produs termoizolant eficient trebuie să aibă o valoare a conductivității termice la temperatura de  $+10^{\circ}\text{C}$  de cel mult  $0,050 \text{ w}/(\text{mK})$ .

Pentru produsul cercetat și realizat s-a obținut o valoare a conductivității termice la temperatura de  $+10^{\circ}\text{C}$  de  $0,0544 \text{ w}/(\text{mK})$  și la  $+23^{\circ}\text{C}$  de  $0,0573 \text{ w}/(\text{mK})$ , deci o valoare foarte apropiată de valoarea limită a conductivității termice pentru materialele termoizolante eficiente.

Din acest punct de vedere s-a optat pentru realizarea produselor cu compoziții pe bază de perlit și diatomita.

Analiza tehnico – economică s-a făcut prin compararea performanțelor tehnice și economice ale sistemului de izolare termică a fațadelor clădirilor cu performanțelor tehnice și economice ale sistemului de izolare termică tradițional, care include un strat termoizolant din plăci bazaltice rigide pentru fațade.

Astfel, chiar dacă produsul depășește foarte puțin valoarea conductivității termice a produselor termoizolante tradiționale eficiente, totuși el este eficient din punct de vedere tehnico-economic din următoarele motive:

- există suficiente resurse de perlit și diatomit, în special în zona de Nord Vest a României (Satu Mare) și zona Buzăului, care pot avea și alte utilizări pe lângă cele tradiționale (utilizările tradiționale sunt în agricultură, pentru îmbunătățirea calității solului și în industria alimentară pentru filtrarea lichidelor alimentare);
- extragerea perlitului, se face în cariere de suprafață (la fel ca roca bazaltică din care se obțin produsele tradiționale din vată minerală);
- perlitul este o rocă moale, astfel încât consumul de energie pentru obținerea prin concasare a granulelor este relativ redus (consumul energetic este mult mai mic decât consumul de energie necesar pentru topirea rocilor bazaltice – cazul produselor din vată minerală);
- linia de fabricare a plăcilor pe bază de compoziții din granule de perlit este relativ simplă, necesitând echipamente uzuale existente în majoritatea societăților de construcții sau de prestări servicii, respectiv echipamente de dozare gravimetrică și volumetrică a componentelor pulverulente și lichide și de malaxare (comparativ cu liniile tehnologice de fabricare a produselor din vată minerală care necesită echipamente tehnologice complexe);
- riscurile cu privire la sănătatea și securitatea muncii pentru activitățile de producere a plăcilor pe bază de compoziții din perlit sunt minime, în raport cu riscurile din cadrul unor instalații tehnologice care necesită cuptoare care funcționează la regim ridicat temperaturi (peste 1000°C);
- greutatea plăcilor din compoziții pe bază de perlit și diatomit (deci implicit și al încărcărilor care urmează să acționeze asupra elementelor de închidere pe care produsele urmează să fie aplicate/înglobate) sunt similare cu cele ale produselor tradiționale din vată minerală, respectiv plăci rigide din vată minerală cu densitatea de cca. 120 ... 150 kg/m<sup>3</sup>;
- piesele de fixare mecanică a plăcilor din compoziții pe bază de perlit și diatomit sunt similare cu cele pentru produsele din polistiren, inclusiv în ceea ce privește caracteristicile dimensionale și mecanice ale acestora;
- sistemele de protecție și finisare a stratului termoizolant constituit din plăci realizate pe bază de compoziții din perlit și diatomit sunt similare cu cele ale produselor din vată minerală;

- avantajul plăcilor pe bază de compoziții din perlit și diatomit constă și în faptul că acestea au o comportare la apă mult mai bună decât cea a produselor tradiționale din vată minerală.

Prețul mediu pe piața din România a unei plăci din vată minerală bazaltică pentru fațadă, cu grosimea de 3 cm și suprafața de 1 m<sup>2</sup> este cuprins între 4,5 și 5 lei.

Estimarea prețului de cost al plăcilor din compoziții pe bază de perlit pentru grosimea plăcii de 3 cm:

- cheltuieli cu materie primă și energie: 0,85 lei/ m<sup>2</sup>
  - cheltuieli salariale 1,2 lei/ m<sup>2</sup>
  - cheltuieli indirecte  $70\% \times (0,85 \text{ lei/ m}^2 + 1,2 \text{ lei/ m}^2) = 1,435 \text{ lei/ m}^2$
  - preț cost producător:  $0,85 \text{ lei/ m}^2 + 1,2 \text{ lei/ m}^2 + 1,435 \text{ lei/ m}^2 = 3,485 \text{ lei/ m}^2$
  - profit estimat pe unitate de produs/serviciu  $10\% \times 3,485 \text{ lei/ m}^2 = 0,34 \text{ lei/ m}^2$
  - comision distribuitor cca.  $5\% \times (3,485 \text{ lei/ m}^2 + 0,34 \text{ lei/ m}^2) = 0,19 \text{ lei/ m}^2$
- Prețul de vânzare:  $3,485 \text{ lei/ m}^2 + 0,34 \text{ lei/ m}^2 + 0,19 \text{ lei/ m}^2 = 4,015 \text{ lei/ m}^2$ .

Din cele prezentate mai sus, rezultă că prețul total pe metru pătrat al produsului la grosimea de 3 cm (care include cheltuielile cu privire la: materiale, manoperă, profit, distribuție) este practic similar cu cel al plăcilor rigide grele din vată minerală pentru fațadă.

Având în vedere că procedeul tehnologic de punere în operă a sistemului de izolare termică care înglobează ca strat termoizolant plăcile din compoziții pe bază de perlit este similar cu cel pentru sistemele de izolare termică pe bază din vată minerală (aceeași sistemă de scule și mașini, aceleași piese de fixare mecanică, aceleași straturi de finisaj și protecție), se preconizează că produsul realizat este competitiv cu produsul tradițional.

Un alt avantaj al produsului care poate să îl facă agreat de constructori, constă în faptul că fixarea pe fațadă se face numai mecanic, prin tije filetate prevăzute cu șaibă și piuliță, fără procedee umede, ca la majoritatea sistemelor de izolare termică exterioară.

De asemenea, fabricarea produsului poate prezenta interes și pentru micii întreprinzători din zonele rurale și defavorizate, care sunt eligibili pentru finanțarea proiectelor de înființare de întreprinderi mici în care urmează să fie angajat personal local.

## Act.4.5

### **Diseminare rezultate.Obținerea drepturilor de proprietate intelectuală**

Coordonator (CO) - UNIVERSITATEA "DUNAREA DE JOS"

Partener (P2) – UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE ASACHI IASI

**1.VALORIZATION OF MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT PLANT SLUDGE AND AGRO-WASTE IN BUILDING MATERIALS WITH THERMAL INSULATION PROPERTIES**-Petronela Nechita· , Ștefania Mița Ionescu - *Environmental Engineering and Management Journal*-May 2017, Vol.16, No. 5, 1185-1191

**2."Panels with sandwich structure for reducing heat transfer at external cladding of buildings" –Ionescu Ștefania Mița Nechita Petronela -poster CEEC-TAC 4 28-31 of August 2017 Republica of Moldova**

**3. MATERIALE NECONVENȚIONALE PE BAZĂ DE FIBRE VEGETALE UTILIZATE ÎN CONSTRUCȚII-*Cristina DIMA*<sup>1), 2)</sup>, *Adrian ȚABREA*<sup>2)</sup>**  
CONFERINȚA DE ȘTIINȚA ȘI INGINERIA MATERIALELOR OXIDICE CONSILOX editia A XII-a, **16 – 20 Septembrie 2016, Sinaia, ROMÂNIA**

**4.***Jordan Valentina, Th. Malutan, Controlul solubilitatii ligninei prin calorimetria de reactie, - lucrare prezentata la al IX-lea Simpozionul International, Braila, 2017*

**5.***Th. Malutan, F. Ciolacu, Obținerea și caracterizarea unor biocompozite destinate panourilor tip sandwich, Celuloza și Hartei, în curs de publicare*

**6.MATERIALE COMPOZITE PE BAZĂ DE DEȘEURI LIGNOCELULOZICE ȘI PERLIT EXPANDAT CU POTENȚIALE APLICAȚII ÎN INDUSTRIA MATERIALELOR DE CONSTRUCȚII** -Ștefania Mița Ionescu, Petronela Nechita-**The 9<sup>th</sup> International Symposium on ADVANCED TECHNOLOGIES IN PULP, PAPER CORRUGATED BOARD AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING BRAILA-ROMANIA September 12-15, 2017**



**Concluzii și recomandări:** Elementul final al interpretării constă în punctarea concluziilor și a recomandărilor pentru audiența țintă, în conformitate cu definirea scopului și aplicațiile destinate ale rezultatelor finale obținute. Concluziile preliminare pot fi trase pe baza problemelor cheie identificate și trebuie să răspundă la întrebările stabilite în definirea scopului și a domeniului. În cazul în care concluziile preliminare sunt conforme cu cerințele, ele pot fi raportate drept concluzii finale, în caz contrar, trebuie să fie re-formulate și re-verificate. Pentru studiile care implică comparații între sisteme, în etapa de interpretare trebuie să se ia în considerare puncte suplimentare pentru a asigura concluzii corecte și relevante. Aceste puncte suplimentare sunt:

- ✓ Problemele cheie trebuie să fie identificate pentru fiecare sistem în parte și o atenție deosebită trebuie să se acorde problemelor care diferă de la un sistem la altul și care au potențial în a modifica concluziile finale;
- ✓ Dacă de-a lungul studiului se realizează o analiză de incertitudine pentru a investiga dacă diferența dintre cele două sisteme este statistic semnificativă, analiza ar trebui să fie efectuată pe diferența dintre sisteme luând în considerare potențialul de variație între procesele componente ale sistemelor.
- ✓ Recomandările trebuie să fie logice, plauzibile, în acord cu scopul și domeniul de aplicare și se vor baza întotdeauna pe concluziile finale ale studiului LCA.

## Bibliografie

1. Camelia Cosareanu, Constantin Layarescu, Ioan Curtu, Dumitru Lica, Daniela Sova, Luminita Maria Brenci, Mariana Domnica Stanciu, *Research on New Structures to Replace Polystyrene used for Thermal Insulation of Buildings*, MATERIALE PLASTICE, 47, Nr. 3, 2010
2. N. Popa, R. Todirica, V. I. Popa, N. Guido, A. Mija, G. Aniculaesei *Composites based on natural resources lignocelluloses, lignins and furan resins*, :8th ILI Forum, The ILI Umbrella Programme and other Existing or New Approaches in Lignin Research, Rome, Italy, May 10-12, , Proceedings, p.47, 2007
3. Nattakan Soykeabkaew, Pitt Supaphol, Ratana Rujiravanit, *Preparation and characterization of jute- and flax-reinforced starch-based composite foams*, *Carbohydrate Polymers* 58 (2004) 53–63
4. Luminița-Maria BRENCI, Camelia COSEREANU, Adriana FOTIN, Alexandru VASILACHE, *Research on the thermal conductivity of composites made of ecological fibers*, PRO LIGNO Vol. 9 N° 3, 2013, p. 34-41
5. Maria - Adriana GHERGHISAN, Ivan CISMARU, *Preliminary research concerning optimal percentage of hemp hurds for lining panels and filler materials in buildings*, PRO LIGNO Vol. 9 N° 1, 2013, p. 61-70
6. Brenci L. M., Coșoreanu C., Fotin A., Vasilache A., *Research on the thermal conductivity of composites made of ecological fibers*, PRO LIGNO Vol. 9 N° 3, 2013, p. 34-41;
7. Stoica D., *Creșterea confortului în construcții prin utilizarea de produse noi pe bază de resurse naturale*, *Urbanism. Arhitectură. Construcții Vol. 2, nr. 2, 2013*;
8. Ionescu S.M., *Influența soluțiilor de realizare a anvelopei asupra mediului higrotermic interior la clădirile de locuit*, Ed. Matrix Rom București 2007, ISBN 973 -712-081-9;
9. Raquez J.M., Deléglise M., Lacrampe M.F., Krawczak P., *Progress in Polymer Science* 35 (2010) 487–509;
10. I.G. Breaban, *Materiale compozite biodegradabile pe baza de polimeri naturali si sintetici*, Ed. Tehnopres, Iasi, 13-20, 1999
11. M. Rusu, C. Mihailescu, *Polimeri și materiale compozite biodegradabile*, Editura Gh. Asachi, Iasi, 2002
12. K.G. Satyanarayana et al. / *Biodegradable composites based on lignocellulosic fibers—An overview*/ *Progress in Polymer Science* 34 (2009) 982–1021

13. S. Alix et al. / Composites: Part A 39 (2008) 1793–1801S. *Biocomposite materials from flax plants: Preparation and properties*
14. Susanne Rexroth, Friedrich May, Ulrich Zink – Editori *Izolarea termica a cladirilor. Solutii contemporane si adaptabile* (traducere din lb. germana) ISBN:978-606-25-0223-2
15. Daniela Enz, Robert Hastings *Constructii inovative de pereti. Case de energie minima-P si case energetic pasive* (traducere din lb germana) ISBN:978-973-755-863-3
16. Florin Iordache *Termotehnica constructiilor* (include aplicatie pentru calculator pentru probleme de transfer termic) ISBN:978-973-755-386-7
17. Razvan Stefan Popescu *Utilizarea energiei regenerabile in cladiri* ISBN:978-606-25-0290-4
18. Dieter Pregizer *Formarea mucegaiurilor in cladiri. Masuri tehnico-constructive de prevenire si repunere in functiune* (traducere lb. germana) ISBN:978-606-25-0268-3